پژوهش های حبوبات ایران

ISSN (print): 2980-793X
ISSN (online): 2783-5367

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

سال (دوره) ۱۵، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۳ - شماره پیاپی: ۲۹

با همکاری

- **غربالگری ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) برای تحمل به شوری در مرحله ابتدای رشد رویشی ۳**
  نرگس صفائی قلعه زو، محمد کافی، احمد نظامی، جعفر نباتی

- **بررسی تنوع ویژگی‌های ریشه در لاین‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) ۲۵**
  زهرا شکری، زهرا طهماسبی، همایون کانونی، علی اشرف مهرابی

- **ارزیابی اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم عدس تحت شرایط دیم در منطقه دشتروم یاسوج .. ۴۱**
  حسین شجاعی مقدم، محسن موحدی دهنوی، علیرضا خوشرو، حمیدرضا بلوچی، علیرضا یدوی

- **پاسخ رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به روش‌های مدیریت علف‌های هرز ۶۱**
  عیسی قاسمی آریمی، فائزه زعفریان، ساجده گل‌محمدزاده، رحمت عباسی

- **مطالعه اثر دور آبیاری و مقادیر زئولیت بر شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.) ۷۷**
  رضا رضوانی، محمد کافی

- **واکنش گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به تاریخ کشت و فواصل ردیف در جیرفت ۹۵**
  سمیره دژبان پور، احمد آئین، مرتضی اشراقی نژاد، محمد حسن شیرزادی

- **بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف‌های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) ۱۱۵**
  سید محسن سیدی، مصطفی گودرزی، صدیقه اشتری، مریم حاتم آبادی فراهانی، ابوالقاسم سرلک

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی- دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شمارهٔ ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۱۳۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

و درجه علمی‌پژوهشی به شمارهٔ ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

(بر اساس مصوبه وزارت عتف، از سال۱۳۹۸، تمامی نشریات دارای درجه «علمی-پژوهشی»، به نشریه «علمی» تغییر نام یافتند.)

*** این نشریه، از اول تیرماه سال ۱۳۸۹، به‌طور منظم و در قالب دوفصلنامه، منتشر می‌شود. ***

سال (دوره) ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳- شمارهٔ پیاپی: ۲۹

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر محمد کافی

سردبیر: دکتر احمد نظامی

مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا

هیأت تحریریه:

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

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی)

دکتر محمد بنایان اول (ویراستار چکیدهٔ مبسوط انگلیسی)

همکاران این شماره: مهندس فهیمه فیضی

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

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:

ISC SID magiran Google scholar Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science

نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران

کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۳ (۰۵۱)، نمابر: ۴۳۰-۳۸۷۸۷ (۰۵۱)

پُست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: http://ijpr.um.ac.ir

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

سال (دوره) ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، شمارهٔ پیاپی: ۲۹

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• غربالگری ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) برای تحمل به شوری در مرحله ابتدای رشد رویشی	نرگس صفائی قلعه زو، محمد کافی، احمد نظامی، جعفر نباتی	۳
• بررسی تنوع ویژگی‌های ریشه در لاین‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)	زهرا شکری، زهرا طهماسبی، همایون کانونی، علی اشرف مهرابی	۲۵
• ارزیابی اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم عدس تحت شرایط دیم در منطقه دشتروم یاسوج	حسین شجاعی مقدم، محسن موحدی دهنوی، علیرضا خوشرو، حمیدرضا بلوچی، علیرضا یدوی	۴۱
• پاسخ رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به روش‌های مدیریت علف‌های هرز	عیسی قاسمی آریمی، فائزه زعفریان، ساجده گل‌محمدزاده، رحمت عباسی	۶۱
• مطالعه اثر دور آبیاری و مقادیر زئولیت بر شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.)	رضا رضوانی، محمد کافی	۷۷
• واکنش گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به تاریخ کشت و فواصل ردیف در جیرفت	سمیره دژبان پور، احمد آئین، مرتضی اشراقی نژاد، محمد حسن شیرزادی	۹۵
• بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف‌های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)	سید محسن سیدی، مصطفی گودرزی، صدیقه اشتری، مریم حاتم آبادی فراهانی، ابوالقاسم سرلک	۱۱۵

سخن سردبیر

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

در ایران، حبوبات پس از غلات و نباتات علوفه‌ای، بیشترین سطح زیرکشت را دارا هستند. بر اساس آمار، سالانه سطحی حدود ۶۱۰ هزار هکتار در کشور به کشت حبوبات اختصاص می‌یابد که از این سطح، حدود ۵۱۵ هزار تُن محصول به‌دست می‌آید. نگاهی اجمالی به آمار تولید و سطح زیرکشت حبوبات در ایران و مقایسهٔ آن با آمار جهانی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر نه تنها سطح زیرکشت و تولید آن‌ها کاهش یافته است، بلکه بازده تولید آن‌ها در کشور ما، بسیار ناچیز بوده و گاه با نوسانات شدیدی همراه است. هرچند بخشی از پایین‌بودن بازده تولید حبوبات را می‌توان به وضعیت ویژهٔ طبیعی و اقلیمی کشور مربوط دانست، اما علت دیگر آن را باید در بی‌توجهی به سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با تولید، به‌ویژه فقر تحقیقات در مورد گیاهان مذکور جستجو کرد. این کم‌توجهی‌ها سبب شده است تا کشت بعضی گیاهان زراعی مانند غلات و محصولات نقدینه‌ای، جایگزین کشت حبوبات در اراضی مرغوب شده و لذا کشت حبوبات، بیش‌ازپیش به مناطق حاشیه‌ای و کم‌بازده رانده شود. این وضعیت، چالشی بزرگ را فراروی مجموعهٔ برنامه‌ریزان، سیاست‌گزاران و نیز محققان حبوبات در کشور قرار داده است.

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

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

منشور اخلاق نشریه

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

منشور اخلاق «نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران»، بر مبنای رهنمودهای ارائه شده توسط **کمیته اخلاق انتشـار COPE** طراحی شده است. از کلیه اعضای هیئت تحریریه، داوران و نویسندگان تقاضا می‌شود این دستورالعمل را مطالعه کننـد و هرگونـه سؤال یا ابهامی را با سردبیر نشریه، آقای دکتر احمـد نظـامی، بـه آدرس ایمیـل **nezami@um.ac.ir** مطـرح کننـد. از کلیـه ذینفعان انتظار می‌رود به اصول اخلاقی مذکور پایبند باشند. بدیهی است هرگونه سرقت علمی یا سایر رفتارهای غیراخلاقی، منجر به حذف مقاله از فرایند داوری خواهد شد. این منشور جهت تعیین وظایف و تعهدات نویسندگان، سردبیر، اعضای هیئت تحریریـه و داوران تنظیم شده است:

وظایف و مسئولیت‌های دبیران (سردبیر و اعضای هیئت تحریریه)

(http://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf)

۱. دبیران باید محتوای مقالات ارسالی را بررسی کنند و درصورت انطباق با حوزه کاری نشریه و براساس شناختی که از داوران دارند، داوران متخصص را در زمینه موضوع مقاله پیشنهاد دهند.
۲. سردبیر نشریه مسئول اتخاذ تصمیم نهایی جهت پذیرش یا ردّ مقالات ارسالی، براساس نظرات داوران و اعضای هیئت تحریریه، توجه به اعتبار علمی و اهمیت مقاله برای محققان و خوانندگان، در نظر گرفتن مسائل مربوط به حق کپی‌برداری، سرقت علمی و غیره می‌باشد.
۳. دبیران باید اقدامات لازم را جهت حفظ محرمانه‌بودن هویت داوران و نویسندگان انجام دهند.
۴. دبیران باید از بررسی مقالاتی که در آن هرگونه تضاد منافعی وجود دارد، خودداری نمایند و مدیریت این مقالات را به یکی دیگر از اعضای هیئت تحریریه بسپارند.
۵. دبیران (به‌ویژه سردبیر) باید رفتارهای غیراخلاقی را درخصوص مقاله ارسالی یا مقاله منتشرشده، بررسی کرده و اقدامات لازم را انجام دهند. هرگونه گزارش از رفتار غیراخلاقی، حتی اگر سال‌ها پس از انتشار مقاله کشف شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد.
۶. دبیران هنگام مواجهه با موارد مشکوک به سوء رفتار، طبق فلوچارت‌های کمیته بین‌المللی اخلاق(COPE) پیش خواهند رفت. اگر در مقالات، رفتار غیراخلاقی به‌خوبی مستدل باشد، بایستی پاسخی مناسب مانند تصحیح، پس گرفتن، ابراز نگرانی یا یادداشتی دیگر، در نشریه منتشر شود.
۷. دبیران نباید هیچ‌گونه اطلاعاتی درمورد مقالات ارسالی، تا قبل از انتشار آن در اختیار کسی قرار دهند.

۸. دبیران نباید از اطلاعات مقالات ارسالی که هنوز منتشر نشده است، بدون رضایت کتبی نویسنده برای اهداف تحقیقاتی خود استفاده کنند.
۹. دبیران باید به تمام مقالات ارسال‌شده به نشریه، توجه منصفانه داشته باشند و مقالات را صرفاً از لحاظ شایستگی علمی و بدون طرفداری یا کینه‌توزی شخصی یا درنظرگرفتن ملیت، جنسیت، مذهب و مسائل قومی، نژادی و سیاسی و یا وابستگی سازمانی نویسنده(گان) مورد بررسی قرار دهند. تصمیمات مربوط به پذیرش و انتشار مقالات، نباید تحت تأثیر سیاست‌های دولت‌ها یا سازمان‌های دیگر خارج از خود نشریه باشد.
۱۰. سردبیر در پذیرش مقالات برای چاپ و تعیین زمان انتشار آن‌ها اختیار تام دارد.

وظایف و مسئولیت‌های داوران

(http://publicationethics.org/files/u7140/Peer%20review%20guidelines.pdf)

۱. داوران باید نظراتی ارائه دهند که دبیران را در امر تصمیم‌گیری درخصوص انتشار یا عدم انتشار مقالات ارسالی کمک کنند.
۲. داوران باید محرمانه‌بودن مقالاتی که را برای ارزیابی به آن‌ها ارسال شده است، حفظ کنند.
۳. داوران باید از ارزیابی مقالاتی که از دید آن‌ها مشمول تضاد منافع اعم از منافع مشترک مالی، سازمانی، شخصی و یا هرگونه ارتباط دیگر با شرکت‌ها، نهادها یا افراد مرتبط با مقالات است، امتناع کنند و موضوع را فوراً به سردبیر نشریه اعلام کنند تا مقاله برای داوران جایگزین ارسال شود.
۴. داورانی که احساس می‌کنند صلاحیت بررسی مقاله اختصاص‌یافته را ندارند یا قادر به انجام ارزیابی در مهلت مقرر نیستند، باید به سردبیر نشریه اطلاع داده و انصراف خود را از داوری مقاله اعلام کنند و اگر داور یا داوران متخصص دیگری را می‌شناسند، آن‌ها را از طریق ایمیل یا بخش ارسال نظرات برای سردبیر در سایت نشریه پیشنهاد دهند.
۵. داوران نباید درخصوص مقاله با شخصی غیر از سردبیر بحث و گفتگو کنند. همچنین نباید اطلاعات مقاله را بدون اجازه، جایی مطرح کنند. این امر در مورد مقالاتی که داور از بررسی داوری انصراف می‌دهد نیز صدق می‌کند.
۶. داوران موظفند اطلاعات مقاله ارسالی برای ارزیابی را محرمانه تلقی کنند و از آن‌ها درجهت منافع شخصی خود استفاده نکنند.
۷. داوران باید مقالات را به‌طور عینی، منصفانه و حرفه‌ای ارزیابی کنند.
۸. داوران باید از سوگیری‌های شخصی در نظرات و ارزیابی‌های خود پرهیز کنند و نظرات خود را به‌وضوح و مستدل بیان کنند .داوران باید نقدهای مستدل و منصفانه‌ای ارائه دهند تا به نویسندگان در بهبود مقاله کمک کنند.
۹. داوران موظفند منابعی را که نویسنده به آن‌ها ارجاع نداده شناسایی و بررسی نمایند. هرگونه نتیجه‌گیری یا بحثی که پیش از این مطرح شده باشد، باید همراه با منبع ذکر شود.
۱۰. داوران موظفند در صورت مشاهده هرگونه شباهت یا همپوشانی بین اثر ارسالی و مقاله‌ای دیگر، مراتب را به سردبیر اطلاع دهند.

وظایف و مسئولیت‌های نویسندگان

(http://publicationethics.org/files/International%20standards_authors_for%20website_11_Nov_2011.pdf)

۱. نویسندگان باید اطمینان داشته باشند که مقاله ارسالی آن‌ها قبلاً در جای دیگری منتشر نشده باشند (مگر در قالب چکیده، بخشی از سخنرانی منتشرشده، کنفرانس یا پایان‌نامه) و یا درحال حاضر در نشریه دیگری در دست بررسی نیست.

۲. از نویسندگان تقاضا می‌شود مقاله را با جزئیات و منابع کافی ارسال کنند تا سایر پژوهشگران امکان تکرار پژوهش را داشته باشند.
۳. ممکن است از نویسندگان خواسته شود که داده‌های خام مطالعه خود را همراه با مقاله برای بررسی و ویراستاری ارائه دهند و باید آماده باشند تا در صورت امکان، داده‌ها را در دسترس عموم قرار دهند.
۴. نویسنده مسئول مقاله، مسئولیت اطمینان از تأیید مقاله توسط تمام نویسندگان را برعهده دارد.
۵. فقط افرادی که معیارهای نویسندگی را دارند، باید به‌عنوان نویسنده در مقاله ذکر شوند؛ زیرا باید توانایی برعهده‌گرفتن محتوای ارائه‌شده را داشته باشند.
۶. همه نویسندگان باید چک لیست ارسال مقاله را قبل از ارسال به دقت مطالعه کنند.
۷. نویسندگان باید در اولین مرحله ممکن (با ارائه فرم تعارض منافع در زمان ارسال مقاله)، هرگونه تضاد منافعی را که ممکن است منجر به تأثیر بر نتایج یا تفسیر آن‌ها شود، افشا کنند.
۸. نویسندگان متعهد هستند که فقط آثار کاملاً اصلی و عاری از هرگونه سرقت ادبی را ارسال کنند. به نویسندگان پیشنهاد می‌شود با نرم‌افزارهای تشخیص سرقت علمی، مقالات خود را مشابهت‌یابی کنند.
۹. اگر کار شامل مواد شیمیایی، روش‌ها یا تجهیزاتی باشد که در استفاده از آن‌ها خطرات غیرعادی وجود داشته باشد، نویسندگان باید این موارد را به‌وضوح در مقاله اعلام کنند.
۱۰. نویسندگان باید اعلام کنند که رضایت آگاهانه برای آزمایش از عوامل انسانی (درصورت نیاز) اخذ شده است. حقوق حریم خصوصی عوامل انسانی باید همیشه رعایت شود.
۱۱. زمان ارسال مقاله برای بازنگری، نویسندگان باید به‌طور کامل به تمام نظرات داوران پاسخ دهند و در مهلت تعیین‌شده، مقاله را بازبینی و فایل مقاله اصلاح‌شده و فایل پاسخ به داوران را از طریق سایت نشریه ارسال کنند.
۱۲. نویسندگان باید به افراد یا سازمان‌هایی که از آن‌ها حمایت مالی کرده یا در شکل‌گیری پژوهش آن تأثیرگذار بوده‌اند، اشاره نموده و در بخش "سپاسگزاری" در انتهای مقاله از آن‌ها قدردانی کنند.
۱۳. شرط ارسال مقاله برای نشریه این است که نویسنده اجازه ویرایش مقاله را برای خواناترشدن بدهد.
۱۴. همه نویسندگان باید موافقت کنند که به نویسنده مسئول اجازه دهند به‌عنوان شخص مکاتبه‌کننده، با دفتر نشریه در تماس بوده و اصلاحات لازم را انجام دهد.
۱۵. تحت مجوز دسترسی آزاد، حق مؤلف برای نویسندگان محفوظ خواهد بود، اما به دیگران اجازه بارگیری، اشتراک‌گذاری، نسخه‌برداری یا استفاده مجدد اثر را در صورتی‌که به‌درستی به آن استناد شود، می‌دهند.
۱۶. اگر نویسنده‌ای متوجه اشتباه یا بی‌دقتی مهمی در مقاله منتشرشده خود شود، موظف است مراتب را به‌سرعت به سردبیر نشریه اطلاع دهد، نسبت به اصلاح آن اقدام و یا مقاله را بازپس گیرد.
۱۷. نویسندگان باید بدانند که همه مقالات ارسالی به نشریه، با نرم‌افزارهای تشخیص سرقت علمی بررسی می‌شوند و سرقت علمی نقض جدی اخلاق نشر است و در همه مصداق‌های آن رفتاری غیراخلاقی و غیرقابل‌قبول می‌باشد.

وظایف و مسئولیت‌های ناشر

(http://publicationethics.org/files/Code%20of%20conduct%20for%20publishers%20FINAL_1_0.pdf)

۱. دانشگاه فردوسی مشهد، به‌عنوان ناشر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، متعهد است اطمینان حاصل کند که تصمیم‌گیری درخصوص مقالات ارسالی، صرفاً براساس داوری حرفه‌ای صورت می‌گیرد و تحت تأثیر هیچ‌گونه منافع تجاری نمی‌باشد.
۲. ناشر موظف است با حفظ آرشیو دیجیتال خود، دسترسی دائمی به محتوای مقالات منتشرشده را تضمین نماید.
۳. ناشر بر رعایت اخلاق انتشار توسط سردبیر، اعضای هیئت تحریریه، داوران، نویسندگان و خوانندگان نظارت می‌کند.

۴. ناشر به کمک سردبیران همواره باید اقدامات معقولی را برای شناسایی و جلوگیری از انتشار مقالاتی که در آن تخلفات تحقیقاتی رخ داده است، انجام دهد و تحت هیچ شرایطی چنین رفتار نادرستی را تشویق نکند و آگاهانه اجازه وقوع چنین تخلفی را ندهد.
۵. ناشر همواره موارد مربوط به سوءرفتارهای علمی ازقبیل انتشار داده‌های جعلی یا سرقت علمی را بررسی می‌کند و نسبت به انجام اقدامات لازم شامل انتشار اصلاحیه، شفاف‌سازی و یا پس‌گرفتن مقاله، درصورت نیاز، تمایل و تعهد دارد.
۶. **مدل کسب و کار ناشر:** دانشگاه فردوسی مشهد، با پرداخت بودجه تعریف‌شده برای هر شماره منتشرشده از نشریه (باتوجه به رتبه نشریه در ارزیابی سالانه‌ای که در پرتال نشریات علمی وزارت علوم و تحقیقات و فناوری اعلام می‌شود)، هزینه‌های مربوطه شامل راه‌اندازی و نگهداری زیرساخت نشریه، فرآیند بررسی، داوری، ویراستاری، صفحه‌آرایی و حفظ آرشیو مقالات، را تأمین می‌کند.

نقض اخلاق نشر

(http://publicationethics.org/files/Sharing%20_of_Information_Among_EiCs_guidelines_web_version.pdf)

اعضای هیئت تحریریه نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران یادآوری می‌نمایند که سرقت علمی در هریک از مصداق‌های آن امری غیرقابل‌قبول است:

۱. **سرقت ادبی:** سرقت ادبی عبارت است از استفاده از ایده‌ها و بخش‌های اصلی دیگران (بدون ذکر منبع) به گونه‌ای که تصور شود متعلق به خود شخص است. کپی‌کردن حتی یک جمله از مقالات شخص دیگر و حتی مقالاتی که خودتان قبلاً منتشر کرده‌اید، بدون استناد مناسب، از نظر نشریه، سرقت ادبی محسوب می‌شود. همه مقالات تحت بررسی یا منتشرشده در این نشریه، با نرم‌افزارهای تشخیص سرقت ادبی مانند iThenticate مشابهت‌یابی می‌شوند. لذا سرقت ادبی، نقض جدی اخلاق نشر است.
۲. **ارسال همزمان:** باید اطمینان داشته باشید که مقاله ارسالی شما قبلاً در هیچ جا و به هیچ زبان دیگری منتشر نشده و به‌طور هم‌زمان به نشریات دیگر ارسال نشوند.
۳. **انتشارات تکراری:** انتشار تکراری زمانی اتفاق می‌افتد که دو یا چند مقاله بدون ارجاع‌دهی مناسب، از فرضیه، داده‌ها و نتایج کاملاً یکسانی استفاده کنند.
۴. **انتشارات زائد:** منظور از انتشارات زائد، تقسیم نامناسب اطلاعات یک مطالعه به چندین مقاله است که اغلب در اثر تمایل فرد به تکمیل رزومه تحصیلی اتفاق می‌افتد.
۵. **جعل داده‌ها:** جعل داده به این معناست که محقق واقعاً مطالعه را انجام نداده است، بلکه داده‌ها و نتایجی غیرواقعی و ساختگی را ارائه داده است و یا این که آزمایش را انجام داده، اما داده‌ها یا نتایج تحقیق را حذف، دستکاری و یا تغییر داده است.
۶. **دستکاری استناد:** دستکاری استناد به معنای استنادهای بیش از حد در مقاله ارسالی است که به محتوای علمی مقاله کمک نمی‌کند و صرفاً به‌منظور افزایش استناد به کار یک نویسنده خاص یا مقالات منتشرشده در یک نشریه خاص انجام شده است. این کار منجر به ارائه نادرست اهمیت کار یا نشریه خاصی که به آن اشاره می‌شود، شده و بنابراین نوعی سوءرفتار علمی محسوب می‌شود.
۷. **مشارکت یا انتساب نامناسب نویسنده:** همه نویسندگان لیست شده، باید سهم قابل‌توجهی در انجام تحقیق ارائه‌شده در مقاله داشته باشند و همه ادعاهای آن را تایید کرده باشند. یادآور می‌شود که همه افرادی که سهم علمی قابل توجهی دارند، ازجمله دانشجویان و تکنسین‌های آزمایشگاه باید در لیست نویسندگان ذکر شوند.

رسیدگی به پرونده‌های تخلف

(http://publicationethics.org/files/Sharing%20_of_Information_Among_EiCs_guidelines_web_version.pdf)

اعضای هیئت تحریریه نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران اقدامات لازم را برای بررسی مقالات ورودی در مورد اصالت، قابلیت اطمینان اطلاعات ارائه‌شده و استفاده صحیح از استنادات و ارجاعات انجام می‌دهند و سیاست‌های زیر را در صورت شناسایی سرقت علمی در هر یک از مقالات ارسال‌شده به نشریه اعمال نموده و متناسب با آن اقدامات لازم خواهد نمود. اگر هر یک از رفتارهای غیراخلاقی، توسط هیئت تحریریه نشریه و یا توسط یکی از داوران تشخیص داده شود، اولین اقدام این است که سردبیر را با ارائه نسخه‌هایی از مطالب مربوطه و پیش‌نویس نامه‌ای به نویسنده مسئول مقاله و درخواست توضیح مناسب و بدون قضاوت در مورد آن مطلع نمایند. اگر تخلف از شدت کمتری برخوردار باشد، سردبیر طبق توصیه کمیته اخلاق انتشار، توبیخ‌نامه‌ای به نویسنده ارسال می‌کند و سیاست‌های انتشار نشریه را یادآوری می‌کند. اگر مقاله، منتشر شده باشد، سردبیر می‌تواند از نویسنده درخواست کند برای تصحیح سابقه، یک عذرخواهی در نشریه چاپ کند. درصورتی که توضیحات نویسنده غیرقابل‌قبول باشد و به نظر برسد که رفتار غیراخلاقی جدی صورت گرفته است، موضوع از طریق هیئت تحریریه به کمیته نشر ارجاع داده می‌شود. پس از بررسی، کمیته تصمیم خواهد گرفت که آیا پرونده به اندازه کافی جدی هست که ممنوعیت ارسال‌های بعدی را تضمین کند.

تحریم‌ها :در مواردی که تخلف شدید باشد، موضوع به سازمان مربوطه نویسنده اطلاع داده می‌شود و نویسندگان به مدت پنج سال اجازه ارسال مقاله به نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران را نخواهند داشت.

بحث‌ها و اصلاحات پس از انتشار

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، این امکان را به خوانندگان می‌دهد تا نظرات و انتقادات خود را نسبت به مباحث علمی مطرح شده در مقالات آماده انتشار از طریق بخش «ارسال نظر در مورد این مقاله» در سایت نشریه و در صفحه مربوط به هر مقاله به سردبیر ارائه دهند .نظرات حداکثر تا یک ماه قبل از انتشار نهایی مقاله قابل بررسی هستند. در صورتی که نظرات ارسال‌شده برای بهبود مقاله مفید و کاربردی باشند، جهت اعمال تصحیحات به نویسنده مقاله منتقل شده و همچنین در ذیل بخش مراجع در صفحه مقاله مذکور نشان داده می‌شوند.

تقاضای تجدید نظر

اگر نویسندگان با تصمیم هیئت تحریریه در خصوص مقاله خود مخالف باشند، حق تجدیدنظرخواهی را خواهند داشت. نویسندگانی که تقاضای تجدیدنظر در خصوص تصمیم هیئت تحریریه را دارند، باید تقاضای خود را با سردبیر نشریه مطرح کنند. درچنین مواردی سردبیر مجدداً مقاله و نظرات داوران و هیئت تحریریه را مورد بازبینی قرار داده و نظر خود را درخصوص پذیرش یا ردّ مقاله اعلام می‌کند و درصورت لزوم، مقاله را برای اصلاحات بیشتر به نویسنده برگشت داده و یا برای بررسی مجدد به داور جدید ارسال می‌کند. تصمیم‌گیرنده نهایی در این مواقع سردبیر نشریه است.

نحوه درخواست تجدید نظر

نویسندگانی که تقاضای بررسی مجدد مقاله خود را دارند، می‌توانند درخواست خود را از طریق ایمیل نشریه به نشانی **ijpr@um.ac.ir** ارسال کنند. به کلیه درخواست‌ها ظرف سه روز کاری رسیدگی خواهد شد.

باسمه تعالی

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی- دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

معرّفی کامل نشریه و راهنمای تهیه و ارسال مقاله

معرفی نشریه

- «**پژوهش‌های حبوبات ایران**» نشریه‌ای است با درجهٔ علمی که از **خردادماه سال ۱۳۸۹** به‌صورت **دوفصلنامه**، به‌وسیلهٔ **پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد** در قالب تفاهم‌نامهٔ همکاری با شِش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت‌مدرس، شهیدباهنرکرمان، علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد.
- زبان انتشار، **فارسی** با چکیدهٔ مبسوط انگلیسی است و به‌صورت **الکترونیک** منتشر می‌شود.
- **نوع داوری**، دوسوناشناس بوده و نشریه از **سیاست انتشار** دسترسی آزاد به تمامی مقالات پیروی می‌کند.
- این نشریه، عضو کمیته اخلاق در انتشار (COPE) بوده و با احترام به قوانین اخلاق در نشریات و تبعیت از قوانین اخلاق در انتشار، از آیین‌نامه اجرایی قانون پیشگیری و مقابله با تقلب در آثار علمی پیروی می‌نماید.

✓ این نشریه، از سامانه مشابهت‌یاب «**همیاب**» استفاده می‌کند.

✓ نشریه در هیچ‌کدام از فرایندهای دریافت تا پذیرش مقاله، **هیچ‌گونه وجهی را از نویسنده(گان) دریافت نمی‌نماید.**

حوزه موضوعی

- زمینه موضوعی مقالات، شامل موارد زیر می‌باشد:
  - ❖ زراعت و بِه‌زراعی
  - ❖ بِه‌نژادی و بیوتکنولوژی
  - ❖ اکوفیزیولوژی
  - ❖ مقاومت و تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی
  - ❖ گیاه‌پزشکی
  - ❖ صنایع غذایی
  - ❖ اقتصاد کشاورزی
  - ❖ مکانیزاسیون
  - ❖ و دیگر زمینه‌های مرتبط
- منظور از **حبوبات**، بقولات مهم زراعی شامل محصولات زیر می‌باشد:
  - ❖ نخود
  - ❖ عدس
  - ❖ انواع لوبیا
  - ❖ ماش
  - ❖ باقلا
  - ❖ نخودفرنگی
  - ❖ دال‌عدس
  - ❖ خُلّر
  - ❖ گوار

انواع مقالات قابل پذیرش

- **مقاله پژوهشی (Research article)**: مقاله‌ای است که باید نتایج **پژوهش‌های اصلی** را گزارش کند و مطالب آن، قبلاً در جای دیگری منتشر نشده باشد (مگر به‌صورت مقدماتی).
- **مقاله کوتاه؛ یادداشت پژوهشی (Short article; Research note)**: مقاله کامل علمی نیست؛ بلکه یادداشت‌های بحثی است که به دنبال پیشبُرد یک ایده جدید یا معرفی یک پدیده، دیدگاه، فرایند، محصول، برنامه تحقیقاتی یا رویکرد، به‌شکل مفید و تازه است.
- **مقاله مروری (Review article)**: نوعی مقاله است که به مرور پیشینه موجود در یک موضوع علمی می‌پردازد. در مقالات مروری، نتایج ارائه‌شده در نوشتارهای علمی درباره موضوعی خاص جمع‌بندی و ارزیابی می‌شود. بدنه اصلی مقاله مروری به‌ترتیب شامل مقدمه، ترکیب نتایج و نتیجه‌گیری است.

شرایط پذیرش مقالات

- از استادان و پژوهشگران گرامی درخواست می‌شود پیش از بارگذاری مقاله در سایت نشریه به نشانی http://ijpr.um.ac.ir، از بخش راهنمای نویسندگان، دستورالعمل نشریه را مطالعه کرده و مقاله را بر طبق آن، تهیه و تنظیم نمایند.
- مقالات نباید پیش‌تر در نشریهٔ دیگری چاپ یا همزمان به نشریهٔ دیگری ارسال شده باشند.

راهنمای نگارش مقالات

فایل‌های مورد نیاز برای بارگذاری در سایت نشریه

- ✓ **اصل مقاله**
  - در فایل اصل مقاله، هیچ اطلاعاتی از نویسنده(گان) درج نگردد.
  - محتوای مقاله باید شامل تمام بخش‌های لازم باشد. توضیح مربوط به بخش‌های مقاله در ادامه خواهد آمد.
- ✓ **تعهدنامه**
  - این فرم باید کامل شود و به امضای تمام نویسندگان برسد. عنوان مقاله باید در جای مربوطه درج گردد.
- ✓ **تعارض منافع**
  - نویسندگان باید هرگونه تعارض احتمالی منافع (مالی مستقیم، مالی غیرمستقیم، حرفه‌ای و مالکیت فکری) را به‌صورت مشخص بیان‌کنند.

فرم تعهدنامه و فرم تعارض منافع را از سایت نشریه، منوی راهنمای نویسندگان دریافت کرده و بعد از تکمیل همه موارد، با فرمت PDF در سامانه بارگذاری نمایید.

- ✓ **مشخصات نویسندگان**
  - علاوه بر واردکردن اسامی و مشخصات تمام نویسندگان در سایت نشریه، لازم است تا فایل word مشخصات نویسندگان از سامانه نشریه (به نشانی بالا) دانلود شده و همه اطلاعات لازم در هر دو قسمت فارسی و انگلیسی، به‌ترتیب مشخص‌شده در فایل، برای همه نویسندگان، تکمیل و سپس بارگذاری گردد. برخی از این اطلاعات عبارتند از: اسامی نویسندگان، مرتبه علمی، وابستگی سازمانی، پست الکترونیک (ایمیل) و شناسه ارکید.

در صفحه مشخصات نویسندگان موارد زیر را رعایت نمایید:

- نام نویسندگان به‌صورت کامل نوشته شود. مثال: محمدعلی احسان‌نژاد
- از درج عنوان‌هایی مثل دکتر، مهندس و غیره در ابتدای نام خودداری شود.
- نام نویسندگان به‌ترتیب اولویت ذکر شود.
- وابستگی سازمانی همه نویسندگان، به‌صورت کامل و به‌ترتیب از جزء به کل نوشته شود: شامل: رتبه علمی، گروه آموزشی، نام دانشکده، نام دانشگاه، نام شهر و نام کشور

- نویسنده مسئول با ستاره مشخص شود.
- پست الکترونیک نویسندگان (به‌خصوص نویسنده مسئول)، سازمانی باشد.
- شناسه ارکید سایر نویسندگان درصورت وجود، حتماً ذکر شود.
- چنانچه مقاله، خلاصه یا بخشی از پایان‌نامه (رساله) دانشجویی باشد، لازم است موضوع در پاورقی صفحهٔ مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود.
- ترتیب و جزئیات اسامی و وابستگی سازمانی نویسندگان، صرفاً به همان ترتیبی که نویسنده مسئول ارائه می‌کند، در نشریه منتشر خواهد شد؛ لذا در نوشتن اطلاعات، دقت کافی مبذول گردد.

بخش‌های مقاله

هر مقاله باید به‌ترتیب دارای عنوان، چکیده، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، لیست علائم (در صورت نیاز)، چکیده مبسوط انگلیسی و منابع باشد.

✓ **عنوان**

- متناسب با موضوع مطرح‌شده در مقاله باشد.
- تا حد ممکن کوتاه، گویا و عاری از واژه‌های اختصاری باشد.

✓ **چکیده فارسی**

- در یک پاراگراف نوشته شود و از ۲۵۰ کلمه تجاوز نکند و در عین حال محتوای مقاله را برساند و با تأکید بر روش‌ها، مهم‌ترین نتایج و اهمیت کاربردی آن‌ها را منعکس نماید.
- چکیده، استناد درون‌متنی نداشته باشد.

✓ **واژه‌های کلیدی**

- حداکثر پنج کلمه کلیدی، به‌ترتیب الفبایی و با جداکننده «؛» در پایان چکیده قید شود.
- از کلمات به‌کاررفته در عنوان مقاله، استفاده نشود.
- واژه‌های کلیدی در چکیده فارسی و انگلیسی، مطابق با هم باشند.

✓ **مقدمه**

- بایستی شامل اطلاعات لازم پیرامون موضوع مقاله، ضرورت و اهمیت تحقیق، سوابق داخلی و خارجی، بیان واضح صورت مسئله و اهداف پژوهش باشد.

✓ **مواد و روش‌ها**

- این بخش باید کاملاً گویا و روشن بوده و در آن، مشخصات محل و نحوهٔ اجرای آزمایش، به‌همراه روش گردآوری داده‌ها و پردازش و تحلیل آن‌ها با ذکر منابع، به‌روشنی و به نحو تکرارپذیر ارائه شود.
- در صورت کاربرد معادلات ریاضی، باید همهٔ اجزای معادله به‌طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده(گان)، نحوهٔ حصول آن توضیح داده شود.
- درج هرگونه فرمول در متن، تنها با استفاده از قابلیت فرمول‌نویسی در نرم‌افزار Word انجام گیرد؛ لذا از درج فرمول به‌شکل «تصویر»، خودداری شود.
- هر فرمول در متن، باید با شماره‌گذاری مشخص شود.
- اگر روش تحقیق از یک منبع گرفته شده است، فقط به ذکر مأخذ اکتفا شود.

✓ **نتایج و بحث**

- نتایج و بحث باید به‌صورت توأم ارائه شده و یافته‌های پژوهش (نتایج) با استناد به منابع علمی مرتبط با موضوع، مورد بحث قرار گیرند.
- محتوای این بخش باید با نظم خاص و منطق علمی طراحی شود؛ ضمن این که می‌تواند به بخش‌های فرعی با زیرعنوان‌های مرتبط نیز تقسیم شود.
- بخش نتایج، باید به زمان گذشته ساده نوشته شود.

- بیان نتایج، تنها به یکی از صورت‌های متنی، جدول یا نمودار باشد و از تکرار مطالب، خودداری گردد.
- اصطلاحات آماری، اختصارات و نمادها را تعریف کنید.
- بحث باید به صورت مستدلّ و مستند، مختصر و محدود به بررسی‌های علمی در پژوهش، ارائه شود. بحث می‌تواند در رابطه با موارد زیر مطرح شود: نتایج، چگونه بر دانش موجود در این زمینه تأثیر می‌گذارد؟ تحقیقات آینده چگونه می‌تواند بر این مشاهدات بنا شود؟ عناوین پیشنهادی برای آزمایش‌ها و پژوهش‌های کلیدی مرتبط در آینده چیست؟

✓ **نتیجه‌گیری**

- چکیده مهم‌ترین نتایج راهبردی پژوهش و بحث مستند و پیشنهادهای راهگشا در این بخش درج می‌گردد که نباید تکراری عینی از مطالب بخش نتایج و بحث باشد.
- در این قسمت نباید استناد درون‌متنی وجود داشته باشد.

✓ **سپاسگزاری**

- تمام افرادی که به نحوی در انجام پژوهش نقش داشته‌اند؛ ولی جزو نویسندگان مقاله نبوده‌اند، مورد تقدیر قرار گیرند.
- تمام افراد و سازمان‌هایی که در نوشتن مقاله، روش‌ها و حمایت‌های کلی نقش داشته‌اند، مورد تقدیر قرار گیرند.
- ذکر نام سازمان(های) حمایت‌کننده یا تأمین‌کننده مالی پژوهش در این بخش ضروری است.
- اگر مقاله، حاصل طرح تحقیقاتی یا پایان‌نامه باشد، باید شماره ثبت، تاریخ ثبت، محل ثبت و تأمین‌کننده منابع مالی ذکر شود.

✓ **منابع**

- منابع، ترجیحاً شامل مقالات منتشرشده در نشریات علمی معتبر باشد. همچنین ممکن است به‌صورت محدود، از کتاب، کتاب ترجمه‌شده، پایان‌نامه، مقاله ارائه‌شده در همایش و دیگر منابع قابل استناد نیز استفاده شود.
- از ارجاع به گزارش‌های منتشرنشده، مقالات پذیرفته‌نشده و دیگر منابع غیرقابل استناد خودداری گردد.
- منابع استفاده‌شده در مقاله، باید از منابع قابل‌دسترس و ترجیحاً دست اول باشند. از منابع غیرقابل‌دسترس و منابع غیرعلمی استفاده نشود.
- استناد به منبع در متن مقاله (استنادهای درون‌متنی) و همچنین فهرست مشخصات همه منابع در انتهای مقاله، باید به انگلیسی باشد. اگر در مقاله، از منبع فارسی استفاده شده باشد، باید اطلاعات آن، مطابق با دستورالعملی که در ادامه می‌آید، به زبان انگلیسی برگردانده شود.

✓ **چکیده مبسوط انگلیسی (Extended Abstract)**

- با توجه به اهمیت نظام‌های رتبه‌بندی و علم‌سنجی رسمی، ضروری است «چکیدهٔ مبسوط انگلیسی» در انتهای هر مقاله، نگارش یابد. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. این چکیده، باید «حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه» داشته و به تفکیک، شامل همه بخش‌های زیر، به ترتیب و تفکیک نوشته شود:

1. **Title**
2. **Introduction**
3. **Materials and Methods**
4. **Results and Discussion**
5. **Conclusions**
6. **Acknowledgement**
7. **Keywords**

- **صفحه‌آرایی**
  - متن مقاله باید در محیط نرم‌افزارOffice Word با ابعاد A4، بدون هر گونه آرم و نشان و به‌صورت تک‌ستونه، با فاصلهٔ ۲/۵ سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصلهٔ ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازهٔ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازهٔ ۱۰ و به‌صورت یک‌ستونه تایپ شود.
  - همهٔ صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن ترجیحاً از ۲۰ تجاوز نکند.
  - هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به‌صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.
  - هنگام تنظیم مقاله، از به‌کاربردن واژه‌های لاتین که هم‌ارز فارسی دارند، یا درج معادل انگلیسی کلمه، در درون پرانتز و در داخل متن خودداری شود. در مواردی که واژه لاتین با املای فارسی نوشته می‌شود، عین کلمه لاتین در زیر همان صفحه با قید شماره، به‌صورت پاورقی نوشته شود. دقت شود که اگر کلمه‌ای در مقاله، چندبار تکرار شده است، فقط برای نخستین‌بار، پاورقی درج می‌شود و در دفعات بعد، نیازی به درج تکراری پاورقی نیست. پاورقی در هر صفحه به‌صورت مستقل، با شماره‌گذاری از عدد۱، آغاز شود.
  - تیترهای اصلی و فرعی در متن، شماره نداشته باشند.
  - تمام اعداد و ارقام در متن، فارسی باشد و در صورت اعشاری‌بودن اعداد، ممیز به صورت (/) نوشته شود. اعداد فقط در جدول‌ها و شکل‌ها به انگلیسی است.
  - شکل‌ها و جدول‌ها، باید جداگانه و به‌ترتیب، شماره‌گذاری شده و در جای مناسب خود در متن مقاله قرار گیرند (از درج یکجای آن‌ها در انتهای مقاله یا به‌صورت جداگانه در فایل مجزا خودداری شود). همه شکل‌ها و جدول‌ها بدون کادر باشند.
  - در خصوص جداول و شکل‌ها، حتماً در متن مقاله، ارجاع به همه آن‌ها صورت گرفته باشد و بعد از ارجاع مربوطه درج شوند.
  - همه جداول و شکل‌ها و نمودارها باید دارای عنوان مستقل باشند. عناوین، باید گویای کامل جزئیات و نتایج ارائه‌شده بوده و همهٔ اطلاعات و تعاریف لازم را شامل شوند، به‌طوری‌که نیاز به مراجعه به متن مقاله نباشد.
  - عنوان هر شکل یا جدول، باید به هر دو صورت فارسی و انگلیسی (به‌ترتیب، اول فارسی و بلافاصله در زیر آن، انگلیسی)، به‌صورت توپُر و به‌ترتیب با اندازه ۱۰ و ۹ نوشته شود. ترجمه، باید کاملاً مطابق با هم باشد.
  - عنوان شکل‌ها، در زیر آن و عنوان جداول، در بالا درج می‌شود. در خصوص جدول‌ها، هرگونه توضیحی، ازجمله شرح علایم اختصاری، باید به هر دو صورت فارسی و انگلیسی، در زیر جدول قید گردد.
  - تمام کلمات در داخل فضای نمودارها و شکل‌ها، ازجمله عناوین محورها و راهنمای علایم و...، صرفاً به انگلیسی باشد و اندازه قلم آن‌ها، از ۸ کوچک‌تر و از ۱۰ بزرگ‌تر نباشد.
  - به‌طور کلی در همه جداول و شکل‌ها و نمودارها و تصاویر، همه اجزاء و حروف و کلمات و اعداد و نمادها و علایمِ به‌کاررفته، باید کاملاً خوانا و تفکیک‌پذیر باشند.
  - استنادهای درون متنی و منابع انتهای مقاله، به زبان انگلیسی باشند (کلیه پرانتزهای باز و بسته استنادهای درون متنی با فونت فارسی باشد).
  - در کل متن، نیم‌فاصله‌ها رعایت شود.
  - تمامی اسامی علمی به‌صورت ایتالیک درج شوند.
  - در هیچ بخش از مقاله، از Text Box استفاده نشود.

- **واحدهای اندازه‌گیری**
  - کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک (SI) باشند.
  - برای نوشتن واحدها از حالت نمایی استفاده شود (مثلاً به‌جای m/s از $m.s^{-1}$ استفاده شود).

- **جداول، شکل‌ها، نمودارها و فرمول‌ها**
  - همه جداول در نرم‌افزار Word طراحی شوند (به‌صورت تصویری نباشد) و در صفحه عمودی (Portrait) تایپ شود.
  - تنظیم اندازه جدول یا نمودار و میزان محتواهای داخل آن به گونه‌ای باشد که به‌صورت عمودی، در صفحه گنجانده شود و در حاشیه صفحه نیز قرار نگیرد. در صورتی‌که جدول یا نمودار، بزرگ است، باید اطلاعات آن، به اندازه‌های استاندارد، تفکیک شود.
  - کلمات و عبارات سرستون‌ها و ردیف‌ها و نیز هرکلمه‌ای در فضای داخلی جدول، به هر دو صورت فارسی و انگلیسی (ابتدا فارسی) قید گردد (اطلاعات جداول و شکل‌ها، برای خوانندگان غیرفارسی‌زبان، قابل استفاده باشد).
  - همه اعداد در جداول و نمودارها و شکل‌ها، صرفاً به انگلیسی (ممیز به صورت نقطه «.») درج گردد.
  - هر ستون جدول، باید دارای عنوان و در صورت نیاز، واحد اندازه‌گیری مربوطه باشد که به هر دو صورت فارسی و انگلیسی قید می‌گردد. در صورت نیاز به توضیحات اضافی، از جمله شرح حروف مخفف و علایم، از زیرنویس به شکل فارسی با ترجمه انگلیسی استفاده شود.
  - چیدمان محتوای جدول‌ها، به‌دلیل زبان انگلیسی، حتماً از چپ به راست صورت گیرد.
  - در طراحی و تنظیم جداول، از خطوط عمودی استفاده نشود. از خطوط افقی نیز تنها در بالا و پایین سطر اول و سطر انتهایی و نیز در موارد لزوم، در هنگام تقسیم‌بندی کلی و دسته‌بندی محتوایی جدول استفاده شود. قطر این خطوط، یک‌چهارم باشد.
  - از جهت آشنایی با شیوه طراحی جدول و شکل، به نمونه‌های استاندارد در مقالات منتشرشده در سایت مراجعه نمایید.
  - آوردن مأخذ شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند، در زیرنویس آن شکل الزامی است.
  - برای ارجاع به کلیه جدول‌ها، شکل‌ها، نمودارها و معادلات در متن، از شماره آن‌ها استفاده شود و از آوردن کلماتی مثل زیر، بالا و غیره خودداری گردد.
  - تمام معادلات و فرمول‌ها، چپ‌چین و با شماره‌ای که در انتهای سمت راست آن در داخل پرانتز آورده می‌شود، مشخص گردند.

- **منابع**
  - ارجاع به منابع، به‌صورت استناد درون‌متنی و برون‌متنی (در انتهای مقاله) است. دقت شود تا اطلاعات کامل منبعی که در داخل متن، شکل، جدول و توضیح آن‌ها، به آن استناد شده است، حتماً در انتهای مقاله نیز ذکر شود. همچنین هر منبعی که در انتهای مقاله ذکر می‌شود، حتماً در داخل متن نیز به آن استناد شده باشد.
  - استناد به منبع در متن مقاله (استنادهای درون‌متنی) و همچنین منابع انتهای مقاله (برون‌متنی) باید به انگلیسی نوشته شود و سال نشر نیز به میلادی باشد.
  - اگر در مقاله از منبع فارسی استفاده شده باشد، باید اطلاعات آن، به زبان انگلیسی برگردانده شود.
  - اگر منبع مورداستفاده در مقاله، فارسی باشد؛ برای تبدیل اطلاعات کتابشناختی آن به انگلیسی، باید تمام اطلاعات آن، ازجمله نام نویسنده(گان)، عنوان منبع (نام نشریه، کتاب، گزارش، پایان‌نامه) و سایر اطلاعات موردنیاز، از صفحه عنوان انگلیسی یا سایت اینترنتی منبع گرفته شود؛ بنابراین، از ترجمه شخصی اطلاعات منابع فارسی خودداری نمایید.
  - برای استناد به منابعی که نسخه آنلاین دارند، به صفحه انگلیسی سایت منبع مراجعه گردد و نشانی استاندارد اینترنتی آن اخذ شود.
  - تمامی ارجاعات داخل متن، به رفرنس مربوطه لینک داده شوند.
  - در نوشتن فهرست منابع و ارجاعات درون متن، از روش رفرنس‌نویسی APA استفاده شود.
  - از ذکر منابع بی‌نام و غیرقابل‌دسترس خودداری شود.

ارجاع (استناد) درون‌متنی

به دلیل این‌که منابع فارسی به‌کاررفته در مقاله، باید به انگلیسی برگردانده شوند، لازم است ارجاع درون‌متنی منابع فارسی نیز به انگلیسی ذکر شوند. نحوه ارجاع در متن مقاله، مطابق موارد زیر است:

- **ارجاع به منبعی با یک نویسنده:** بین نام خانوادگی نویسنده و سال نشر، ویرگول قرار می‌گیرد. مانند: (Bagheri, 2021)
- **ارجاع به منبعی با دو نویسنده:** بین نام خانوادگی دو نویسنده، علامت & قرار می‌گیرد و بعد از ویرگول، سال نشر منبع ذکر می‌شود. مانند: (Saxena & Singh, 2020)
- **ارجاع به منبعی با سه نویسنده یا بیشتر:** بعد از نام خانوادگی نویسنده اول، عبارت et al و بعد از نقطه و ویرگول، سال نشر می‌آید. مانند: (Nabati et al., 2022)
- **ارجاع به بیش از یک منبع:** اگر بخواهیم در یک محل، به چند منبع ارجاع دهیم، ارجاع مانند نمونه‌های بالا صورت می‌گیرد؛ با این تفاوت که همه داخل یک پرانتز قرار می‌گیرند و با نقطه‌ویرگول از هم جدا می‌شوند و ترتیب آوردن آن‌ها بر اساس سال نشر از قدیم به جدید است. مانند:
(Saxena & Singh, 2020; Bagheri, 2021; Nabati et al., 2022)
- زمان ارجاع به منبع (رفرنس) در ابتدا یا وسط جمله، باید ابتدا نام نویسنده منبع به فارسی نوشته شود و بعد در داخل پرانتز، نام نویسنده همراه با سال نشر (سال میلادی) به انگلیسی بیاید. مثال:
بر اساس پژوهش وصال و همکاران (Vesal et al., 2012)،... .
- همه استنادهای درون‌متنی باید داخل پرانتز قرار گیرند.

ارجاع برون‌متنی (فهرست منابع انتهای مقاله)

- در بخش انتهایی مقاله (پیش از چکیده مبسوط انگلیسی)، یک فهرست شماره‌گذاری‌شده از منابعِ استفاده‌شده، با ترتیب الفبایی و با قلم Times New Roman اندازهٔ ۱۱ ارائه شود. تنها منابعی باید درج شوند که در ارتباطِ نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آن‌ها استفاده شده باشد.
- همهٔ منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند.
- در فهرست منابع، نام همه نویسندگان باید ذکر شود و از آوردن عبارت et al و others به‌جای آوردن نام دیگرنویسندگان، خودداری شود.
- نام نویسنده، منبع (نشریه، کتاب و غیره) و ناشر، نباید به‌صورت مخفف نوشته شود و باید به‌شکل کامل درج گردد.
- برای استناد به مقاله‌هایی که هنوز منتشر نشده‌اند، به‌جای سال نشر، از عبارت in press استفاده شود.
- برای مقاله منتشرشده در نشریه، آوردن شماره نشریه (Issue) و شماره جلد (Volume)، طبق نمونه، الزامی است. درصورتی‌که در منبع اصلی، به شماره نشریه اشاره نشده باشد، می‌توان شماره را از سایت آن نشریه استخراج کرد.
- برای منابعی که در اصل به زبان فارسی و دارای چکیده انگلیسی هستند، بعد از برگرداندن به انگلیسی، عبارت (In Persian with English Abstract) در انتها درج گردد.
- برای منابعی که در اصل به زبان فارسی هستند و چکیده انگلیسی ندارند، بعد از برگرداندن به انگلیسی، عبارت (In Persian) در انتها درج گردد.
- برای مقاله‌های منتشرشده که DOI دارند، آوردن DOI در پایان هر منبع الزامی است. DOI با آدرس دقیق ذکر شود:
نمونه: https://doi.org/10.22067/ijpr.v13i1.73769
- ترتیب منابع منفرد و مشترک از یک نویسنده در منابع برون‌متنی (انتهای مقاله)، بر اساس نام نویسندگان و سال نشر می‌باشد.

- چنانچه از یک نویسنده، منابع منفرد و مشترک ارائه شود، ابتدا منبع منفرد و سپس منبع مشترک به‌ترتیب حروف الفبای نام دیگر نویسندگان مرتب می‌شوند.
- چنانچه بعد از الفبایی‌کردن منابع مشترک بر اساس نام نویسندگان، سال نشر مشترک هم داشته باشیم، در کنار سال نشر از حروف الفبای انگلیسی (به‌صورت حرف کوچک) استفاده می‌کنیم (برای اولین منبع بعد از سال نشر a و برای سال نشر منبع بعدی حرف b می‌گذاریم و به همین ترتیب).
- درصورتی‌که نویسندگان چند منبع، دقیقاً یکسان باشند، منابع بر اساس سال انتشار از قدیم به جدید تنظیم می‌شوند.
- در مواردی که فقط چکیدهٔ مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (Abstract) داخل پرانتز ذکر شود.

- منابع برون‌متنی (با اطلاعات کامل) طبق نمونه‌های زیر تنظیم شوند:

مقاله منتشرشده در نشریات علمی (Journal Article)

Bakhshi, B., Pouresmaeil, M., & Keshtgar Khajedad, M. (2021). Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran. *Iranian Journal of Pulses Research*, *12*(2), 85-103. (In Persian with English Abstract). http://doi.org/10.22067/ijpr.v12i2.87704

کتاب تألیف‌شده

James, E.K., Sprent, J.I., & Newton, W.E. (2008). Nitrogen-Fixing Leguminous Symbioses. Kluwer Academic Publishers.

مقاله یا یک فصل، از کتاب تدوین‌شده

Mettam, G.R., & 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.

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.

کنفرانس علمی

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

مقاله در نشریهٔ برخط (On-line)

Mantri, N.L., Ford, R., Coram, T.E., & 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).

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).

سایر موارد

- مقالات توسط هیئت تحریریه و با همکاری متخصصان، داوری شده و در صورت پذیرش نهایی، بر طبق ضوابط خاص نشریه، در نوبت انتشار قرار می‌گیرند.
- مقالات باید در مرحله بازنگری، به‌دقت و کاملاً بدون اشتباه ارسال شوند. بدیهی است هرگونه تغییر پس از آن، قابل‌قبول نخواهد بود.
- نشریه در ردّ یا پذیرش مقالات، همچنین در نحوه صفحه‌آرایی و اِعمال ویرایش‌های ادبی و فنی لازم، آزاد 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**
- **و...**

اطلاعات تماس نشریه:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران

کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۳ (۰۵۱)، نمابر: ۴۳۰-۳۸۷۸۷ (۰۵۱)

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

http://ijpr.um.ac.ir

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 1-21
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۲۱-۱
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.79906.1049

Screening of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Salinity Tolerance at Early Growth Stages

Narges Safaei Ghalehzou[1], Mohammad Kafi[2*], Ahmad Nezami[2], Jafar Nabati[3]

Received: 05-12-2022
Revised: 12-02-2023
Accepted: 01-07-2023
Available Online: 01-06-2024

How to cite this article:
Safaei Ghalehzou, N., Kafi, M., Nezami, A., & Nabati, J. (2024). Screening of chickpea *(Cicer arietinum* L.) genotypes for salinity tolerance at early growth stages. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 1-21. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.79906.1049

Introduction
Chickpea is an important source of energy and protein of the Iranian people's diet. Iran is one of the main centers of genetic diversity of this crop. The cultivation of chickpea nowadays is practiced using irrigation or supplemented irrigation in many parts of Iran, as more challenging by climate change, precipitation decline, and salinization of underground water resources. On the other side, there is no enough fresh water to meet the full water requirement of chickpea. Although chickpea consider as a salt sensitive crop but there are some reports that show some variable reaction to salinity amongst different chickpea genotypes. A collection of cold and drought stress tolerant chickpea genotypes are maintained in Mashhad Chickpea Collection (MCC) in the Plant Science Research Center of Ferdowsi University of Mashhad. Therefore, testing the tolerance of different genotypes and landraces of this crop to salinity stress is of important, and this experiment is arranged to test salinity tolerance of chickpea genotypes in this collection.

Materials and Methods
In order to identify and assess of chickpea genotypes salinity tolerant, seeds of 206 Mashhad Chickpea Collection genotypes were kindly prepared by Plant Science Research Center of Ferdowsi University of Mashhad (FUM). The experiment was carried out in the research green house of Faculty of Agriculture of FUM at the spring of 2021 which light was normal, and temperature and humidity were controlled. A randomized complete block design was used with three replications and each treatment consist of 10 plants for each genotype. Seeds were sown in the shallow trays in the lab at 25 degrees centigrade and emerged seedling were transplanted in the sand culture medium. Saline water prepared by adding NaCl to tap water till its EC reached to 12 $dS.m^{-1}$. Salinity imposed after a week of transplanting through the Hoagland nutrient solution and continued for four weeks. Nutrient solution was renewed each week and 12 $dS.m^{-1}$ NaCl dissolved in that solution. Measured traits included the height difference at the beginning of the imposing of salt stress and for weeks later, number of branch per plant, survival percentage, and biomass accumulation. Sodium and potassium content of shoots. Data were analyzed using Minitab for windows 17 and standard error and cluster analysis arranged using JMP4 software.

Results and Discussion
The results showed that 31 genotypes have a survival rate of 76-100% which 10 genotypes showed survival rate of 100%. Plant height, biomass, and number of lateral branches per plant decreased as survival rate decreased. Significant increase in shoot Na^+ concentration was only found in survival range of 0-25% while the shoot sodium content was the lowest in in group of 57-100% survival compared to the other three groups. Biomass accumulation also reduced more rapidly in low survival group (0-25%) compare with 76-100% survival group by 66%. The correlation analysis showed that survival rate, plant height and number of lateral branches per plant, biomass, plant height difference and shoot K^+ concentration showed significantly positive correlation. Based on factor analysis, three factors were selected that in total 79% of the total variation was explained. The first and second factors were explained high percent of variation that include survival rate and plant height and number of lateral branches per plant, biomass, plant height difference and Na+ concentration. Genotypes MCC1782, MCC197 ,MCC1703 ,MCC1568, MCC1573, MCC1737, MCC1209, MCC1516, MCC1493, MCC1832, MCC1957, MCC1721, MCC2016, MCC1704, MCC1641, MCC1815, MCC1775,

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
* Corresponding Author's Email: m.kafi@um.ac.ir

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

MCC178, MCC1754, MCC1627, MCC1716, MCC1918, MCC1827 ,were selected as the superior genotype under salinity stress of 12 $dS.m^{-1}$ for four weeks. According to the result of cluster analysis, the genotypes were classified in four clusters. The genotypes of the third and fourth clusters had a high average salinity tolerance compared to other clusters with the investigated traits.

Conclusions
While chickpea is not traditionally considered a salt-tolerant crop, the observed variations among genotypes suggest that further efforts are required to screen and identify salt-tolerant genotypes and landraces for potential inclusion in breeding programs. It's important to note that the current study was conducted in a controlled environment, with only a few weeks of exposure to salinity treatment. Consequently, we propose a more extensive experiment that includes those genotypes exhibiting superior performance in terms of survival rate, biomass accumulation, low shoot sodium content, and high potassium content.

Keywords: Biomass, Cluster analysis, Factor analysis, Sodium, Survival percentage

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۲۱-۱
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 1-21
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.79906.1049

غربالگری ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) برای تحمل به شوری در مرحله ابتدای رشد رویشی

نرگس صفائی قلعه زو[۱]، محمد کافی[۲*]، احمد نظامی[۲]، جعفر نباتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰

چکیده

به‌منظور شناسایی و ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، ۲۰۶ ژنوتیپ نخود در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط هیدروپونیک، در مرحله گیاهچه‌ای در معرض تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر سدیم کلرید قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ۳۱ ژنوتیپ، از بقای بین ۱۰۰-۷۶ درصد برخوردار بودند و از بین آن‌ها، ۱۰ ژنوتیپ میزان بقای ۱۰۰ درصد داشتند. در اثر تنش شوری با کاهش میزان بقا، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته و زیست‌توده کاهش یافت. میانگین غلظت سدیم اندام‌های هوایی گیاه فقط در دامنه بقای ۵۰-۲۶ درصد نسبت به سایر دامنه‌های بقا، افزایش نشان داد. میزان بقا با تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، اختلاف ارتفاع بوته قبل و بعد از تنش، زیست‌توده و غلظت پتاسیم در گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه عامل‌ها، سه عامل در مجموع ۷۵ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها توجیه کردند. عامل اول و دوم که بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند، شامل میزان بقا، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع بوته، اختلاف ارتفاع بوته قبل و بعد از تنش، زیست‌توده و غلظت سدیم در بوته بودند. ژنوتیپ‌های MCC1782، MCC1977، MCC1703، MCC1568، MCC1573، MCC1737، MCC1209، MCC1516، MCC1493، MCC1832، MCC1957، MCC1721، MCC2016، MCC1704، MCC1641، MCC1815، MCC1775،MCC178، MCC1754، MCC1627، MCC1716، MCC1918، MCC1827، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه، دسته‌بندی شدند که گروه سوم و چهارم از نظر بقا، زیست‌توده، ارتفاع بوته میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها داشتند و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی برای تحمل به شوری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای؛ تجزیه عامل‌ها؛ درصد بقا؛ زیست‌توده؛ سدیم

مقدمه

حبوبات سهم بالایی در تولید و درآمد در بوم‌نظام‌های کشاورزی معیشتی دارند. دانه این گیاهان دارای درصد بالایی از پروتئین است که تقریباً ۱۵ درصد از پروتئین مورد نیاز مردم دنیا از این گیاهان تهیه می‌شود (Tsehaye et al., 2020). نخود (*Cicer arietinum* L.) یک گیاه زراعی است که در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود (Gautam et al., 2021). علاوه‌براین، زراعت نخود به‌دلیل داشتن ارزش غذایی و توانایی طبیعی تثبیت نیتروژن اتمسفر دارای اهمیت فراوان برای باروری خاک است (Kaashyap et al., 2018). با وجود تحمل نسبتاً بالای نخود به خشکی، این گیاه به شوری حساس است (Kotula et al., 2019).

شوری یکی از تنش‌های محیطی است که تأثیر منفی بر رشد و نمو گیاهان دارد. مناطق وسیعی از زمین‌های زیر کشت در سراسر دنیا تحت تأثیر تنش شوری قرار دارد (Moustafa et al., 2021). هر ساله به‌ویژه در مناطق خشک به‌دلیل بارش کم، تبخیر زیاد، زهکشی ضعیف و روش‌های آبیاری نامناسب، سطح زمین‌های شور جهان گسترش می‌یابد (Moustafa et al., 2021). تنش شوری مشکلاتی مانند کاهش جوانه‌زنی بذر، کاهش رشد و عملکرد محصولات زراعی را به همراه دارد (Aslam et al., 2018). حساسیت نخود در مراحل مختلف رشد به شوری متفاوت است و در مرحله زایشی حساس‌تر به تنش شوری است. زمانی که نخود در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، در ابتدا ریشه گیاه مورد آسیب قرار می‌گیرد (Kaashyap et al., 2022) و با افزایش غلظت نمک در اطراف ریشه، پتانسیل آب اطراف ریشه کاهش می‌یابد که این امر سبب جلوگیری از جذب آب شده و در نتیجه، سبب ایجاد تنش اسمزی در گیاه می‌شود (Mushtaq et al., 2022). تنش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: m.kafi@um.ac.ir)

شوری سبب ریزش گل و غلاف در گیاه نخود شده و در نتیجه، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Soren et al., 2020).

واکنش گیاه به تنش شوری در طی دو مرحله انجام می‌شود (Arzani & Ashraf, 2016; Munns & Tester, 2008): مرحله اول فاز اسمزی است که واکنشی است که بلافاصله توسط گیاه تحت تأثیر شوری ظاهر می‌شود. تنش اسمزی، جذب آب توسط گیاه را دچار مشکل نموده و بر رشد و نمو گیاه تأثیر منفی دارد. مرحله دوم، تأثیر شوری در گیاه موقعی آشکار می‌شود که غلظت بالایی از یون‌های سمی سدیم (Na^+) و کلر (Cl^-) در گیاه تجمع یافته باشد. از آنجائی که سدیم کلرید جزء اصلی خاک شور می‌باشد، یون‌های سدیم و کلر به‌مقدار زیادی در گیاه تجمع می‌یابد که موجب سمیت می‌شود، به‌طوری‌که فرآیندهای متابولیکی اساسی گیاه از جمله فتوسنتز و تنفس را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اختلال در جذب مواد غذایی و تنش اکسیداتیو به‌عنوان تنش‌های ثانویه شوری مطرح می‌باشند (Arzani, 2008).

زمانی که نخود تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد، به دنبال آن تنش‌های ثانویه مانند تنش اکسیداتیو نیز در گیاه ایجاد می‌شود. تنش اکسیداتیو سبب بروز رادیکال‌های آزاد شده و این رادیکال‌های آزاد سبب اکسید شدن پروتئین‌ها و لیپیدها و در نهایت، منجر به نابودی سلول می‌شود (Nasiri et al., 2021). گزارش شده است که در نخود تحت تنش شوری، نرخ رشد محصول تا ۲۰ درصد و ارتفاع گیاه تا ۱۵ درصد و زیست‌توده کل گیاه تا ۲۸ درصد کاهش می‌یابد (Lavrenko et al., 2018). در نخود، سازوکارهای فیزیولوژیک متفاوتی برای تحمل در برابر تنش شوری مانند افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و اسیدآمینه پرولین در اندام‌های هوایی وجود دارد (Nasiri et al., 2021). نتایج کومار و همکاران حاکی از این است که در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری نخود، غلظت سدیم تجمع یافته در اندام هوایی گیاه به‌طور معنی‌داری از ژنوتیپ‌های حساس کمتر است (Kumar et al., 2021). تنش شوری باعث کاهش شاخص پایداری غشا، سطح سبز برگ، درصد ماده خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن خشک اندام هوایی و ریشه در ژنوتیپ‌های نخود شد (Zare Mehrjardi et al., 2011). بقای گیاه نخود در شرایط شور ارتباط مستقیمی با حفظ برگ‌های گیاه داشت که این امر وابسته به حفظ پایداری غشا و کاهش ورود سدیم به داخل گیاه است (Nabati et al., 2021).

با وجود اینکه نخود به شوری حساس است، امّا در میان ژنوتیپ‌های آن تنوع در تحمل به شوری وجود دارد (Kumar et al., 2021)؛ بنابراین می‌توان از این تنوع در گزینش ارقام متحمل به شوری استفاده کرد. در این راستا، به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و معرفی آن‌ها برای برنامه‌های اصلاحی آینده، تحمل به شوری ۲۱۵ ژنوتیپ نخود کابلی در شرایط کنترل شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط آب‌کشت (هیدروپونیک) در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۴۰۰ انجام شد. تعداد ۲۰۶ ژنوتیپ نخود با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر سدیم کلرید (NaCl) مورد مطالعه قرار گرفتند (Nabati et al., 2021). بذرها از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد.

بستر مورد استفاده در این آزمایش، ماسه بود و تغذیه از طریق محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) انجام شد. سیستم تغذیه در این مطالعه، سیستم بسته بود و محلول غذایی در بستر به‌طور متناوب گردش می‌کرد و هر هفته با تعویض محلول هوگلند بر اساس سطح شوری مورد نظر تنظیم می‌شد. با توجه به اینکه محلول هوگلند به‌واسطه دارا بودن عناصر غذایی، حدود دو دسی زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند، در نتیجه مجموع هدایت الکتریکی محلول غذایی و تیمار شوری، ۱۴ دسی زیمنس بر متر بود. ابتدا بذرها در آزمایشگاه جوانه‌دار گردید، سپس در اردیبهشت‌ماه به محیط هیدروپونیک در گلخانه منتقل شدند. دمای روز و شب گلخانه، به‌ترتیب ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد و با دامنه تغییر ۵± درجه سانتی‌گراد بود. سیستم کشت هیدروپونیک در این پژوهش شامل جعبه‌های پلاستیکی با ابعاد ۶۰×۴۰ سانتی‌متری بود و در هر جعبه شش ژنوتیپ کشت شد. در هر جعبه از ۶۰ بذر استفاده شد و از هر ژنوتیپ و تکرار ۱۰ بذر جوانه‌دار شده به‌فاصله پنج سانتی‌متر در ماسه کشت شد. یک هفته بعد از انتقال گیاهچه‌ها به گلخانه، تنش شوری به‌مدت چهار هفته اعمال شد.

قبل از اعمال تنش شوری، ارتفاع بوته ثبت گردید و چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری، ارتفاع بوته، اختلاف ارتفاع بوته قبل و بعد از تنش شوری، تعداد شاخه در بوته، میزان بقای بوته و محتوای سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه میزان بقا، تعداد بوته‌های استقرار یافته قبل از اعمال تنش شوری ثبت‌شده و پیش از برداشت نیز تعداد بوته‌های زنده ثبت شد و میزان بقا محاسبه گردید. بر اساس

بقا، ژنوتیپ‌ها به چهار گروه ۱۰۰-۷۶، ۷۵-۵۱، ۵۰-۲۶ و ۲۵-۰ درصد بقا طبقه‌بندی شدند.

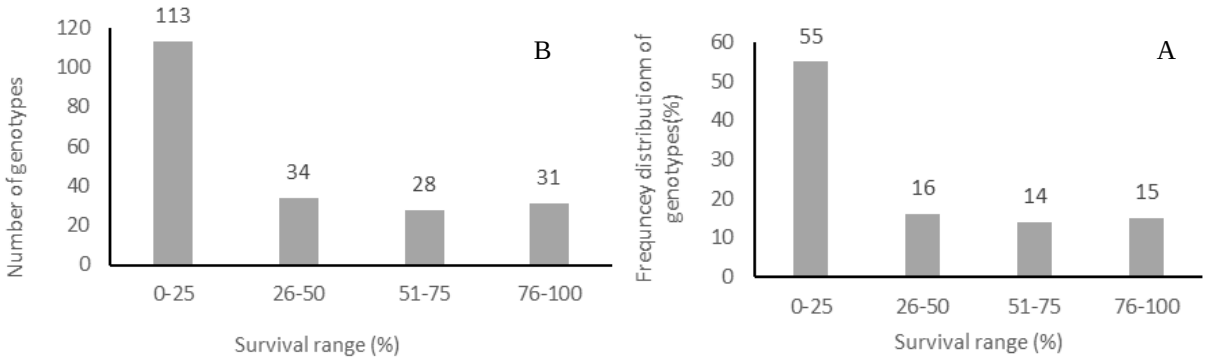
در انتها بوته‌ها برداشت و وزن خشک آن‌ها پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی، از ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب شده استفاده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک غلیظ هضم گردید و به‌مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در نهایت، پس از صاف کردن و به حجم رساندن، میزان سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد تعیین شد (Tandon, 1995).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار Minitab 17 و خطای استاندارد و تجزیه خوشه‌ای (بر اساس روش Ward) با استفاده از نرم‌افزار JMP 4 انجام شد. برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نرم‌افزار STATISTICA8 استفاده شد. برای تأیید صحت گروه‌بندی از تجزیه واریانس چند متغیره و تجزیه تابع تشخیص از نرم‌افزار SPSS27 استفاده شد.

نتایج و بحث

چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری، تفاوت معنی‌داری میان ژنوتیپ‌های نخود از نظر میزان بقا وجود داشت (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی درصد فراوانی ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر تنش شوری نشان داد که میزان بقای ۱۵ درصد از ژنوتیپ‌ها (۳۱ ژنوتیپ)، بین ۱۰۰-۷۶ درصد بود و ۵۵ درصد (۱۱۳ ژنوتیپ‌ها) میزان بقای ۲۵-۰ درصد داشتند (شکل ۱). در میان ژنوتیپ‌ها، ۱۰ ژنوتیپ دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند و ۶۹ ژنوتیپ بعد از چهار هفته اعمال تنش شوری به‌طور کامل از بین رفتند (جداول ۱ و ۴). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شرایط تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در محیط هیدروپونیک، تنوع قابل‌توجهی از نظر تحمل به شوری در میان ژنوتیپ‌های نخود وجود داشت؛ اگرچه نباید از این نکته غافل شد که در شرایط هیدروپونیک، فراهمی عناصر غذایی در محلول هوگلند می‌تواند میزان تحمل به شوری را در گیاهان افزایش دهد؛ در نتیجه تحمل ۱۲ دسی زیمنس بر متر تنش شوری در این شرایط، لزوماً برابر با تحمل این سطح از تنش شوری در شرایط طبیعی نخواهد بود.

از سوی دیگر، شوری اعمال شده در این بررسی، سدیم کلرید خالص بود که معمولاً در شرایط طبیعی، به‌ندرت شوری موجود در آب و خاک زراعی، از سدیم کلرید خالص است و عموماً سایر عناصر مفید مانند پتاسیم نیز در شرایط شور همراه آب آبیاری است که در تعدیل اثرات تنش کارآمد است. در مجموع و با وجود حساسیت بالای نخود به تنش شوری، وجود این تنوع در تحمل شوری می‌تواند امیدبخش باشد (Kaashyap et al., 2022).



شکل ۱- تعداد (A) و درصد فراوانی نسبی (B) ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا، چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Fig. 1- Number (A) and frequency (B) of chickpea genotypes in different survival range after four weeks of 12dS.m^{-1} NaCl salinity

جدول ۱- تأثیر تنش شوری (۱۲دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای ۷۶ تا ۱۰۰ درصد

Table 1- Effect of salinity stress (12 $dS.m^{-1}$ of sodium chloride) on different traits of chickpea genotypes in the survival range of 76-100%

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival (%)	شاخه در بوته $Branch.plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass ($mg.plant^{-1}$)	محتوی سدیم Na ($mg.gdw^{-1}$)	محتوی پتاسیم K ($mg.gdw^{-1}$)	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$
1703	100	10.0	24	7	690	3.00	11.7	0.26
1568	100	10.0	26	9	617	6.50	28.6	0.23
1573	100	12.3	24	7	404	18.2	17.9	1.02
1737	100	9.00	23	3	739	4.10	19.7	0.21
1209	100	10.5	27	10	772	5.10	30.6	0.17
1466	100	10.0	23	7	594	15.20	7.1	2.14
1493	100	9.30	20	2	461	9.30	10.9	0.85
1832	100	9.00	26	8	193	3.30	7.0	0.47
1957	100	10.5	23	4	546	31.80	43.4	0.73
1721	100	12.5	27	6	371	5.70	3.7	1.37
2016	92	9.00	26	8	613	5.40	14.7	0.37
1704	92	9.70	21	3	457	7.50	22.1	0.34
1641	91	12.3	32	11	757	11.30	13.6	0.83
1815	91	9.70	28	9	654	8.40	20.8	0.40
1775	91	10.3	25	8	539	1.90	12.4	0.15
1787	90	9.70	26	7	536	8.80	14.5	0.61
1760	90	11.0	24	6	572	8.20	6.6	1.24
1625	90	8.00	22	2	638	3.40	11.8	0.29
1977	89	8.70	21	10	392	4.70	7.6	0.62
1716	87	11.0	40	0	799	3.90	6.8	0.57
1782	85	10.3	22	9	462	2.50	10.2	0.24
2112	85	11.7	28	9	725	5.00	6.8	0.73
1827	85	9.00	24	4	481	8.80	9.0	0.98
1918	83	10.0	18	3	668	6.40	13.0	0.49
1516	83	11.3	21	5	545	7.00	43.2	0.16
2121	83	7.30	22	2	526	3.50	15.0	0.23
1545	82	9.30	27	7	530	4.20	10.3	0.41
1760	80	7.00	22	5	656	8.90	24.0	0.37
2009	77	11.3	28	9	561	8.60	19.9	0.43
1507	77	10.7	26	6	383	3.60	25.9	0.14
1529	76	11.0	19	1	446	15.4	17.9	0.86
حداقل تفاوت معنی‌دار $LSD_{(0.05)}$	2.32	2.99	7.40	4.60	275.23	5.11	5.29	6.34
سطح احتمال P_{value}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	001^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}
ضریب تغییرات CV (%)	4	19	19	69	34	25	18	90

MCC: بانک بذر نخود مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، CV: ضریب تغییرات.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, LSD: Least Significant Difference in $p \leq 0.05$ of probability level, CV: Coefficient of variation.

از نظر ارتفاع بوته، بین ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی روند ارتفاع بوته در دامنه‌های بقا، تحت تنش شوری نشان داد که متوسط ارتفاع بوته با کاهش میزان بقا کاهش می‌یابد. این میزان کاهش به نحوی بود که متوسط ارتفاع بوته نسبت به دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ درصد در

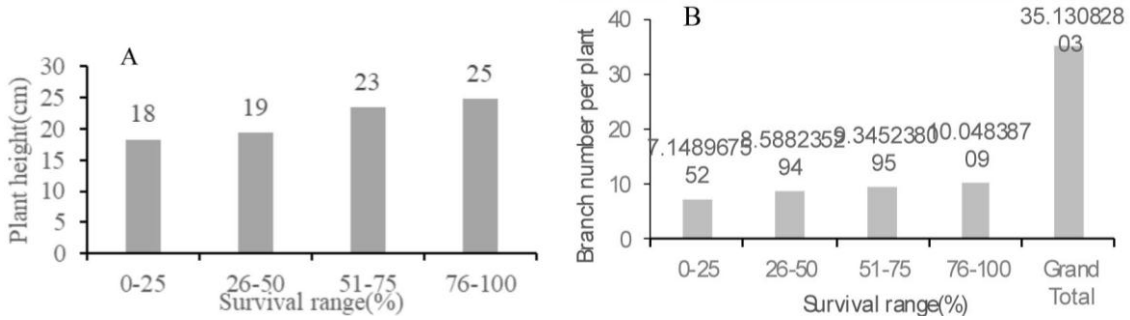
دامنه بقای بین ۷۵-۵۱، ۵۰-۲۶، ۲۵-۰ درصد، به‌ترتیب ۸/۹، ۳۲ و ۳۹ درصد ارتفاع کاهش یافت (شکل ۲A). ارتفاع بوته با بقا همبستگی مثبت دارد و می‌تواند بیانگر رشد بیشتر ژنوتیپ‌های متحمل به شوری باشد (جدول ۵).

سطوح بالای شوری با بر هم زدن تعادل یونی گیاهان و کاهش پتانسیل آبی ریشه‌ها استخراج آب را محدود کرده و سرعت رشد را کاهش می‌دهد (Sun et al., 2017). بنابراین، رشد گیاه و افزایش ارتفاع گیاه در شرایط تنش شوری کاهش می‌یابد. کاهش ارتفاع بوته در گیاه نخود در سایر مطالعات نیز گزارش شده است که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد (Doraki et al., 2018).

بین ژنوتیپ‌های نخود، تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تنش شوری وجود داشت (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴). با افزایش بقا در تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته افزایش یافت، به‌شکلی که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، از دامنه بقای ۲۵-۰ درصد به ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد، به‌ترتیب ۲۱، ۳۰ و ۴۰ درصد افزایش یافت (شکل ۲ B). همبستگی تعداد شاخه فرعی در بوته با بقا (r^2=۰/۴۹**) و ارتفاع بوته (r^2=۰/۴۴**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). هر چه بوته‌ها از ارتفاع بیشتر برخوردار بودند، تعداد شاخه‌های فرعی آن نیز بیشتر بود. با توجه به این نتایج، ژنوتیپ‌هایی که قادر به حفظ بقای بالاتری شده بودند، توسعه بیشتری پیدا کردند و از تعداد شاخه بیشتر برخوردار بودند (Vaishnani et al., 2022). تنش شوری باعث بر هم خوردن تعادل اسمزی در گیاه شده و به بافت‌های گیاه از طریق سمیت یونی، برهم‌کنش‌های هورمونی آسیب وارد می‌کند و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد. افزایش غلظت سدیم در گیاه سبب کاهش اندازه برگ‌ها، بسته شدن روزنه‌ها، افزایش نکروز و کلروز برگ و سپس مرگ برگ می‌شود (Soren et al., 2020).

همان‌طور که از نتایج پیدا است، گیاهان تحت تنش شوری به‌دلیل کاهش رشد و صرف انرژی بیشتر برای تحمل تنش، فرصت تولید شاخه بیشتری نداشتند. غلظت سدیم اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود، تحت تأثیر معنی‌دار شوری قرار گرفت (جداول ۲، ۳ و ۴). در شرایط شوری، تلاش گیاهان به‌شکلی است که غلظت پتاسیم در اندام هوایی نسبت به سدیم بیشتر شود. این نسبت از طریق فعالیت انتقال‌دهنده‌های یون سدیم و پتاسیم انجام می‌گیرد (Pushpavalli et al ., 2016; Kumar et al., 2021).

در مطالعه حاضر، غلظت سدیم در اندام‌های هوایی نخود در بقای بالای ۷۶ درصد کمترین مقدار بود. در بقای کمتر از ۷۵ درصد، مقدار سدیم در اندام هوایی تغییرات معنی‌داری نداشت، امّا مقدار پتاسیم در آن دسته ژنوتیپ‌هایی که تحمل بیشتری به تنش شوری داشته و بقای بالاتری دارند، همواره بیشتر از سایر ژنوتیپ‌های نخود بود (جداول ۲، ۳ و ۴). تنش شوری سبب افزایش سدیم در گیاه و آسیب به برگ و کاهش فتوسنتز می‌شود، گیاهان تحت تنش شوری، رشد رویشی و زایشی خود را کاهش می‌دهند، این عمل سبب بقای بیشتر گیاه می‌شود (Kotula et al., 2019). تنش شوری باعث افزایش قابل توجهی میزان سدیم در اندام‌های هوایی نخود می‌شود. تأثیر تنش شوری بر مقدار سدیم در اندام‌های هوایی گیاه نشان از آن است که گیاه نخود نسبت به تنش شوری حساس است و کارآیی لازم در برابر ورود نمک به سیستم آوندی خود را ندارد (Doraki et al., 2018).



شکل ۲- متوسط ارتفاع بوته (A) و تعداد شاخه‌های فرعی در بوته (B) در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا، چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Fig. 2- Average plant height (A) and branch number per plant (B) of chickpea genotypes in different survival range after four weeks of 12 dS.m^{-1} NaCl salinity

جدول ۲- تأثیر تنش شوری (۱۲دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای ۵۱ تا ۷۵ درصد

Table 2- Effect of salinity stress of (12 $dS.m^{-1}$ of sodium chloride) on different traits in chickpea genotypes in the survival range of 51-75%

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival (%)	شاخه در بوته Branch. $plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass ($mg.plant^{-1}$)	محتوی سدیم Na ($mg.gdw^{-1}$)	محتوی پتاسیم K ($mg.gdw^{-1}$)	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$
1816	75	9.67	27	6	630	5.50	37.90	0.14
1973	75	9.33	26	8	590	17.8	5.20	3.42
1748	74	9.67	22	6	363	8.00	53.20	0.15
1836	70	8.00	21	6	553	6.60	33.70	0.19
1606	70	8.00	21	3	484	0.90	10.80	0.08
2034	70	11.0	29	9	556	35.9	7.90	4.54
1820	69	11.3	24	8	529	3.50	29.30	0.12
1812	69	10.3	21	4	673	3.40	6.60	0.51
1809	68	11.0	30	19	614	6.40	20.80	0.38
1887	68	11.0	28	10	742	3.50	9.70	0.36
1585	67	8.67	21	6	728	32.1	4.20	7.64
1277	67	9.33	25	7	677	4.30	21.10	0.20
1883	62	10.0	24	4	329	13.1	12.30	1.07
1571	62	10. 7	21	8	335	3.90	41.4	0.09
1971	62	9.67	22	3	663	27.6	9.40	2.94
1987	62	9.33	24	8	517	5.60	31.40	0.18
1905	61	10.0	20	5	423	6.10	2.00	3.05
1865	60	11.0	23	7	704	3.30	6.70	0.49
1808	60	9.00	24	3	560	3.30	10.30	0.32
1512	58	11.7	24	9	654	6.90	9.70	0.71
1964	58	6.33	28	8	300	2.80	20.80	0.13
2117	57	8.50	18	1	584	11.9	15.50	0.77
1803	56	7.00	16	2	446	15.9	7.10	2.24
1803	54	7.67	20	3	375	8.30	31.80	0.26
1574	51	7.00	21	5	395	14.2	8.40	1.69
1561	51	5.50	20	0	378	17.6	61.40	0.29
1278	51	11.0	26	6	324	4.30	46.80	0.09
1763	51	10.0	30	11	421	19.4	13.70	1.42
حداقل تفاوت معنی‌دار $LSD_{(0.05)}$	2.32	2.99	7.40	4.60	275.23	5.11	5.29	6.34
سطح احتمال P_{value}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	001^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}
ضریب تغییرات CV (%)	4	19	19	69	34	25	18	90

MCC: بانک بذر نخود مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، CV: ضریب تغییرات.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, LSD: Least Significant Difference in $p \leq 0.05$ of probability level, CV: Coefficient of variation.

جدول ۳- تأثیر تنش شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای ۲۶ تا ۵۰ درصد

Table 3- Effect of salinity stress of (12 $dS.m^{-1}$ of sodium chloride) on different traits in chickpea genotypes in the survival range of 26-50%

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival %	شاخه در بوته Branch. $plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass ($mg.plant^{-1}$)	محتوی سدیم Na ($mg.gdw^{-1}$)	محتوی پتاسیم K ($mg.gdw^{-1}$)	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$
1508	50	8.00	9	3	664	5.3	7.00	0.76
1286	50	11.0	22	6	480	19.1	5.80	3.80
1548	50	9.67	16	5	737	8.7	34.7	0.25
20555	50	8.33	19	5	630	4.1	10.0	0.41
1966	50	9.67	24	5	588	14.1	35.1	1.66
2122	50	6.00	14	3	255	9.6	8.50	1.13
1963	50	9.33	22	4	712	10.7	1.50	7.13
1515	50	6.00	18	1	471	34.9	4.50	7.75
1580	50	10.0	20	3	704	18.0	5.70	3.18
2084	50	8.00	22	3	314	9.0	6.30	2.43
1755	46	8.00	20	1	671	24.7	4.60	5.37
1914	44	7.67	17	2	257	21.1	60.8	0.35
1578	44	8.33	22	3	390	1.6	20.4	0.08
1709	43	10. 7	20	5	565	4.0	9.20	0.43
1846	40	8.33	13	4	419	14.4	2.30	6.26
1816	39	10.5	23	5	503	27.0	27.3	0.99
1889	36	13.3	20	4	621	9.1	14.1	0.64
2010	36	9.33	17	6	236	14.7	28.6	0.51
1503	34	8.00	21	4	357	31.0	24.8	1.25
1817	33	8.67	19	7	359	4.6	10.3	0.45
1626	33	8.67	15	5	451	4.8	47.1	0.10
1514	33	9.00	22	7	453	12.0	29.7	0.40
1731	33	7.00	14	0	218	18.3	4.40	4.16
1925	33	5.67	22	7	231	29.2	4.70	6.21
1636	33	9.33	21	1	541	2.7	20.1	0.13
1777	33	8.00	29	7	427	8.4	7.40	1.13
1680	33	8.33	20	4	340	8.8	5.10	1.72
2082	29	8.00	26	5	514	11.1	26.0	0.43
1500	29	8.00	17	2	416	15.7	25.9	061
1063	29	10.0	19	2	357	5.5	6.40	0.86
1546	27	10.0	23	7	661	6.8	7.50	0.91
1576	27	7.67	19	0	408	7.3	6.80	1.07
1751	26	6.00	16	3	337	2.0	10.0	0.2
1501	26	7.50	16	6	201	9.1	4.70	1.94
حداقل تفاوت معنی‌دار $LSD_{(0.05)}$	2.32	2.99	7.40	4.60	275.23	5.11	5.29	6.34
سطح احتمال P_{value}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	001^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}
ضریب تغییرات CV (%)	4	19	19	69	34	25	18	90

MCC: بانک بذر نخود مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، CV: ضریب تغییرات.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, LSD: Least Significant Difference in $p \leq 0.05$ of probability level, CV: Coefficient of variation.

چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، بین زیست‌توده ۲۰۶ ژنوتیپ نخود تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میزان زیست‌توده تولیدی در دامنه‌های بقا تحت تأثیر تنش شوری نشان داد که با افزایش بقا، زیست‌توده اندام هوایی افزایش یافت، به‌طوری‌که میزان زیست‌توده از دامنه بقای صفر تا ۲۵ درصد به ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱، ۱۰۰-۷۶ درصد به‌ترتیب ۳۸، ۵۴ و ۶۶ درصد افزایش یافت (شکل ۴)، کاهش رشد گیاه در هنگام تنش شوری را می‌توان به کم شدن میزان فتوسنتز گیاه نسبت داد که خود ناشی از تأثیر منفی تنش شوری بر مکانیسم‌های شیمیایی و غیر شیمیایی گیاه در معرض شوری است. همچنین کم شدن رشد گیاه می‌تواند به‌دلیل خشکی ایجاد شده توسط تنش شوری باشد که موجب کاهش پتانسیل اسمزی در محیط رشد می‌شود و گیاه را مجبور به استفاده از ترکیبات یونی برای تنظیم اسمزی می‌کند (Doraki et al., 2018).

جدول ۴- تأثیر تنش شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای صفر تا ۲۵ درصد

Table 4- Effect of salinity stress of (12 dS.m^{-1} of sodium chloride) on traits studied in chickpea genotypes in the survival range of 0-25%

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival %	شاخه در بوته Branch. plant^{-1}	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass (mg.plant^{-1})	محتوی سدیم Na (mg.gdw^{-1})	محتوی پتاسیم K (mg.gdw^{-1})	نسبت سدیم به پتاسیم Na.K^{-1}
1549	25	7.33	20	4	280	5.90	37.7	0.16
1687	25	7.67	20	2	233	11.3	6.90	1.64
2113	24	6.00	14	0	453	20.2	3.10	6.52
1484	23	7.67	22	6	651	20.9	6.60	3.17
1975	23	10.33	18	3	287	2.60	6.80	0.38
1956	22	9.33	19	8	447	1.60	10.0	0.16
1531	22	11.00	22	4	635	14.6	9.40	1.55
1974	22	7.67	17	0	396	6.00	4.10	1.46
1637	22	10.67	23	4	668	12.3	5.50	2.24
1953	20	7.67	21	2	273	12.8	47.3	0.27
2114	20	8.00	17	0	498	11.4	27.2	0.42
1640	20	6.33	16	0	216	4.40	40.1	0.11
1354	20	9.33	19	1	329	18.8	3.60	5.22
1615	18	8.33	20	2	358	1.80	9.70	0.19
1512	18	7.67	20	3	345	7.40	9.40	0.79
1829	17	7.67	22	3	625	23.9	3.30	7.24
1769	17	7.67	17	1	438	14.5	39.9	0.36
1917	17	9.67	19	4	532	5.70	16.9	0.34
1741	17	4.67	15	0	127	4.20	5.80	0.72
1518	17	7.67	16	4	384	23.8	4.90	4.86
1811	17	8.00	17	2	422	29.9	7.50	3.99
1428	17	7.67	18	0	366	5.90	13.5	0.44
1567	17	8.67	17	0	386	8.60	8.30	1.04
1553	17	8.33	16	2	309	14.5	5.80	2.50
1844	15	7.00	21	1	531	16.0	6.30	2.54
1913	15	10.00	20	5	676	4.00	8.60	0.47
1958	14	7.67	18	0	450	22.5	7.20	3.13
2120	14	10.67	20	4	598	12.7	10.0	1.27
2116	14	7.00	24	4	411	13.3	28.1	0.47
1586	14	6.67	18	2	293	15.1	2.70	5.59
1834	13	9.00	23	7	553	16.4	44.2	0.37
1667	13	7.00	16	3	416	4.90	8.60	0.57
1972	13	6.67	26	4	412	3.00	7.40	0.41
1803	11	9.33	18	6	572	10.7	5.00	2.14
1425	11	7.67	18	0	490	24.0	5.10	4.71
1924	11	6.33	20	4	321	13.9	32.8	0.42
1276	10	6.67	16	0	379	8.10	7.90	1.03
1772	9	5.67	16	2	440	5.90	11.5	0.51
2045	9	8.33	18	3	434	4.40	34.2	0.13

ادامه جدول ۴- تأثیر تنش شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای صفر تا ۲۵ درصد

Table 4- Effect of salinity stress of (12 $dS.m^{-1}$ of sodium chloride) on traits studied in chickpea genotypes in the survival range of 0-25%, continued

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival %	شاخه در بوته Branch. $plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass ($mg.plant^{-1}$)	محتوی سدیم Na ($mg.gdw^{-1}$)	محتوی پتاسیم K ($mg.gdw^{-1}$)	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$
1577	9	8.67	20	1	493	22.3	13.8	1.62
2017	8	6.00	20	1	184	22.1	41.2	0.54
1713	8	7.67	18	0	465	4.70	12.6	0.37
1764	8	6.00	16	1	263	3.60	4.70	0.77
1639	8	7.33	17	0	381	21.4	4.50	4.76
1993	0	6.33	17	7	304	7.40	35.0	0.21
2115	0	7.67	17	1	423	4.00	7.40	0.54
2073	0	6.67	16	0	231	4.90	7.70	0.64
1894	0	7.67	23	0	315	3.30	9.50	0.35
2019	0	6.00	18	3	339	5.30	7.60	0.70
1465	0	4.00	17	0	185	3.00	10.4	0.29
1779	0	4.33	16	1	107	1.30	10.4	0.13
1649	0	6.33	15	0	216	1.30	9.00	0.14
1847	0	6.00	14	2	260	3.70	8.30	0.45
1776	0	5.67	19	0	282	3.50	31.7	0.11
1721	0	8.50	18	3	150	18.6	34.6	0.54
1766	0	6.33	14	0	209	7.00	19.9	0.35
1554	0	5.33	14	1	138	27.6	46.4	0.59
1772	0	8.33	18	0	251	2.80	48.6	0.06
1707	0	6.33	19	0	409	1.80	10.2	0.18
1919	0	8.00	20	2	357	1.60	4.60	0.35
1956	0	5.00	15	4	185	3.30	8.70	0.38
2020	0	8.00	18	0	333	2.30	6.20	0.37
1770	0	7.33	20	0	222	19.5	8.20	2.38
1584	0	5.50	17	0	302	13.8	8.50	1.62
1626	0	10.00	23	4	494	6.90	7.20	0.96
1834	0	5.33	16	1	223	5.70	36.1	0.16
1618	0	5.00	18	0	199	5.50	24.6	0.22
1900	0	6.00	20	0	248	5.50	34.0	0.16
1726	0	7.67	24	4	448	13.5	24.0	0.56
1613	0	8.67	20	2	426	14.8	40.4	0.37
1644	0	6.00	18	1	314	5.30	11.3	0.47
1640	0	6.67	18	0	148	4.30	3.50	1.23
1631	0	8.67	25	3	415	9.90	5.00	1.98
1619	0	7.33	18	1	206	5.30	12.4	0.43
1543	0	6.33	19	0	280	14.4	7.00	2.06
1801	0	6.67	17	1	261	7.90	7.70	1.03
1898	0	8.33	18	0	261	10.5	6.60	1.59
1732	0	11.33	19	6	591	19.5	5.20	3.75
1603	0	7.00	16	1	226	9.80	7.30	1.34
1915	0	6.00	14	1	238	3.70	5.70	0.65
1695	0	6.33	18	4	95	1.30	7.80	0.17
1810	0	5.00	16	1	100	2.80	0.20	14.00
1813	0	8.33	15	2	209	9.00	4.50	2.00
1751	0	7.00	16	0	266	8.30	4.70	1.77
2003	0	7.33	15	0	242	6.70	3.10	2.16
1774	0	11.00	28	5	414	6.00	5.20	1.15
1997	0	6.00	15	0	153	2.60	5.80	0.45
2031	0	5.00	18	0	219	7.90	3.60	2.19
1611	0	7.00	20	0	316	15.0	32.1	0.47
1838	0	3.00	9	0	116	55.1	40.3	1.37

ادامه جدول ۴- تأثیر تنش شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم) بر صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای صفر تا ۲۵ درصد

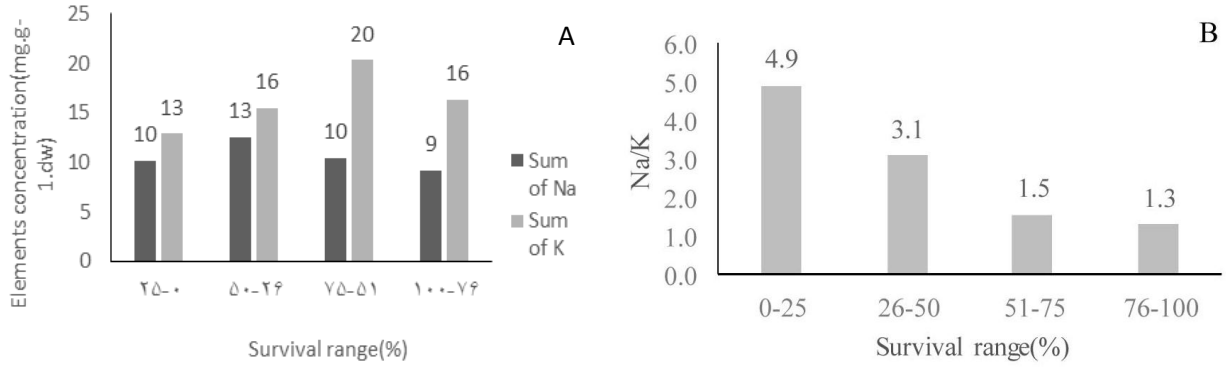
Table 4- Effect of salinity stress of (12 $dS.m^{-1}$ of sodium chloride) on traits studied in chickpea genotypes in the survival range of 0-25%, continued

ژنوتیپ Genotype (MCC)	بقا Survival %	شاخه در بوته Branch. $plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight (cm)	زیست‌توده Biomass ($mg.plant^{-1}$)	محتوی سدیم Na ($mg.gdw^{-1}$)	محتوی پتاسیم K ($mg.gdw^{-1}$)	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$
2118	0	7.33	15	2	251	15.7	4.6	3.41
1635	0	5.67	18	1	422	7.50	5.90	1.27
1761	0	5.67	19	0	319	9.10	7.70	1.18
1597	0	7.33	18	1	416	7.20	3.40	2.12
1604	0	7.00	14	1	224	6.50	7.40	0.88
1852	0	5.67	17	0	281	9.60	7.20	1.33
1528	0	6.00	19	0	247	6.60	6.20	1.06
1838	0	6.67	17	0	315	10.6	8.70	1.22
1699	0	3.50	16	0	186	5.10	4.10	1.24
1967	0	5.67	17	0	233	7.40	7.10	1.04
2078	0	9.00	17	1	437	14.6	2.90	5.03
1234	0	4.00	15	4	208	6.50	4.40	1.48
1551	0	5.67	22	5	273	4.90	9.10	0.54
1830	0	6.67	16	0	260	8.10	15.0	0.54
1896	0	8.00	27	4	669	19.10	5.00	3.82
1837	0	11.00	32	7	671	19.10	8.30	2.30
2018	0	4.33	17	0	215	5.80	7.50	0.77
1747	0	7.50	22	3	475	15.1	6.00	2.52
1698	0	3.00	12	5	115	17.9	9.80	1.83
1525	0	9.00	22	3	497	11.4	4.60	2.48
1312	0	5.00	16	0	170	3.80	4.40	0.86
1665	0	6.00	16	1	128	3.80	7.60	0.50
2046	0	9.50	20	2	277	15.0	2.20	6.82
حداقل تفاوت معنی‌دار $LSD_{(0.05)}$	2.32	2.99	7.40	4.60	275.23	5.11	5.29	6.34
سطح احتمال P_{value}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	001^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}
ضریب تغییرات CV (%)	4	19	19	69	34	25	18	90

MCC: بانک بذر نخود مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، CV: ضریب تغییرات.

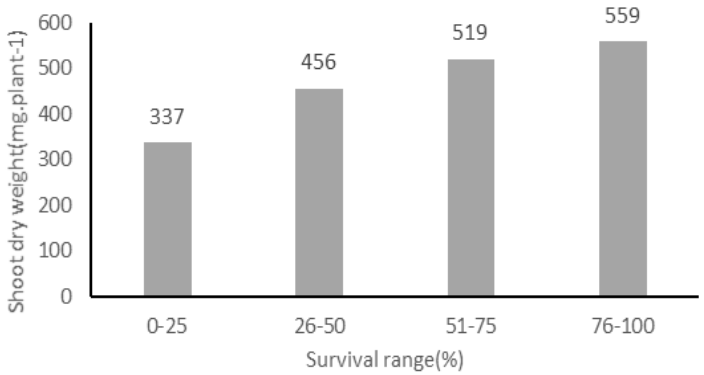
MCC: Mashhad Chickpea Collection, LSD: Least Significant Difference in p≤0.05 of probability level, CV: Coefficient of variation.

زیست‌توده تولیدی، برآیند تمامی فعالیت‌های گیاه در طول دوره رشد است. بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بین اختلاف ارتفاع بوته قبل و بعد از تنش تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میزان اختلاف ارتفاع بوته نشان داد که با افزایش میزان بقا، اختلاف ارتفاع بوته نیز افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که میزان اختلاف ارتفاع بوته از دامنه بقای صفر تا ۲۵ درصد به ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱، ۱۰۰-۷۶ درصد به‌ترتیب، ۲/۲۲، ۳/۵ و ۳/۴ برابر افزایش یافت (شکل ۵). به‌دلیل اینکه تورژسانس در سلول‌ها به‌طور مناسب انجام نمی‌شود و گیاه بیشتر مواد تولیدی خود را صرف مقابله با تنش شوری می‌کند، در نتیجه دوره رشد گیاه کوتاه می‌شود و مکانیسم‌های فرار از تنش، تماماً مانع رشد و تولید زیست‌توده می‌شود، گیاهی که بقای بیشتری دارد، زمان بیشتری برای رشد دارد، در نتیجه میزان زیست‌توده آن نیز بیشتر است (Doraki et al., 2018).



شکل ۳- غلظت سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی (A) و نسبت غلظت سدیم به پتاسیم اندام‌های هوایی (B) در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا، چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Fig. 3- Shoot Na and K (A) and Na/K (B) concentrations of chickpea genotypes in different survival range after four weeks of 12 dS.m^{-1} NaCl salinity



شکل ۴- وزن اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا، چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

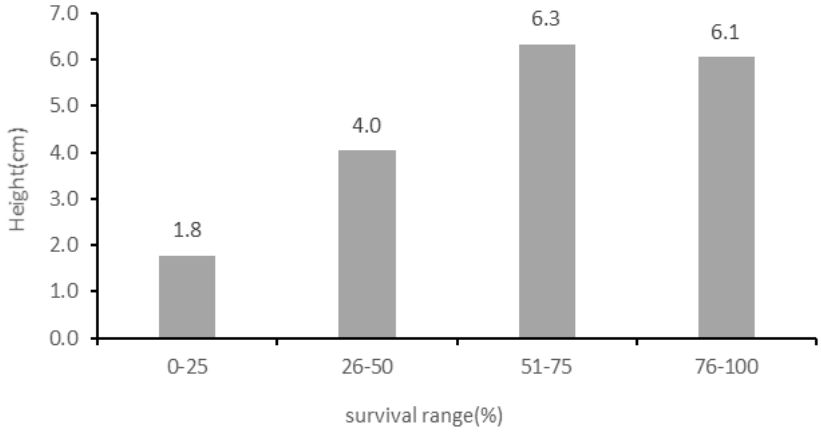
Fig. 4- Shoot dry weight of chickpea genotypes in survival range after four weeks of 12 dS.m^{-1} NaCl salinity

تنش شوری به‌سبب ایجاد تأثیراتی مانند تنش اسمزی و سمیت یونی همراه با سمیت سدیم و تنش اکسیداتیو، رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Kumar et al., 2021). ایجاد پتانسیل اسمزی، جذب آب را محدود می‌کند که بر رشد گیاه تأثیر منفی می‌گذارد و زیست‌توده را کاهش می‌دهد (Kumar et al., 2021).

زیست‌توده تولیدی، یکی از شاخص‌های کلیدی برای تشخیص وضعیت گیاه است. بین زیست‌توده و بقا (r^2=۰/۴۷**)، تعداد شاخه فرعی (r^2=۰/۵۰**)، ارتفاع بوته (r^2=۰/۳۵**) و اختلاف ارتفاع بوته (r^2=۰/۳۰**) همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵). سایر پژوهشگران نیز همبستگی معنی‌داری بین صفات فوق و زیست‌توده گزارش کرده‌اند (Alipoor Yamchiet al., 2013; Zare Mehrjerdi et al., 2011).

تجزیه به عامل‌ها

از طریق تجزیه به عامل می‌توان به تأثیر شرایط محیطی بر اهمیت و گروه‌بندی صفات مختلف پی برد. عامل اول، حدود ۴۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل بقا، تعداد شاخه و ارتفاع گیاه، اختلاف ارتفاع بوته و زیست‌توده با بار منفی می‌باشد و عامل دوم که حدود ۲۰ درصد از تغییرات را توجیه کرد، شامل میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم با بار منفی بودند. با توجه به اهمیت این دو عامل، صفات مذکور به‌عنوان مهم‌ترین صفات به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های نخود بوده و ژنوتیپ‌های برگزیده شده، بیشترین میزان تحمل به تنش شوری را دارند. عامل سوم که حدود ۱۳ درصد تغییرات را توجیه می‌کند، شامل میزان پتاسیم در اندام هوایی با بار مثبت بود (جدول ۶). همان طور که مشاهده می‌شود، میزان اشتراک اکثر صفات بالا است (جدول ۶) این موضوع بیانگر آن است که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های انتخاب شده توانستند، تغییرات صفات را به‌صورت مطلوب توجیه کنند.



شکل ۵- اختلاف ارتفاع بوته قبل و بعد از تنش ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا، چهار هفته بعد از اعمال تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Fig. 5- ΔHeight (cm) of chickpea genotypes in survival ranges after four weeks of 12 dS.m^{-1} NaCl salinity

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه ژنوتیپ نخود تحت تأثیر تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Table 5- Correlation coefficients of traits studied in chickpea genotypes under 12 dS.m^{-1} sodium chloride salt stress

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.	بقا Survival	1							
2.	تعداد شاخه Branch No.	0.49**	1						
3.	ارتفاع بوته Plant height	0.44**	0.41**	1					
4.	اختلاف ارتفاع بوته ΔHeight	0.50**	0.43**	0.55**	1				
5.	زیست‌توده Biomass	0.47**	0.50**	0.35**	0.30**	1			
6.	محتوی سدیم Na	0.02ns	0.06ns	0.00ns	-0.01ns	0.07ns	1		
7.	محتوی پتاسیم K	0.14**	0.04ns	0.07ns	0.12**	-0.04ns	0.05ns	1	
8.	نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$	-0.01ns	0.01ns	-0.04ns	-0.08ns	0.04ns	0.35**	-0.25**	1

* و ** و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: significant in 5%, and 1% of the probability levels and nonsignificant, respectively.

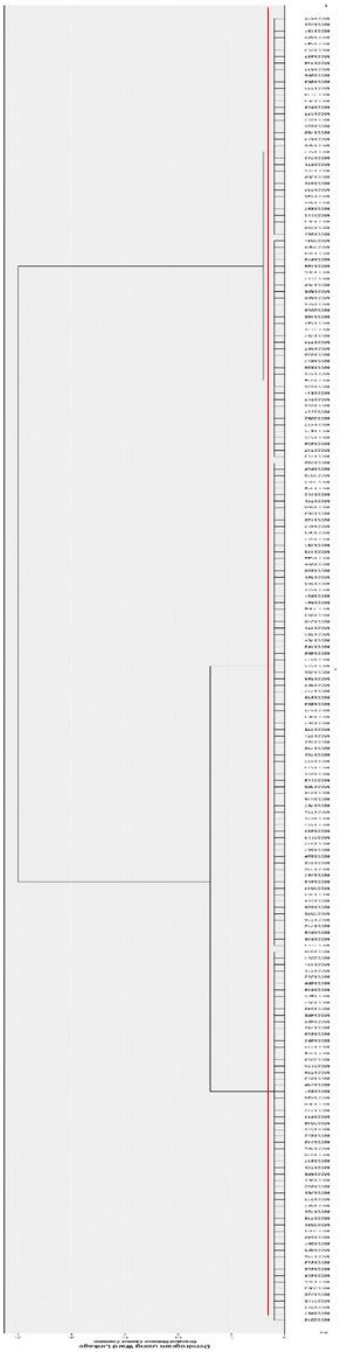
تجزیه خوشه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد مطالعه از طریق فاصله اقلیدسی (روش Ward)، ۲۱۵ ژرم‌پلاسم نخود را به چهار گروه متمایز تقسیم کرد (شکل ۶). گروه یک با ۵۹ ژنوتیپ، گروه دوم با ۷۷ ژنوتیپ، گروه سوم با ۳۵ ژنوتیپ و گروه چهارم با ۳۵ ژنوتیپ خوشه‌بندی شدند (شکل ۶).

به‌منظور بررسی بهتر گروه‌ها، برای تک‌تک صفات مورد بررسی به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد. به‌طوری‌که مشاهده می‌گردد، بین گروه‌ها در کلیه صفات به‌جز صفات غلظت سدیم در گیاه و نسبت سدیم به پتاسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۷).

به‌منظور بررسی سهم هر یک از صفات مورد مطالعه برای هر گروه، انحراف از میانگین کل برای صفات محاسبه شد (جدول ۸). بدیهی است اگر میانگین یک صفت در یک خوشه، از میانگین آن صفت در سایر خوشه‌ها و همچنین میانگین کل، بالاتر باشد، بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های آن گروه برای آن

صفت، ارزش بیشتری دارند. همان‌طور که در نتایج مقایسه میانگین صفات برای گروه‌ها ملاحظه می‌گردد (جدول ۸). ژنوتیپ‌های گروه اول به همراه ژنوتیپ‌های گروه دوم ازنظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی در مقایسه با سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها، از ارزش پایینی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی، میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند؛ بنابراین ژنوتیپ‌های این دو گروه را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در این پژوهش اعلام کرد (جدول ۸).



شکل ۶- گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود با استفاده از صفات مورد مطالعه

Fig. 6- Classifying dendrogram in chickpea genotype based on studied traits

جدول ۶- تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم

Table 6- Factor analysis for chickpea genotypes under 12 $dS.m^{-1}$ sodium chloride salt stress

	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3
بقا Survival	-0.82	0.00	0.07
تعداد شاخه Branch No	-0.85	-0.09	-0.05
ارتفاع بوته Plant height	-0.82	0.02	-0.06
اختلاف ارتفاع ΔHeight	-0.81	0.09	0.01
زیست‌توده Biomass	-0.80	-0.17	-0.13
محتوی سدیم Na	-0.02	-0.70	0.61
محتوی پتاسیم K	-0.14	0.47	0.82
نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$	0.09	-0.88	-0.02
مقدار ویژه Eigen value	3.43	1.53	1.06
درصد تجمعی Cumulative%	42.9	62.0	75.3

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌ها بر اساس صفات موردمطالعه نخود تحت تنش شوری

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) based on measured groups in chickpea genotypes under salinity stress

صفات Traits	بین گروه‌ها Between groups	داخل گروه‌ها Within groups
درجه آزادی d.f	3	202
درصد بقا Survival	65646**	156866**
تعداد شاخه Branch No.	350**	465**
ارتفاع بوته Plant height	1219**	2707**
اختلاف ارتفاع ΔHeight	468**	1503^{**}
زیست‌توده Biomass	5412082^{**}	516663^{**}
محتوی سدیم Na	109^{ns}	14747^{ns}
محتوی پتاسیم K	1214^{*}	33777^{*}
نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$	17.9^{ns}	3074^{ns}

*و ** و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: significant in 5%, and 1% of the probability levels and nonsignificant, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین و انحراف از میانگین صفات گروه‌ها در صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش شوری

Table 8- Mean comparison and standard error of means of studies traits in different groups of chickpea genotypes in the presence of salinity

تعداد Number	گروه یک Group 1	گروه دو Group 2	گروه ۳ Group 3	گروه ۴ Group 4	مجموع Total
	59	77	35	35	206
درصد بقا Survival (%)	7.93^{c}*±17.6	31.0^{b}±29.6	53.7^{a}±33.7	52.6^{a}±31.6	31.9±32.9
تعداد شاخه در بوته Branch No.	6.34^{c}±1.55	8.12^{b}±1.63	9.41^{a}±1.24	9.85^{a}±1.46	8.12±1.99
ارتفاع بوته Plant height (cm)	16.9^{c}±2.69	20.0^{b}±3.59	23.2^{a}±3.25	22.9^{a}±5.29	20.1±4.38
اختلاف ارتفاع ΔHeight (cm)	1.49^{c}±2.01	3.16^{b}±2.72	5.26^{a}±3.71	5.31^{a}±2.63	3.40±3.10
زیست‌توده Biomass ($g.palnt^{-1}$)	214^{d}±52.1	390^{c}±52.6	544^{b}±42.2	677^{a}±51.1	415±170
محتوی سدیم Na ($mg.g\ dw^{-1}$)	9.35^{a}±8.86	10.8^{a}±8.59	11.2^{a}±8.47	11.0^{a}±8.00	10.5±8.51
محتوی پتاسیم K ($mg.g\ dw^{-1}$)	14.7^{ab}±14.9	14.9^{ab}±13.5	19.1^{a}±12.3	10.8^{b}±7.58	14.9±13.1
نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$	1.94^{a}±3.32	2.30^{a}±4.77	1.60^{a}±2.40	2.46^{a}±3.86	2.11±3.88

* حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان گروه‌های مختلف است.

* Means with the same latter are significntly differences.

به‌منظور تأیید تفاوت بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد، به‌طوری‌که گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گفته شدند که در آن، آماره ویلکس لامبدا (Wilks' Lambda) تنها در متغیر اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹)؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، بین بردار میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است.

از طرف دیگر، به‌منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده گردید که نتایج گروه‌بندی تابع تشخیص در جدول ۱۰ آمده است. نتایج تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت تابع تشخیص بالا بوده و تقریباً ۹۸/۱ درصد ژنوتیپ‌ها در گروه خود قرار گرفتند.

جدول ۹- تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، آمارهٔ ویلکس لامبدا در ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش شوری

Table 9- Analysis variation of multi variables based on unbalanced completely randomized design (CRD) Wilks' Lambda in chickpea genotype under salinity stress

تابع Function	درجه آزادی d.f	ویلکی لامبدا Wilks' Lambda	کای مربع Chi-square	سطح احتمال Probability level
1	24	0.07	517	0.00
2	14	0.91	18.1	0.20
3	6	0.99	2.71	0.84

جدول ۱۰- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش شوری

Table 10- The results of discriminant function for clustering validity of chickpea genotypes under salinity stress

گروه Group		عضو گروه Group membership				مجموع Total
		1	2	3	4	
مجموع Total	1	59	0	0	0	59
	2	2	74	1	0	77
	3	0	1	34	0	35
	4	0	0	0	35	35
درصد Percent	1	100	0	0	0	100
	2	2.6	96.1	1.3	0	100
	3	0	2.9	97.1	0	100
	4	0	0	0	100	100

۹۸/۱ درصد از گروه‌بندی به‌طور صحیح انجام شده است

98.1 percent of original grouped cases correctly classified.

در تجزیه تابع تشخیص کانونیکی، متغیرهای کانونیک که مقدار ویژه آن‌ها بالاتر از یک باشند را می‌توان به‌عنوان معیاری مطمئن جهت انتساب ارقام جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار داد. در این مطالعه، متغیر اول کانونیک با مقدار ویژه ۱۱/۳ و ۹۹/۲ درصد واریانس موجود را تبیین کرد. همبستگی کانونیکی بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک مشاهده شد (جدول ۱۱). هر متغیر کانونیکی، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و متغیرهای مجموعه اندازه‌گیری شده را محاسبه می‌کند (Alipoor Yamchi et al., 2013).

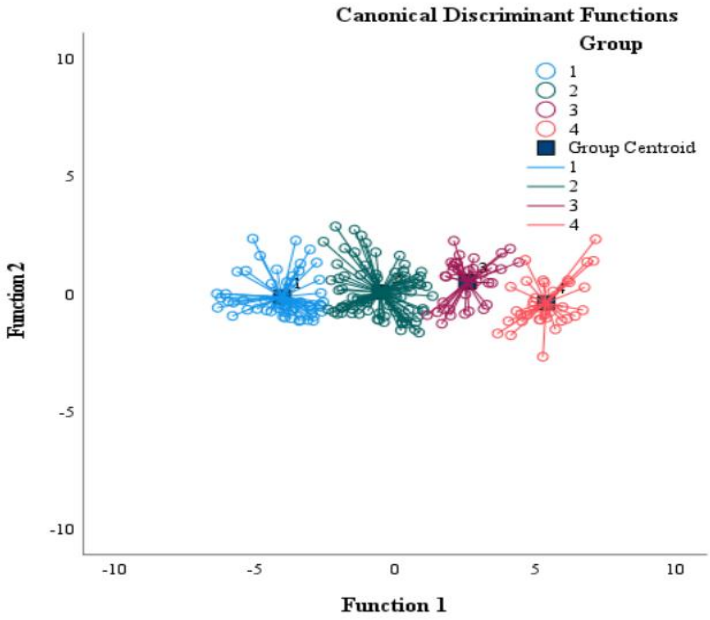
ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی، همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند؛ لذا ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی منعکس‌کننده واریانس مشترکی است که متغیرهای اندازه‌گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌توانند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله کانونیک مورد تفسیر قرار گیرد (Alipoor Yamchi et al., 2013) رنچر (Rencher, 2002) نیز توصیه می‌کند که برای تفسیر توابع تشخیص، از ضرایب تشخیص استاندارد شده استفاده شود. این ضرایب، تأثیرات هر صفت را بعد از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به‌دست می‌دهد.

در حقیقت، اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. ضرایب استاندارد شده کانونیکی صفات بقا و زیست‌توده در اولین معادله تشخیصی کانونیکی قابل‌توجه است (جدول ۱۱). همچنین ضرایب ارتفاع بوته، اختلاف ارتفاع بوته و غلظت پتاسیم در اندام هوایی در دومین معادله تشخیصی کانونیکی زیاد است (جدول ۱۱). این نتایج حاکی از آن است که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند. سپس از متغیرهای کانونیکی معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی ارقام استفاده شد (شکل ۷). همان‌طور که مشاهده می‌گردد، چهار گروه کاملاً مجزا به‌دست‌آمده و در هر گروه، تنوع ژنتیکی درون‌گروهی کمی نسبت به تنوع ژنتیکی بین گروهی دارد. در حقیقت، ارقام هر گروه، فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند.

جدول ۱۱- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش شوری

Table 11- Standardized canonical discriminant function coefficients measured groups in chickpea genotypes under salinity stress

صفات Traits	تابع کانونیکی Canonical function		
	1	2	3
درصد بقا Survival	-0.22*	0.39	0.13
تعداد شاخه Branch No	-0. 05	0.25	0.87*
ارتفاع بوته Plant height	-0.06	0.52*	-0.06
اختلاف ارتفاع ΔHeight	0.13	-0.12*	-0.64
زیست‌توده Biomass	1.07*	-0.20	-0.15
محتوی سدیم Na	0.15	0.10	0.15*
محتوی پتاسیم K	-0.10	0.53*	-0.35
نسبت سدیم به پتاسیم $Na.K^{-1}$	-0.18	0.03	0.26*
مقدار ویژه Eigenvalue	11.3	0.08	0.01
درصد تجمعی Cumulative%	99.2	99.9	100
همبستگی کانونیکی Canonical correlation	0.96**	0.27ns	0.16ns



شکل ۷- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار تحت تنش شوری

Fig. 7- Cluster grouping of chickpea genotypes based on significant canonical variable under controlled conditions

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که میزان سدیم ورودی به اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود متحمل به شوری، کمتر از ژنوتیپ‌های حساس بود. همچنین ژنوتیپ‌های متحمل به شوری نخود، از پتاسیم بالاتری در اندام هوایی خود برخوردار بودند، درحالی‌که میزان پتاسیم در ژنوتیپ‌های حساس نخود به‌شدت کاهش یافته بود. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد و برخی از ژنوتیپ‌ها با داشتن توان زنده ماندن بالا و صفات مطلوب دیگر، می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند و منشأ تولید ارقام اصلاح‌شده باشند. تجزیه تابع تشخیص کانونیکی نیز در محاسبه میزان تنوع و شناسایی صفات بسیار مؤثر در تنوع ژنوتیپ‌های نخود، موفق عمل کرد. علاوه‌براین، استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای در تمایز ژنوتیپ‌ها به زیرگروه‌های مشابه بر اساس صفات مورفولوژیک و زراعی نتیجه مطلوب و قابل قبولی در برداشت. به‌طور کلی، ژنوتیپ‌های گروه سوم (۳۵ ژنوتیپ) و چهارم (۳۵ ژنوتیپ) تجزیه خوشه‌ای، صفات مهمی مانند بقای بالا، زیست‌توده مناسب، ارتفاع بوته بیشتر را دارند و می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به شوری موردتوجه قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند از حوزه معاونت پژوهشی و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جهت تأمین اعتبار اجرای این طرح سپاسگزاری نمایند.

References

Alipoor Yamchi, H., Bihamta, M., Peyghambari, S.A., Naghavi, M., & Majnoon Hoseini, N. (2013). Grouping of Kabuli chickpea genotypes using multivariate statistical methods. *Iranian Journal Pulses Research*, *4*(2), 21-34. (In Persian with English summary). https://doi.org/10.22067/ijpr.v1392i2.41258

Arzani, A. (2008). Improving salinity tolerance in crop plants: A biotechnological view. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, *44*, 373–383. https://doi.org/10.1007/s11627-008-9157-7

Arzani, A., & Ashraf, M. (2016). Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. *Critical Reviews in Plant Sciences, 35*(3), 146-189. https://doi.org/10.1080/07352689.2016.1245056

Aslam, M., Maqbool, M.A., Mushtaq, Q., Akhtar, M.A., & Aslam, A.Y.E.S.H.A. (2018). Uncovering the biological and agronomic stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes against sodium chloride stress. *Pakistan Journal of Botany*, *50*(4), 1297-1304.

Doraki, G.R., Zamani, G.R., & Sayyari, M.H. (2018). Effect of salt stress on yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). *Iranian Journal Pulses Research, 9*(1), 57-68. (In Persian with English summary). https://doi.org/10.22067/ijpr.v9i1.53816

Gautam, A., Panwar, R.K., Verma, S.K., Arora, A., Gaur, A.K., & Chauhan, C. (2021). Assessment of genetic variability parameters for yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Biological Forum–An International Journal, 13*(2), 651-655.

Hoagland, D.R., & Arnon, D.L. (1950). The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular. pp. 347.

Kaashyap, M., Ford, R., Kudapa, H., Jain, M., Edwards, D., Varshney, R., & Mantri, N. (2018). Differential regulation of genes involved in root morphogenesis and cell wall modification is associated with salinity tolerance in chickpea. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-19.

Kaashyap, M., Ford, R., Mann, A., Varshney, R.K., Siddique, K.H., & Mantri, N. (2022). Comparative flower transcriptome network analysis reveals DEGs involved in chickpea reproductive success during salinity. *Plants*, *11*(3), 434. https://doi.org/10.3390/plants11030434

Kotula, L., Clode, .P.L., Jimenez, J.D.L.C., & Colmer, T.D. (2019). Salinity tolerance in chickpea is associated with the ability to 'exclude' Na from leaf mesophyll cells. *Journal of Experimental Botany, 70*(18), 4991-5002. https://doi.org/10.1093/jxb/erz241

Kumar, N., Barmukh, R., Sengar, M.S., Bharadwaj, C., & Varshney, R.K. (2020). Genetic dissection and identification of candidate genes for salinity tolerance using Axiom® CicerSNP array in chickpea. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(14), 5058.

Kumar, N., Bharadwaj, C., Soni, A., Sachdeva, S.U.P.R.I.Y.A., Yadav, M.C., Pal, M.A.D.A.N., & Rana, M.A.N.E.E.T. (2020). Physio-morphological and molecular analysis for salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *90*(4), 132-136.

Kumar, N., Soren, K.R., Bharadwaj, C., PR, S.P., Shrivastava, A.K., Pal, M., & Varshney, R.K. (2021). Genome-wide transcriptome analysis and physiological variation modulates gene regulatory networks acclimating salinity tolerance in chickpea. *Environmental and Experimental Botany, 187*, 104478. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104478

Lavrenko, N., Lavrenko, S., Revto, O., & Lykhovyd, P. (2018). Effect of tillage and humidification conditions on desalination properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Ecological Engineering*, *19*(5), 70-75. https://doi.org/10.12911/22998993/91265

Moustafa, E.S., Ali, M.M., Kamara, M.M., Awad, M.F., Hassanin, A.A., & Mansour, E. (2021). Field screening of wheat advanced lines for salinity tolerance. *Agronomy*, *11*(2), 281. https://doi.org/10.3390/agronomy11020281

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology, 59*, 651-681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Mushtaq, Z., Faizan, S., Gulzar, B., Mushtaq, H., Bushra, S., Hussain, A., & Hakeem, K.R. (2022). Changes in growth, photosynthetic pigments, cell viability, lipid peroxidation and antioxidant defense system in two varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salinity stress. *Phyton*, *91*(1), 149. 10.32604/phyton.2021.016231

Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., & Boroumand Rezazadeh, A. (2021). Evaluation of salinity tolerance of 140 desi chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, *12*(1), 220-205. (In Persian with English summary).

Nasiri, Z., Nabati, J., Nezami, A., & Kafi, M. (2021). Screening of Kabuli-type chickpea genotypes for salinity tolerance under field condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(4), 1055-1068. (In Persian with English summary). https://doi.org/10.22077/escs.2020.3290.1839

Pushpavalli, R., Quealy, J., Colmer, T.D., Turner, N.C., Siddique, K.H., Rao, M.V., & Vadez, V. (2016). Salt stress delayed flowering and reduced reproductive success of chickpea (*Cicer arietinum* L.), a response associated with Na^+ accumulation in leaves. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *202*(2), 125-138. https://doi.org/10.1111/jac.12128

Rencher, A.C., & Christensen, W.F. (2002). Methods of multivariate analysis. A john wiley and sons Inc. Publication.

Soren, K.R., Madugula, P., Kumar, N., Barmukh, R., Sengar, M.S., Bharadwaj, C., & Varshney, R.K. (2020). Genetic dissection and identification of candidate genes for salinity tolerance using Axiom® CicerSNP array in chickpea. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(14), 5058. https://doi.org/10.3390/ijms21145058

Sun, Y., Lindberg, S., Shabala, L., Morgan, S., Shabala, S., & Jacobsen, S.E. (2017). A comparative analysis of cytosolic Na+ changes under salinity between halophyte quinoa (*Chenopodium quinoa*) and glycophyte pea (*Pisum sativum*). *Environmental and Experimental Botany*, *141*, 154-160. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.07.003

Tandon, H.L.S. (1995). Methods of analysis of soils, plants, water and fertilizers. Fertiliser Development and Consultation Organisation, New Delhi.

Tsehaye, A., Fikre, A., & Bantayhu, M. (2020). Genetic variability and association analysis of Desi-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) advanced lines under potential environment in North. Gondar, Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, *6*(1), 1806668. https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1806668

Vaishnani, B., Nathwani, S.A., Baraiya, T., & Panigrahi, J. (2022). Physiological, biochemical, and enzymatic implications of "salt and lead" tolerance in *Cicer arietinum* under hydroponic culture condition. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *100*(4), 483-498. https://doi.org/10.21608/ejar.2022.131925.1226

Zare Mehrjerdi. M., Nabati, J., Masomi, A., Bagheri, A.R., & Kafi, M. (2011). Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. *Iranian Journal Pulses Research*, *2*(2), 83-96. (In Persian with English summary). https://doi.org/10.22067/ijpr.v2i2.19045

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 23-37
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۳۷-۲۳
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.80655.1051

Investigation of Diversity of Root Traits of Chickpea Lines

Zahra Shekari[1], Zahra Tahmasebi[2*], Homayoun Kanouni[3], Ali Asherf Mehrabi[4]

Received: 16-01-2023
Revised: 06-09-2023
Accepted: 23-01-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Shekari, Z., Tahmasebi, Z., Kanouni, H., & Asherf Mehrabi, A. (2024). Investigation of diversity of root traits in chickpea lines. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 23-37. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.80655.1051

Introduction
Chickpea is the third most important grain legume and its seeds contain protein that is an important energy source for human. Drought diminishes crop yields and carries the potential to result in total crop failure. However, chickpeas are renowned for their superior drought tolerance compared to many other cool-season legumes. Given that water availability is the primary constraint on growth in arid conditions, optimal yields and crop production occur when plants efficiently absorb the limited soil moisture available. This feature will only be achieved through the compatibility mechanisms associated with the root system. Chickpea have a direct and deep root system that helps the plant absorb moisture from the lower layers of the soil. Therefore it has led to the prosperity of its cultivation in rainfed areas. Water absorption by the plant depends on the size of the root, its activity and distribution in the soil. Therefore, it seems that the understanding of plant root traits is necessary to further understand the mechanisms of drought resistance. In general, few studies have been done on the diversity of legume roots. Therefore, this research was carried out with the aim of investigating the diversity of root morphological traits of chickpea lines in order to use these traits to select drought-tolerant chickpea lines.

Materials and Methods
The plant materials of this experiment included 39 chickpea lines of Icarda origin, which were taken from the Kurdistan Research Center. The experiment was conducted as a completely randomized design with four replications in the research greenhouse of Ilam University. Seeds were implanted in PVC tubes with a diameter of 10 cm and a length of 60 cm. A drip irrigation system was designed in such a way that an emitter was located inside each tube. With this method, the test tubes were in favorable conditions. In the greenhouse the temperature was under control and had a temperature of 25 degrees Celsius and an average humidity of 70% and the plants used natural light without any additional light. After 35 days of seed germination traits were measured. For this purpose, first the aerial parts of the plant were separated by scissors. After separating the roots from the PVC tubes, they were placed in ethanol with a concentration of 98% and after being transferred to the laboratory, they were stored in the refrigerator, then the traits were measured. Variance analysis of traits and average comparison of data was done with Duncans multi-range test using SAS software version 9.1.

Results and Discussion
All the measured traits had a good variation range among the studied chickpea lines that these results are consistent with previous studies. None of the lines showed superiority for all root traits. Line FLIP07-20C having the longest root length, can benefit from the water available in a larger volume of the soil profile. In the examination of rooting depth in grain legumes, such as chickpeas, it was observed that root length remains relatively stable across a broad spectrum of soil moisture levels. Root length is considered a crucial parameter in plant growth, as researchers posit that the length of roots per unit of soil volume is the most effective characteristic for assessing water and nutrient absorption by plants. In our current investigation, a significant disparity was noted between the highest and lowest root volumes. Root volume

1 and 2- Graduated M.Sc. and Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Agricultural and Horticultural Research, Kurdistan Province Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Kurdistan, Iran.
4- Associate Professor, Biotechnology Department of Natural Resources, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Research Institute of Forests and Pastures of the Country, Iran.
* Corresponding Author: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

stands out as one of the plant's key attributes for absorbing water and nutrients. In this research, line FLIP 82-150C had the highest and line FLIP97-706C had the lowest specific root length. The specific root length is one of the important traits in showing the efficiency of the root in absorbing water and resistance to drought. When faced with drought stress, the plant assigns more dry matter to the root system in order to increase the absorption ability of the roots; as a result, there are changes in the morphological characteristics of the roots, such as an increase in the specific length of the root. The highest root density was observed in line FLIP09-149C. root density is a trait that is affected by root weight and volume. In the condition of drought stress, the decrease in root volume caused an increase in root density and at the end of the growth period, the decrease in root dry weight was more than the decrease in its volume, which ultimately led to a decrease in root density. Studies have indicated that as humidity decreases and soil depth increases, there is a notable decrease in root density. Overall, the findings from this research offer foundational insights for advancing efforts to enhance root characteristics, thereby mitigating drought and enhancing the resilience of chickpea varieties to drought stress.

Conclusions
The results showed that Line FLIP07-20C had the highest root length, root length density and root water content compared to other lines, but none of the lines were superior in terms of all root traits. The obtained information about the characteristics of the roots of the studied lines can be used to improve drought-resistant chickpea lines.

Keywords: Drought stress, Root volume, Geometric structure, Root length

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۳۷-۲۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 23-37
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.80655.1051

بررسی تنوع ویژگی‌های ریشه در لاین‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

زهرا شکری[۱]، زهرا طهماسبی[۲*]، همایون کانونی[۳]، علی اشرف مهرابی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۳

چکیده

نخود یکی از مهم‌ترین حبوبات در ایران و در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. بخش مهمی از موفقیت تولید در مناطق دارای تنش خشکی به جذب مؤثر آب و عناصر غذایی توسط سیستم ریشه‌ای کارآمد وابسته است. مطالب زیادی در ارتباط با تیپ مطلوب گیاهی و ساختار هندسی گیاه به رشته تحریر درآمده است، امّا اطلاعات در مورد رشد و نمو ریشه بسیار اندک است. به‌منظور ارزیابی صفات ریشه ۳۹ لاین نخود، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام شد. پس از گذشت ۳۰ روز از سبز شدن بذور، ۱۶ ویژگی ریشه اندازه‌گیری شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که ویژگی‌های ریشه دارای دامنه تنوع بالایی در بین لاین‌های نخود مورد مطالعه بودند. نتایج نشان داد که تفاوت زیادی بین بیشترین و کمترین حجم ریشه وجود دارد (۱۹و ۴/۴۳ سانتی‌مترمکعب). در میان لاین‌های مورد مطالعه، لاین FLIP07-20C بیشترین طول ریشه، تراکم طول ریشه و محتوای آب ریشه را دارا بود. لذا، می‌تواند ضمن استفاده از آب موجود در حجم وسیع‌تری از نیم‌رخ خاک، از عناصر غذایی بیشتری نیز در طول دوره رشد بهره‌مند گردد و در برابر شرایط تنش خشکی تحمل بهتری از خود بروز می‌دهد. از آنجا که حجم ریشه نیز از مهم‌ترین ویژگی‌های گیاه به‌منظور جذب آب و مواد غذایی است و نسبت حجم ریشه به اندام‌های هوایی می‌تواند یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پیش‌بینی‌شده برای میزان تنفس و جذب آب باشد، لاین FLIP07-31C با دارا بودن بیشترین حجم ریشه می‌تواند تحمل خوبی در برابر شرایط تنش خشکی داشته باشد. از داده‌های به‌دست‌آمده در مورد ویژگی‌های ریشه لاین‌های مورد مطالعه می‌توان به‌منظور اصلاح لاین‌های مقاوم به خشکی نخود استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، حجم ریشه، ساختار هندسی، طول ریشه

مقدمه

نخود یکی از مهم‌ترین حبوبات در دنیا محسوب می‌شود. اهمیت آن به‌علت داشتن پروتئین بالا (۲۳/۵ تا ۲۸/۹ درصد) در دانه است (Mafakheri et al., 2011). در ایران، نخود عمدتاً در نواحی خشک و نیمه‌خشک تولید می‌شود. متأسفانه یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده مقدار و پایداری عملکرد در این گیاه غنی از پروتئین، تنش خشکی آخر فصل است (Imtiaza, 2010). در واقع، از بین عوامل نامطلوب محیطی، تنش خشکی مهم‌ترین محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در سرتاسر جهان می‌باشد (Ashraf & Harris, 2013).

نخود دارای سیستم ریشه‌ای مستقیم و عمیق بوده و دارای سه تا چهار ردیف مشخص ریشه‌های جانبی می‌باشد که به گیاه کمک می‌کند، رطوبت را از لایه‌های پایینی خاک جذب کرده و بنابراین، موجب رونق یافتن کشت و کار آن به‌صورت دیم شده است. سیستم ریشه نخود قوی بوده و در ریشه اصلی، انشعابات فرعی ظاهر می‌شوند که ریشه‌های جانبی را ایجاد می‌نمایند (Regan et al., 2001).

علی‌رغم نقش ضروری سیستم ریشه در رشد گیاه و تنوع بالای آن، چون روش‌های ارزیابی ریشه مشکل، زمان‌بر و در شرایط مزرعه با خطای زیادی همراه هستند، نسبت به اندام‌های هوایی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Manschadi et al., 2006).

ارتباط بین بخش زیرزمینی و بخش هوایی گیاه در مدیریت کشاورزی مهم است و به نظر می‌رسد، داشتن یک سیستم ریشه‌ای گسترده و قوی و بهبود صفات مورفولوژیک ریشه جزء اهداف اصلاحی بوده که در افزایش عملکرد نقش بسزایی داشته است. به‌علاوه جذب کارآمد آب توسط ریشه،

۱ و ۲- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، کردستان، ایران.
۴- دانشیار، بخش زیست فناوری منابع طبیعی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایران.
(*- نویسنده مسئول: z.tahmasebi@ilam.ac.ir)

یک ویژگی مهم برای تحمل به خشکی است. جذب آب توسط گیاه به اندازه ریشه (طول یا حجم)، فعالیت و توزیع آن در خاک بستگی دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد، برای فهم بیشتر فرایندهای مقاومت گیاه و دستیابی به منابع ژنتیکی موردنیاز در برنامه‌های اصلاحی، ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی، به‌ویژه صفات مربوط به ریشه گیاه، ضروری است (Huang & Gao, 2000).

نتایج بررسی صفات مورفولوژیک ریشه ۲۰ لاین نخود نشان داد که روند یکنواختی بین لاین‌های نخود از نظر صفات مربوط به ریشه وجود ندارد و یک لاین هرگز نتوانست برتری خود را از نظر یک صفت در طول دوره رشد حفظ نماید (Ganjeali et al., 2010). مقایسه رشد رقم زودرس با رقم نسبتاً دیررس نخود نشان داد که عمق بیشتر سیستم ریشه در اواخر رشد گیاه سبب تأخیر در پیری برگ‌ها می‌گردد (Sheldrake & Saxena, 1979). بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه ۱۰ لاین نخود نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر صفات ریشه بین لاین‌ها وجود دارد (Ganjeali et al., 2010). بیشترین تنوع ژنتیکی ۳۵ روز بعد از کاشت برای تراکم طول ریشه با توارث‌پذیری h2 =۰/۵۱ مشاهده شد (Kashiwagi et al., 2005). بررسی واکنش صفات ریشه ۱۰ لاین نخود، به تنش خشکی در مزرعه نشان داد که تنوع در آناتومی ریشه بین دو گروه نخود کابلی و دسی وجود دارد (Muriuki et al., 2020).

به‌طور کلی، در مورد تنوع ریشه بقولات، مطالعات کمی انجام شده است و لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی تنوع صفات مورفولوژیک ریشه لاین‌های نخود به‌منظور استفاده از این صفات به‌عنوان معیارهایی برای گزینش لاین‌های نخود متحمل به خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این آزمایش شامل ۳۹ لاین نخود (جدول ۱) با منشأ ایکاردا بود که از مرکز تحقیقات کردستان تهیه شد. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد.

در این آزمایش، کاشت بذور در لوله‌های PVC به‌قطر ۱۰ سانتی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت. به‌منظور سهولت مطالعه ریشه از نظر جمع‌آوری، شستشو و اندازه‌گیری صفات مربوط به آن، از ماسه بادی به‌عنوان بستر کاشت و از محلول غذایی هوگلند برای تغذیه گیاهچه‌ها استفاده شد. در گلخانه درجه حرارت تحت کنترل و دارای متوسط دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت ۷۰ درصد بود و گیاهان در شرایط نور طبیعی رشد کردند. آبیاری به‌صورت دو بار در هفته انجام شد. پس از گذشت ۳۵ روز از سبز شدن بذور، بر اساس افزایش طول ریشه نخود در دوره رشد آن (Chen et al., 2017) اندازه‌گیری صفات انجام شد. برای این منظور، ابتدا قسمت‌های هوایی توسط قیچی برداشت شد، سپس جداسازی ریشه‌ها از بستر ماسه بادی توسط آب تحت فشار با دقت زیاد صورت گرفت. پس از جدا کردن ریشه‌ها از داخل لوله‌های PVC، بلافاصله آن‌ها را به آزمایشگاه منتقل و در داخل یخچال با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس، اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه انجام گردید.

صفات مورد مطالعه

طول ریشه: طول ریشه پس از قرار دادن ریشه‌ها در داخل آب به‌منظور شناور شدن آن‌ها، توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد.

وزن تر ریشه: پس از جدا کردن قسمت‌های هوایی گیاه، اقدام به شستشوی ریشه و انتقال ریشه‌ها به داخل آزمایشگاه، وزن تر ریشه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم اندازه‌گیری شد (Akhavan et al., 2012).

وزن خشک ریشه: پس از اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه، ریشه‌های مورد آزمایش در داخل دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت، سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم وزن شدند (Ramamoorthy et al., 2017).

جدول ۱- لیست لاین‌های مورد استفاده

Table 1- The list of chickpea lines

شماره ردیف NO.	نام لاین Line Name	شجره‌نامه Pedigree
1	FLIP97-706C	X04TH62/X03TH-130XFLIP97-116
2	FLIP03-77C	X04TH65/X03TH-133XFLIP96-154
3	FLIP03-130C	X04TH65/X03TH-133XFLIP96-154
4	FLIP06-158C	X04TH65/X03TH-133XFLIP96-154
5	FLIP07-19C	X04TH66/X03TH-134XFLIP97-116
6	FLIP07-20C	X04TH66/X03TH-134XFLIP97-116
7	FLIP07-22C	X04TH66/X03TH-134XFLIP97-116
8	FLIP07-28C	X04TH67/X03TH-135XFLIP99-34
9	FLIP07-31C	X04TH67/X03TH-135XFLIP99-34
10	FLIP07-44C	X04TH76/X03TH-144XFLIP97-116
11	FLIP07-239C	X04TH77/X03TH-145XFLIP99-34
12	FLIP07-261C	X04TH79/X03TH-147XFLIP96-154
13	FLIP07-280C	X04TH110/X03TH-178XFLIP97-116
14	FLIP08-46C	X04TH110/X03TH-178XFLIP97-116
5	FLIP08-200C	X04TH114/X03TH-182XFLIP97-116
16	FLIP09-70C	X04TH115/X03TH-183XFLIP99-34
17	FLIP09-81C	X04TH117/X03TH-185XFLIP96-154
18	FLIP09-85C	X04TH123/FLIP97-205XFLIP97-116
19	FLIP09-90C	X04TH124/FLIP97-229XFLIP99-34
20	FLIP09-98C	X04TH126/FLIP98-229XFLIP96-154
21	FLIP09-148C	X04TH129/FLIP98-233XFLIP99-48
22	FLIP09-149C	X05TH7/X04TH-126XFLIP01-18
23	FLIP09-189C	X05TH106/FLIP97-131XFLIP00-14
24	FLIP09-191C	X05TH106/FLIP97-131XFLIP00-14
25	FLIP09-192C	X05TH106/FLIP97-131XFLIP00-14
26	FLIP09-194C	X05TH106/FLIP97-131XFLIP00-14
27	FLIP09-214C	X05TH131/FLIP97-118XFLIP00-17
28	FLIP09-216C	X05TH152/FLIP98-107XUC27
29	FLIP09-218C	X04TH31/X03TH-31XFLIP97-116
30	FLIP09-219C	X06TH100/FLIP02-47XFLIP98-230
31	ILC482	ILC482
32	FLIP 82-150C	X79TH101/ILC 523 X ILC 183
33	FLIP88-85C	X85 TH143/ILC 629 x FLIP 82-144C
34	FLIP93-93C	X89TH258/ (FLIP 85-122CXFLIP 82-150C)/FLIP 86-77C
35	FLIP07-180C	X04TH12/X03TH-12XFLIP99-48
36	FLIP09-88C	X04TH40/X03TH-40XFLIP99-34
37	FLIP09-115C	X04TH50/X03TH-50XFLIP99-34
38	FLIP09-337C	X04TH53/X03TH-53XFLIP97-116
39	FLIP09-386C	X04TH59/X03TH-59XFLIP99-48

حجم ریشه: محاسبه حجم ریشه با استفاده از استوانه مدرج از طریق معادله ۱ انجام گرفت:

معادله (۱) $A=B-C$

که در آن، A: حجم ریشه، B: حجم آب و ریشه و C: حجم آب خالی است.

وزن خشک اندام هوایی: قسمت‌های هوایی گیاه، در داخل آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت گذاشته شد و سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم وزن گردید (Ramamoorthy et al., 2017).

سطح ریشه: سطح ریشه از طریق معادله ۲ محاسبه گردید (Akhavan et al., 2012).

معادله (۲) $RA = 2 \times SQRT\langle RV \times 3.14 \times RL \rangle$

که در آن، RA: سطح ریشه، RV: حجم ریشه، RL: طول ریشه و SQRT: ریشه دوم است.

شادابی ریشه: شادابی ریشه از طریق معادله ۳ محاسبه گردید (Hajabbasi, 2001).

$$RF = \frac{RL}{RV}$$ معادله (۳)

که در آن، RF: شادابی ریشه، RL: طول ریشه و RV: حجم ریشه است.

قطر ریشه: قطر ریشه به‌صورت معادله ۴ محاسبه گردید (Schenk & Barber, 1979).

$$Rd = SQRT\frac{\langle 4\times FRW\rangle}{\langle RL\times 3.14\rangle}$$ معادله (۴)

که در آن، Rd: قطر ریشه، FRW: وزن تر ریشه، RL: طول ریشه و SQRT: ریشه دوم است.

طول مخصوص ریشه: محاسبه طول مخصوص ریشه به‌صورت معادله ۵ انجام گرفت (Mahanta et al., 2014).

$$SRL = \frac{RL}{DRW}$$ معادله (۵)

که در آن، SRL: طول مخصوص ریشه، RL: طول ریشه و DRW: وزن خشک ریشه است.

محتوای آب ریشه: محتوای آب ریشه به‌صورت معادله ۶ محاسبه گردید (Schenk & Barber, 1979).

$$RWC = \frac{FRW - DRW}{DRW}$$ معادله (۶)

که در آن، RWC: محتوای آب ریشه، FRW: وزن تر ریشه و DRW: وزن خشک ریشه است.

تراکم طول ریشه: تراکم طول ریشه از طریق معادله ۷ به‌دست آمد (Mahanta et al., 2014).

$$RLD = \frac{RL}{SV}$$ معادله (۷)

که در آن، RLD: تراکم طول ریشه، RL: طول ریشه و SV: حجم خاک است.

حجم مخصوص ریشه: حجم مخصوص ریشه از طریق معادله ۸ به‌دست آمد (Hasanabadi et al., 2010).

$$SRV = \frac{RDW}{SV}$$ معادله (۸)

که در آن، SRV: حجم مخصوص ریشه، RDW: وزن خشک ریشه و SV: حجم خاک است.

تراکم بافت ریشه: تراکم بافت ریشه به‌صورت معادله ۹ محاسبه گردید (Mahanta et al., 2014).

$$RTD = RDW\times RV$$ معادله (۹)

که در آن، RTD: تراکم بافت ریشه، RDW: وزن خشک ریشه و RV: حجم ریشه است.

تراکم حجم ریشه: تراکم حجم ریشه به‌صورت معادله ۱۰ محاسبه گردید (Hajabbasi, 2001).

$$RVD = \frac{FRW}{SV}$$ معادله (۱۰)

که در آن، RVD: تراکم حجم ریشه، FRW: وزن تر ریشه و SV: حجم خاک است.

چگالی سطح ریشه: چگالی سطح ریشه به‌صورت معادله ۱۱ محاسبه گردید (Akhavan et al., 2012).

$$RAD = RL\times RD\times 3.14$$ معادله (۱۱)

که در آن، RAD: چگالی سطح ریشه، RL: طول ریشه و RD: قطر ریشه است.

چگالی ریشه: چگالی ریشه به‌صورت معادله ۱۲ محاسبه گردید (Akhavan et al., 2012).

$$RD = \frac{RDW}{RV}$$ معادله (۱۲)

که در آن، RD: چگالی ریشه، RDW: وزن خشک ریشه و RV: حجم ریشه است.

تجزیه واریانس صفات و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گردید.

نتایج و بحث

طول ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر طول ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). اختلاف بین بیشترین و کمترین میانگین طول ریشه ۳۸/۲۵ سانتی‌متر بود (جدول ۳). حداکثر عمق و طول ریشه در نخود یک صفت ژنتیکی است که محیط می‌تواند آن را محدود سازد، در این آزمایش، به نظر می‌رسد که ژنوتیپ FLIP07-20C با داشتن طول ریشه بیشتر و نفوذ در اعماق خاک، در حجم وسیع‌تری از آب موجود در لایه‌های پایینی پروفیل خاک و هم‌چنین عناصر غذایی بیشتری در طول دوره رشد بهره‌مند گردد. طول ریشه از مهم‌ترین صفات در روند رشد گیاه است. پژوهشگران بر این باورند که طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین صفت به‌منظور ارزیابی جذب عناصر و آب خاک توسط گیاه است (Eshghizadeh et al., 2012). طول ریشه از مهم‌ترین صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک تحمل به خشکی است، معمولاً ارقامی که طول ریشه بیشتری دارند، سریع‌تر از ارقام با طول ریشه کوتاه‌تر، جوانه می‌زنند و به خشکی مقاوم‌تر هستند (Akhavan et al., 2012). مطالعه گنجعلی و همکاران (Ganjeali et al., 2010) بر روی صفات ریشه ۱۰ ژنوتیپ نخود نشان داد که تنوع بالایی از نظر طول ریشه بین

ژنوتیپ‌های نخود وجود دارد که بیشترین میزان طول ریشه ۸۰/۷ سانتی‌متر و کمترین طول ریشه ۲۸/۲ سانتی‌متر گزارش شده است. در مطالعه دیگری، بررسی صفات ریشه نخود نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها تغییرات ژنتیکی وجود دارد (Serraj et al., 2004).

وزن خشک ریشه: وزن خشک ریشه از مهم‌ترین صفات به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات ریشه، لاین‌های مورد مطالعه از نظر وزن خشک ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). اختلاف بین بیشترین و کمترین میانگین وزن خشک ریشه ۲/۶ گرم به‌دست آمد (جدول ۳).

رشد و گسترش ریشه گیاهان درخاک از اهمیت ویژه‌ای در تولید محصولات کشاورزی برخوردار است (Manschadi et al., 2006) به این دلیل که ارتباط گیاه با عناصر غذایی و آب و جذب آن از طریق ریشه صورت می‌گیرد (Pedersen et al., 2009). در بررسی صفات مربوط به ریشه بیان شد که وزن خشک ریشه با صفات طول ریشه و حجم ریشه همبستگی معناداری دارد (Ganjeali et al., 2010). نتایج پژوهش بر روی ریشه ۱۱ ژنوتیپ نخود مشخص کرد که این ژنوتیپ‌ها از نظر وزن خشک ریشه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (Ganjeali & Bagheri, 2010). بررسی به‌منظور یافتن ارقام مقاوم به خشکی در مرحله گیاهچه‌ای، نشان داد که ارقام مقاوم به تنش خشکی، طول و وزن خشک ریشه بیشتری دارند (Muriuki et al., 2020).

وزن تر ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر وزن تر ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). وجود اختلاف معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن تر ریشه، نشان از اختلاف ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش دارد. سیستم ریشه‌ای به‌دلیل اینکه به آب نزدیک است، به‌عنوان اولین حسگر نسبت به تنش خشکی محسوب می‌شود (Serraj et al., 2004). بررسی اثرات توسعه ریشه در ارتباط با تحمل به خشکی در چهار رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) نشان داد که ارقام مورد مطالعه از نظر صفات طول ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار دارند (Purushothaman et al., 2017).

حجم ریشه: حجم ریشه از نظر جذب آب و مواد غذایی از مهم‌ترین صفات محسوب می‌شود، بنابراین واحد اندازه‌گیری خوبی برای روابط بین ریشه و اندام‌های هوایی می‌باشد (Ganjeali et al., 2010). لاین‌های مورد مطالعه از نظر حجم ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). اختلاف بین بیشترین و کمترین میانگین حجم ریشه ۱۴/۵۷ سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد (جدول ۳). بر اساس نظر برخی پژوهشگران، توانایی یک رقم در رشد و مراحل اولیه رشد از عوامل محیطی تأثیر می‌گیرد به عبارتی، گیاه برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد، ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه اختصاص می‌دهد، در نتیجه، باعث تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیک ریشه مانند حجم و طول ریشه می‌شود (Coohi chelecaran et al., 2015). تأثیر تنش خشکی بر ارقام گندم نشان داد که سیستم مطلوب ریشه، موجب جذب آب بیشتر و تولید اندام هوایی بیشتر می‌شود، به‌طوری‌که حجم ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن اندام هوایی و مقدار جذب آب دارد. با مواجه شدن با تنش خشکی، ژنوتیپ‌های متحمل، حجم ریشه بیشتری را نسبت به ژنوتیپ‌های حساس تولید کردند (Meskini-Vishkaee et al., 2016).

محتوای آب ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر محتوای آب ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). جذب آب توسط گیاه به اندازه ریشه مانند وزن و طول ریشه و توزیع و فعالیت ریشه در خاک بستگی دارد، بنابراین برای درک بیشتر مفاهیم سازوکارهای مقاومت و یافتن منابع ژنتیکی مورد نیاز برنامه‌های اصلاحی، درک صفات ریشه که با مقاومت به خشکی مرتبط هستند مانند محتوای آب ریشه ضروری است (Ganjeali et al., 2010).

حجم مخصوص ریشه: در این آزمایش در بین لاین‌های مورد بررسی از نظر صفت حجم مخصوص ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۳). بیشترین حجم مخصوص ریشه در لاین FLIP09-192C به‌دست آمد و لاین ILC482 نیز دارای کمترین حجم مخصوص ریشه بود. بررسی رابطه صفات ریشه و عملکرد دانه گندم نشان داد که بین ژنوتیپ‌های گندم در تمام صفات ریشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (Manschadi et al., 2006).

تراکم بافت ریشه: در این آزمایش، در بین لاین‌های مورد بررسی از نظر صفت تراکم بافت ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان تراکم بافت ریشه به‌ترتیب در لاین‌های FLIP07-31C و ILC482 به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ریشه ۳۹ لاین نخود

Table 2- Analysis of variance of root morphological traits in 39 chickpea lines

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		RTD	RWC	SRL	RF	LDW	RDW	RFW	RV	RL
ژنوتیپ Genotype	39	387**	30.6**	4018**	10.7**	0.690**	1.26**	48.6**	40.7**	399**
خطای آزمایشی Experimental error	113	16.6	2.97	73.5	0.840	0.030	0.040	2.97	2.90	7.95

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% probability level

RTD: تراکم بافت ریشه، RWC: محتوای آب ریشه، SRL: طول مخصوص ریشه، RF: شادابی ریشه، LDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RFW: وزن تر ریشه، RV: حجم ریشه، RL: طول ریشه.

RTD: root tissue density, RWC: root water content, SRL: root length specific, RF: root flavor, LDW: leaf dry weight, RDW: root dry weight, RFW: root fresh weight, RV: root volume, RL: root length.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ریشه ۳۹ لاین نخود

Table 2- Analysis of variance of root morphological traits in 39 chickpea lines, Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		RAD	RVD	SRV	RLD	Rd	RA	RD
ژنوتیپ Genotype	39	1308**	0.0001**	0.000004**	0.001**	0.027**	1193**	0.005**
خطای آزمایشی Experimental error	113	54.5	0.00001**	0.0000001	0.00002	0.001	55.1	0.0007

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% probability level.

RAD: چگالی سطح ریشه، RVD: تراکم حجم ریشه، SRV: حجم مخصوص ریشه، RLD: تراکم طول ریشه،RD: چگالی ریشه، RA: سطح ریشه، Rd: قطر ریشه.

RAD: root area density, RVD: root volume density, SRV: specific root volume, RLD: root length density, Rd: root diameter, RA: root area, RD: root density.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی ریشه ۳۹ لاین نخود

Table 3- Mean comparisons of root morphological traits in 39 chickpea lines

شماره لاین Line number	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RWC	5.43^{jk*}	9.52 $^{e-g}$	8.17 $^{f-j}$	6.87^{g-k}	7.29 $^{g-k}$	16.5 ^{a}	6.15 $^{h-k}$	5.78 ^{jk}	4.44 ^{k}	6.04 ^{ik}	7.27 $^{g-k}$	5.59 ^{jk}	7.61 $^{f-j}$	8.95 $^{f-i}$	5.69 ^{jk}
SRL	19^{k}	53f ^{g}	39.3 $^{G-i}$	30.4^{h-k}	61^{ef}	115 ^{bc}	35.2 $^{h-j}$	64.4 ^{ef}	23.3 ^{jk}	25.6 $^{i-k}$	30.8 $^{h-k}$	37.1 $^{h-j}$	36.9 $^{h-j}$	37.2 $^{h-j}$	26.2 $^{i-k}$
RF	2.54^{m}	3.81^{g-m}	3.72 $^{g-m}$	3.43 $^{h-m}$	6.55 $^{c-e}$	5.08 $^{e-h}$	3.10 $^{k-m}$	6.83 ^{cd}	3.28 $^{k-m}$	4.36 $^{g-l}$	3.99 $^{g-m}$	4.77 $^{f-k}$	4.96 $^{e-j}$	5.38 $^{d-g}$	3.16 $^{k-m}$
LDW	0.590 $^{l-o}$	0.410 ^{no}	0.580 $^{l-o}$	0.830 $^{h-l}$	0.440 $^{m-o}$	0.650 $^{k-n}$	0.880 $^{g-l}$	0.300 ^{o}	1.65 ^{ab}	0.990 $^{f-k}$	1.40 $^{b-e}$	1.19 $^{e-g}$	0.800 $^{h-l}$	0.400 ^{no}	1.12 $^{e-h}$
RDW	1.79 $^{c-e}$	0.700 $^{m-p}$	11^{j-m}	1.300 $^{g-j}$	0.680 $^{m-p}$	0.600 $^{n-q}$	1.18 $^{h-k}$	0.460 $^{o-q}$	2.59 ^{b}	2.04 ^{c}	1.83 ^{cd}	1.33 $^{f-j}$	1.55 $^{d-h}$	0.910 $^{k-n}$	2.11 ^{c}
RFW	11.5 $^{e-j}$	7.47 ^{k}	9.21 ^{jk}	10.3 $^{h-k}$	5.70 ^{lm}	10.4 $^{h-k}$	8.47^{jk}	3.18 ^{m}	14.2 $^{b-e}$	14.4 $^{b-e}$	15.1 $^{b-d}$	8.81 ^{jk}	13.1 $^{d-h}$	9.13 ^{jk}	14.1 $^{b-f}$
RV	13.5 $^{c-h}$	10 $^{j-n}$	10.6 $^{h-n}$	11.8 $^{f-l}$	6.66 ^{op}	13.5 $^{c-h}$	13.5 $^{c-h}$	4.43 ^{p}	19 ^{a}	12.3 $^{e-k}$	14.2 $^{c-g}$	10.3 $^{i-n}$	11.6 $^{f-l}$	6.75 ^{op}	17.6 ^{ab}
RL	34 ^{no}	37.5 $^{l-n}$	39.5 ^{lm}	39.7 ^{lm}	42 ^{Kl}	68.2 ^{a}	41.6 ^{Kl}	30 ^{o}	60.5 $^{b-d}$	52.3 $^{g-i}$	56.6 $^{d-g}$	49.2 ^{hi}	56 $^{d-g}$	33 ^{no}	55.3 $^{e-g}$
RVD	0.020 ^{b}	0.010 ^{c}	0.011 ^{c}	0.010 ^{c}	0.012 ^{c}	0.010 ^{c}	0.011 ^{c}	0.005 ^{d}	0.021 ^{b}	0.020 ^{b}	0.022 ^{b}	0.011 ^{c}	0.023 ^{b}	0.010 ^{c}	0.021 ^{b}
SRV	0.003^{c}	0.001 ^{e}	0.001 ^{e}	0.002 ^{d}	0.001 ^{e}	0.001 ^{e}	0.002 ^{d}	0.0008	0.004 ^{b}	0.003 ^{c}	0.003 ^{c}	0.002 ^{d}	0.002 ^{d}	0.001 ^{e}	0.003 ^{c}
RLD	0.060^{g}	0.061 ^{g}	0.070 ^{f}	0.072 ^{f}	0.073 ^{f}	0.120 ^{a}	0.070 ^{f}	0.050 ^{h}	0.110 ^{b}	0.090 ^{d}	0.101 ^{c}	0.091 ^{d}	0.100 ^{c}	0.060 ^{g}	0.101 ^{c}
Rd	0.650 ^{ab}	0.520 $^{e-k}$	0.540 $^{e-g}$	0.560 $^{c-i}$	0.410 ^{pq}	0.430 $^{n-p}$	0.500 $^{h-n}$	0.360 ^{qr}	0.540 $^{e-j}$	0.590 $^{b-f}$	0.580 $^{b-g}$	0.470 $^{j-p}$	0.540 $^{e-j}$	0.580 $^{b-g}$	0.560 $^{c-i}$
RA	75.7 $^{k-o}$	68.5 $^{m-p}$	72.7 $^{k-o}$	76.7 $^{j-o}$	59 ^{pq}	107 $^{b-d}$	83.8 $^{h-l}$	40.8 ^{s}	119 ^{a}	89.6 $^{f-j}$	100 $^{b-f}$	79.9 $^{i-m}$	90.1 $^{f-i}$	52.6 ^{qr}	110 $^{a-c}$
RD	0.120 $^{c-j}$	0.070 $^{k-n}$	0.071 $^{k-n}$	0.101 $^{g-m}$	0.110 $^{f-l}$	0.040 ^{n}	0.090 $^{g-m}$	0.010 $^{g-m}$	0.160 $^{b-e}$	0.162 $^{a-c}$	0.120 $^{c-j}$	0.110 $^{d-l}$	0.130 $^{b-i}$	0.140 $^{b-g}$	0.120 $^{c-j}$
RTD	24.2 ^{cd}	7.13 $^{m-q}$	10.7 $^{i-o}$	15.7 $^{g-j}$	4.61 $^{o-q}$	8.13 $^{l-q}$	15.9 $^{f-i}$	2.11 ^{pq}	49.5^{a}	25.3 ^{c}	26.2 ^{c}	13.7 $^{h-m}$	17.9 $^{d-i}$	6.34 $^{n-q}$	37.1 ^{b}
RAD	70 $^{i-m}$	59.2 $^{m-o}$	67.5 $^{j-m}$	71.7 $^{i-m}$	54.8 ^{no}	94.3 $^{c-f}$	66.4 $^{k-n}$	34.6 ^{p}	103 $^{b-d}$	97.2 $^{c-e}$	103 $^{b-d}$	73.4 $^{i-l}$	96 $^{c-e}$	61.7 $^{l-n}$	98.9 $^{b-e}$

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* In each column means with at least a similar letter have not significant difference at 5% level.

RAD: چگالی سطح ریشه، RVD: تراکم حجم ریشه، SRV: حجم مخصوص ریشه، RLD: تراکم طول ریشه، RD: چگالی ریشه، RA: سطح ریشه، Rd: قطر ریشه. RTD: تراکم بافت ریشه، RWC: محتوای آب ریشه، SRL: طول مخصوص ریشه، RF: شادابی ریشه، LDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RFW: وزن تر ریشه، RV: حجم ریشه، RL: طول ریشه.

RWC: root water content; SRL: root length specific; RF: root flavor; LDW: leaf dry weight; RDW: root dry weight; RFW: root fresh weight; RV: root volume; RL: root length; RVD: root volume density; SRV: specific root volume; RLD: root length density; Rd: root diameter; RA: root area; RD: root density; RTD: root tissue density; RAD: root area density.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی ریشه ۳۹ لاین نخود

Table 3- Mean comparisons of root morphological traits in 39 chickpea lines, Continued

شماره لاین Line number	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹
RWC	6.26 $^{h-k*}$	12.7^{cd}	6.10^{h-k}	8.51^{f-j}	6.36 $^{h-k}$	5.73^{jk}	8.98 $^{f-i}$	6.75 $^{g-k}$	6.20^{h-k}	6.25^{h-k}	8.37 $^{f-j}$	9.25 $^{f-h}$	8.55 $^{f-j}$	10.6^{d-f}
SRL	34.7 $^{h-j}$	67.8^{de}	22.5^{jk}	65.1^{ef}	31.3 $^{h-k}$	32.6 $^{h-k}$	37.5 $^{h-j}$	39.5^{g-i}	37.2^{h-j}	19.5 ^{k}	37.6 $^{h-j}$	36.3 $^{h-j}$	37.8 $^{h-j}$	36.8 $^{h-j}$
RF	4.71^{g-l}	3.39^{i-m}	3.54^{h-m}	4.78 $^{f-k}$	4.59 $^{g-l}$	5.40 $^{d-g}$	7.56 $^{b-c}$	5.02 $^{e-i}$	5.01 $^{g-l}$	4.42^{g-l}	4.22 $^{g-l}$	3.30 $^{j-m}$	6.33 $^{c-f}$	3.39 $^{i-m}$
LDW	0.770^{i-m}	0.590^{l-o}	1.07^{f-i}	0.550 $^{l-o}$	1.25^{d-f}	1.05^{f-j}	1.28 $^{c-f}$	0.660 $^{k-n}$	1.22 ^{ef}	1.89 ^{a}	1.03 $^{f-j}$	0.590 $^{l-o}$	1.43 $^{b-e}$	1.61 ^{ab}
RDW	1.42^{f-h}	0.650 $^{n-p}$	1.53^{d-h}	0.910 $^{k-n}$	1.36 $^{f-i}$	1.82 ^{cd}	1.56 $^{d-g}$	1.30 $^{g-j}$	1.58 $^{d-g}$	2.93 ^{a}	1.64 $^{d-g}$	1.39 $^{e-h}$	1.51 $^{d-h}$	1.47 $^{d-h}$
RFW	10.3 $^{h-k}$	9.02^{jk}	10.9 $^{g-j}$	8.72 ^{jk}	10.1 $^{h-k}$	12.3 $^{d-i}$	15 $^{b-d}$	9.84 $^{i-k}$	11.2 $^{f-j}$	21.2^{a}	14.6 $^{b-d}$	14.2 $^{b-e}$	14.3 $^{b-e}$	16.9 ^{b}
RV	10.5^{h-n}	13.1^{c-i}	10^{j-n}	12.6 $^{d-j}$	9.25 $^{l-o}$	11.2 $^{g-m}$	8 ^{no}	9.83 $^{j-n}$	0.330^{g-m}	12.6 $^{d-j}$	13.8 $^{c-g}$	15.5 $^{b-d}$	9 $^{l-o}$	16 ^{bc}
RL	49.2^{hi}	44.5^{jk}	36.6^{n}	59 $^{b-e}$	42.2^{kl}	59 $^{b-e}$	56.2 $^{d-g}$	49.4 ^{hi}	57.2 $^{c-f}$	56 $^{d-g}$	57.7 $^{c-f}$	50.5 ^{hi}	56.6 $^{d-g}$	53.8 $^{f-h}$
RVD	0.011^{c}	0.010^{c}	0.023 ^{b}	0.014 ^{c}	0.015^{c}	0.020 ^{b}	0.020 ^{b}	0.010^{c}	0.021^{b}	0.030^{a}	0.022^{b}	0.023 ^{b}	0.021^{b}	0.030^{a}
SRV	0.002^{d}	0.001^{e}	0.002^{d}	0.001 ^{e}	0.002^{d}	0.003^{c}	0.002 ^{d}	0.002^{d}	0.002^{d}	0.005^{a}	0.003^{c}	0.002^{d}	0.002^{d}	0.002^{d}
RLD	0.092^{d}	0.081^{e}	0.060^{g}	0.102^{c}	0.070^{f}	0.100^{c}	0.100 ^{c}	0.090^{d}	0.101^{c}	0.103^{c}	0.102^{c}	0.090^{d}	0.102^{c}	0.090^{d}
Rd	0.520 $^{f-l}$	0.500 $^{h-n}$	0.630 $^{a-d}$	0.430 $^{o-q}$	0.540 $^{e-j}$	0.510^{g-m}	0.580 $^{c-h}$	0.490 $^{i-o}$	0.500^{i-o}	0.690^{a}	0.560^{c-i}	0.600^{b-f}	0.560^{c-i}	0.630 $^{a-d}$
RA	80.5^{i-m}	85.7^{g-k}	65.7 $^{n-p}$	96.5^{d-h}	90.9 $^{f-i}$	90.9 $^{f-i}$	74.6 $^{k-o}$	78 $^{i-n}$	90 $^{f-i}$	94.3 $^{e-h}$	99.8^{c-f}	99^{c-f}	79.9 $^{i-m}$	103 $^{b-e}$
RD	0.120 $^{c-j}$	0.050^{n}	0.013 $^{b-i}$	0.070 $^{k-n}$	0.160 $^{a-d}$	0.160 $^{a-d}$	0.200 ^{a}	0.110 $^{d-l}$	0.14 0^{b-h}	0.200^{a}	0.12 0^{c-k}	0.090 $^{i-n}$	0.170 ^{ab}	0.090 $^{i-n}$
RTD	15 $^{g-l}$	8.68 $^{j-p}$	15.4^{g-j}	11.6 $^{i-n}$	21 $^{c-g}$	21^{c-g}	12.7 $^{i-n}$	12.8 $^{i-n}$	17.9 $^{d-i}$	37.2^{b}	23.2^{c-e}	21.6 $^{c-g}$	13.6^{h-m}	23.5 $^{c-e}$
RAD	79.8 $^{g-j}$	79.8 $^{g-j}$	68.7 $^{j-m}$	80.2 $^{g-j}$	73 $^{i-l}$	95.4 $^{c-e}$	102 $^{b-d}$	77.9 $^{h-k}$	89.7 $^{e-h}$	122 ^{a}	102 $^{b-d}$	95 $^{c-f}$	100 $^{b-e}$	106 ^{bc}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* In each column means with at least a similar letter have not significant difference at 5% level.

RAD: چگالی سطح ریشه، RVD: تراکم حجم ریشه، SRV: حجم مخصوص ریشه، RLD: تراکم طول ریشه، RD : چگالی ریشه، RA: سطح ریشه، Rd: قطر ریشه. RTD: تراکم بافت ریشه، RWC: محتوای آب ریشه، SRL: طول مخصوص ریشه، RF: شادابی ریشه، LDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RFW: وزن تر ریشه، RV: حجم ریشه، RL: طول ریشه.

RWC: root water content; SRL: root length specific; RF: root flavor; LDW: leaf dry weight; RDW: root dry weight; RFW: root fresh weight; RV: root volume; RL: root length; RVD: root volume density; SRV: specific root volume; RLD: root length density; Rd: root diameter; RA: root area; RD: root density; RTD: root tissue density; RAD: root area density.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی ریشه ۳۹ لاین نخود

Table 3- Mean comparisons of root morphological traits in 39 chickpea lines, Continued

شماره لاین Line number	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹
RWC	7.58 f-k*	15.6 ab	13.5 bc	8.37 f-j	5.46 jk	6 i-k	9.06 f-i	6.36 h-k	5.45 jk	12 c-e
SRL	26.3 i-k	125 b	166 a	107 c	22.7 jk	39.5 g-i	40.5 g-i	45 gh	40.6 g-i	79.1 d
RF	3.82 g-m	8.37 b	7.31 bc	10.8 a	4.06 g-m	4.77 f-k	3.76 g-m	4.54 g-l	4.77 f-k	6.38 c-f
LDW	0.690 k-n	0.300 o	0.410 no	0.300 o	1.59 a-c	0.690 k-n	1.55 b-d	0.78 i-l	0.82 h-l	0.72 j-n
RDW	1.35 f-i	0.300 q	0.380 pq	0.590 n-q	2.63 ab	1.46 e-h	1.05 i-l	1.53 d-h	1.54 d-h	0.81 l-o
RFW	11.2 f-j	5.03 lm	5.48 lm	5.65 lm	16.4 bc	9.86 i-k	10.4 h-k	11 g-j	9.96 i-k	10.4 h-k
RV	9.33 k-o	4.60 p	8.50 m-o	6.60 op	14.6 c-f	11.7 f-l	11.5 g-m	15 b-e	13.2 c-i	10 j-n
RL	35.5 mn	37.6 l-n	61.7 bc	63.6 b	59.5 b-e	55.2 e-g	42.2 kl	68 a	62.5 b	63.5 b
RVD	0.020 b	0.009 e	0.011 c	0.010 c	0.030 a	0.012 c	0.013 c	0.020 b	0.010 c	0.012 c
SRV	0.002 d	0.0005 g	0.0007 f	0.001 e	0.004 b	0.002 d	0.001 e	0.002 d	0.002 d	0.001 e
RLD	0.060 g	0.061 g	0.110 b	0.112 b	0.113 b	0.101 c	0.070 f	0.120 a	0.110 b	0.111 b
Rd	0.630 a-c	0.410 pq	0.330 r	0.330 r	0.590 b-f	0.470 j-p	0.560 d-i	0.450 l-p	0.440 m-p	0.450 k-p
RA	64.4o p	46.4 rs	81.1 i-m	72.1 l-o	104 b-e	90 f-i	77.8 i-n	113 ab	101 b-f	89.2 f-j
RD	0.150 b-f	0.060 mn	0.040 n	0.100 g-m	0.180 ab	0.120 c-k	0.090 h-n	0.090 h-n	0.110 d-l	0.070 j-n
RTD	12.7 i-n	1.42 q	3.30 pq	3.96 o-q	38.5 b	16.8 e-i	11.9 i-n	22.9 c-f	20.4 c-h	22.8 k-q
RAD	70.4 i-m	48.4 o	65 k-n	66.8 k-n	111 b	72.7 f-i	74.4 i-l	97.1 c-e	88 e-h	91.2 d-g

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* In each column means with at least a similar letter have not significant difference at 5% level.

RAD: چگالی سطح ریشه، RVD: تراکم حجم ریشه، SRV: حجم مخصوص ریشه، RLD: تراکم طول ریشه،RD : چگالی ریشه، RA: سطح ریشه، Rd: قطر ریشه. RTD: تراکم بافت ریشه، RWC: محتوای آب ریشه، SRL: طول مخصوص ریشه، RF: شادابی ریشه، LDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه، RFW: وزن تر ریشه، RV: حجم ریشه، RL: طول ریشه.

RWC: root water content; SRL: root length specific; RF: root flavor; LDW: leaf dry weight; RDW: root dry weight; RFW: root fresh weight; RV: root volume; RL: root length; RVD: root volume density; SRV: specific root volume; RLD: root length density; Rd: root diameter; RA: root area; RD: root density; RTD: root tissue density; RAD: root area density.

سطح ریشه: صفت سطح ریشه از خصوصیات مهم برای جذب آب و عناصر غذایی در گیاه است. ریشه‌های گسترده از راه افزایش جذب آب و افزایش تعرق در افزایش عملکرد دانه مؤثر هستند (Ganjeali et al., 2010). در این آزمایش، لاین‌های مورد مطالعه از نظر سطح ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). گنجعلی و کافی (Ganjeali & Kafi, 2007) گزارش کردند که سطح ریشه در گیاهان زراعی می‌تواند به‌دلیل سطح تماس گیاه با خاک باشد و هر چه سطح ریشه بیشتر باشد، دسترسی به آب نیز بیشتر است. سراج و همکاران (Serraj et al., 2004) نشان دادند که با افزایش سطح ریشه کارایی جذب عناصر غذایی و آب نیز افزایش می‌یابد. گنجعلی و باقری (Ganjeali & Bagheri, 2010) با بررسی جنبه‌های فیزیومورفولوژیک مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود دریافت که سایر صفات مربوط به ریشه عمدتاً متأثر از مجموع طول ریشه‌ها است. از طرفی، چون طول ریشه اصلی از جهت بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در افق‌های متفاوت خاک مورد توجه است، بنابراین صفت طول ریشه می‌تواند به‌عنوان یک معیار مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

طول مخصوص ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر طول مخصوص ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). گیاه زمانی که با تنش خشکی مواجه می‌شود، برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد، ماده خشک بیشتری را به ریشه اختصاص می‌دهد که باعث تغییراتی در خصوصیات صفات ریشه مانند طول مخصوص ریشه و طول ریشه می‌شود (Shaaban et al., 2012). در زمینه صفات ریشه برخی از پژوهشگران معتقدند که اندازه‌گیری تراکم و طول ریشه بهتر از اندازه‌گیری توزیع وزن ریشه در خاک است (Musters & Bouten, 2000).

قطر ریشه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس در این آزمایش، در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر قطر ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). افزایش قطر ریشه بر تحمل تنش خشکی و کارایی مصرف آب مؤثر می‌باشد، به این دلیل که ریشه‌هایی که قطر بیشتری دارند از آوندهای چوبی بزرگ‌تری برخوردارند و از این راه، باعث افزایش جذب آب از لایه‌های زیرین خاک می‌شوند (Manschadi et al., 2006).

تراکم طول ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر تراکم طول ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). تراکم طول ریشه یکی از صفات مهم مورفولوژیکی است که با جذب آب از خاک ارتباط مستقیم دارد، هر چه تراکم طولی ریشه بیشتر باشد، گیاه نسبت به تنش خشکی مقاوم‌تر می‌شود.

تراکم حجم ریشه: در این پژوهش، بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تراکم حجم ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین میزان تراکم حجم ریشه در لاین FLIP09-192C و کمترین میزان آن در لاین FLIP07-28C مشاهده گردید (جدول ۳).

شادابی ریشه: در این پژوهش، در بین لاین‌های مورد بررسی از نظر شادابی ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). بیشترین میزان شادابی ریشه در لاین FLIP88-85C و کمترین میزان آن در لاین FLIP97-706C مشاهده گردید (جدول ۳).

چگالی سطح ریشه: بر اساس جدول تجزیه واریانس، در بین لاین‌های مورد بررسی از نظر صفت چگالی سطح ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). در این پژوهش، لاین FLIP09-192C بیشترین و لاین FLIP07-28C کمترین چگالی سطح ریشه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

چگالی ریشه: لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفت چگالی ریشه، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). اختلاف بین بیشترین و کمترین میانگین چگالی ریشه ۰/۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد (جدول ۳). چگالی ریشه، صفتی است که از حجم و وزن ریشه تأثیر می‌گیرد. در مطالعات مختلف گزارش شده که تنش‌های شوری و خشکی باعث کاهش چگالی ریشه می‌شود. رطوبت زیاد باعث افزایش چگالی ریشه می‌شود، به این دلیل که سیستم ریشه‌ای گسترش یافته و ریشه‌های فرعی برای جذب آب بیشتر ایجاد می‌شود (Meskini-Vishkaee et al., 2016). بررسی ریشه ۱۰ ژنوتیپ نخود نشان داد که این ارقام از نظر صفت چگالی ریشه اختلاف معنی‌داری با هم دارند (Ganjeali & Bagheri, 2010). شعبان و همکاران (Shaaban et al., 2012) در پژوهشی بر روی ریشه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند که تنش شوری چگالی ریشه را کاهش داد، به این دلیل که با افزایش میزان شوری، رشد ریشه و گسترش ریشه‌های موئین به‌شدت کاهش می‌یابد، در نتیجه باعث کاهش زیاد وزن ریشه شده در نتیجه، چگالی ریشه کاهش می‌یابد.

وزن خشک اندام هوایی: لاین‌های مورد مطالعه از نظر وزن خشک اندام هوایی، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). اختلاف بین بیشترین و کمترین میانگین وزن خشک اندام هوایی ۱/۳۵ گرم بود. وزن خشک اندام هوایی یکی از صفات اصلی در تجزیه رشد گیاه است که از میزان آب موجود در

محیط ریشه تأثیر می‌گیرد، در نتیجه تنش‌های خشکی و شوری بر این صفت اثر قابل توجهی دارند (Ganjeali et al., 2010). نتیجه پژوهش‌ها نشان داد که جذب کارآمد آب توسط ریشه یکی از مؤلفه‌های مهم برای تحمل به خشکی است، در نتیجه گیاهانی که در اوایل فصل رشد نسبت ریشه به اندام هوایی بیشتری دارند، در دوره‌های بعدی رشد از قابلیت بیشتری برای بهبود فتوسنتز برخوردارند (Ganjeali et al., 2010). در بررسی تنوع ژنتیکی شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) با استفاده از خصوصیات ریخت‌شناسی مشاهده شد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطاله از نظر صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن تر ریشه تفاوت معنی‌داری وجود دارد (Musters & Bouten, 2000). موفقیت مدل‌هایی که رشد ریشه و توزیع آن را شبیه‌سازی می‌کنند به چگونگی شناخت دقیق روابط موجود بین صفات مربوط به ریشه ازجمله وزن خشک ریشه، حجم ریشه، طول ریشه و روابط آن‌ها با اندام هوایی بستگی دارد (Shaaban et al., 2012).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که صفات ریشه اندازه‌گیری شده دارای دامنه تنوع خوبی در بین لاین‌های نخود مورد مطالعه بودند که این نتایج با مطالعات قبلی مطابقت دارد (Purushothaman et al., 2017; Serraj et al., 2004; Muriuki et al., 2020; Lalitha et al., 2015). در مطالعه بر روی صفات ریشه نخود، تنوع لاینی قابل توجهی بین صفات ریشه به‌ویژه طول ریشه و وزن خشک ریشه در مرحله گیاهچه‌ای مشاهده شد (Ganjeali et al., 2010). هیچ یک از لاین‌ها برای همه صفات ریشه برتری نشان نداد که این نتیجه با نتایج سایر محققان هم‌خوانی دارد (Ganjeali & Bagheri, 2010). در مطالعه حاضر، بیشترین مقدار چگالی ریشه در لاین FLIP09-149C به‌میزان ۰/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. چگالی ریشه، صفتی است که متأثر از وزن و حجم ریشه می‌باشد. در یک مطالعه نشان داده شد که در شرایط تنش خشکی، کاهش حجم ریشه باعث افزایش چگالی ریشه شد و در پایان دوره رشد، کاهش وزن خشک ریشه بیش از کاهش حجم آن بود که در نهایت، منتج به کاهش چگالی ریشه شد (Ganjeali et al., 2010). محققان گزارش کردند که با کاهش رطوبت و افزایش عمق خاک، چگالی ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Coohi Chelecaran et al., 2015).

نتیجه‌گیری

معمولاً نخود در مناطقی کشت می‌شود که رطوبت خاک محدودکننده و با خشکی انتهای فصل همراه است. زمین‌های این مناطق معمولاً از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، نامناسب هستند. در چنین مناطقی، سیستم ریشه‌ای مناسب برای جذب حداکثر آب محدود موجود در خاک می‌تواند در ثبات عملکرد مؤثر باشد. این خاصیت تنها از طریق سازوکارهای سازگاری مرتبط با ریشه و اندام‌های هوایی حاصل خواهد شد. نتایج این مطالعه نشان داد که صفات ریشه اندازه‌گیری شده دارای دامنه تنوع خوبی در بین لاین‌های نخود مورد مطالعه بودند. لاین FLIP07-20C با داشتن بیشترین طول ریشه، تراکم طول ریشه و محتوای آب ریشه می‌تواند ضمن استفاده از آب موجود در حجم وسیع‌تری از پروفیل خاک، از عناصر غذایی بیشتری نیز در طول دوره رشد بهره‌مند گردد و در برابر شرایط تنش خشکی تحمل بهتری از خود بروز می‌دهد. چرا که مطالعات عمق ریشه‌دهی در نخود نشان داده است که طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین خصوصیت به‌منظور ارزیابی میزان جذب آب توسط گیاه و تحمل خشکی می‌باشد. علاوه‌بر طول ریشه، طول مخصوص ریشه (نسبت طول ریشه به جرم آن) نیز از صفات مهم در نشان دادن کارایی ریشه در جذب آب و مقاومت به خشکی به‌شمار می‌آید. گیاه هنگام مواجهه با تنش خشکی برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد، ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد، در نتیجه تغییراتی در خصوصیات موفولوژیکی ریشه‌ها مانند افزایش طول ریشه‌ها در واحد وزن (طول مخصوص ریشه) ایجاد می‌شود، بنابراین نتیجه می‌شود، لاین FLIP 82-150C با داشتن بیشترین طول مخصوص ریشه بتواند مقاومت بهتری در برابر شرایط تنش خشکی از خود نشان دهد. از آنجا که حجم ریشه نیز از مهم‌ترین ویژگی‌های گیاه به‌منظور جذب آب و مواد غذایی است و نسبت حجم ریشه به اندام‌های هوایی می‌تواند یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پیش‌بینی‌شده برای میزان تنفس و جذب آب باشد، لاین FLIP07-31C با دارا بودن بیشترین حجم ریشه می‌تواند به‌نسبت تحمل خوبی در برابر شرایط تنش خشکی داشته باشد. به‌طور کلی، اطلاعات به‌دست آمده در مورد تنوع ژنتیکی صفات ریشه در لاین‌های نخود مورد مطالعه در این تحقیق ارزشمند است و دانش پایه را برای پیشرفت بیشتر در انتخاب و اصلاح صفات ریشه در جهت اجتناب از خشکسالی و اصلاح لاین‌ها نخود مقاوم به خشکی فراهم می‌کند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقای مهندس موسی قریشی‌زاده برای کمک در اندازه‌گیری‌های گلخانه‌ای و همه عزیزانی که ما را در اتمام این پروژه یاری نمودند قدردانی می‌شود.

References

Ashraf, M., & Hariss, P.J.C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Journal of Photosynthetica, 51*(2), 163-190. https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6

Akhavan, S., Shabanpour, M., & Esfahani, M. (2012). Soil compaction and texture effects on the growth of roots and shoots of wheat. *Water and Soil, 26*(3), 727–735. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.14941

Arnon, I. (1972). Crop Production in Dry Region. Leonard hill Publishers London.

Bauhus, J., & Messier, C. (1999). Evaluation of fine root length and diameter measurements obtained using RHIZO image analysis. *Agronomy Journal, 91*(1), 142-147. https://doi.org/10.2134/AGRONJ1999.00021962009100010022X

Caird, M.A., Richards, J.H., & Donovan, L.A. (2007). Nighttime stomatal conductance and transpiration in C_3 and C_4 plants. *Plant physiology, 143*(1), 4-10. https://doi.org/10.1104/pp.106.092940

Chen, Y., Ghanem, M.E., & Siddique, K.H. (2017). Characterizing root trait variability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. *Experimental Botany, 68*(8), 1987-1999. https://doi.org/10.1093/jxb/erw368

Coohi chelecaran, N., Alizade, A., & Davari, K. (2015). The effect of different amounts of irrigation on root length density and corn yield in drip irrigation. *Water Research in Agriculture, 29*, 331-340.

Eshghizadeh, H.R., Kafi, M., Nezami, A., & Khoshgoftarmanesh, H. (2012). Studies on the role of root morphology attribution in salt tolerance of blue-panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) using artificial neural networks. *Research on Crops, 13*(2), 534-544.

Ganjeali, A., & Bagheri, A.R. (2010). Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal Pulses Research, 1*(2), 101-110. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v1i2.9225

Ganjeali, A., & Kafi, M. (2007). Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany, 39*(5), 1523-1531.

Ganjeali, A., Kafi, M., & Bagheri, A., (2010). Approaches from root studies on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agricultural Sciences, 13*(1), 179-189. (In Persian with English Abstract)

Ganjeali, A., Kafi, M., & Sabet Teimouri, M., (2010). Variations of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 3*(1), 35-45. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2010.81

Hajabbasi, M.A. (2001). Tillage effects on soil compactness and wheat root morphology. *Agricultural Science and Technology, 3*(1), 67-77.

Harris, G.A., & Campbell, G.S. (1989). Automated quantification of roots using a simple image analyzer. *Agronomy, 81*(6), 935-938. https://doi.org/10.2134/AGRONJ1989.00021962008100060017X

Hasanabadi, T., Ardakani, M.R., Rejali, F., Paknejad, F., Eftekhari, S.A., & Zargari, K. (2010). Response of barley root characters to co-inoculation with *Azospirillum lipoferum* and *Pseudomonas flouresence* under different levels of nitrogen. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 9*(2), 156-162.

Huang, B., & Gao, H. (2000). Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Science, 40*(1), 196-203. https://doi.org/10.2135/CROPSCI2000.401196X

Imtiaz, M. (2010). A quantitative genetic approach to drought tolerance in chickpea. ASA, CAAS. and SSSA International Annual Meetings Long Beach, California, 31 Oct.- 4 Nov.

Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Krishna, H., Chandra, S., Vadez, V., & Serraj, R. (2005). Genetic variability of drought-avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica, 146*(3), 213-222. https://doi.org/10.1007/s10681-005-9007-1

Lalitha, N., Upadhyaya, H.D., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kavikishor, P.B., & Singh, S. (2015). Assessing genetic variability for root traits and identification of trait-specific germplasm in chickpea reference set. *Crop Science, 55*(5), 2034-2045. https://doi.org/10.2135/CROPSCI2014.12.0847

Mahanta, D., Rai, R.K., Mishra, S.D., Raja, A., Purakayastha, T.J., & Varghese, E. (2014). Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. *Field Crops Research, 166*, 1-9. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2014.06.016

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., & Sohrabi, Y. (2011). Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Australian Journal of Crop Science, 5*(10), 1255-1260.

Manschadi, A.M., Christopher, J., & Hammer, G.L. (2006). The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology, 33*(9), 823-837. https://doi.org/10.1071/FP06055

Meskini-Vishkaee F, Mohammadi M.H, Neishaboori M.R, & Shekari F. (2016). Effect of soil moisture on wheat and canola root respiration rates in two soil textures. *Plant Process and Function*, *4*, 177-188.

Muriuki, R., Kimurto, P.K., Towett, B.K., Vadez, V., & Gangarao, R. (2020). Study of root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *African Journal of Plant Science*, *14*(11), 420-435. https://doi.org/10.5897/AJPS2019.1819

Musters, P.A.D., & Bouten, W. (2000). A method for identifying optimum strategies of measuring soil water contents for calibrating a root mater uptake model. *Journal of Hydrology, 227*, 273-286. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00187-0

Pedersen, A., Zhang, K., Thorup-Kristensen, K., & Jensen, L.S. (2009). Modeling diverse root density dynamics and deep nitrogen uptake – A simple approach. *Plant and Soil, 32*(1-2), 493-510. https://doi.org/10.1007/s11104-009-0028-8

Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., & Varshney, R.K. (2017). Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research, 201*, 146-161. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.004

Ramamoorthy, P., Lakshmanan, K., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., & Varshney, R.K. (2017). Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research, 201*, 146-161. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.004

Razavi Nasab, A., Shirani, H., Tajabadi pour, A., & Dashti, H. (2011). Effect of salinity and organic matters on chemical composition and root morphology of pistachio seedlings. *Journal Crop Improvement, 13*, 31-42.

Regan, K.L., Siddique, K.H.M., & Shackles, R.F. (2001). Kabuli chickpea production in the Ord River Area. Farmnote, 99. Department of Agriculture Western Australia.

Schenk, M.K., & Barber, S.A. (1979). Root characteristics of corn genotypes as related to p uptake 1. *Agronomy, 71*(6), 921-924. https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100060006x

Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S., & Crouch, J.H., (2004). Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Grown under terminal drought. *Field Crops Research, 88*, 115-127. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2003.12.001

Shaaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., & Parchin, R.A. (2012). Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Production, 27*(4), 101-120. (In Persian)

Sheldrake, A.R., & Saxena, N.P. (1979). Growth and development of chickpeas under progressive moisture stress. *Stress Physiology in Crop Plants, 2*, 465-483.

Turner, N.C., Wright, G.C., & Siddique, K.H.M. (2003). Adaptation of grain legumes to water-limited environment: Selection for physiological, biochemical and yield component characteristics for improved drought resistance. In: Saxena, N. P. (Ed.), pp. 43-80.

Wu, Y., & He, D., (2011). Advances in root hairs in Gramineae and *Triticum aestivum*. *African Journal of Agricultural Research, 6*(5), 1047-1050. https://doi.org/10.5897/AJAR10.020

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 39-58
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۵۸-۳۹
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

Evaluating the Effect of Sowing Date and Mycorrhiza on Physiological Performance and Yield of Lentil Cultivars in Dry Land Conditions in Dashtroom Yasouj Region

Hossein Shojaei-Moghadam[1], Mohsen Movahhedi-Dehnavi[2*], Alireza Khoshroo[3], Hamidreza Balouchi[2], Alireza Yadavi[4]

Received: 11-03-2023
Revised: 10-01-2024
Accepted: 27-01-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Shojaei-Moghadam, H., Movahhedi-Dehnavi, M., Khoshroo, A., Balouchi, H., & Yadavi, A. (2024). Evaluating the effect of sowing date and mycorrhiza on physiological and yield traits of lentil cultivars in dry land conditions in Dashtroom Yasouj region. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 39-58. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

Introduction
Legumes are considered the second source of human food after cereals and have significant nutritional and agricultural values. Because of the drought resistance of lentils cultivars, dryland production of spring types could be important in the suitable regions with the proper temperature and rainfall, such as temperate regions of Yasouj county, Iran. To achieve the optimum yield of lentil using the most suitable cultivar (s) in the most proper sowing date is substantial. Mehraban (2018) reported that the highest grain yield in rainfed conditions belonged to Bilehsawar variety, which may be due to the higher weight of 1000 seeds in this variety. Also, in this research, it was found that the delay in planting by reducing the growth period and drought and heat stress in the seed filling stage causes a decrease in vegetative growth (a decrease in the branches in the plants and also a decrease in biological yield) and also a decrease in yield components such as the number of seeds. To mitigate end season drought stress in dryland lentil cultivation mycorrhizae symbiosis can be a proper practice. In a study by Piade Koohsar (2017), it was reported that the effect of mycorrhizal inoculation on grain yield in lentil plant was significant. He also reported that the highest seed yield from inoculation with mycorrhizal fungus in the Kimia variety was 1939 kg.ha^{-1}, and the lowest seed yield was observed in the control treatment (no inoculation) in the Kalpoosh native stand at 1339 kg.ha^{-1}. The objective of this experiment was to evaluate the effect of sowing date and mycorrhiza symbiosys on physiological and yield traits of lentil cultivars in dry land conditions in Dashtroom, Yasouj, I.R.Iran.

Materials and Methods
This research was carried out in 2020-2021 cropping season in the Deshtrum region, located 10 kilometers from the center of Boyar Ahmad county of Kohgiluyeh and Boyar Ahmad provinces, with average rainfall of 726 mm. The experiment performed as a split factorial based on a randomized complete block design with 3 replications. The main factor was three planting dates (January 28, February 12, and February 27) and the sub-factor was interaction of two factors including three lentil varieties (Sena, Bilehsawar, and Local accession) and mycorrhiza (*Funneliformis moseae*) (with and without). Leaf proline, chlorophyll, and soluble sugars content, as well as, seed nitrogen and phosphorus were measured. Plant height, grain and biological yield were measured. The data were analyzed using SAS software after performing the normality test and mean comparisons were made using the LSD test, and in the case of interaction being significant slicing was done and means compared by L.S.Means procedure.

Results and Discussion
The results showed significant effect of the triple interaction of sowing date, mycorrhiza, and cultivar on grain nitrogen percentage, total chlorophyll, leaf soluble sugars content, and biological yield. Also, the results showed that the interaction of cultivar and mycorrhiza on the plant height, grain phosphorus, total chlorophyll, the content of leaf soluble sugars, and biological yield were significant. The interaction of sowing date and variety for all studied traits except plant height were significant. Under the January 28 sowing date and mycorrhiza application, Sanna variety

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Professor, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.
* Corresponding Author: movahhedi1354@yu.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

obtained the highest percentage of grain nitrogen (4.59%), total chlorophyll content (0.45 $mg.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$), leaf soluble sugar content (about 120 $mg.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$) and biological yield (3243.23 $kg.ha^{-1}$) in. Also, the highest seed phosphorus percentage (1.67%), leaf proline content (13.16 $\mu mol.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$), and seed yield (1152.90 $kg.ha^{-1}$) related to the planting date of January 28 and Sanna variety. Application of mycorrhiza in nearly all of the traits had better performance compared with non mycorrhiza application. We saw that all cultivars had the best nutrient absorption, physiological characteristics and yield under mycorrhizal inoculation.

Conclusions
The use of mycorrhizal fungi increased all the measured traits. Also, in all three sowing dates, the variety Sanna had the highest performance in terms of the studied traits. However, the grain yield and biological yield of the January 28 sowing date were higher than other sowing dates; therefore, it can be said that the early planting (28 January) of lentil cultivars in the Dashtrum region helps the plant to achieve the maximum benefit from the growing season. On the other hand, the best result was obtained from the use of mycorrhizal fungi. According to the above conditions, the variety of Sanna along with the use of mycorrhizal fungi is the best variety for early planting in dryland conditions in the Dashtrom region.

Keywords: Chlorophyll, Nitroge, Phosphorusn, Proline

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۵۸-۳۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 39-58
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

ارزیابی اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم عدس تحت شرایط دیم در منطقه دشتروم یاسوج

حسین شجاعی مقدم[۱]، محسن موحدی دهنوی[۲*]، علیرضا خوشرو[۳]، حمیدرضا بلوچی[۲]، علیرضا یدوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

چکیده

با توجه به اهمیت تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود تحمل به خشکی و همچنین اهمیت انتخاب تاریخ کاشت مناسب هر رقم جهت استفاده بهینه از فصل رشد و رطوبت در کشت دیم عدس بهاره، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تلقیح با مایکوریزا بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک سه رقم عدس تحت شرایط دیم، طی سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه دشتروم، یاسوج انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه تاریخ کاشت (۹ بهمن، ۲۴ بهمن و ۹ اسفند) و عامل فرعی فاکتوریل دو رقم عدس (سنا، بیله‌سوار و توده محلی) و مایکوریزا (با و بدون مایکوریزا گونه *Funneliformis moseae*) بود. نتایج نشان داد که تلقیح با مایکوریزا درصد نیتروژن و فسفر دانه، کلروفیل کل، محتوای پرولین و قندهای محلول برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی را افزایش داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن‌ماه، از بین ارقام مورد بررسی، رقم سنا از عملکرد دانه (۱۱۵۲/۹۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیستی (۳۲۴۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار) بالاتری برخوردار بود که نشان‌دهنده بهبود مقاومت بیشتر این رقم به شرایط نامساعد محیطی حاصل از شرایط دیم می‌باشد. در نهایت، رقم سنا به‌همراه کاربرد قارچ مایکوریزا جهت کاشت زود هنگام در شرایط دیم در منطقه دشتروم پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فسفر، کلروفیل، نیتروژن

مقدمه

حبوبات بعد از غلات به‌عنوان دومین منبع غذایی انسان مطرح بوده و از ویژگی‌های غذایی و زراعی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. عدس از لحاظ سطح زیر کشت، سومین حبوبات مهم سرمادوست دنیا پس از نخود و نخودفرنگی است و رتبه ششم را در تولید حبوبات بعد از لوبیا، نخود فرنگی، نخود، باقلا و لوبیا چشم بلبلی دارد. با این حال، سطح زیر کشت، تولید و میانگین عملکرد جهانی عدس به‌ترتیب ۵۰۰۹۹۳۳ هکتار، ۶۵۳۷۵۸۱ تن و ۱۳۰۵ کیلوگرم بر هکتار در سال ۲۰۲۰ گزارش شده است (FAO, 2020). مطابق آمارنامه محصولات زراعی، حدود ۶۱۳۱۰۹ هکتار از اراضی محصولات زراعی سالانه برداشت شده در کشور در سال زراعی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰ به حبوبات اختصاص‌یافته است. از این مقدار، عدس حدود ۷۵۱۴۶ هکتار را به خود اختصاص داده است. میزان سطح زیر کشت عدس در شرایط دیم در استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۵۷۴ هکتار و میزان تولید عدس در این شرایط برابر با ۱۰۰۸ تن بوده است، که ۱۱۲ تن آبی و ۸۹۶ تن دیم را شامل می‌شود (Agricultural Statistics, 2022). بروز تنش خشکی در مراحل انتهایی چرخه زندگی عدس، غیر قابل اجتناب است. این تنش، چه به‌صورت جداگانه یا در ترکیب با دمای بالا در طول فاز زایشی، عملکرد عدس را کاهش می‌دهد (Sita et al., 2017). اگرچه عدس به‌خوبی با شرایط خشک سازگار است، تنش آبی می‌تواند عملکرد را تا ۵۴ درصد کاهش دهد (Mishra et al., 2016).

مدیریت تاریخ کاشت و استفاده از ارقام جدید و مقاوم به تنش در شرایط دیم می‌تواند در ثبات عملکرد نقش مهمی داشته باشد. مهربان (Mehraban, 2018) گزارش داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط دیم به رقم بیله سوار تعلق داشت که ممکن است به‌دلیل وزن هزار دانه بالاتر در این رقم باشد. همچنین، در این پژوهش مشخص شد که تأخیر در کاشت از طریق کاهش دوره رشد و تنش خشکی و حرارتی در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش رشد رویشی (کم شدن

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
(* نویسنده مسئول: movahhedi1354@yu.ac.ir)

شاخه‌های فرعی در بوته‌ها و نیز کاهش عملکرد زیستی) و همچنین، کاهش اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه خواهد شد. در آزمایشی، گزارش شده است که ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی تحت اثر متقابل ژنوتیپ و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند، به‌طوری‌که عملکرد دانه در تاریخ کاشت فوریه نسبت به نوامبر ۶۶ درصد کاهش را در ایستگاه تحقیقاتی کف در شمال غربی تونس نشان داد (Ouji & Mouelhi, 2017).

استفاده از کودهای زیستی، به‌ویژه مایکوریزا برای تخفیف اثرهای تنش امروزه در تحقیقات به‌وفور دیده می‌شود. معمولاً گیاهان مایکوریزایی با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزایی می‌توانند به‌طور موقت از شرایط کم‌آبی ناشی از شرایط دیم فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه، میزان پرولین نسبت به گیاهان بدون مایکوریزایی افت کمتری نشان می‌دهد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019).

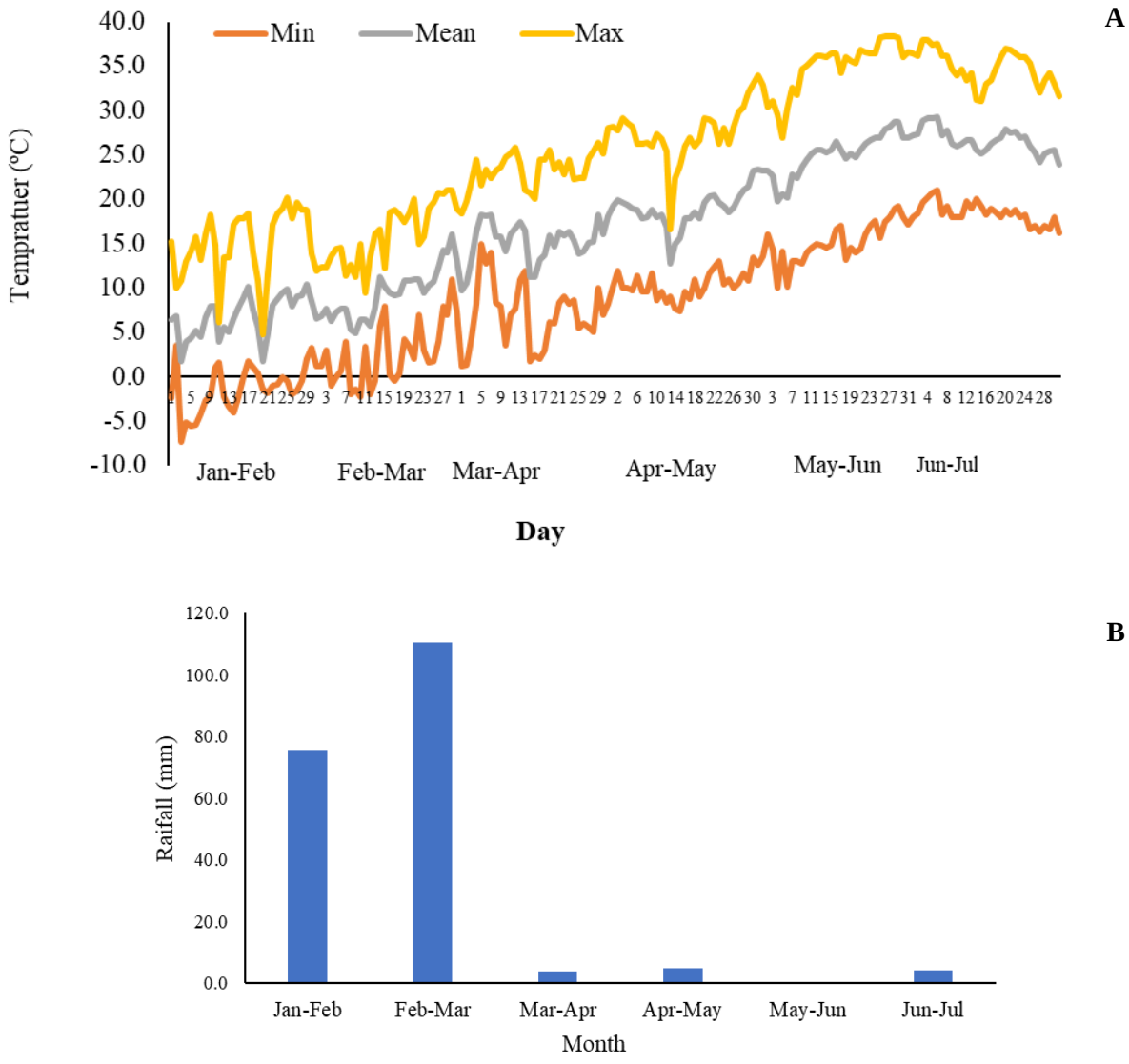
در مطالعه پیاده کوهسار (Piade Koohsar 2017) گزارش شد که اثر تلقیح قارچ مایکوریزا بر روی عملکرد دانه در گیاه عدس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، ایشان گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه از تلقیح قارچ مایکوریزا در رقم کیمیا به‌میزان ۱۹۳۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد دانه در شاهد (عدم تلقیح) در توده بومی کالپوش و به‌میزان ۱۳۳۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. مایکوریزا در جذب عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر، بسیار کارآمد عمل می‌نماید. فسفر بر رشد ریشه و ساقه عدس، تثبیت N_2 و مقاومت در برابر بیماری‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد. افزایش در دسترس بودن فسفر باعث افزایش ارتفاع و شاخه فرعی عدس (Rasheed *et al.*, 2010; Datta et al., 2013)، وزن هزار دانه به‌واسطه اثر فسفر بر تقسیم سلولی (Togay et al., 2008)، شاخص برداشت (Fatima *et al.*, 2013)، عملکرد دانه و میزان پروتئین (Niri et al., 2010) و محتوای فسفر دانه می‌شود.

منطقه دشت‌روم در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یاسوج واقع شده و دارای متوسط بارش بالغ بر ۷۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد و ظرفیت بالایی برای تولید محصولات دیم دارد. البته اتمام فصل بارش‌ها از ابتدای اردیبهشت گیاهان را در مراحل حساس گل‌دهی و پر شدن دانه دچار تنش خشکی می‌نماید. با توجه به روند تغییرات اقلیمی اخیر و گرم شدن هوا و اثر آن بر روی عملکرد محصولات زراعی از جمله عدس، اگر کشاورزان راهکارهای سازگاری از جمله انتخاب تاریخ کاشت و رقم مناسب برای این تاریخ کاشت را در نظر نگیرند، این امر ممکن است سبب تأثیرپذیری ارقام مختلف عدس از تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین شود که این موجب کاهش عملکرد می‌گردد؛ از این رو، هدف از این آزمایش، بررسی راهکارهای تطابق (انتخاب تاریخ کاشت و ارقام مناسب) و تخفیف (کاربرد مایکوریزا) اثرات ناشی از تنش خشکی و ارزیابی تغییرات ایجاد شده بر روی صفات رویشی و زایشی و عملکرد سه رقم عدس در منطقه دشتروم از شهرستان بویر احمد استان کهگیلویه و بویر احمد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ در منطقه دشتروم واقع در ۱۰ کیلومتری مرکز شهرستان بویراحمد از استان کهگیلویه و بویراحمد با مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی، و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۲۰۹۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن، جزء اقلیم‌های سردسیر با تابستان‌های معتدل می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه نیز این منطقه جزء مناطق نیمه خشک طبقه‌بندی می‌گردد. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی، میانگین درازمدت ۳۰ ساله بارندگی (۱۴۰۰- ۱۳۷۱) در منطقه، ۷۲۶ میلی‌متر، میانگین ۳۰ ساله حداکثر درجه حرارت منطقه، ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت منطقه، ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد می باشد. تغییرات دما و بارش در طول فصل رشد در شکل ۱ الف و ب نمایش داده شده است. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی در این آزمایش، سه تاریخ کاشت (۹ بهمن، ۲۴ بهمن و ۹ اسفند) و عامل فرعی فاکتوریل دو عامل شامل سه رقم عدس (سنا، بیله سوار و توده محلی) و مایکوریزا (با و بدون مایکوریزا) بود. رقم سنا با ویژگی‌های عملکرد بالا، درشتی دانه با میانگین وزن ۱۰۰ دانه پنج تا شش گرم، جهت کشت بهاره مناطق معتدل و سردسیر در شرایط دیم کشت می‌گردد (Shabiri et al., 2019). رقم بیله‌سوار حاصل تلاقی دو لاین ILL4605 × ILL4349 با ویژگی‌های بازارپسندی بالا، پر محصولی، تحمل بالاتر به بیماری پژمردگی فوزاریومی نسبت به رقم محلی است که برای کشت دیم در کشور توصیه شده است (Sabaghpour et al., 2016).



شکل ۱- تغیرات دمای روزانه (a) و بارش ماهانه (b) در طول فصل رشد عدس

Fig. 1- Changes in daily temperature (a) and monthly precipitation (b) during the lentil growing season

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1-Physical and chemical properties of the experimental field soil

بافت (٪) Texture (%)	رس (٪) Clay (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	منگنز (ppm) Magnesium (ppm)	مس (ppm) Cupper (ppm)	روی (ppm) Zinc (ppm)	آهن (ppm) Iron (ppm)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	اسیدیته Acidity
لومی سیلتی Silty loam	22	22	0.53	4.40	0.60	0.36	3.20	12	139	0.07	7.58

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه به‌وسیله گاوآهن قلمی به‌عمق ۲۵ سانتی‌متر و عملیات خاکورزی ثانویه شامل دو مرحله دیسک عمود برهم، عملیات تسطیح زمین توسط تسطیح‌گر (لولر) و همچنین، ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت انجام شد. ابعاد هر کرت ۱/۵ × ۴ متر، شامل چهار خط کاشت و فاصله بین خطوط کاشت ۲۵ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی خط کاشت، پنج سانتی‌متر بود که در کف جویچه‌های کم عمق کشت (عمق سه تا پنج سانتی‌متری) صورت گرفت. فاصله بین بلوک‌ها، یک متر و فاصله بین کرت‌های مجاور، ۵۰ سانتی‌متر منظور شد. کلیه مراقبت‌های لازم در طول فصل رشد برای همه تیمارها اعمال شد. کود مصرفی فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن خالص از منبع اوره به‌عنوان شروع‌کننده به‌میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت اضافه گردید. کود زیستی مایکوریزا آربوسکولار (هر گرم کودزیستی حاوی ۱۲۰ اسپور از گونه *Funneliformis moseae*) از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک همدان تهیه شد و سپس، بر پایه توصیه شرکت سازنده به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت نواری زیر بذرها قرار گرفت. از هر کرت سه مترمربع انتخاب گردید و نمونه‌گیری از برگ‌های بالایی بوته‌ها در صبح زود انجام شد. به‌منظور جلوگیری از تغییر میزان پرولین، کلروفیل و قندهای محلول، نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در ظرف حاوی یخ، به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان استفاده در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اندازه‌گیری عناصر غذایی نیتروژن و فسفر دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت.

برای تعیین درصد نیتروژن دانه از روش نووزامسکی و همکاران (Novozamsky et al., 1974) استفاده شد. تعیین نیتروژن در این روش بر اساس واکنش برتلوت است. طی این واکنش، یک ترکیب فنولی (سالیسیلات) در حضور آمونیاک و هیپوکلرید، تولید یک رنگ سبز آبی می‌کند. در محیط قلیایی، ایندوفنل تشکیل شده، به‌رنگ سبز آبی در می‌آید که میزان جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری فسفر دانه از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات – وآنادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A استفاده شد که طی دو مرحله این کار انجام شد: مرحله اول: آماده کردن محلول فسفر (روش محلول زرد رنگ) و مرحله دوم: مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول زرد رنگ فسفر را با ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره گیاه آماده شده، مخلوط کرده و با آب مقطر به حجم ۵۰ رسانده و سپس، از محلول موجود مقداری در سل ریخته و با دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت، میزان درصد فسفر دانه با استفاده از منحنی‌های استاندارد درصد فسفر دانه محاسبه شد (Emami et al., 1996). عملیات استخراج کلروفیل از برگ‌های گیاه، به‌وسیله استون ۸۰ درصد و کربنات کلسیم در یک حمام یخی صورت گرفت. میزان کلروفیل موجود در برگ گیاه به‌روش پیشنهادی آرنون (Arnon, 1949) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ نمونه‌های تازه برگ در حضور نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شده و سپس، با سولفوسالیسیلیک اسید هموژن شد. پس از سانتریفیوژ شدن، محلول شناور به‌همراه نین هیدرین اسید و استیک اسید در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس برای توقف واکنش در یخ قرار گرفتند. پس از افزودن تولوئن، جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A اندازه‌گیری شد و در نهایت، غلظت پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد (Paquine & Lechasseur, 1979).

جهت اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول ابتدا عصاره الکلی از برگ تهیه شد و به ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره میزان سه میلی‌لیتر آنترون تازه اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری قرار گرفتند و پس از خنک شدن نمونه‌ها، اندازه‌گیری آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل SHIMADZO 54A) انجام شد (Irigoyen et al., 1992).

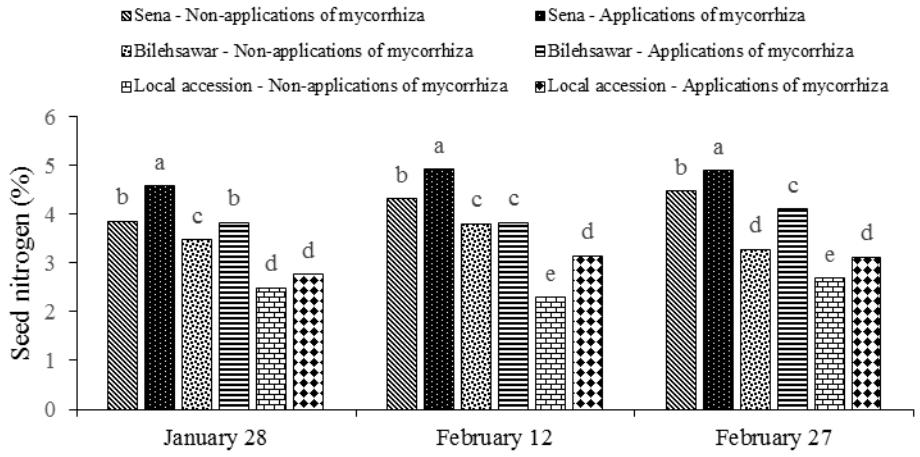
برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد پنج عدد بوته عدس در مرحله غلاف‌بندی انتخاب و میانگین ارتفاع بوته برای هر کرت لحاظ شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، سه مترمربع مساحت هر کرت برداشت و عملکرد نهایی دانه به‌دست آمد و سپس بصورت کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. همچنین، برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی بعد از خشک کردن بوته‌ها در آون (به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد)، کل بوته‌ها برای عملکرد زیستی توزین شدند. عدد به‌دست آمده به واحد کیلوگرم بر هکتار تبدیل شد. در پایان، داده‌های حاصل پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) تجزیه واریانس شدند و مقایسه‌های میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد بر درصد نیتروژن دانه می‌باشد (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه به ۹ اسفند ماه درصد نیتروژن در دانه روند افزایشی نشان داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین درصد نیتروژن دانه (۴/۵۹ درصد) از رقم سنا به همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۲/۵۰ درصد) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار رقم محلی به‌همراه کاربرد مایکوریزا نشان نداد (شکل ۲). در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز بیشترین درصد نیتروژن دانه (۴/۹۳ درصد) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۲/۳۰ درصد) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید. در این تاریخ کاشت در رقم بیله سوار اختلاف معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نشد (شکل ۲). همچنین، در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز بیشترین و کم‌ترین درصد نیتروژن به‌ترتیب با میانگین ۴/۹۰ و ۲/۶۹ درصد از رقم سنا به همراه مایکوریزا و رقم سنا در شرایط بدون کاربرد مایکوریزا حاصل شد (شکل ۲).

بیشتر بودن درصد نیتروژن دانه در تاریخ کاشت دیر هنگام، نسبت به فصل کاشت زود هنگام را می‌توان مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در فصل کاشت دیرهنگام دانست که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتیئن و در نتیجه، افزایش درصد پروتیئن دانه و در نتیجه، نیتروژن شده است (Naseri et al., 2012). به نظر می‌رسد که در تاریخ‌های کاشت زودتر، گیاه فرصت بیشتری در استفاده از عناصر مغذی به‌خصوص نیتروژن داشته، درحالی‌که در تاریخ کاشت دیرتر با توجه به کوتاه بودن دوره رشد گیاه، چنین امکانی وجود نداشته است و در نتیجه، این موضوع سبب افزایش سهم پروتئین در دانه شده می‌شود (Ouji & Mouelhi, 2016). روابط مایکوریزایی از طریق تأثیر بر قدرت جذب عناصر غذایی موجب بهبود درصد نیتروژن دانه می‌گردد و از آن‌جا که عنصر نیتروژن ماده اولیه تشکیل پروتئین می‌باشد، احتمالاً یکی از دلایل افزایش پروتئین با کاربرد قارچ مایکوریزا افزایش در درصد نیتروژن دانه (شکل ۳) می‌باشد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019). همچنین نشان داده شده که تلقیح مایکوریزا در گیاه ماش از طریق تأثیر بر جذب آب و عناصر غذایی مانند فسفر و نیتروژن غلظت اسیدهای آمینه و مقدار پروتئین کل را در گیاهان همزیست افزایش می‌دهد (Habibzadeh et al., 2015). در همین راستا، بیژنی و همکاران (Bijhine et al., 2020) مشاهده نمودند، کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش درصد نیتروژن دانه در گیاه شنبلیله گردید.



شکل ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای درصد نیتروژن دانه در عدس

Fig. 2- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on seed nitrogen percentage in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر درصد نیتروژن و فسفر دانه و برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد در سه رقم عدس

Table 2-The results of analysis of variance (mean square) of the effect sowing date and mycorrhiza on grain nitrogen percentage and grain phosphorus and some physiological traits and yield in three lentil cultivars.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد نیتروژن دانه Grain nitrogen percentage	ارتفاع بوته Plant height	درصد فسفر دانه Seed phosphorus percentage	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای پرولین برگ Leaf proline content	محتوای قندهای محلول برگ Leaf soluble sugars content	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield
تکرار Replication	2	0.01 ^{ns}	2.67 ^{ns}	0.04*	0.0001*	3.86*	30.74**	2793.54*	3099.71 ^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date	2	0.35**	39.32**	0.18**	0.07**	33.78**	2554.31**	590834.67**	3685958.08**
خطای عامل اصلی Main factor error	4	0.02	0.75	0.009	0.0002	0.67	7.34	292.38	2100.59
رقم Cultivar	2	13.98**	390.91**	0.38**	0.05**	59.23**	5029.57**	1115166.31**	5916054.84**
مایکوریزا Mycorrhiza	1	3.34**	263.39**	2.73**	0.03**	103.58**	3334.68**	88282.14**	362309.23**
رقم× مایکوریزا Cultivar × mycorrhiza	2	0.04 ^{ns}	16.17**	0.05*	0.003**	1.21 ^{ns}	42.12**	2382.06 ^{ns}	41294.39**
تاریخ کاشت × رقم Cultivar × sowing date	4	0.09*	1.29 ^{ns}	0.03*	0.01**	7.01**	423.25**	15142.74**	75768.99**
تاریخ کاشت × مایکوریزا Sowing date × mycorrhiza	2	0.01 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.001*	1.57 ^{ns}	33.35 ^{ns}	878.78 ^{ns}	40421.76 **
تاریخ کاشت × مایکوریزا×رقم Sowing date × mycorrhiza ×cultivar	4	0.20**	0.71 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.003**	0.58 ^{ns}	28.06**	656.58 ^{ns}	53052.58**
خطای عامل فرعی Sub-factor error	30	0.02	1.08	0.01	0.0004	0.83	19.71	1047.06	2564.49
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.57	3.14	7.35	11.23	9.95	5.25	4.23	2.71

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح خطای احتمال پنج درصد و یک درصد را نشان می‌دهد.

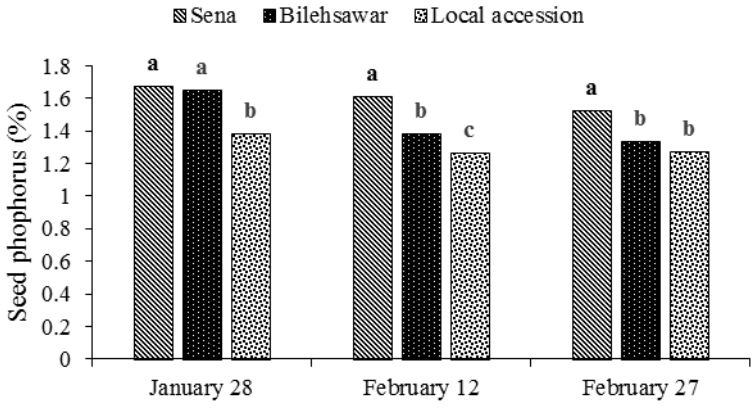
ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability error levels, respectively

درصد فسفر دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی‌داری برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و مایکوریزا و رقم بر درصد فسفر دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد بود. به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت، از درصد فسفر دانه در عدس کاسته شد. در تاریخ کاشت‌های ۹ بهمن ماه، ۲۴ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه بیشترین درصد فسفر دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱/۶۷، ۱/۶۱ و ۱/۵۲ درصد از رقم سنا و کم‌ترین آن نیز با میانگین‌های ۱/۳۸، ۱/۲۶ و ۱/۲۷ در رقم محلی مشاهده شد که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۲۱/۰۱، ۲۷/۷۷ و ۱۹/۶۸ درصدی نشان دادند. در تاریخ کاشت ۹ بهمن، اختلاف معنی‌داری بین رقم سنا و بیله سوار مشاهده نگردید. در تاریخ کاشت ۹ اسفند نیز رقم بیله سوار و محلی از نظر درصد فسفر دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). مقایسه میانگین سطوح رقم در هر سطح مایکوریزا نشان داد، به‌طور کلی کاربرد مایکوریزا موجب افزایش درصد فسفر در دانه هر سه رقم گردیده است. با کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا رقم بیله‌سوار از تجمع فسفر بیشتری نسبت به سایر ارقام بر خوردار بود و رقم محلی نیز در هر دو شرایط کابرد و عدم کاربرد مایکوریزا دارای کم‌ترین درصد فسفر دانه بود (شکل ۴).

فسفر روی گیاهان اثرات متنوعی دارد. این عنصر در ترکیب پروتئین‌های مرکب، تولید برخی از لیپیدها و تبادل انرژی در اندام‌های مختلف و همچنین در رشد و تولید ریشه‌های قوی و مقاومت گیاهان به بیماری‌های گیاهی، تلقیح گل، تشکیل میوه و دانه نقش به‌سزایی دارد (Sawan et al., 2011). معمولاً با افزایش دما، قابلیت استفاده از فسفر معدنی کاهش می‌یابد، از این‌رو با توجه به کمتر بودن فسفر دانه در کشت ۹ اسفند ماه، می‌توان چنین بیان کرد که در کشت دیر هنگام عدس، توانایی جذب فسفر به‌علت افزایش دما کاهش یافته، بنابراین ذخیره فسفر در دانه‌ها نیز نسبت به کشت زود هنگام (۹ بهمن ماه) کمتر شده است (Karimi Jalilehvandi et al., 2017).

طبق بررسی‌های صورت گرفته، مشخص شده است که نقش اساسی قارچ‌های مایکوریزا تأمین فسفر برای گیاه است. فسفر در خاک، عنصری فوق‌العاده کم تحرک است، به‌طوری‌که حتی اگر فسفر به‌شکل محلول به خاک اضافه شود، به‌سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به‌صورت غیر متحرک در می‌آید، لذا قارچ‌های مایکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع ماده خشک بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. تلقیح ریشه گیاهان با میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با افزایش ناحیه تخلیه فسفر به‌وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. مایکوریزا همچنین از طریق سازوکارهای غیر مستقیم شامل اثر بر ویژگی رایزوسفر مانند تغییر pH و الگوی سامانه ریشه‌ای می‌تواند بر جذب فسفر مؤثر باشد. در یک تحقیق، تلقیح گیاه نخود با قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت و محتوای فسفر گیاه نخود گردید (Mohammadi et al., 2014).

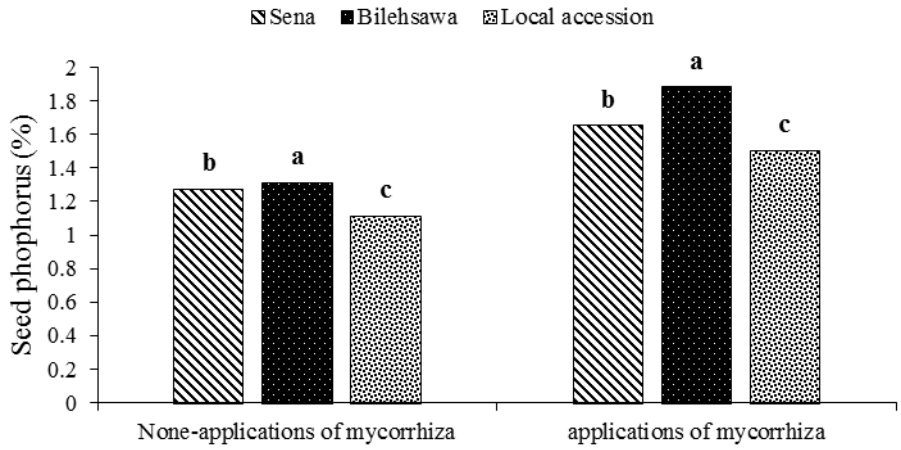


شکل ۳- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای درصد فسفر دانه در عدس

Fig. 3- Interaction of sowing date and cultivar on seed phosphorus percentage in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.



شکل ۴- مقایسه میانگین رقم در هر سطح مایکوریزا برای درصد فسفر دانه در عدس

Fig. 4- Interaction of mycorrhiza and cultivar on seed phosphorus percentage in lentils

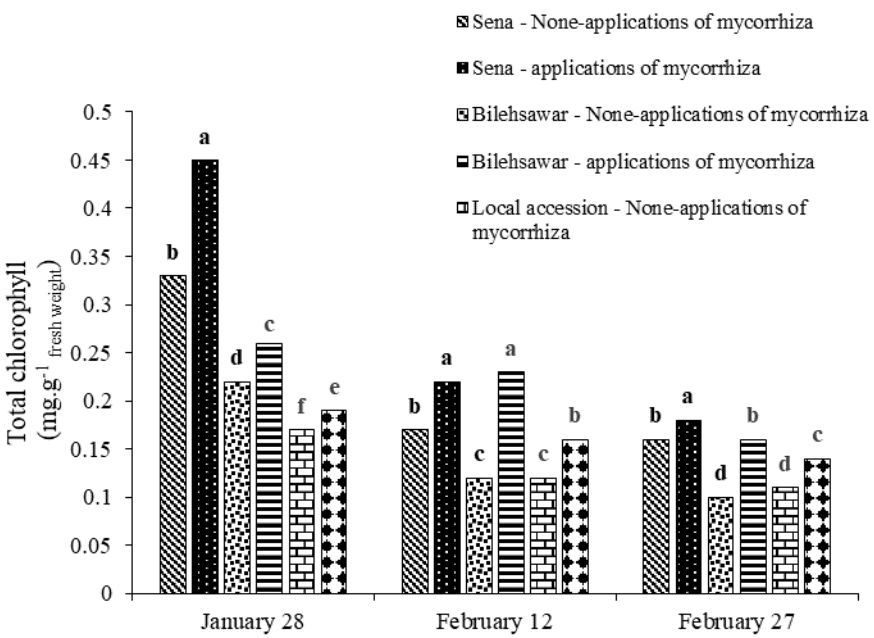
در هر سطح مایکوریزا حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each mycorrhiza level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

محتوای کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم در سطح احتمال خطای یک درصد بر محتوای کلروفیل کل می‌باشد (جدول ۲). به‌طور کلی، با تغییر تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه به تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، محتوای کلروفیل کل برگ کاسته شد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، بیشترین محتوای کلروفیل کل (۰/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۰/۱۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید که اختلاف ۶۲/۲۲ درصدی نشان دادند (شکل ۵). در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز بیشترین محتوای کلروفیل کل (۰/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم بیله سوار به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۰/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ارقام بیله سوار و محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید. در این تاریخ کاشت در رقم بیله سوار، اختلاف معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نشد (شکل ۶). همچنین، در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز بیشترین و کم‌ترین محتوای کلروفیل کل به‌ترتیب با میانگین ۰/۱۸ و ۰/۱۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمارهای رقم سنا به‌همراه مایکوریزا و رقم بیله سوار در شرایط بدون کاربرد مایکوریزا حاصل شد (شکل ۵). میزان تجمع کلروفیل در بافت‌های سبز گیاهی از مهم‌ترین صفت‌های فیزیولوژیکی است که رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی دارد و میزان آن در شرایط تنش به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز و کلروفیلاز به‌شدت کاهش می‌یابد (Baghbani-Arani et al., 2017). به همین دلیل، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه به‌علت افزایش دما و هم‌چنین کمبود آب، محتوای کلروفیل در هر سه رقم عدس کاهش یافته است. علت کاهش بیشتر محتوای کلروفیل در رقم محلی نیز می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر، ناسازگاری و مقاومت کم‌تر این رقم به تنش خشکی آخر فصل باشد (Adavi et al., 2018).

گزارش شده است که تأخیر در کاشت و مواجهه گیاه با خشکی انتهایی، میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، نفوذ نور در کف سایه‌انداز گیاهی تحت تأثیر رشد رویشی گیاه قرار می‌گیرد که در نتیجه، با تأخیر در تاریخ کاشت شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش می‌یابد. در نهایت، سبب کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی می‌شود (Khorasani et al., 2012).



شکل ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای کلروفیل کل در عدس

Fig. 5- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on total chlorophyll in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

محتوای پرولین برگ

برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و اثر اصلی مایکوریزا بر محتوای پرولین برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه تا ۹ اسفند ماه محتوای پرولین برگ روند صعودی-نزولی را نشان داد، در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه رقم سنا دارای بیشترین محتوای پرولین برگ (۱۳/۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) و رقم محلی دارای کم‌ترین محتوای پرولین برگ (۸/۴۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) بود. در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه محتوای پرولین برگ نسبت به تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه کاهش یافت، امّا همانند تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین آن با میانگین ۹/۹۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ متعلق به رقم سنا و کم‌ترین آن با میانگین ۶/۲۵ میکرومول بر گرم وزن تر برگ متعلق به رقم محلی بود که با رقم بیله سوار در یک گروه آماری قرار گرفتند. در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، محتوای پرولین برگ نسبت به تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه کمی افزایش یافت، به‌طوری‌که رقم بیله سوار با ۱۰/۴۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بیشترین محتوای پرولین برگ و رقم محلی با ۷/۶۹ میکرومول بر گرم وزن تر برگ کم‌ترین محتوای پرولین برگ را نشان داد. بین رقم بیله سوار و سنا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶).

مقایسه میانگین اثر مایکوریزا نشان از معنی‌داری اثر مایکوریزا بر محتوای پرولین برگ دارد، به‌گونه‌ای که کاربرد مایکوریزا محتوای پرولین را ۲۶/۲۵ درصد نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا در برگ عدس افزایش داد (شکل ۷). تاریخ کاشت نامناسب منجر به مواجهه مراحل مختلف رشد با شرایط دمایی و رطوبتی متفاوت، از جمله کاهش یا افزایش دما و فرصت کوتاه برای تولید گل و یا برگ می‌گردد، بنابراین شرایط متفاوت می‌تواند نوعی تنش محسوب شود که افزایش غلظت پرولین در برگ ارقام عدس که حاصل تاریخ کاشت‌های ۹ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه است را توجیه می‌کند. گیاهان به‌دلیل داشتن ترکیبات ذخیره در درون خود (به‌خصوص پروتئین‌ها) خاصیت محافظتی و مقاومت خود را در برابر تنش سرما از دست نمی‌دهند و در برگ‌های بالغ تجزیه پروتئین‌ها باعث کاهش غلظت آن‌ها و در نتیجه، افزایش اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین می‌شود (Ghobadi et al., 2015).

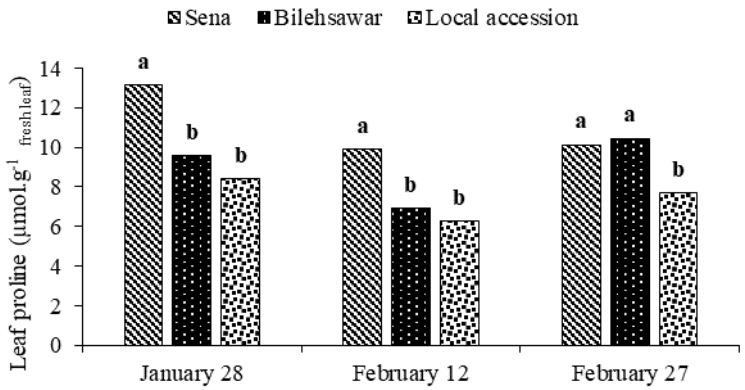
معمولاً گیاهان مایکوریزایی با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزایی می‌توانند به‌طور موقت از شرایط کم‌آبی ناشی از شرایط دیم فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه، میزان پرولین نسبت به

گیاهان بدون مایکوریزایی افت کمتری نشان می‌دهد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019). از آنجا که پرولین به‌عنوان منبعی از نیتروژن در شرایط تنش در گیاه مطرح می‌باشد، مایکوریزا با جذب بیشتر این عنصر (شکل ۲) می‌تواند موجب افزایش در تولید پرولین می‌شود. برخی از محققان بر این باورند که مایکوریزا باعث افزایش پرولین در برگ گیاهان میزبان می‌شود و دلیل این امر را این‌گونه بیان می‌کنند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آبی برگ شده و گیاه را از صدمات کم آبی محافظت می‌کنند (Khalafallah & Aboghalia, 2008).

محتوای قندهای محلول برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم بر محتوای قندهای محلول برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر کاشت محتوای قندهای محلول برگ کاهش یافت. کاربرد مایکوریزا، این صفت را افزایش داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی موجب افزایش ۱۹/۳۱، ۱۶/۳۳ و ۱۷/۲۷ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد. در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی به‌ترتیب موجب افزایش ۲۰/۸۱، ۱۷/۱۱ و ۱۲/۲۲ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد. همچنین در تاریخ ۹ اسفند ماه، کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳/۷۸، ۱۳/۶۱ و ۲۱/۴۷ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد (شکل ۸).

پژوهشگران نتیجه گرفتند زمانی که گیاهان تعداد روزهای بیشتری را در یخبندان می‌گذرانند، برای مقابله با سرما میزان نشاسته بیشتری را به قندهای محلول تبدیل کرده و با افزایش فشار اسمزی داخل سلول میزان تحمل به سرمای گیاه افزایش می‌یابد. به همین علت، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، گیاهان سرمای بیشتری را تحمل کرده و درصد قند در این تاریخ کاشت در هر سه رقم افزایش یافته است. همچنین، تأخیر در کاشت باعث کاهش درصد قندهای محلول و نشاسته در ریشه و حساسیت رقم‌ها به سرما می‌شود (Jan et al., 2018). بعضی از پژوهشگران بر این باور هستند که همزیستی با مایکوریزا باعث افزایش قندهای محلول در برگ گیاهان میزبان می‌شود و دلیل این امر را این گونه بیان کرده‌اند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آب برگ شده و گیاه را از صدمات ناشی از تنش‌های محیطی محافظت می‌کنند (Fouad et al., 2014). در همین راستا، رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2019) مشاهده نمودند که تلقیح گیاه شنبلیله با قارچ مایکوریزا موجب افزایش محتوای قندهای محلول در این گیاه شد.

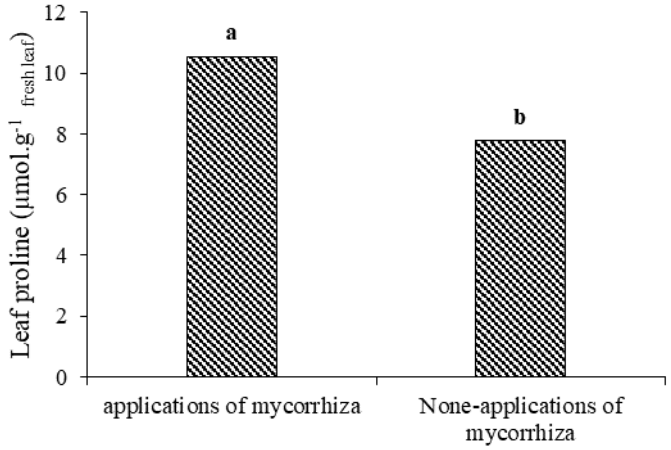


شکل ۶- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای پرولین برگ در عدس

Fig. 6- Interaction of cultivar and sowing date on leaf proline content in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

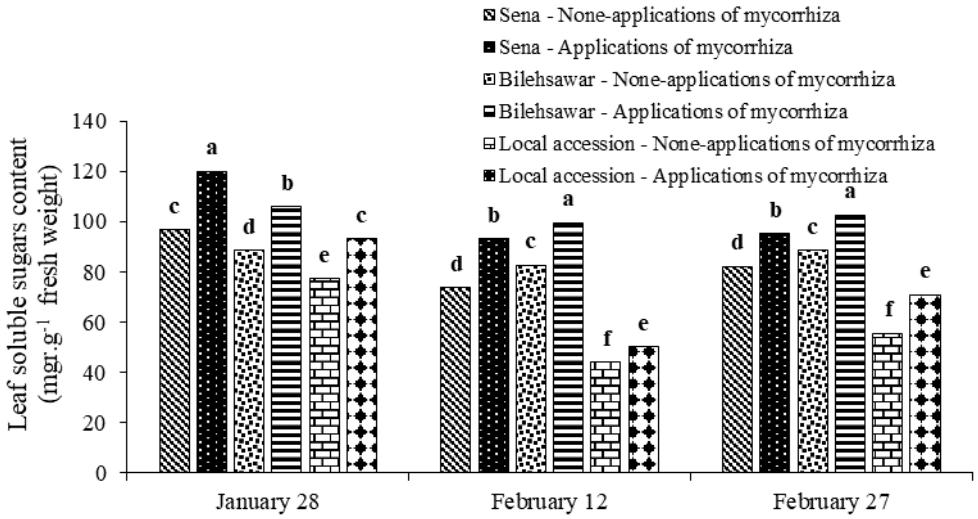


شکل ۷- مقایسه میانگین اثر مایکوریزا برای محتوای پرولین برگ عدس

Fig. 7- Effect of mycorrhiza on leaf proline content in lentils

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means with at least one common letter indicate no significant difference based on the LSD test at 5% probability level.



شکل ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای قندهای محلول برگ در عدس

Fig. 8- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on leaf soluble sugars in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

ارتفاع بوته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که برهم‌کنش رقم و مایکوریزا و اثر اصلی تاریخ کاشت در سطح احتمال خطای یک درصد بر ارتفاع بوته در عدس معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین سطوح رقم در هر سطح مایکوریزا نشان داد که با کاربرد مایکوریزا ارتفاع بوته در عدس در هر سه رقم نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا، رقم سنا با میانگین ۳۵/۰۴ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع بوته بود که نسبت به رقم محلی که از کم‌ترین ارتفاع بوته (۲۴/۴۳ سانتی‌متر) برخوردار بود، اختلاف ۴۳/۴۳ درصدی نشان داد. در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا نیز رقم سنا بیشترین ارتفاع بوته (۴۱/۶۰ سانتی‌متر) را نشان داد، امّا بین ارقام بیله‌سوار و سنا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تاریخ کاشت حاکی

از آن بود که بیشترین ارتفاع بوته (۳۴/۵۵ سانتی‌متر) از تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه حاصل گردید که با تاریخ کاشت‌های ۲۴ بهمن‌ماه و ۹ اسفند ماه به‌ترتیب اختلاف ۳/۹۴ و ۹/۳۳ درصدی نشان داد (شکل ۱۰).

در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که وجود قارچ مایکوریزا در محیط ریشه گیاه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است و منجر به افزایش ارتفاع در هر سه رقم عدس می‌گردد. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ مایکوریزا در خاک تولید می‌شود (Mishra, 2010). قارچ مایکوریزا از طریق افزایش و بهبود جذب مواد غذایی خاک سازوکار رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود. نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده افزایش ارتفاع بوته با کاربرد قارچ مایکوریزا بود. احتمالاً قارچ مایکوریزا با بهبود شرایط خاک و محیط ریشه و همچنین، تسهیل جذب آب و مواد غذایی منجر به جذب بهتر و بیشتر عناصر و به‌خصوص فسفر خاک شده، کارایی فتوسنتز گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت، با افزایش توان گیاه، تأثیر مضر تنش خشکی ناشی از شرایط کشت دیم را تعدیل کردند (Tanhaei et al., 2018). افزایش ارتفاع در لوبیا چیتی در اثر کاربرد قارچ مایکوریزا در آزمایش عمادی و همکاران (Emadi et al., 2013) نیز تأیید گردیده است.

کاهش ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت دیرهنگام، عمدتاً می‌تواند ناشی از کوتاه شدن فواصل میان گره‌ها در اثر تغییر طول روز و کوتاه شدن دوره رشد رویشی باشد، از طرفی، کشت زودهنگام باعث استقرار مناسب گیاه شده و نهایتاً، این امر منجر به افزایش طول بوته می‌شود. ارتفاع گیاه یک صفت ژنتیکی می‌باشد، امّا می‌تواند تحت تأثیر مدیریت‌های خوب مزرعه‌ای و شرایط اقلیمی قرار گیرد (Alipoor et al., 2017).

عملکرد دانه

برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و اثر اصلی مایکوریزا در سطح احتمال خطای یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). با تأخیر در کاشت از عملکرد دانه کاسته شد و با این حال، در هر سه تاریخ کاشت رقم سنا از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، ۲۴ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه رقم سنا به‌ترتیب با میانگین ۱۱۵۲/۹، ۱۰۵۲/۲۱ و ۸۸۸/۹ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه و رقم محلی به‌ترتیب با میانگین ۶۷۲/۲۱، ۶۳۷/۷۸ و ۳۱۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد دانه را نشان داد (شکل ۱۱). مقایسه میانگین اثر اصلی مایکوریزا نیز نشان از اثر افزایشی ۱۱ درصدی بر عملکرد دانه داشت (شکل ۱۲).

عملکرد دانه در واحد سطح، تابعی از تعداد غلاف است و با تأخیر درکشت کلیه صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، فاصله غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، بروز گرما طی دوران رشد زایشی، طول دوره پرشدن دانه را کاهش داده و تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن دانه افت پیدا می‌کند که در نتیجه آن، عملکرد دانه دچار نقصان شدیدی می‌شود (Thalji & Shalaldeh, 2006). در مطالعه حاضر مشخص گردید که در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه برخورد مرحله پر شدن دانه با دماهای بالا و همچنین خشکی آخر فصل باعث کاهش شدید عملکرد دانه ارقام عدس گردید. با توجه به اینکه رقم سنا در طول فصل رشد در هر سه تاریخ کاشت از محتوای کلروفیل کل (شکل ۵) و همچنین عناصر غذایی نیتروژن (شکل ۲) و فسفر (شکل ۳) بالاتری برخوردار بوده است، که نهایتاً همه این عوامل موجب افزایش عملکرد دانه در این رقم شده است.

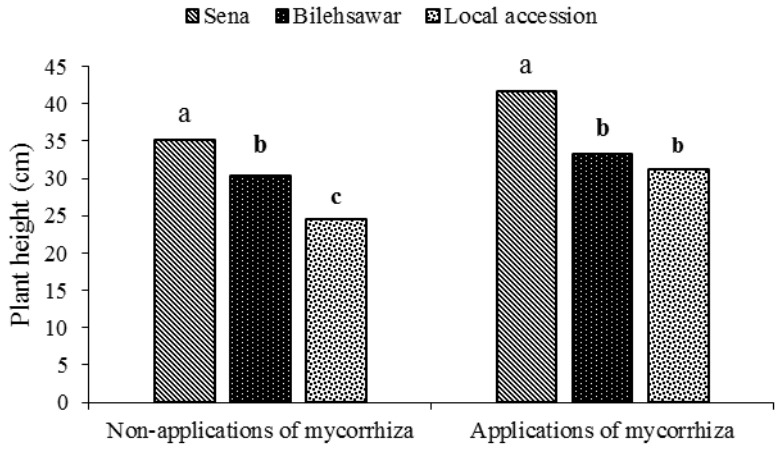
در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا به‌دلیل جذب بیشتر فسفر و عناصر کم مصرف که همگی در فرایند تثبیت نیتروژن مولکولی تأثیرگذار می‌باشند. این فرآیند با شدت و سرعت بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی به انجام می‌رسد. بنابراین، بهبود رشد گیاهان بقولات پس از برقراری رابطه همزیستی مایکورزایی به افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود جذب آن از خاک به‌فرم آمونیوم نسبت داده شده است که همین امر موجب ذخیره مواد غذایی بیشتر در دانه شده و در نهایت، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Seyed Sharifi & Khorramdel, 2016).

عملکرد زیستی

اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم بر عملکرد زیستی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سه سطح تاریخ کاشت نشان داد با کاربرد مایکوریزا در هر سه رقم عملکرد زیستی افزایش یافت. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین عملکرد زیستی یا میانگین ۳۲۴۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز با میانگین ۱۷۴۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا بود. در این تاریخ کاشت،

تفاوت معنی‌داری برای رقم بیله سوار بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نگردید (شکل ۱۳).

در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه، بیشترین عملکرد زیستی (۲۵۶۷/۸۰ کیلوگرم در هکتار) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن (۱۵۸۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا حاصل گردید و رقم بیله‌سوار هم در شرایط کاربرد و هم عدم کاربرد مایکوریزا و رقم محلی با کاربرد مایکوریزا از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱۳). در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا با میانگین ۲۱۲۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد زیستی و رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا با میانگین ۷۰۴/۴۳ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین عملکرد زیستی بود (شکل ۱۳).

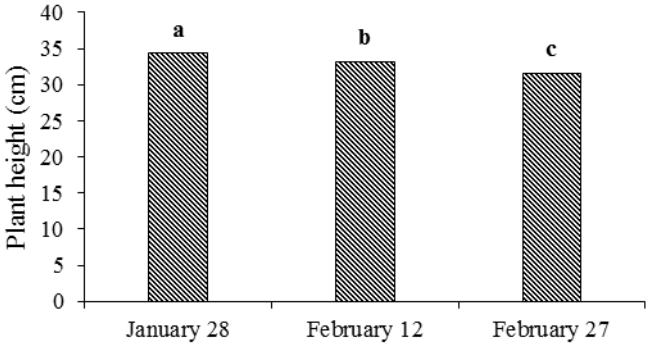


شکل ۹- مقایسه میانگین رقم در هر سطح مایکوریزا برای ارتفاع بوته در عدس

Fig. 9- Interaction of mycorrhiza and cultivar on plant height in lentils

در هر سطح مایکوریزا حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each mycorrhiza level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

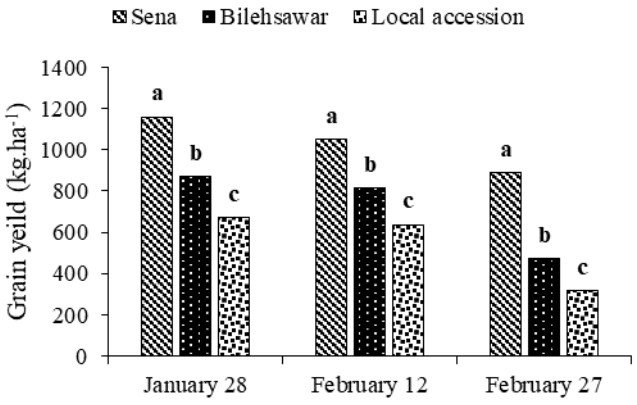


شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای ارتفاع بوته در عدس

Fig. 10- Effect of sowing date on plant height in lentils

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means with at least one common letter indicate no signifacnt difference based on the LSD test at the 5% probability level.

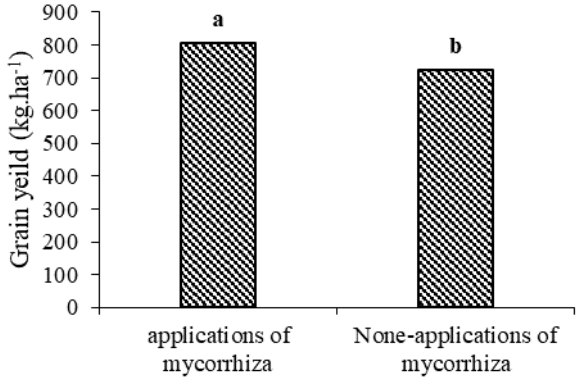


شکل ۱۱- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای عملکرد دانه در عدس

Fig. 11- Interaction of cultivar and sowing date on seed yield in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر مایکوریزا برای عملکرد دانه در عدس

Fig. 12- Effect of mycorrhiza on grain yield in lentils

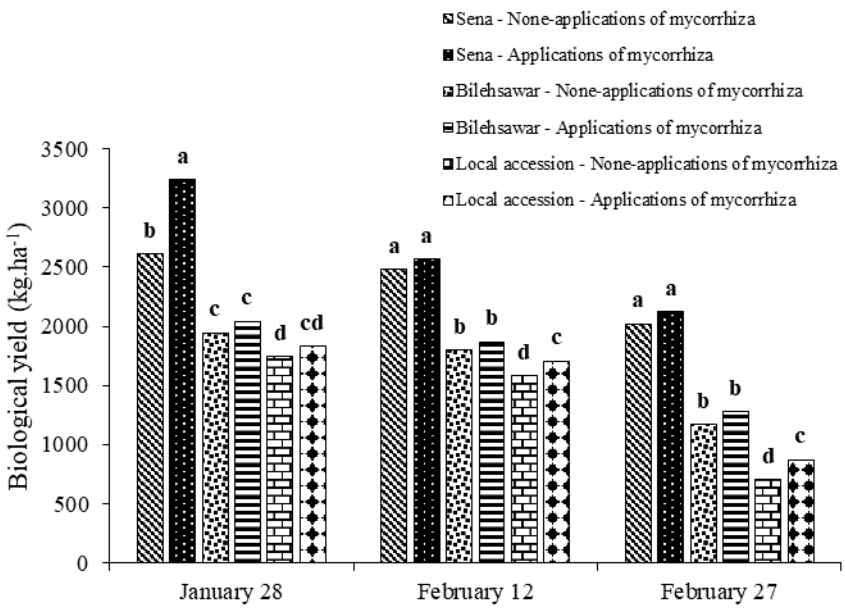
میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Averages with at least one common letter indicate no statistical difference based on the LSD test at the five percent probability level.

به نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت همراه با کشت زود هنگام (۹ بهمن ماه)، با افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش کانوپی گیاه، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود (Amiri et al., 2020). با توجه به افزایش دما و همچنین کوتاه شدن دوره رشد در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، شاخص سطح برگ به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده کاهش یافته و در نتیجه، تولید عملکرد زیستی کاهش یافته است. تأخیر در کاشت، هم رشد رویشی و هم رشد زایشی را در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه، مقدار عملکرد زیستی تولید شده، کاهش می‌یابد (Heydarzade et al., 2020). در تاریخ کاشت ۹ و ۲۴ بهمن ماه، به‌دلیل شرایط مطلوب آب و هوایی رشد رویشی بسیار خوب بوده و هنگام ظهور اندام‌های زایشی، چون دمای محیط کاملاً با شرایط بهینه گیاه جهت تلقیح مطابقت داشته است، در نتیجه عملکرد و ماده خشک افزایش بیشتری نشان داد. در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه با وجود رشد رویشی مناسب، و با توجه به حساس بودن مرحله زایشی نسبت به رویشی، افزایش دمای محیط باعث کاهش تلقیح بوته‌ها نسبت به تاریخ کاشت ۹ و ۲۴ بهمن ماه گردیده و در نتیجه، منجر به کاهش عملکرد زیستی شده است.

پژوهشگران بر این باورند که تلقیح گیاه با مایکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن، افزایش میزان کلروفیل سامانه فتوسنتزی و افزایش

فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سینتتاز در گیاه میزبان می‌دانند (Seyed Sharifi & Namvar, 2015). همچنین، محققان نتیجه گرفته‌اند که قارچ مایکوریزا از طریق تولید هورمون‌های گیاهی مانند ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند، به این ترتیب مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب عناصر غذایی بالا می‌رود. همچنین، تلقیح مایکوریزا علاوه بر اینکه موجب افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل در گیاه می‌شود، گیاه میزبان عناصر غذایی و آب بیشتری نیز از خاک جذب می‌کند و در نهایت، رشد گیاه افزایش یافته و به‌دنبال عملکرد زیستی گیاه بهبود می‌یابد (Seyed Sharifi et al., 2016).



شکل ۱۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای عملکرد زیستی در عدس

Fig. 13- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on biological yield in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تاریخ کاشت، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه و عملکرد زیستی ارقام عدس را تحت تأثیر قرار داده و با تأخیر در کاشت از درصد فسفر دانه، محتوای کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی کاسته شد، امّا بر درصد نیتروژن دانه افزوده شد. محتوای پرولین و قندهای محلول برگ در هر سه رقم در اثر تأخیر در کاشت روند نزولی-صعودی نشان داد. به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۹ بهمن، میزان آن بیشتر از تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه بود و در تاریخ کاشت ۹ اسفند نیز محتوای آن‌ها افزایش یافت. کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش تمامی صفات مورد بررسی شد. همچنین، در هر سه تاریخ کاشت رقم سنا از نظر صفات مورد بررسی از عملکردی بیشتری برخوردار بود. امّا با این حال، عملکرد دانه و عملکرد زیستی آن در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشتر از دیگر تاریخ‌های کاشت بود؛ بنابراین می‌توان گفت کاشت زود هنگام (۹ بهمن ماه) ارقام عدس در منطقه دشتروم باعث شده است که گیاه حداکثر بهره را از فصل رشد ببرد. از طرفی، بهترین نتیجه گرفته شده از کاربرد قارچ مایکوریزا به‌دست آمد. قارچ مایکوریزا توانست با جذب بیشتر عناصر غذایی فسفر و نیتروژن کاهش عملکرد را حدود ۱۰ درصد جبران کند. از بین ارقام مورد بررسی نیز رقم سنا از عملکرد دانه و عملکرد زیستی بالاتری برخوردار بود که نشان‌دهنده مقاومت بیشتر این رقم به شرایط نامساعد محیطی حاصل از شرایط دیم می‌باشد. با توجه به شرایط فوق، رقم سنا به‌همراه کاربرد قارچ مایکوریزا بهترین رقم جهت کاشت زود هنگام در شرایط دیم در منطقه دشتروم می‌باشد.

References

Adavi, Z., & Baghabani-Arani, A. (2018). The effect of planting date and symbiotic mycorrhiza fungi on physiological and growth characteristics of three cultivars of potato. *Iranian Journal of Plant Biology, 10*(1), 39-56. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2018.106547.1053

Agricultural Statistics, (2022). Annual Report. Ministry of Agriculture Press. https://www.maj.ir/Index.aspx. (In Persian)

Alipoor, S., Moradi Talavat, M.R., Siyadat, S.A., & Mosavi, S.H. (2017). Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 7*(2), 45-58. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V7I2.43382

Amiri, S.R., Parsa Motlagh, B., & Yazdani-Biouki, R. (2020). Effects of fall sowing dates and end of season drought stress on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in Saravan climate conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science, 50*(3), 27-38. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2019.260512.654490

Arnon, D., (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24*, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., & 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. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.049

Bijhine, M., Asgharipour, M.R., & Sirousmehr, A. (2020). Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilizer on morphological and physiological traits of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) in arsenic contaminated soil. *Journal of Plant Process and Function, 8*(33), 94-106. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1102-fa.html

Datta, S.K., Sarkar, M.A.R., & Uddin, F.M.J., (2013). Effect of variety and level of phosphorus on the yield and yield components of lentil. *International Journal Agricultural Research Innovation Technology, 3*, 78–82.

Emadi., N., Balouchi, H.R., & Jahanbin, S. (2013). Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronical Journal of Crops Production, 5*(2), 1-17. (In Persian with English Abstract)

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Journal number 928. Soil and Water Research Institute.

FAO, 2020. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.

Fatima, K., Hussain, N., Pir, F.A., & Mehdi, M. (2013). Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). *Elixir Applied Botany, 57*, 14323–14325.

Fouad, M. O., Essahibi, A., Benhiba, A., & Qaddoury, A. (2014). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of olive plants against oxidative stress induced by drought. *Spanish Journal of Agricultural Research, 12*, 763-771.

Ghobadi, F., Ghorbani Javid, M., & Sorooshzadeh, A., (2015). Effects of planting date and corm size on flower yield and physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.) under Varamin plain climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology, 2*(4), 276-265. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2015.8620

Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., & Eini, O. (2015). Some morpho-physiological characteristics of mung bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. *Journal of Plant Nutrition, 38*(11), 1754-1767. https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1043374

Heydarzade, M., Ehteshami, S.M.R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristics, yield and yield components of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in Guilan province. *Journal of Plant Process and Function, 9*(39), 197-214.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of prolin and total soluble supers in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiological Planetarium, 84*, 55-60. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x

Jan, N., Majeed, U., Andrabi, K. I., & John, R. (2018). Cold stress modulates osmolytes and antioxidant system in *Calendula officinalis*. *Acta Physiologies Plantarum, 40*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s11738-018-2649-0.

Karimi Jalilehvandi, T., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A.R. (2017). Effects of sowing date and chemical fertilizer on seed vigor and qualitative and quantitative characteristics of Lady's mantle (*Lallemantia royleana* Benth.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant, 33*(1), 126-138. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.109717

Khalafallah, A.A., & Abo-Ghalia, H.H. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Applied Sciences Research, 4*, 559-569.

Khorasani, Z., Nezami, A., Nasiri Mahalati, M., & Mohammadabadi, A. (2012). Evaluation of fall planting dates of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes in Mashhad conditions. *Iranian Journal of Filed Crops Research, 10*(1), 43-52. (In Persian with English Abstract)

Mazlomi Mamyandi, M., Pirzad, A.R., & Jalilian, J. (2019). Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 10*(1), 75-90. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V10I1.63925

Mehraban, A. (2018). Evaluation of quality properties of lentil cultivars (*Lens culinaris* L.) in different sowing dates under rainfed condition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(4), 107-119. (In Persian with English Abstract)

Mishra, B.K., Srivastava, J.P., Lal, J.P., & Sheshshayee, M.S. (2016). Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. *Russian Journal Plant Physiology, 63*, 695–708. https://doi.org/10.1134/S1021443716040117

Mishra, R.H. (2010). Soil Microbiology. Cbs Publishers & Distributors. 187 pp.

Mohammadi, E. Asghari, H.R., & Gholami, A. (2014). Evaluation the possibility of utilization of biological fertilizer mycorrhiza in phosphorus supply in chickpea cultivation (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Filed Crops Research, 11*(4), 658-665. (In Persian with English Abstract)

Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani, A., Soleymani, R., & Khosh-khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research, 2*(2), 7-18. https://doi.org/10.22067/IJPR.V2I2.19018

Niri, H.H., Tobeh, A., Gholipouri, A., Zakaria, R.A., Mostafaei, H., & Jamaati-e-Somarin, S. (2010). Effect of nitrogen and phosphorous on yield and protein content of lentil in dryland condition. *American-Eurasian Journal Agricultural Environmental Science, 8*, 185–188.

Novozamsky, I., van Eck, R., Van Schouwenburg, J. C. & Walinga, I., (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science, 22*, 3-5. https://doi.org/10.18174/njas.v22i1.17230

Ouji, A., & Mouelhi, M. (2017). Influence of sowing dates on yield and yield components of lentil under semi-arid region of Tunisia. *Journal of New Sciences, 38*(17), 2077-2082.

Paquine, R., & Lechasseur, P. (1979). Observation surune method dosage labiredans les de plantes. *Canadian Journal of Botany, 57*, 1851-1854. https://doi.org/10.1139/b79-233

Piade Koohsar, A.A. (2017). Effect of mycorrhiza and rhizobium inoculation on yield and yield component of lentil cultivars in dryland condition. MS.c. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. 103 pp. (In Persian with English Abstract)

Rahimi, A., Dovlati, B., Amirnia, R., & Heydarzade, S. (2019). Effect of application of mycorrhizal fungus and Azotobacter on physiological characteristics of Trigonella foenum-graecum L. under water stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology, 11*(4), 1-18. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2019.116384.1149

Rasheed, M., Jilani, G., Shah, I.A., Najeeb, U., & Iqbal, T. (2010). Improved lentil production by utilizing genetic variability in response to phosphorus fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science, 60*, 485–493. https://doi.org/10.1080/09064710903183562

Sabaghpour, S.H., Pouralibaba, H.R., Mehraban, A., Mostefayee, H., Pezeskhpour, Kerimizadeh, R., Seyedi, F., Mahmoodi, A.A., Ferayedi, Y., Kamel, M., Alahyari, N., Baghdadi, H., & Shahab, M.R. (2016). Bilehsevar, a new large seed size and tolerance to Fusarium wilt lentil cultivar for dryland condition of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 5*(1), 35-45. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/RAFHC.2016.109596

Sawan, Z.M., Fahmy, A.H. & Yousef, S.E. (2011). Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science, 57*, 75-90. https://doi.org/10.1080/03650340903222328

Seyed Sharifi, R., Abbaspour, S., & Seyed Sharifi, R. (2016). Effect of nitrogen rates and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain weight per plant, chlorophyll content and fertilizer use efficiency of triticale. *Plant Production Technology, 8*(1), 163-177. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22084/PPT.2016.1772

Seyed Sharifi, R., & Khorramdel, S. (2016). Effects of nano-zinc oxide and seed inoculation by plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and grain filling period of soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Filed Crops Research*, *13*(40), 738-753. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V13I4.32491

Seyed Sharifi, R., & Namvar, R. (2015). The effect water limitation on some physiological and phytochemical traits of safflower in conditions of application of endomycorrhiza and iron and zinc micronutrients. The second national conference of Iran's rainfed medicinal plants. Orumieh, Iran (In Persian with English Abstract)

Shabiri, S.S., Sadeghzadeh-Ahari, D., Shahab, M.R., Mostafaye, H., Kamel, M., Mahdyeh, M., Asharafi, J., Kheirgoo, M., & Baghdadi, H. (2019). Sana, a new variety of lentils suitable for spring cultivation in cold and dry regions. *Promotional Journal of Rainfed Beans*, *2*(1), 17-30. (In Persian with English Abstract)

Sita, K., Sehgal, A., Kumar, J., Singh, S., Siddique, K.H.M., & Nayyar, H. (2017). Identification of high-temperature tolerant lentil *(Lens culinaris* Medik.) genotypes through leaf and pollen traits. *Frontiers Plant Science*, *8*, 744. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00744

Tanhaei, R., Yadavi, A.R., Movahedi Dehnavi, M., & Salehi, A. (2018). Effects of mycorrihza fungi and biofertilizer on yield and yield components of red bean *(Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *28*(3), 278-291. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2023.19247.2438

Thalji, T., & Shalaldeh, G. (2006). Effect of planting date on faba bean (*Vicia faba* L.) nodulation and performance under semiarid conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, *2*(4), 477-482.

Togay, Y., Togay, N., & Dogan, Y. (2008). Research on the effect of phosphorus and molybdenum applications on the yield and yield parameters in lentil (*Lens culinaris* Medic.). *African Journal Biotechnology*, *7*, 1256–126.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 59-74
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۷۴-۵۹
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84897.1070

Response of Photosynthetic Pigments and Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Weed Management Methods

Isa Ghasemi Arimi[1], Faezeh Zaefarian[2*], Sajedeh Golmohammadzadeh[3], Rahmat Abbasi[4]

Received: 16-10-2023
Revised: 18-12-2023
Accepted: 09-01-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Ghasemi Arimi, I., Zaefarian, F., Golmohammadzadeh, S., & Abbasi, R. (2024). Response of photosynthetic pigments and yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to weed management methods. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 59-74. (In Persian with English Abstract) https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84897.1070

Introduction
Bean is one of the most important legumes worldwide for direct human consumption and it is a rich source of protein and carbohydrates. Bean is weak in competing with weeds due to its slow growth during the early stages. Therefore, competition with weeds causes a significant reduction in grain yield at the end of the growing season. Weeds and crops are always competing for obtaining nutrients, water, light and space. Weed competition is a kind of nonliving stress, which effect on plant yield. The photosynthetic capacity of plants depends on abiotic factors such as the quality and quantity of light. Each of the photosynthetic pigments such as chlorophyll *a*, *b* and carotenoids absorb light at a different wave length. The rate of photosynthesis and biomass production in plants is also largely dependent on the chlorophyll content of leaves. The weed interference in the plant growth maybe caused a change in the content of carotenoids and chlorophyll pigments in plant leaves. Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, with different morphological and genetic characteristics, show different responses in the presence of weeds, which may ultimately result in possible difference in yield. Measurement of growth indices is necessary to study the competitive ability of species during the growth period.

Materials and Methods
In order to investigate the effect of different chemical and non-chemical weed control managements on the yield of determinate and indeterminate bean varieties, an experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications. This field experiment was carried out in Behshahr, Mazandaran, in 2021. The first factor was different weed control methods: application of trifluralin herbicide as pre-sowing 2.5 liters per hectare; application of trifluralin herbicide 2.5 liters per hectare + one weeding; wheat mulch in the amount of two tons per hectare; application of bentazon 50% of the recommended dose; application of bentazon 75% of the recommended dose; application of bentazon 100% of the recommended dose; weed-free control and control with weed infestation and the second factor includes bean cultivars: Negin variety (determinate growth type) and Sadri variety (indeterminate growth type). Weeds were sampled at flowering and final harvesting stages, and weed species, density, and dry weight of weeds were measured. Also, photosynthetic pigments and yield were investigated.

Results and Discussion
The results showed that weed species in the field were from 9 plant families and included 10 species. From the total species observed in the field, 4 species have C_4 photosynthetic pathway, 4 species have C_3 photosynthetic pathway and one species has CAM photosynthetic pathway. The *Amaranthus retroflexus* L. and *Portulaca oleracea* L. species had the highest frequency and *Chrozophora tinctoria* and *Physalis alkekengi* had the lowest frequency in the field. In all three stages (21 days after planting, flowering and final harvesting stages), the highest density and dry weight of weeds were observed in the control treatment without weeding, and among the weed management treatments, mulch and bentazon 100% treatments caused a decrement in the density and dry weight of weeds in both Negin and Sadri cultivars.

1, 2 and 4- M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
3- Ph.D. Graduated Student, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
* Corresponding Author: fa.zaefarian@sanru.ac.ir

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

Based on the results, the highest chlorophyll *a*, *b* and total chlorophyll were observed in both Negin and Sadri cultivars in the weed-free control treatment, and the lowest values were in the control treatment without weeding. Also, the control treatment without weeding had the highest amount of carotenoids in Negin cultivar (0.41 $mg.g^{-1}$ fresh weight) and in Sadri cultivar (0.37 $mg.g^{-1}$ fresh weight), while the lowest ones in Negin and Sadri cultivar (0.29 and 0.28 $mg.g^{-1}$ fresh weight, respectively) was observed in the weed-free control treatment. The highest seed yield of Negin and Sadri cultivar (1957.11 and 2426.01 $kg.ha^{-1}$, respectively) were observed in the weed-free control treatment.

Conclusions
In general, it can be concluded that the Sadri cultivar with higher competitive ability has performed better against the weed than the Negin cultivar. Among the weed management treatments, the non-chemical management of mulch and the chemical treatment of bentazon 100% had better performance.

Keywords: Bentazon, Chlorophyll, Competition, Mulch

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۷۴-۵۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 59-74
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84897.1070

پاسخ رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به روش‌های مدیریت علف‌های هرز

عیسی قاسمی آریمی[۱]، فائزه زعفریان[۲*]، ساجده گل‌محمدزاده[۳]، رحمت عباسی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

چکیده

پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰ انجام شد. عوامل آزمایش شامل: روش‌های کنترل علف‌های هرز (کاربرد علف‌کش تریفلورالین به‌صورت پیش کاشت، کاربرد علف‌کش تریفلورالین + یک مرحله وجین، مالچ گندم، کاربرد علف‌کش بنتازون ۵۰ درصد مقدار توصیه شده، کاربرد علف‌کش بنتازون ۷۵ درصد مقدار توصیه شده، کاربرد علف‌کش بنتازون ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده و شاهد با وجین و شاهد بدون وجین) و ارقام لوبیا چیتی (رقم نگین و صدری) بودند. بیشترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در شرایط شاهد بدون وجین مشاهده شد. در بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز، تیمارهای مالچ و کاربرد بنتازون در مقدار توصیه شده سبب کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در هر دو رقم نگین و صدری شد. بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در هر دو رقم نگین و صدری به‌ترتیب در شاهد با وجین و شاهد بدون وجین علف هرز بود. درحالی‌که شاهد بدون وجین و شاهد با وجین علف هرز به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کاروتنوئید را در رقم نگین (۰/۴۱ و ۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و صدری (۰/۳۷ و ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) داشتند. بیشینه عملکرد دانه رقم نگین و صدری (به‌ترتیب ۱۹۵۷ و ۲۴۲۶ کیلوگرم در هکتار) در شاهد عاری از علف هرز مشاهده شد. نتایج حاکی از آن بود که رقم صدری با رشد نامحدود، قدرت رقابتی بالاتری نسبت به علف‌های هرز دارد و عملکرد بالاتری نسبت به رقم نگین داشت. در بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز، استفاده از مالچ و بنتازون ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده به عملکرد بیشتر لوبیا چیتی منجر شد.

واژه‌های کلیدی: بنتازون، رقابت، کلروفیل، مالچ

مقدمه

حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان می‌باشد و به‌علت توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن در تناوب زراعی جایگاه ویژه‌ای دارند (Heydari et al., 2014). لوبیا چیتی با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. از خانواده Leguminosae می‌باشد. سطح زیر کشت آن در جهان، حدود ۲۹ میلیون هکتار با متوسط تولید ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2022). بر اساس آمارنامه جهاد کشاورزی سال زراعی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰، سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۱۰۱۱۸۷ هکتار و تولید آن ۲۲۴۰۸۳ تن بوده است. در بین انواع لوبیا، بیشترین مصرف مربوط به لوبیا چیتی است که از زیرگونه‌های لوبیای معمولی می‌باشد و منشأ آن آمریکای مرکزی و جنوبی است (Behgam et al., 2017). سطح زیر کشت لوبیا چیتی در ایران، حدود ۵۰ درصد کل سطح زیر کشت انواع لوبیا است و بیش از نیمی از تولید کل لوبیا به آن اختصاص دارد. لوبیا دارای ارقام مختلفی است که دارای ویژگی‌های رشدی متفاوت می‌باشد. ارقام رایج لوبیا چیتی در ایران شامل خمین، تلاش، صدری، کوشا، غفار، صالح، نگین، لاین Cos16، لاین G14088 و لاین G01437 می‌باشند (Ghatari et al., 2019).

یکی از مهم‌ترین مشکلات و موانع اصلی توسعه کشاورزی و نظام‌های کشاورزی پایدار علف‌های هرز می‌باشند، به‌طوری‌که رقابت با علف‌های هرز از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشند (Amini et al., 2014). علف‌های هرز نه‌تنها برای عوامل مختلفی همچون نور، آب و مواد غذایی با گیاه لوبیا به رقابت می‌پردازند، بلکه با داشتن رطوبت در زمان برداشت در این امر اختلال ایجاد کرده و علاوه‌بر

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: fa.zaefarian@sanru.ac.ir)

عملکرد کمّی، عملکرد کیفی محصول را نیز تحت تأثیر قرار خواهند داد (Ghatari et al., 2015). بر اساس گزارش‌های موجود، اگر علف‌های هرز مزارع لوبیا پنج تا هفت هفته پس از کاشت کنترل نشوند، به‌علت سرعت رشد کم لوبیا در مراحل اولیه رشد عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد (Wilson et al., 2016). آقاعلیخانی و همکاران (Aghaalikhani et al., 2014) گزارش کردند که دوره بحرانی کنترل علف هرز در لوبیا چیتی به‌مدت دو هفته از ۲۱ تا ۳۴ روز پس از رویش می‌باشد.

کاربرد علف‌کش‌ها به‌علت کارایی بالا و صرفه اقتصادی، در بین روش‌های کنترل علف‌های هرز جایگاه ویژه‌ای دارد (Datta et al., 2007) در نظام‌های کشاورزی کشورهای پیشرفته استفاده از علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز جزء نهاده‌های مهم و ضروری می‌باشد و قسمت مهمی از تولید محصولات زراعی در این کشورها مرهون کاربرد علف‌کش‌ها است (Robert et al., 2010). علف‌کش‌های کلرتال دی میتل، ستوکسیدیم، تری فلورالین، اتال فلورالین، پاراکوآت، بنتازون، ایمازتاپیر جزء بیشترین علف‌کش‌های مصرفی در زراعت لوبیا معرفی شدند (Mousavi et al., 2018). اعتقاد بر این است که کاربرد مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش‌ها ضمن کاهش اثرات زیست محیطی آن‌ها، مانع از ظهور گونه‌های علف هرز مقاوم به علف‌کش می‌شود (Lak et al., 2005).

یکی از این روش‌ها به‌منظور مدیریت علف‌های هرز، استفاده از مالچ‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، به تمامی مواد خرد شده آلی یا غیر آلی، پوشش گیاهی زنده یا بقایای گیاهی که در سطح خاک پخش شود، مالچ گفته می‌شود. در سیستم کشاورزی پایدار، بقایای گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. استفاده از مالچ کلشی یک روش غیرشیمیایی کنترل علف‌های هرز و همسو با اهداف کشاورزی پایدار است. آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که بقایای گیاهان زراعی مثل چاودار (*Secale cereal* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ترتیکاله (X *Triticosecale* Witt.) و شبدر (*Trifolium* spp.) رشد علف‌های هرز را کاهش می‌دهد (Manoli et al., 2017). پوشش‌های ایجاد شده توسط بقایا، تأثیر زیادی بر نفوذ نور، میزان دما و رطوبت خاک دارند که با ایجاد یک لایه خفه‌کننده موجب کاهش فتوسنتز و رشد گیاهچه‌های علف هرز می‌شود. همچنین، مالچ ممکن است، مانع جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز فتوبلاستیک (نیازمند نور برای جوانه‌زنی) شود. البته علف‌های هرز چندساله قوی به‌خوبی به‌وسیله مالچ کنترل نمی‌شوند. استفاده از بقایای گیاهی در سطح خاک همچنین سبب کاهش رواناب، بهبود ساختمان خاک و تعدیل دمای خاک می‌شود و از طرفی، عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می‌دهد (Mahmood et al., 2017; Ram et al., 2018).

کنترل علف‌های هرز در اوایل دوره رشد لوبیا با توجه به توان رقابتی کم لوبیا، یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی این گیاه ارزشمند می‌باشد. روش‌های کنترل معمول (شیمیایی) علف‌های هرز به‌علت مسائل زیست محیطی و اقتصادی در نظام‌های کشاورزی نیاز به نگرش جدیدی دارد (Bedoussac et al., 2015). از این رو، پایداری در روش‌های مدیریت علف‌های هرز از اولویت‌های این مهم می‌باشد که در این راستا، استفاده از مقادیر کاهش‌یافته علف‌کش‌ها در کنار سایر روش‌های غیرشیمیایی می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های تلفیقی مورد توجه باشد که جنبه‌های اقتصادی هم در آن لحاظ شده است. در این راستا، استفاده از ارقام زراعی با توان رقابتی بالا به‌منظور افزودن توانایی رقابتی گیاهان بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Merhraban, 2018) و بهره گرفتن از خصوصیات این گیاهان در جهت تدوین برنامه مدیریتی کارآمد مفید و مؤثر است. هدف از این پژوهش، ارزیابی روش‌های مدیریت شیمیایی و غیر شیمیایی علف‌های هرز بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد ارقام رشد محدود و رشد نامحدود لوبیا چیتی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز بر کنترل آن‌ها، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا چیتی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در شهرستان بهشهر استان مازندران با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۱۱ متری از سطح دریا در سال زراعی ۱۴۰۰ اجرا شد. عوامل مورد بررسی در آزمایش، روش‌های کنترل علف هرز در هشت سطح شامل: کاربرد علف‌کش تریفلورالین به‌صورت پیش‌کاشت به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار؛ کاربرد علف‌کش تریفلورالین به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار+ یک مرحله وجین؛ کاربرد مالچ کلش گندم به‌مقدار دو تن در هکتار؛ کاربرد علف‌کش بنتازون در ۵۰ درصد مقدار توصیه شده (۲/۵ لیتر در هکتار)؛ کاربرد علف‌کش بنتازون در ۷۵ درصد مقدار توصیه شده؛ کاربرد علف‌کش بنتازون در ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده؛ شاهد کنترل علف‌های هرز در تمام فصل و شاهد عدم کنترل علف‌های هرز و همچنین دو رقم لوبیاچیتی: رقم صدری (با

تیپ رشدی رونده رشد نامحدود) و رقم نگین (با تیپ رشدی ایستاده رشد محدود) است.

کاشت ارقام لوبیا چیتی در خرداد ماه سال ۱۴۰۰ به‌صورت دستی انجام شد، مساحت هر کرت ۱۰ مترمربع در نظر گرفته شد که هر کرت دارای ۲/۵ متر عرض و چهار متر طول بود. فاصله کرت‌ها از یکدیگر نیم متر و فاصله هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و فاصله بوته‌ها برای رقم نگین ۱۰ سانتی‌متر با تراکم کاشت ۲۰ بوته در مترمربع و رقم صدری ۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۱۳ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. قبل از کاشت، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر خاک مزرعه به‌منظور شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری تصادفی انجام شد (جدول ۱)؛ بر اساس آزمون تجزیه خاک، توصیه کودی اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی تا پایان فصل رشد، بر اساس بافت خاک و شرایط آب و هوایی صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	عناصر غذایی خاک Soil elements: پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	مواد آلی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Organic material ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی Organic C (%)
لومی Loam	0.76	7.51	210	27	0.10	1.72	1.01

بعد از عملیات کاشت ارقام لوبیا چیتی، تیمار مالچ کلشی گندم به‌مقدار دو تن در هکتار در بین ردیف‌های کاشت ارقام لوبیا چیتی مورد استفاده قرار گرفت. علف‌کش تریفلورالین به‌صورت پیش‌کاشت و به‌صورت مخلوط با خاک به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار در کرت‌های مربوطه با سم‌پاش پشتی کتابی با نازل بارانی که در فشار ۲۰۵ کیلو پاسکال با حجم ۲۰۰ لیتر در هکتار کالیبره شده بود، به خاک مرطوب پاشیده شد و چون این علف‌کش به تجزیه نوری حساس است، ابتدا سم روی خاک پاشیده شد و سپس به‌وسیله شن‌کش، به‌صورت سطحی و به‌عمق سه سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. کاربرد علف‌کش بنتازون (مقدار توصیه شده ۲/۵ لیتر در هکتار) در مرحله ۴-۲ برگی لوبیا به‌صورت پس‌رویشی انجام شد. همچنین در شاهد با وجین، وجین علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از کاشت لوبیا شروع شد و تا پایان فصل رشد وجین دستی صورت گرفت تا در طول مدت اجرای طرح آزمایشی عاری از علف هرز باقی بماند.

اندازه‌گیری غلظت کلرفیل *a*، *b*، *a+b* و کارتنوئید در برگ در اوایل مرحله گل‌دهی به‌روش پورا (Porra, 2002) به‌وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Analytik Jena-SPEKOL 1300) انجام شد و با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

معادله (۱)

$$Chl\ a\ (\mu g/ml) = 16.72\,A665.2 - 9.16\,A652.4$$

معادله (۲)

$$Chl\ b\ (\mu g/ml) = (34.09\,A652.4 - 15.28\,A665.2)$$

معادله (۳)

$$Chl\ a+b\ (\mu g/ml) = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

معادله (۴)

$$Carotenoid\ (\mu g/ml) = \frac{(1000A470 - 1.63Chla - 104.96Chlb)}{221}$$

که در آن‌ها، $A_{665.2}$، $A_{652.4}$ و A_{470}: میزان نور جذبی محلول در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر می‌باشند.

به‌منظور اندازه‌گیری تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، نمونه‌برداری انجام شد که برای نمونه‌برداری از علف‌های هرز در هر کرت از کوادرات ۱ × ۱ مترمربعی در دو مرحله رشد لوبیا چیتی (گل‌دهی و برداشت نهایی) استفاده شد که به‌طور تصادفی در هر کرت قرار گرفت و گونه علف‌های هرز، تراکم و وزن خشک گونه‌های علف هرز اندازه‌گیری شدند. گونه‌های علف هرز بر اساس فرم رویش گیاه (تک‌لپه یا دولپه)، چرخه زندگی (یک‌ساله یا چندساله) و مسیر فتوسنتزی طبقه‌بندی شدند. به‌منظور محاسبه وزن خشک، نمونه‌های علف‌های هرز بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و سپس وزن خشک علف‌های هرز با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه-

گیری شدند. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، با احتساب حذف حاشیه از هر کرت، بوته‌ها به‌مساحت یک مترمربع برداشت شد. در ابتدا، دانه‌ها از غلاف جدا شدند و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد.

جهت تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SAS (ver, 9.2) و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل از روش برش‌دهی جهت تفسیر اثر استفاده شد. برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot (ver, 12.5) استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب گونه‌های علف هرز

ترکیب گونه‌های علف‌های هرز شناسایی شده در جدول ۲ ارائه شده است. گونه‌های علف‌های هرز از نه خانواده گیاهی و شامل ۱۰ گونه بودند. از مجموع گونه‌های مشاهده شده در مزرعه، چهار گونه دارای مسیر فتوسنتزی C_4، پنج گونه دارای مسیر فتوسنتزی C_3 و یک گونه مسیر فتوسنتزی CAM بودند. همچنین علف‌های هرز پهن‌برگ با هشت گونه عمده گونه‌های علف‌های هرز را به‌خود اختصاص دادند که دو گونه از آن‌ها نیز چندساله بودند (جدول ۲). با توجه به نتایج این پژوهش، علف‌های هرز پهن برگ نسبت به علف‌های هرز باریک برگ از فراوانی بیشتری برخوردار بودند. همچنین، عمده جمعیت علف‌های هرز به یک‌ساله‌ها اختصاص داشت (جدول ۲). در کشت مداوم لوبیا، علف‌های هرز پهن برگ غالب می‌شوند (Lak et al., 2005).

جدول ۲- علف‌های هرز موجود در مزرعه آزمایشی

Table 2- Weeds in the experimental field

نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	خانواده Family	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	فرم رویشی Vegetative form	سیکل زندگی Life cycle
Amaranthus retroflexus L.	تاج خروس ریشه قرمز	*Amaranthaceae*	C_4	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual
Amaranthus blitoides L.	تاج خروس خوابیده	*Amaranthaceae*	C_4	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual
Cyperus rotundus L.	اویارسلام	*Cyperaceae*	C_4	باریک برگ Grassy weeds	چندساله Perennial
Polygonum aviculare L.	هفت بند	*Polygonaceae*	C_3	پهن برگ Broadleaf	چندساله Perennial
Chrozophora tinctoria L.	گوش بره	*Euphorbiaceae*	C_3	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual
Tribulus terrestris L.	خارخسک	*Zygophylaceae*	C_3	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual
Portulaca oleracea L.	خرفه	*Portulacaceae*	CAM	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual
Convolvulus arvensis L.	پیچک	*Convolvulacea*	C_3	پهن برگ Broadleaf	چندساله Perennial
Echinochloa crus-galli L.	سوروف	*Poaceae*	C_4	باریک برگ Grassy weeds	یکساله Annual
Physalis alkekengi L.	عروسک پشت پرده	*Solanaceae*	C_3	پهن برگ Broadleaf	یکساله Annual

موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2018) در بررسی فلور علف‌های هرز لوبیا استان لرستان گونه‌های تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، کنف وحشی (*Hibiscus cannabinus* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، سلمه تره (*Chenopodium album* L.)، قیاق (*Sorghum halepenese* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.)، گوش بره (*Chrozophora tinctoria* L.)و خارخسک (*Tribulus terrestris* L.) را مهم‌ترین گونه‌های علف هرز شایع در سطح مزارع لوبیای لرستان گزارش کردند. در مطالعات دیگر

محققین، گونه‌های سلمه تره، تاج خروس، پیچک صحرایی، عروسک پشت پرده، سوروف، خارخسک و توق (*Xanthium strumarium* L.) را علف‌های هرز غالب در مزارع لوبیا گزارش کردند (Ghomri & Ahmadvand, 2013). در برنامه‌ریزی برای مدیریت علف‌های هرز در هر منطقه، آگاهی از گونه و فراوانی فلور آن‌ها بسیار مهم است، البته باید توجه داشت که فلور و فراوانی علف‌های هرز در یک منطقه ثابت باقی نمی‌ماند و همواره احتمال هجوم علف‌های هرز جدید وجود دارد. ماجور و همکاران (Major et al., 2005) اظهار کردند که فلور علف‌های هرز با ویژگی‌های گیاهان زراعی، گونه گیاهی، شرایط اقلیمی و نظام کشت مرتبط است.

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر ساده تیپ رشدی و مدیریت علف هرز و اثر متقابل آن‌ها بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری گل‌دهی و برداشت نهایی لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز و تیپ رشدی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در مراحل گل‌دهی و برداشت نهایی لوبیا

Table 3- Analysis of variance of the effects of weed management methods and growth type at weed density and weed dry weight at flowering and harvesting stages

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares			
		تراکم علف‌های هرز Weed density		وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight	
		مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله برداشت Harvesting stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله برداشت Harvesting stage
بلوک Block	2	10.66	28.59	51.36	141.58
مدیریت علف هرز Weed management (WM)	6	1500.19**	1074.30**	929.37**	1008.21**
تیپ رشدی Growth type (GT)	1	64.38**	4.07**	110.006**	1249.90**
WM × GT	6	232.38**	330.00**	113.43**	129.54**
خطا Error	26	24.20	21.84	84.22	41.36
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		16.37	12.86	17.60	13.61

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

** Significant at 1% of probability level.

نتایج مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز در مرحله گل‌دهی نشان داد که در هر دو رقم بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). کمترین تراکم علف‌های هرز در رقم نگین (۱/۲ بوته در مترمربع) در تیمار تریفلورالین + وجین مشاهده شد و بیشترین تراکم (۶۱/۳۲ بوته در مترمربع) علف هرز مربوط به شاهد بدون وجین بود. در بین تیمارهای مقادیر توصیه شده علف‌کش بنتازون نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد؛ به‌طوری‌که کمترین تراکم علف هرز (۱۲ بوته در مترمربع) در تیمار مصرف بنتازون ۱۰۰ درصد توصیه شده بود. تراکم علف‌های هرز در مرحله گل‌دهی در رقم صدری نیز اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴). در بین مقادیر علف‌کش بنتازون، کمترین تراکم علف هرز (۱۲ بوته در مترمربع) در رقم صدری در تیمار ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده علف‌کش بنتازون مشاهده شد. با توجه به نتایج در تیمار تریفلورالین + وجین، علف هرز مشاهده نشد.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیپ رشدی و تیمار مدیریت علف‌های هرز بر تراکم علف‌های هرز در مرحله برداشت نهایی لوبیا نشان داد که بین تیمارهای مدیریت علف هرز اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). شاهد بدون وجین

بیشترین تراکم علف هرز (۵۸/۴ بوته در مترمربع در رقم نگین و ۳۳/۳۲ بوته در مترمربع در رقم صدری) علف هرز را داشت و با اعمال تیمارهای آزمایش، تراکم علف هرز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در کاربرد پس‌رویشی بنتازون با ۵۰ درصد مقدار توصیه شده آن، بیشترین تراکم علف هرز (۳۳/۸ بوته در مترمربع در رقم نگین و ۲۶ بوته در مترمربع در رقم صدری) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد بدون وجین داشت.

همچنین، کاربرد پیش‌کاشت علف‌کش تریفلورالین به‌تنهایی کارایی کمتری در کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد تلفیقی تریفلورالین + مرحله وجین داشت. با کاهش مقادیر مصرفی علف‌کش بنتازون، کاهش تراکم علف هرز کمتر بود؛ امّا بین تیمارهای مصرف علف‌کش بنتازون اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تراکم علف‌های هرز در مقادیر ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده علف‌کش بنتازون به‌ترتیب ۳۳/۸۰، ۲۶/۶۴ و ۲۱/۳۲ بوته در مترمربع در رقم نگین بود. کمترین تراکم علف هرز در بین تیمارهای مدیریت علف هرز در تیمار مالچ کلشی و بنتازون ۱۰۰ درصد توصیه شده به‌ترتیب به‌مقدار ۵/۴ و ۹/۴۲ بوته در مترمربع مشاهده شد، در حالی‌که بین تیمارهای کاربرد تریفلورالین و بنتازون ۵۰ درصد توصیه شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

به‌طور کلی، مصرف بنتازون در مقدار توصیه شده آن منجر به کاهش ۶۳/۴۹ درصدی تراکم علف هرز در رقم نگین و کاهش ۷۲/۰۲ درصدی تراکم در رقم صدری نسبت به شاهد بدون وجین شد که این اختلاف‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیپ رشدی لوبیا و تیمارهای مدیریت علف‌های هرز نشان داد که در مرحله گل‌دهی کمترین وزن خشک علف‌های هرز در رقم نگین (۲/۲۰ گرم در مترمربع) در تیمار تریفلورالین + وجین مشاهده شد که با سایر تیمارهای مدیریت علف هرز اختلاف معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج، در رقم صدری نیز با اعمال تیمار تریفلورالین + وجین علف هرزی مشاهده نشد؛ بنابراین وزن خشک علف هرز در این مرحله صفر بود. در بین تیمارهای مقادیر علف‌کش بنتازون، کمترین وزن خشک علف‌های هرز به‌مقدار ۱۲/۵۶ و ۱۱/۴ گرم در مترمربع به‌ترتیب در رقم نگین و صدری در تیمار ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده بنتازون مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴). بیشترین وزن خشک علف‌های هرز به‌مقدار ۳۰/۴۸ گرم در مترمربع در رقم نگین و ۲۵/۰۴ گرم در مترمربع در رقم صدری در شاهد بدون وجین مشاهده شد (جدول ۴) که این تیمار بیشترین تراکم علف هرز را داشتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله برداشت نهایی نشان داد که بین تیمارهای مدیریت علف هرز در رقم نگین اختلاف معنی‌دار است (جدول ۴). کمترین وزن خشک علف‌های هرز در رقم نگین (۶/۶۰ گرم در مترمربع) در تیمار مالچ کلشی مشاهده شد. بین تیمارهای مصرف مقادیر ۵۰ درصد و ۷۵ درصد علف‌کش بنتازون، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و بیشترین وزن خشک علف هرز نیز در شاهد بدون وجین به‌مقدار ۵۶/۹۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۴). وزن خشک علف‌های هرز در مرحله برداشت نهایی در رقم صدری نیز اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴). با اعمال تیمارهای مدیریت علف هرز وزن خشک علف هرز نسبت به شاهد بدون وجین کاهش یافت. در بین مقادیر علف‌کش بنتازون، کمترین وزن خشک علف هرز (۲۵/۴۸ گرم در مترمربع) در رقم صدری در تیمار ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده علف‌کش بنتازون مشاهده شد. در همه مقادیر کاربرد علف‌کش بنتازون با کاهش مقدار مصرفی علف‌کش، وزن خشک علف‌های هرز افزایش یافت. مصرف بنتازون ۱۰۰ درصد منجر به کاهش ۴۸/۱۱ درصدی وزن خشک علف هرز در رقم نگین و کاهش ۶۸/۹۰ درصدی وزن خشک علف هرز در رقم صدری نسبت به شاهد بدون وجین شد (جدول ۴).

نتایج اثر تیمارهای مدیریتی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نشان‌دهنده کنترل مناسب علف‌های هرز در تیمار مالچ کلشی نسبت به شاهد بدون وجین در هر دو رقم لوبیا چیتی است (جدول ۴). پوشش مناسب سطح خاک با یک مالچ مناسب می‌تواند باعث کاهش جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز، افزایش رشد و قدرت رقابت گیاه زراعی شود. تأثیر مالچ کلشی گندم در کاهش تراکم و وزن خشک علف هرز بهتر از کاربرد بنتازون ۱۰۰ درصد بود. به‌طور کلی، کنترل علف‌های هرز در تیمارهای مالچ کلشی، بنتازون ۱۰۰ درصد و تریفلورالین + وجین نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. در تیمارهای مدیریت تلفیقی علف‌های هرز سیب زمینی، کمترین تراکم علف‌های هرز در تیمارهایی مشاهده شد که در آن از مالچ پلاستیکی سیاه استفاده شد (Mojaddam et al., 2014). زارع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014) اظهار داشتند که تیمار مالچ، کنترل مناسبی بر علف‌های هرز پهن برگ مزارع زعفران (*Crocus sativus*) داشت، امّا علف‌های هرز باریک‌برگ از میان پوشش مالچ خارج شده و کنترل کمتری بر علف‌های هرز باریک‌برگ داشت. مطالعات دیگری نشان داد که بقایای جو قادر به فرونشانی علف‌های هرز بودند و از جوانه‌زنی

علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ جلوگیری کرد (Ram et al., 2016). همچنین، نتایج نشان داد که کاربرد پس‌رویشی مقادیر علف‌کش بنتازون سبب کاهش تراکم علف هرز نسبت به شاهد بدون وجین شد (جدول ۴). در آزمایشی دیگر نیز کاربرد پس‌رویشی علف‌کش بنتازون سبب کاهش معنی‌دار جمعیت علف‌های هرز و کاهش ۸۵ درصدی وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با شاهد بدون کنترل علف هرز شد (Mousavi et al., 2018). نتایج نشان داد که با کاهش مقدار مصرف علف‌کش بنتازون، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در مراحل نمونه‌برداری افزایش یافت. بهگام و همکاران (Behgam et al., 2017) در بررسی اثر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز گیاه لوبیا چیتی گزارش کردند که تراکم علف‌های هرز تحت تأثیر مقادیر مصرف علف‌کش ایمازتاپیر و نوع مدیریت می‌باشد و با کاهش مقدار مصرف علف‌کش، تراکم علف‌های هرز در زمان گل‌دهی لوبیا افزایش یافت. فرجی و امیری (Faraji & Amiri, 2010) مشاهده کردند که بیشترین و کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز به‌ترتیب به تیمار کاربرد علف‌کش تریفلورالین و بنتازون مربوط بود. پژوهش‌های انجام شده در کشور در مورد روش‌های کنترل علف‌های هرز حبوباتی هم‌چون نخود و عدس گویای این واقعیت است که در این حال، مؤثرترین روش مهار علف‌های هرز این گیاهان وجین دستی می‌باشد (Malek Maleki et al., 2013). نباتی و همکاران (Nabati et al., 2023) در بررسی تیمارهای مدیریت علف هرز نخود اظهار داشتند که کاربرد علف‌کش لینورون به‌صورت اختلاط همزمان با کاشت و عملیات کولتیواتور، مناسب‌ترین تیمار از نظر کنترل علف‌های هرز در نخود بودند.

به‌طور کلی، در هر دو مرحله از نمونه‌برداری، تراکم علف‌های هرز رقم صدری نسبت به رقم نگین کمتر بود (جدول ۴). ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع، تعداد و سطح برگ در افزایش توان رقابتی بسیار مهم هستند. در پژوهشی مشخص شد که در بین دو رقم، رقم صدری به‌دلیل رشد نامحدود بودن، ارتفاع بیشتر، تعداد برگ بیشتر پوشش بهتری بر سطح زمین داشت؛ بنابراین نسبت به رقم نگین، توان رقابتی بیشتری با علف هرز داشت (Ghasemi Arimi et al., 2022). بالا بودن تراکم علف‌های هرز در اوایل فصل رشد به‌دلیل عدم کامل شدن کانوپی ارقام لوبیا چیتی می‌باشد. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از اختلاف بین ارقام مختلف زراعی در توانایی رقابت با علف‌های هرز و مهار آن‌ها حتی بدون استفاده از علف‌کش می‌باشد (Soheili, 2013). باقری و همکاران (Bagheri et al., 2018) بیان داشتند در تیمارهایی که رقم رونده لوبیا استفاده شد، به‌دلیل قدرت پوشانندگی بالاتر، وزن خشک علف‌های هرز کاهش بیشتری نشان داد. در یک مطالعه با بررسی رقابت ارقام رشد محدود و رشد نامحدود لوبیا با علف‌های هرز، مشاهده شد که ارقام رشد نامحدود نسبت به ارقام رشد محدود وزن خشک علف‌های هرز را حدود ۱۰ تا ۳۵ درصد بیشتر کاهش دادند؛ همچنین در ارقام رشد نامحدود تعداد غلاف، تعداد بذر در غلاف و وزن هزار دانه کاهش یافت (Lak et al., 2005). بررسی صفات فیزیولوژیکی نشان داد که ژنوتیپ‌های رونده و رشد نامحدود لوبیا (ارقام ناز و گلی) نسبت به ژنوتیپ‌های ایستاده و رشد محدود (ارقام اختر و درخشان) در برابر علف‌های هرز رقابت‌کننده‌های قوی‌تری بودند (Mehraban, 2018).

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل مدیریت علف هرز و تیپ رشدی لوبیا چیتی بر کلروفیل *a* و *b* در سطح احتمال یک درصد و کلروفیل کل و کارتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای مدیریت علف هرز بر محتوی کلروفیل اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در هر دو رقم نگین (به‌ترتیب ۴/۶۱، ۲/۴۳ و ۷/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و صدری (به‌ترتیب ۴/۰۸، ۳/۱۱ و ۷/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شاهد عاری از علف هرز مشاهده شد و کمترین مقدار در هر دو رقم مربوط به شاهد بدون وجین بود. تیمارهای مالچ کلشی، مصرف مقدار ۱۰۰ درصد توصیه شده بنتازون و شاهد با وجین اختلاف معنی‌داری از نظر محتوی کلروفیل a در رقم نگین نداشتند. همچنین، در رقم صدری محتوی کلروفیل a در تیمارهای تریفلورالین + وجین، مالچ کلشی و مقادیر توصیه شده علف‌کش بنتازون با شاهد با وجین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز، تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی بیشترین اثر را در کاهش مقدار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در هر دو رقم داشت؛ به‌طوری‌که مقدار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل تحت تأثیر تیمار تریفلورالین در رقم نگین به‌ترتیب ۳/۳۶، ۱/۷۷ و ۵/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در رقم صدری به‌ترتیب ۳/۲۲، ۲/۳۵ و ۵/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۶).

جدول ۴- اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز و تیپ رشدی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در مراحل گل‌دهی و برداشت نهایی لوبیا

Table 4- The effect of weed management methods and growth type on weed density and weed dry weight at flowering and harvesting stages

تیپ رشدی Growth type	مدیریت علف هرز Weed management	تراکم علف‌های هرز (تعداد در مترمربع) Weed density ($no.m^{-2}$)		وزن خشک علف‌های هرز (گرم در مترمربع) Weed dry weight ($g.m^{-2}$)	
		مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله برداشت Harvesting stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله برداشت Harvesting stage
رشد محدود (نگین) Determinate growth (Negin)	تریفلورالین Trifluralin	18.40 c*	29.6 c	21.76 b	19.32 c
	ترفلورالین+ وجین دستی Trifluralin + hand weeding	1.2 f	21.40 e	2.20 f	11.96 d
	مالچ کلشی Mulch	6.64 e	7.32 f	7.80 e	6.60 f
	بنتازون ۵۰ درصد Bentazon 50%	25.32 b	33.80 b	20.00 bc	23.12 b
	بنتازون ۷۵ درصد Bentazon 75%	21.32 bc	26.64 d	18.48 c	22.48 b
	بنتازون ۱۰۰ درصد Bentazon 100%	12.00 d	21.32 e	12.56 d	10.92 e
	شاهد بدون وجین Without weed control	61.32 a	58.40 a	30.48 a	52.96 a
رشد نامحدود (صدری) Indeterminate growth (Sadri)	تریفلورالین Trifluralin	16.00 c	18.64 c	17.16 b	31.40 bc
	ترفلورالین+ وجین دستی Trifluralin + hand weeding	0 f	14.64 d	0 f	19.16 f
	مالچ کلشی Mulch	1.32 e	5.4 f	2.64 b	8.48 g
	بنتازون ۵۰ درصد Bentazon 50%	30.64 b	26.00 b	16.84 c	33.56 b
	بنتازون ۷۵ درصد Bentazon 75%	13.32 cd	15.20 d	13.00 d	28.40 d
	بنتازون ۱۰۰ درصد Bentazon 100%	12.00 d	9.32 e	11.40 d	25.48 e
	شاهد بدون وجین Without weed control	33.32 a	33.32 a	25.04 a	35.12 a

* هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* In each column, the presence of at least one similar letter indicates no significant difference

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز و تیپ رشدی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد لوبیا چیتی

Table 5- Variance analysis of the effects of weed management methods and growth type on photosynthetic pigments and yield of pinto beans

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Means of squares				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل *b* Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid	عملکرد دانه y Seedield
بلوک Block	2	0.00	0.00	0.00	0.00	67.40
مدیریت علف هرز Weed management (WM)	7	0.72**	0.30**	1.42**	0.05*	14685.37**
تیپ رشدی Growth type (GT)	1	0.57**	1.78**	0.34*	0.01*	28503.15**
WM × GT	7	0.10**	0.31**	0.11*	0.05*	138.76**
خطا Error	30	0.01	0.06	0.04	0.01	22.98
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.69	11.93	3.39	14.21	3.24

* و **: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

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

کنترل علف‌های هرز با کاربرد مالچ کلشی اثر مطلوبی بر مقدار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل نسبت به سایر تیمارهای مدیریت علف‌های هرز داشت و بیشترین مقدار در دو رقم نگین و صدری نسبت به سایر تیمارهای مدیریت علف‌های هرز مشاهده شد که با شاهد بدون وجین اختلاف معنی‌دار داشتند. محتوای کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در رقم نگین به‌ترتیب ۴۳/۵۴، ۱۲/۷۲ و ۳۲/۵۱ درصد و در رقم صدری به‌ترتیب ۲۸/۱۲، ۹۴/۸۷ و ۵۰/۳۲ درصد نسبت به شاهد بدون وجین افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که در همه مقادیر کاربرد علف‌کش بنتازون با کاهش مقادیر توصیه شده علف-کش مقدار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در برگ دو رقم لوبیا چیتی کاهش یافت (جدول ۶).

شاهد بدون وجین، بیشترین مقدار کاروتنوئید در رقم نگین (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و در رقم صدری (۰/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را موجب شد، درحالی‌که کمترین مقدار کاروتنوئید در رقم نگین (۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و صدری (۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شاهد عاری از علف هرز مشاهده شد. در بررسی میزان کاروتنوئید در رقم نگین بین تیمارهای تریفلورالین + وجین، مالچ کلشی، بنتازون ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، تیمارهای تریفلورالین + وجین، بنتازون ۷۵ و ۱۰۰ درصد از نظر مقدار کاروتنوئید در رقم صدری نیز با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

بر اساس نتایج، کمترین و بیشترین غلظت کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل در رقم نگین و صدری به‌ترتیب مربوط به شاهد بدون وجین و شاهد با وجین بود. در بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز، تیمار مالچ کلشی بیشترین مقدار این صفات را در هر دو رقم داشت. میزان کلروفیل در گیاه به قابلیت دسترسی نیتروژن خاک و توانایی جذب نیتروژن وابسته است. بنابراین، با کاهش رقابت بین علف‌های هرز و گیاه زراعی میزان نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه زراعی قرار می‌گیرد و کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (Wu et al., 2007). مقدار زیادی از کلروفیل *b* برداشت‌کننده نور در فتوسیستم II قرار دارد، در شرایط تنش، کمپلکس برداشت‌کننده نور بیشتر آسیب می‌بیند که باعث کاهش شدید کلروفیل *b* در کلروپلاست خواهد شد؛ کاهش شدت نور باعث کاهش مقدار نیتروژن در برگ می‌شود. بنابراین، با افزایش رقابت بین گیاه زراعی و علف هرز، میزان نور قابل دسترس برای گیاه زراعی کاهش می‌یابد؛ با کاهش مقدار نور، مقدار نیتروژن نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه، مقدار کلروفیل برگ نیز کاهش می‌یابد (Mehraban, 2018). در این پژوهش، وجود علف‌های هرز در مزرعه موجب شد تا رقابت برای دریافت نور و مواد غذایی بین علف‌های هرز و لوبیا چیتی افزایش یابد و این

امر موجب کاهش غلظت کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل در برگ‌های دو رقم لوبیا چیتی شد (جدول ۶). نتایج نشان داد که با کنترل علف‌های هرز (جدول ۴) و کاهش مقدار رقابت بین لوبیا چیتی و علف‌های هرز مقدار کلروفیل در دو رقم لوبیا نسبت به شاهد بدون کنترل علف هرز افزایش یافت. نتایج پژوهشی نشان داد که با افزایش یولاف وحشی، میزان کلروفیل برگ پرچم گندم کاهش یافت و بیشترین میزان کلروفیل در تراکم صفر بوته یولاف وحشی مشاهده شد (Sorkhi, 2016). حضور علف‌های هرز در رقابت با ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (گلی و لاین D81083) سبب کاهش غلظت کلروفیل برگ رقم گلی در شرایط فشار رقابتی زیاد شد (Ghatari & Roozbahani, 2015). همچنین بررسی رقابت لوبیا و علف‌های هرز نشان داد که افزایش تراکم گیاهان باعث کاهش کلروفیل کل گیاه لوبیا شد (Amini et al., 2014). علف‌های هرز مستقیماً آب و عناصر غذایی خاک را تخلیه می‌کنند. محدودیت ایجاد شده محتوای کلروفیل برگ و کارایی فتوسنتزی گیاه زراعی را به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Fawad et al., 2022). محتوای کمتر کلروفیل در گیاهانی که با علف‌های هرز رقابت می‌کنند؛ می‌تواند به‌دلیل کاهش عناصر غذایی و رطوبت در دسترس و در نهایت، تنش ایجاد شده باشد (Yao et al., 2005).

در گیاهان تحت تأثیر تنش محتوی کارتنوئید تغییر می‌کند. در این پژوهش نیز عدم کنترل علف هرز در برخی از تیمارها باعث رقابت شدید بین بوته‌های لوبیا چیتی و علف‌های هرز شد و گیاه لوبیا چیتی دچار تنش شد. به همین دلیل، در هر دو رقم مقدار کاروتنوئید در شرایط رقابت با علف‌های هرز بیشتر از کنترل کامل علف‌های هرز بود. کاروتنوئید جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی محسوب می‌شوند، بنابراین در زمان تنش میزان آن در گیاهان بالاتر است (Telesiski et al., 2008). تداخل علف‌های هرز و مصرف علف‌کش‌ها در گیاهان باعث تحریک سنتز مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به تنش می‌شوند (Harre et al., 2018). القای سنتز کاروتنوئید در شرایط تنش می‌تواند به‌علت نقش حفاظتی آن‌ها در تشکیلات فتوسنتزی باشد. تغییرات در مقدار کاروتنوئید توسط محققین متعددی گزارش شده است (Nouralizadeh et al., 2020).

عملکرد دانه

عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت اثر متقابل مدیریت علف هرز و تیپ رشدی لوبیا قرار گرفت و اثر متقابل تیپ رشدی لوبیا و تیمارهای مدیریت علف‌های هرز بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه در شاهد با وجین مشاهده شد. در بین دو رقم، رقم صدری (۲۴۲۶/۰۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رقم نگین (۱۹۵۷/۱۱ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه بیشتری داشت. در بین تیمارهای مدیریت علف هرز، بیشترین عملکرد دانه در هر دو رقم نگین و صدری (به‌ترتیب ۱۸۲۵/۶ و ۲۲۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار مالچ کلشی مشاهده شد. در هر دو رقم عملکرد دانه در تیمارهای تریفلورالین + وجین و بنتازون ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). عدم کنترل علف هرز باعث کاهش ۶۲/۵۲ و ۵۲/۰۸ درصدی عملکرد دانه به‌ترتیب در رقم نگین و صدری نسبت به شاهد عاری از علف هرز شد. کمترین مقدار عملکرد دانه در رقم نگین (۷۴۳/۴۰ کیلوگرم در هکتار) و صدری (۱۱۵۲/۳۲ کیلوگرم در هکتار) در شاهد بدون وجین مشاهده شد. استفاده از تریفلورالین به‌تنهایی در کنترل علف‌های هرز لوبیا مؤثر نبود و عملکرد گیاه زراعی در این علف‌کش از تیمار تلفیقی تریفلورالین + وجین کمتر شد. همچنین، بین مقادیر مصرف شده علف‌کش بنتازون، بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده بنتازون مشاهده شد و بین مقادیر ۵۰ و ۷۵ درصد توصیه شده بنتازون، اختلاف معنی‌داری در دو رقم لوبیا چیتی مشاهده نشد (شکل ۱).

عملکرد دانه لوبیا تابع فعالیت‌های فیزیولوژیکی است و روند کاهش عملکرد را می‌توان به سایه‌انداز علف‌های هرز، ریزش گل‌ها به‌دلیل وجود رقابت و کاهش اجزای عملکرد نسبت داد. به نظر می‌رسد که با استفاده از روش‌های کنترل علف هرز (مالچ کلشی، بنتازون ۱۰۰ درصد و تریفلورالین + وجین) به‌دلیل کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز (جدول ۴)، قدرت رقابتی بوته‌های لوبیا چیتی در مقابل علف‌های هرز افزایش می‌یابد و عملکرد دانه گیاه افزایش می‌یابد. قابل ذکر است که استفاده از تیمارهای مالچ باعث کاهش تلفات رطوبت می‌شود و افزایش کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ساقه به دانه را در پی دارد و در نهایت، منجر به افزایش عملکرد محصول می‌شود (Behgam et al., 2017; Ghatari et al., 2019). همچنین بیشتر بودن عملکرد دانه رقم صدری نسبت به رقم نگین را می‌توان به‌علت رشد نامحدود بودن و عادت رشدی رونده آن دانست. ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع، تعداد و سطح برگ در افزایش توان رقابتی بسیار مهم هستند. حیدری و همکاران (Heydari et al., 2014) گزارش کردند که تیمار علف‌کش تریفلورالین +

یک‌بار وجین دستی سبب کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز و افزایش عملکرد لوبیا شد. قطاری و همکاران (Ghatari et al., 2019) نیز با بررسی اثر مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مزارع لوبیا نشان دادند که تلفیق روش کولتیواسیون و کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر، با کاهش وزن خشک علف‌های هرز، افزایش عملکرد لوبیا حاصل گردید.

تیمار مالچ‌پاشی گندم ۲۵ روز پس از کاشت گیاه ماش، عملکرد دانه (۱۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) را نسبت به تیمار بدون مالچ (۱۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) و تیمار مالچ‌پاشی در زمان کاشت (۱۳۶۴ کیلوگرم در هکتار) افزایش داد (Ram et al., 2016).

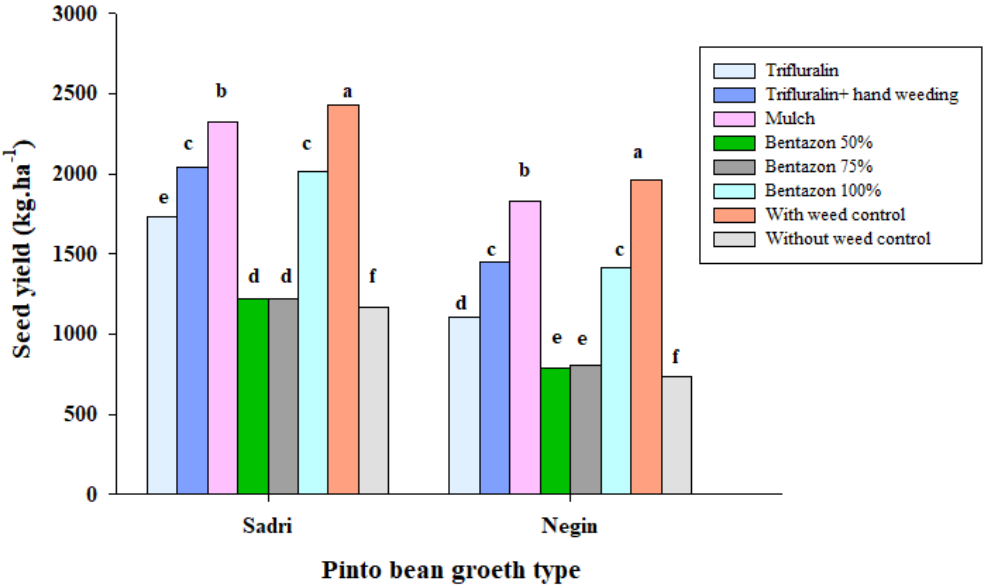
جدول ۶- اثر مدیریت علف‌های هرز و تیپ رشدی بر رنگیزه‌های لوبیا چیتی

Table 6- The effect of weed management methods and growth type on photosynthetic pigments of pinto beans

تیپ رشدی Growth type	تیمار Treatment	کلروفیل *a* (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل *b* (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم) Carotenoid ($mg.g^{-1}$)
رشد محدود (نگین) Determinate growth (Negin)	تریفلورالین Trifluralin	3.36 d	1.77 e	5.13 e	0.39 b
	تریفلورالین + وجین دستی Trifluralin+ hand weeding	4.14 b	1.87 c	6.01 cd	0.33 d
	مالچ کلشی Mulch	4.45 a	1.95 b	6.4 b	0.32 d
	بنتازون ۵۰ درصد Bentazon 50%	3.95 c	1.84 d	5.84 d	0.36 c
	بنتازون ۷۵ درصد Bentazon 75%	4.13 b	1.84 d	5.97 d	0.33 d
	بنتازون ۱۰۰ درصد Bentazon 100%	4.30 a	1.89 c	6.19 c	0.32 d
	شاهد با وجین With weed control	4.61 a	2.43 a	7.04 a	0.29 e
	شاهد بدون وجین Without weed control	3.10 e	1.73 f	4.83 f	0.41 a
رشد نامحدود (صدری) Indeterminate growth (Sadri)	تریفلورالین Trifluralin	3.22 c	2.35 d	5.57 e	0.34 b
	ترفلورالین+ وجین دستی Trifluralin+ hand weeding	3.57 b	2.78 c	6.75 b	0.31 c
	مالچ کلشی Mulch	4.01 a	3.04 b	7.05 a	0.30 d
	بنتازون ۵۰ درصد Bentazon 50%	3.99 a	2.05 e	6.28 d	0.35 b
	بنتازون ۷۵ درصد Bentazon 75%	4.00 a	2.28 d	6.28 c	0.31 c
	بنتازون ۱۰۰ درصد Bentazon 100%	4.00 a	2.87 c	6.87 b	0.31 c
	شاهد با وجین With weed control	4.08 a	3.11 a	7.19 a	0.28 e
	شاهد بدون وجین Without weed control	3.13 d	1.56 f	4.69 f	0.37 a

* هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* In each column, the presence of at least one similar letter indicates no significant difference



شکل ۱- اثر مدیریت علف‌های هرز و تیپ رشدی بر عملکرد دانه لوبیا چیتی

Fig. 1- The effect of weed management methods and growth type on seed yield of pinto beans

هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

In each column, the presence of at least one similar letter indicates no significant difference.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که علف‌های هرز از طریق رقابت بر سر منابع رشد، اثر نامطلوبی بر عملکرد دانه دو رقم لوبیا چیتی دارند. کاربرد تیمار علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین که علف‌های هرز را فقط در مراحل ابتدایی رشد کنترل می‌کنند به‌تنهایی نمی‌تواند به‌عنوان روش کنترلی مناسبی برای علف‌های هرز مزرعه لوبیا چیتی باشد. درحالی‌که تیمار تلفیقی علف‌کش تریفلورالین + وجین در کنترل علف‌های هرز، کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز مؤثر بود. همچنین، در تیمارهایی که از مقادیر کاهش یافته علف‌کش بنتازون استفاده شد؛ درصد کمتری از علف‌های هرز نسبت به کاربرد مقدارتوصیه شده بنتازون کنترل شدند. در اکثر صفات مورد بررسی در این آزمایش، در میان تیمارهای مدیریت علف هرز تیمار بنتازون ۱۰۰ درصد و مالچ کلشی و در میان ارقام، رقم صدری نسبت به نگین برتر بود. رقم صدری نسبت به رقم نگین عملکرد دانه بالاتری را دارا بود. در صورت شناسایی ارقام لوبیا با توان رقابتی بالا در برابر جمعیت علف هرز یک منطقه، نیاز به استفاده از علف‌کش‌ها خصوصاً در اوایل فصل رشد کاهش خواهد یافت. البته ارقام مورد نظر بایستی ابتدا از نظر سازگاری به شرایط منطقه و حصول عملکرد قابل قبول مورد ارزیابی قرار گیرند. در نتیجه، در کنار روش‌های کنترل شیمیایی می‌توان از روش زراعی نیز جهت کنترل علف‌های هرز استفاده کرد که باعث کاهش مصرف علف‌کش‌ها در اکوسیستم‌های زراعی می‌شود و این امر از اهداف مدیریت تلفیقی علف‌های هرز می‌باشد که در راستای کاهش آلودگی محیط زیست و کشاورزی پایدار است.

References

Agha Alikhani, M., Yadvi, A.R., & Modaress Sani, A.M. (2014). The critical period of the control of the bean weed in pinto bean. *Science Journal of Agriculture*, *28*(1), 13-23. (In Persian with English Abstract)

Amini, R., Alizadeh, H., & Yousefi, A. (2014). Interference between red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *European Journal of Agronomy*, *60*, 13-21. https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.07.002

Bagheri, A., Rahimian, H., & Oveisi, M. (2018). The Effect of interaction between imazethapyr herbicide dose and bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*) on weed control. *Journal of Plant Protection*, *32*(10), 1-9. https://doi.org/10.22067/jpp.v32i1.42750

Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.C., Prieur, L., & Justes E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain

legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Agriculture, 35*, 911-935. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7

Behgam, M., Amini, R., & Dabagh Mohammadi Nesab, A. (2017). The effect of integrated weed management methods on yield and yield components of pinto bean. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23*(4), 175-190. (In Persian with English Abstract)

Datta, A., Sindel, B.M., Jessop, R.S., Kristiansen, P., & Felton, W.L. (2007). Phytotoxic response and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes with pre-emergence application of isoxaflutole. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 47*, 1460- 1467. https://doi.org/10.1071/EA07036

FAO. Statistical Pocketbook. (2022). FAOSTAT database. http://faostat. fao.Org.

Faraji, H., & Amiri, K. (2010). Comparison of different chemical herbicides to control of broad leaf weeds of common bean in Yasouj, Kohgiloyeh and Boyerahmad province. *Iranian Journal of Pulses Research, 1*(2), 123-130. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v1i2.9142

Fawad, M., & Khan, M.A. (2022). Impact of irrigation timing and weed management practices on chlorophyll content and morphological traits of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Gesunde Pflanzen, 74*, 317–332. https://doi.org/10.1007/s10343-021-00611-0

Ghasemi Arimi, I., Zaefarian, F., Golmohammadzadeh, S., & Abbasi, R. (2023). Reaction of two growth types of pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to weed management. *Crop Production, 16*(1), 201-220. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2023.20736.2544

Ghatari, A.S., & Roozbahani, A. (2015). Chemical and mechanical weed control methods and their effects on photosynthetic pigments and grain yield of kidney bean. *Journal of Crop Ecophysiology, 9*(3), 461-476. (In Persian with English Abstract)

Ghatari, A.S., Roozbahani, A., & Yaghoobi, S.R. (2019). Integration of mechanical and chemical methods in red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) weeds management. *Journal of Plant Ecophysiology, 11*(39), 58-70. (In Persian with English Abstract)

Ghomri, H., & Ahmadvand, G. (2013). Effect of different periods of interference and weed control on height, yield and yield components of red bean. *Journal of Crop Production and Processing, 3*(9), 71-79. (In Persian)

Harre, N.T., Nie, H., Jiang, Y., & Young, B.G. (2018). Differential antioxidant enzyme activity in rapid-response glyphosate-resistant *Ambrosia trifida*. *Pest Management Science, 74*, 2125-2132. https://doi.org/10.1002/ps.4909

Heydari, S., Sajdi, N.A., & Madani, M.J. (2014). 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 Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i2.32271

Lak, M.R., Dorri, H.R., Ramazani, M.K., & Hadizadeh, M.H. (2005). Determination of the critical period of the weed control of pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Science and Technology of Agriculture, 9*(3), 161-168. (In Persian with English Abstract)

Mahmood, A., Ihsan, M.Z., Khaliq, A., Hussain, S., Cheema, Z.A., Naeem, M., Daur, I., Hussain, H.A., & Alghabari, F. (2015). Crop residues mulch as organic weed management strategy in maize. *Clean Soil Air Water, 43*, 317-324. https://doi.org/10.1002/clen.201500155

Major, G., Ditommaso, A., Lehmann, G., & Falcaob, N.P.S. (2005). Weed dynamics on Amazonian Dark Earth and adjacent soil of Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 11*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.019

Malek Maleki, F., Majnonhoseini, N., & Alizade, H. (2013). A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. *Electronic Journal of Crop Production, 6*(2), 135-148. (In Persian with English Abstract)

Manoli, G., Huang, C.W., Bonetti, S., Domec, J.C., Marani, M., & Katul, G. (2017). Competition for light and water in a coupled soil-plant system. *Advances in Water Resources, 108*, 216-230. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.08.004

Mehraban, A. (2018). Evaluation of competitive ability and performance of some bean cultivars in interference with weeds. *Journal of Plant Ecophysiology, 37*, 106-95. (In Persian)

Mojaddam, M., Shokohfar, A.R., Derogar, N., & Bandani, M. (2016). The effect of weed control period and nitrogen rate on yield and yield components of cowpea. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 12*(2), 47-55. (In Persian with English Abstract)

Mousavi, K., Nazari Alam, J., & Nazarai, S. (2018). Investigating the effectiveness of the mixture of fomsafen, bentazone and acifluorfen herbicides to control bean weeds in Lorestan. *Iranian Journal of Pulses Research, 2*(2), 35-46. (In Persian with English Abstract)

Nabati, J., Hasanfard, A., & Rastgoo, M. (2023). Can different sowing dates affect weed control efficacy and chickpea yield? *Journal of Crop Protection*, *12*(2), 127-139.

Noralizadeh Otaghsara, M., Nakhzari Moghadam, A., Gholamalipour Alamdari, E., Mollashahi, M., & Rameah, V. (2020). Effect of row spacing and herbicide application on weed control, photosynthetic pigments and rapeseed grain and oil yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, *14*(30), 447-464. (In Persian with English Abstract)

Porra, R.J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, *73*, 149-156. https://doi.org/10.1023/A:1020470224740

Ram, H., Singh, G., & Aggarwa, N. (2016). Effect of irrigation, straw mulching and weed control on growth, water use efficiency and productivity of summer mung bean. *Legume Research*, *39*(2), 284-288. https://doi.org/10.18805/LR.V39I2.9533

Robert, E., Nurse, L., Laura, L., Eerd, V., Richard, J.V., Shropshire, C., Soltani, N., & Sikkem, P.H. (2010). Weed control environmental impact and profitability with trifluralin plus reduced doses of imazethapyr in dry bean. *Crop Protection*, *29*, 364-368. https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2009.07.011

Soheili, F. (2013). The effect of growth type of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on the effectiveness of reduced concentrations of herbicide in controlling weeds. Master's Thesis. University of Zanjan, Zanjan, Iran. 137 pp.

Sorkhi, F. (2016). Grain yield and growth traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by interference with wild oat (*Avena ludoviciana* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, *10*(1), 19-34. (In Persian with English Abstract)

Telesinski, A., Nowak, J., Smolik, B., Dubowska, A., & Skrzyiec, N. (2008). Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean plants. *Journal of Elementery*, *13*, 401-409.

Wilson, R.G., Wicks, J.A.G.A., & Fenster, C.R. (2016). Weed control in field bean (*Phaseolus vulgaris*) in Western Nebraska. *Weed Science*, *13*, 295-299.

Wu, J., Wang, D., Rosen, C.J., & Bauer, M.E. (2007). Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. *Field Crops Research*, *101*, 96-103. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2006.09.014

Yao, S., Merwin, I.A., & Bird, G.W. (2005). Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. *Plant Soil*, *271*, 377-389.

Zare Hosseini, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., & Rahimi, H. (2014). Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus*) yield. *Saffron Agronomy and Technology*, *2*(1), 45-58. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2014.6185

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 75-91
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۹۱-۷۵
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.85616.1076

The Effect of Irrigation Interval and Different Doses of Zeolite on the Growth and Yield Indices on White Bean (*Phaseolus lanatus* L.)

Reza Rezvani[1]*, Mohammad Kafi[2]

Received: 29-11-2023
Revised: 23-01-2024
Accepted: 07-02-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Rezvani, R., & Kafi, M. (2024). Investigating the effect of irrigation interval and different doses of zeolite on the growth and yield indices on white bean (*Phaseolus lanatus* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 75-91. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.85616.1076

Introduction
The increasing demands for pulse crops and the lack of water resources in most parts of Iran, especially in dry areas, need to employ new strategies to increase water productivity of pulse crops. One of the new methods in managing water and soil resources is the use of zeolite as a storage tank, which prevents wastage and increases the efficiency of irrigation water particularly in light soils. The purpose of this research was to determine the effect of different amounts of zeolite and irrigation interval on growth and yield indices in Pak cultivar of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

Materials and Methods
This research was conducted in order to investigate the effect of different amounts of zeolite and irrigation interval on the growth and grain yield in Pak cultivar of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in a split plot design based on randomized complete block design with three replications in a farm located in the bojnord city - north Khorasan in the agronomic year 2023-2024. The study factors included 7, 10 and 13 days irrigation interval in the main plot and three levels of zeolite in the soil (0 (no use), 5 and 10 $t.ha^{-1}$) in the sub plots. Data were analyzed using SAS 9.4 statistical package and figures were drawn by Excel program. Mean comparison were arranged by least significant differences in the 95% probability.

Results and Discussion
The results revealed that the white bean plants attained their shortest height across all three irrigation levels when zeolite was not applied in the plots. Conversely, when a zeolite level of 10 $t.ha^{-1}$ was introduced, there was an observed increase of 18.15% in the number of nodes per plant compared to scenarios where no zeolite was utilized. The highest level of zeolite consumption caused an increase of 13.88% in the seed weight compared to the level of no zeolite consumption. The highest seed yield of 4651.5 $kg.ha^{-1}$was recorded in the 7 day irrigation interval and zeolite consumption of 10 $t.ha^{-1}$. The lowest amount of electrolyte leakage related to irrigation interval of 10 and 7 days and consumption of 10 $t.ha^{-1}$ of zeolite was 14.8 and 12.34%, respectively. The consumption of 10 $t.ha^{-1}$ of zeolite caused a 21% increase in protein compared to the non-use of zeolite in white beans, and with the increase of the irrigation frequency from 7 to 10 days, although the amount of seed protein decreased, it did not have a significant difference with the level of irrigation once every 7 days. And when the irrigation cycle reached once every 13 days, the amount of seed protein decreased significantly by 6.8% compared to the irrigation cycle once every 7 days. It was also found that the addition of 10 tons of zeolite per hectare to the soil caused a 41.5% decrease in the amount of proline in white bean leaves compared to the absence of zeolite. In this research, it was found t.hat the level of 10 $t.ha^{-1}$ the highest biological yield of 13475 $kg.ha^{-1}$ recorded and it increased by 29.2% compared to the no zeolite consumption. By reducing the irrigation interval to 10 and 7 days, with the increase of zeolite consumption, the harvest index increased, and in the meantime, the highest index related to the irrigation cycle of 7 days and zeolite consumption of 10 tons was 35.5%.

Conclusions

1 and 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
* Corresponding Author: reza.rezvani@mail.um.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

Based on the obtained results, it can be concluded that water stress resulted in a reduction in the growth characteristics and overall performance of white bean plants. The lowest values of parameters calculated in this research were observed at the level of no zeolite consumption and irrigation cycle of 13 days, and their highest values were observed at the level of zeolite of 10 $t.ha^{-1}$ and irrigation cycle of 7 days, which shows that Zeolite, help more water absorption and water return when the plant needs water, and increase the growth of different plant tissues and production of more products. Overall, it can be inferred that applying zeolite at a rate of 10 $t.ha^{-1}$, particularly in conjunction with a 7-day irrigation cycle, can optimize the yield and growth characteristics of white beans, specifically the Pak cultivar. However, we recommend further investigation into higher levels of zeolite application across various soil textures to enhance our understanding and refine cultivation practices.

Keywords: Electrolyte leakage, Legumes, Proline, Soil amendment, Superabsorbent

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۹۱-۷۵
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 75-91
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.85616.1076

مطالعه اثر دور آبیاری و مقادیر زئولیت بر شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.)

رضا رضوانی[1*]، محمد کافی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

چکیده

یکی از رویکردهای جدید در مدیریت منابع آب و خاک؛ استفاده از زئولیت به‌عنوان عامل حفظ رطوبت خاک و افزایش راندمان آب آبیاری است. بدین منظور آزمایشی برای بررسی اثر دور آبیاری و مقادیر مختلف زئولیت بر شاخص‌های رشد و عملکرد رقم پاک لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.)، به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بجنورد در سال زراعی ۰۲- ۱۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل دور آبیاری ۷، ۱۰ و ۱۳ روز به‌عنوان عامل اصلی و کاربرد سه سطح زئولیت در خاک (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که کمترین ارتفاع بوته در سطوح آبیاری در تیمار بدون زئولیت مشاهده شد. کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت، تعداد گره در بوته نسبت به سطح عدم مصرف زئولیت، افزایش معنی‌دار ۱۸/۱۵ درصد داشت. بالاترین سطح مصرف زئولیت سبب افزایش ۱۳/۸۸ درصد وزن ۱۰۰ دانه نسبت به عدم مصرف زئولیت شد. بیشترین عملکرد دانه (۴۶۵۱/۵ کیلوگرم در هکتار) در دور آبیاری هفت روز و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت مشاهده شد. کمترین نشت الکترولیت مربوط به دورهای آبیاری ۱۰ و ۷ روز و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌ترتیب به‌میزان ۱۴/۸ و ۱۲/۳۴ درصد بود. با کاهش فاصله آبیاری به ۱۰ و ۷ روز مشاهده شد که با افزایش مصرف زئولیت، شاخص برداشت افزایش یافت و در این بین، بیشترین شاخص مربوط به دور آبیاری هفت روز و مصرف زئولیت ۱۰ تن در هکتار به‌میزان ۳۵/۵ درصد بود. به‌طور کلی، می‌توان گفت که کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار به‌ویژه تحت اثر دور آبیاری هفت روز، می‌تواند منجر به تولید حداکثر عملکرد و ویژگی‌های رشدی لوبیا سفید گردد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خاک، پرولین، حبوبات، سوپرجاذب، نشت الکترولیت

مقدمه

حبوبات پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر هستند. این گیاهان متعلق به خانواده بقولات (Fabaceae) و زیر خانواده پروانه‌آسا (*Papilionoideae*) می‌باشند. حبوبات از مهم‌ترین منابع خوراکی هستند و با داشتن میزان مناسبی از پروتئین می‌توانند جایگزین پروتئین حیوانی در رژیم غذایی انسان و به‌ویژه اقشار کم درآمد شوند (Majnoon Hosseini, 2008). لوبیا به شرایط آب و خاک و کیفیت آن‌ها حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه مدت تنش صدمه می‌بیند (Keshavarznia et al., 2013). برنامه‌ریزی برای حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی، نیازمند به‌کارگیری تمهیدات خاص خود است. اعمال مدیریت صحیح، به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته به‌منظور حفظ ذخیره رطوبت و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک، از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه، بهبود بهره‌وری از منابع محدود آب است. کم آبیاری یک راهکار مطلوب برای تولید محصول در شرایط خشکی است. به‌طوری‌که در این روش، عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیر کشت جبران گردد، امّا باید دانست که کاهش کاربرد آب در تولید محصول، اثر منفی بر عملکرد گیاه دارد. در تحقیقی، عمادی و همکاران (Emadi et al., 2013) اعلام نمودند که بیشترین و کمترین تعداد دانه در نیام لوبیا، به‌ترتیب از تیمار آبیاری معمولی و تیمار تنش خشکی در مرحله زایشی به‌دست آمد. دشتکی و همکاران (Dashtaki et al., 2016) در بررسی اثر تنش رطوبتی بر ۳۳ ژنوتیپ لوبیا بیان داشتند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه،

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: reza.rezvani@mail.um.ac.ir)

وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، روز تا مرحله رسیدگی، اندازه بذر در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌داری با هم داشتند.

یکی از رویکردهای جدید در مدیریت منابع آب و خاک، استفاده از زئولیت به‌عنوان عامل حفظ رطوبت خاک و افزایش راندمان آب آبیاری است (Yari et al., 2013) که به‌ویژه در مقادیر بالا، به‌دلیل خاصیت این مواد در نگه‌داری طولانی‌مدت رطوبت در محیط توسعه ریشه خصوصاً در خاک‌های سبک و شرایط نامناسب خاک، امکان رشد رویشی بیشتر و توسعه سطح برگ برای گیاه فراهم می‌کند. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص توسعه برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد، می‌توان انتظار داشت که مصرف زئولیت با تأمین آب و مواد مغذی مورد نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد گیاه شود (Yari et al., 2013). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت موجب شده که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب به بهبود رشد گیاه کمک کنند (Habib Porkashefi et al., 2017). زمانی‌نوری و همکاران (Zamani Nouri et al., 2014) با کاربرد زئولیت در لوبیا قرمز نشان دادند که کاربرد ۳۰ تن در هکتار زئولیت سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا شده و بیشترین اثر را بر ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه درغلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه داشت. حبیب‌پور کاشفی و همکاران (Habib Porkashefi et al., 2017) گزارش کردند که در بین سطوح کاربرد زئولیت، بیش‌ترین و کمترین عملکرد دانه لوبیا به‌ترتیب مربوط به کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت و عدم مصرف زئولیت بود. قشنگ میانج و همکاران (Ghashang Mianch et al., 2015) با بررسی اثر زئولیت بر عملکرد ماش گزارش کردند که اثر زئولیت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد دانه ماش با کاربرد بالاترین سطح زئولیت (۱۵ تن در هکتار) به دست آمد. از آنجا که یکی از عامل‌های مهم جهت دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکرد در حبوبات به‌خصوص لوبیا، تامین آب کافی و در دسترس گیاه است، هدف از اجرای این طرح، تعیین اثر دور آبیاری و مقادیر زئولیت بر شاخص‌های رشد و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.) (رقم پاک) است تا با انتخاب دور آبیاری و مقدار مناسب زئولیت، بتوان به‌سوی افزایش عملکرد کمّی و کیفی لوبیا سفید و تولید پایدار آن گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر دور آبیاری و مقادیر زئولیت بر لوبیای سفید رقم پاک، به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بجنورد (اراضی گرمخان) استان خراسان شمالی با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۹۳۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۰۲- ۱۴۰۱ اجراء شد. قبل از اجرای طرح، از مزرعه، پنج نمونه خاک از نقاط مختلف زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد که پس از ادغام نمونه‌های مربوط و انتقال به آزمایشگاه خاکشناسی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش تعیین گردید (جدول ۱). آب آبیاری از طریق چاه موجود در اراضی کشاورزی تأمین و از طریق سیستم لوله-کشی به داخل مزرعه انتقال یافت.

جدول ۱- مشخصات خاک و آب مورد استفاده قبل از اجرای آزمایش

Table 1- Soil and water characteristics of the area before the experiment

خاک Soil									
بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-2}$)	اسیدیته pH
لومی Loam	26	50	24	225	3.60	0.056	0.757	1.26	7.87

آب Water					
کلیسم + منیزیم Ca + Mg ($g.l^{-1}$)	سدیم Na ($g.l^{-1}$)	بی کربنات HCO_3 ($g.l^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($mS.cm^{-1}$)	اسیدیته pH	نسبت جذب سدیم S. A. R
0.022	0.014	0.015	1076	7.33	1.11

برای آماده‌سازی خاک در پاییز سال قبل با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار زمین شخم و در بهار پس از اعمال دو مرحله دیسک عمود بر هم جهت کشت آماده شد. بذور رقم پاک لوبیا سفید از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بجنورد تهیه شد. رقم لوبیای پاک معرفی شده از طریق گزینش نسل‌های در حال تفکیک مواد اصلاحی ارسالی از CIAT با کلاس تجارتی Navy، دارای ویژگی‌های دانه سهمی شکل و فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود (تیپ ۲)، متوسط ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر، متوسط دوره رشد و نمو ۹۶ روز، متوسط وزن ۱۰۰ دانه ۲۸ گرم، مقاوم به سه ویروس مهم لوبیا BYMV،BCMV و CMV، بازارپسندی عالی، مناسب برای برداشت مکانیزه، تحمل در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در اقلیم‌های معتدل و سرد ایران می‌باشد.

تیمارهای آزمایش شامل دور آبیاری (۷، ۱۰ و ۱۳ روز یک بار) در کرت‌های اصلی و مصرف زئولیت (صفر ، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی بودند. کرت‌ها با ابعاد ۴ × ۳ متر آماده شد و زئولیت به‌میزان مد نظر، قبل از کاشت در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در کرت‌ها پخش شدند. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل ضدعفونی شدند بذرها در اول خرداد ماه سال ۱۴۰۲ به‌روش کاشت مسطح به‌صورت تک دانه‌کاری در عمق پنج تا هشت سانتی‌متری کاشته شدند. برای رسیدن به تراکم مناسب (۱۰ بوته در مترمربع) ، پس از رسیدن به مرحله دو تا چهار برگی گیاه، عملیات تنک کردن انجام گرفت. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌های فرعی از هم یک متر و فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر در نظر گرفته شد و برای اطمینان از ممانعت از نشت آب به سایر کرت‌ها، پشته ایجاد شد. میانگین حداکثر و حداقل دمای متوسط در زمان کاشت به‌ترتیب ۲۹ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود. دور آبیاری از مرحله دو تا چهار برگی شروع و تا ۲۰ روز قبل از برداشت، بسته به تیمارهای مورد نظر ۷، ۱۰ و ۱۳ روز یک بار در کرت‌های اصلی ادامه یافت. تعیین نیاز آبیاری با استفاده از تشت تبخیر کلاس A تعبیه شده در مزرعه انجام شد. ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از مقادیر تبخیر از تشت و با استفاده از معادله ۱ برآورد شد. سپس با استفاده از ضرایب گیاهی ارائه شده برای لوبیا توسط فائو و بر اساس شرایط اقلیمی منطقه، برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب ۰/۴، ۱/۱۵ و ۰/۳۵ تعیین شده، تبخیر و تعرق لوبیا سفید طبق معادله ۲ محاسبه شد (Nasrollahi et al., 2019). با توجه به تیمارهای آبیاری و راندمان آبیاری ۹۵ درصد، مقدار آب مورد نیاز گیاه محاسبه شد. سپس به‌وسیله لوله انتقال و توسط کنتور حجمی در اختیار گیاه قرار گرفت. در طول دوره رشد، ۱۰ نوبت آبیاری انجام شد که در مجموع عمق آبیاری برای تیمارهای آبیاری ۷، ۱۰ و ۱۳ روز، به‌ترتیب ۶۵۲/۵، ۵۷۷/۴ و ۳۹۷/۷ میلی‌متر برآورد گردید

$$ET_0 = K_p \times E_p$$ معادله (۱)

که در آن، ET_0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، K_p =۰/۸: ضریب تشت تبخیر و Ep: میزان تبخیر از تشت تبخیر است.

$$ET_c = K_c \times ET_0$$ معادله (۲)

که در آن، ET_c: تبخیر و تعرق گیاه لوبیا سفید، Kc: ضریب گیاهی لوبیا سفید است.

در طول دوره رشد و نمو لوبیا سفید، کلیه مراحل داشت شامل وجین علف‌های هرز، سله‌شکنی، مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای کرت‌های آزمایش به‌صورت یکسان صورت گرفت. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی در مرحله گل‌دهی، از هر کدام از تیمارهای آزمایش از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته نمونه‌برداری انجام شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و پس از برداشت نهایی؛ ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. بدین منظور، از مساحت دو مترمربع از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه، تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع و تعداد غلاف آن‌ها شمرده شد و برای اندازه‌گیری تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه‌های ۱۰ غلاف مذکور شمارش گردید و سپس برای اندازه‌گیری وزن ۱۰۰ دانه، وزن بذور ۱۰ بوته برداشت شده از هر کرت به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه خشک، برداشت از نمونه‌های انتخابی به‌صورت کف‌بر از سطح زمین انجام شد. سپس نمونه-ها در آون به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن دانه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم تعیین گردید. اعداد به‌دست‌آمده به کیلوگرم در هکتار تبدیل و به‌عنوان عملکرد زیستی مشخص گردید. همچنین از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی، شاخص برداشت محاسبه شد (معادله ۳) که واحد آن به‌صورت درصد ثبت گردید.

معادله (۳) $$Hi = (\frac{Ey}{By}) \times 100$$

که در آن، Hi: شاخص برداشت، Ey: عملکرد دانه و By: عملکرد زیستی است.

جهت سنجش میزان نشت الکترولیت از روش سایرام و همکاران (Sairam et al., 2002) استفاده شد. بر این اساس، دو گروه نمونه آماده شد. در هر گروه ۰/۱ گرم از بافت سالم و تازه برگ گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شده قرار داده شد. لوله‌های آزمایش گروه اول به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس میزان هدایت الکتریکی اولیه نمونه اندازه‌گیری شد و گروه دوم به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و میزان هدایت الکتریکی ثانویه نمونه اندازه‌گیری شد. درجه نشت الکترولیت بر اساس معادله ۴ ثبت گردید.

معادله (۴) $$El = 1\text{-}(\frac{C_1}{C_2}) \times 100$$

که در آن، El: درجه نشت الکترولیت، C_1: میزان هدایت الکتریکی اولیه نمونه و C_2: میزان هدایت الکتریکی ثانویه نمونه است.

در زمان پر شدن دانه لوبیا سفید، از نمونه‌های آخرین برگ‌های سبز لوبیا برای برآورد پرولین استفاده شد. ۰/۰۲ گرم از بافت فریز شده برگ در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد سولفوسالیسلیک اسید همگن و عصاره حاصل به‌مدت پنج دقیقه در ۱۰۰۰۰ گرم سانتریفیوژ قرار داده شد. سپس مقادیری از مایع رویی با نین هیدرین اسید و استیک اسید خالص مخلوط و به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در بن‌ماری قرار گرفت. بلافاصله پس از توقف واکنش در آب یخ با اضافه کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن و انتقال پرولین به فاز رنگی تولوئنی، جذب آن‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO, 2000, Germany) تعیین شد (Bates et al., 1973). در نهایت، با رسم منحنی استاندارد از پرولین، مقدار آن بر اساس میکرومول بر گرم وزن خشک برگ ثبت شد. درصد پروتئین دانه‌ها توسط روش کجلدال و با استفاده از دستگاه کجلدال ساخت شرکت سوئد اندازه‌گیری شد. در این تکنیک سه مرحله هضم ماده غذایی، تقطیر و تیتراسیون انجام گرفت و نیتروژن پروتئینی کل سنجیده شد (Magomya et al., 2014). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

پرولین

نتایج نشان داد که اثر دور آبیاری و مصرف زئولیت در سطح یک درصد بر میزان پرولین برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر مصرف زئولیت، بیشترین میزان پرولین مربوط به سطح عدم مصرف زئولیت به‌میزان ۱۷/۹۶ میکرومول بر گرم وزن خشک بود و با افزایش در هر سطح از زئولیت، میزان پرولین برگ کاهش معنی‌داری داشت که این امر نشان‌دهنده جذب آب زئولیت و کاهش تنش موجود در محیط رشد گیاه بوده است. افزودن ۱۰ تن در هکتار زئولیت، سبب کاهش ۴۱/۵ درصدی میزان پرولین برگ نسبت به عدم مصرف زئولیت شد (جدول ۳). همچنین، در اثر دور آبیاری مشاهده شد که زمانی که دور آبیاری از ۷ روز به ۱۰ روز افزایش یافت، تغییر معنی‌داری در میزان پرولین برگ مشاهده نگردید، ولی با افزایش دور آبیاری به ۱۳ روز، میزان پرولین برگ بیشتر شد و این سطح سبب افزایش ۱۴/۱ درصدی پرولین نسبت به دور آبیاری هفت روز شد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی به‌منظور تنظیم پتانسیل اسمزی در گیاهان سنتز ترکیباتی مانند قند محلول و پرولین افزایش می‌یابد. البته پرولین در تثبیت آنزیم‌ها، جهت ممانعت از اختلال یکپارچگی غشاء و مقابله با گونه اکسیژن نیز فعال می‌شود (Rejeb et al., 2014). زاده‌باقری و همکاران (Zadehbagheri et al., 2012) در تحقیقی مشابه، علت تجمع پرولین در برگ لوبیای تحت تنش خشکی را به افزایش میزان سنتز پرولین به‌وسیله پیرولین- ۵- کربوکسیلاز سنتتاز، کاهش فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز و اثر تنظیمی اسید آبسزیک بر متابولیسم پرولین نسبت دادند.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مصرف زئولیت در سطح یک درصد و دور آبیاری در سطح پنج درصد بر میزان پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با مصرف زئولیت در خاک، پروتئین دانه نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت، ولی تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین دانه بین سطح ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت مشاهده نشد. مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت، سبب افزایش ۲۱ درصد پروتئین دانه نسبت به عدم مصرف زئولیت در لوبیا سفید شد. همچنین در تیمار دور آبیاری مشاهده شد که با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۰ روز، هر چند میزان پروتئین

دانه افزایش یافت، ولی با سطح آبیاری هفت روز تفاوت معنی‌داری نداشت و زمانی که دور آبیاری به ۱۳ روز رسید، میزان پروتئین دانه ۶/۰۸ درصد نسبت به دور آبیاری هفت روز، افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در این تحقیق مشخص شد که دلیل افزایش میزان پروتئین در شرایط تنش خشکی به این خاطر بود که عملکرد دانه توسط تعداد دانه در بوته تعیین شد و با افزایش شدت تنش خشکی، میزان تک دانه در بوته کاهش یافت، در نهایت، با کمتر شدن تعداد دانه، پروتئین بیشتری به دانه اختصاص داده شد. عمادی و همکاران (Emadi et al., 2013) اظهار نمودند که در شرایط تنش خشکی، جذب و تثبیت کربن‌دی اکسید براثر بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین، میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد، درحالی‌که انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه کاهش نمی‌یابد و این امر سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت در سطح یک درصد ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت مشاهده شد که ارتفاع با افزایش میزان زئولیت در دورهای آبیاری ۷ و ۱۳ روز، افزایش یافت. کمترین ارتفاع بوته در سطوح آبیاری زمانی بود که زئولیت استفاده نشده بود. به نظر می‌رسد که زئولیت نقش بیشتری در افزایش ارتفاع بوته نسبت به دور آبیاری داشت. همچنین، بیشترین ارتفاع بوته در این آزمایش مربوط به بالاترین میزان مصرف زئولیت در دور آبیاری هفت روز (۸۶ سانتی‌متر) بود (شکل ۱). تنش خشکی باعث کاهش تقسیمات سلولی می‌شود و در نتیجه، گیاه برای تحمل تنش خشکی، رشد رویشی خود را کاهش دهد و در نتیجه، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. تنش خشکی ناشی از کمبود آب، سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف بوته از جمله ساقه می‌گردد. با افزایش مصرف زئولیت و قابلیت جذب و نگهداری آب در آن در شرایط تنش خشکی، زئولیت می‌تواند به‌عنوان یک جاذب به‌تدریج آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار گیاه قرار دهد و سبب افزایش ارتفاع بوته شود (Khashei Siuki et al., 2020). زمانی نوری و همکاران (Zamani Nouri et al., 2014) با کاربرد زئولیت در لوبیا قرمز نشان دادند که کاربرد ۳۰ تن در هکتار زئولیت، بیشترین اثر بر ارتفاع بوته را داشت. تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت معنی‌دار بود و موجب بهبود ویژگی‌های رشدی در این گیاه شد (Ahmadi et al., 2014).

تعداد گره در ساقه اصلی

نتایج به‌دست آمده از داده‌های آزمایش نشان داد که تعداد گره تحت اثر مصرف زئولیت و دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف زئولیت به‌میزان پنج تن در هکتار، ویژگی مذکور نسبت به عدم مصرف زئولیت افزایش معنی‌داری نداشت، ولی در سطح زئولیت ۱۰ تن در هکتار، نسبت به سطح عدم مصرف زئولیت، تعداد گره در بوته، ۱۸/۱۵ درصد افزایش یافت. یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته را می‌توان به افزایش تعداد گره مرتبط دانست که با افزایش مصرف زئولیت در خاک، تعداد گره در بوته لوبیا سفید افزایش یافته که سبب رشد بیشتر بوته گردیده است. همچنین، با افزایش فاصله آبیاری، تعداد گره کاهش یافت و بین سطوح آبیاری، تفاوت معنی‌داری در ویژگی مذکور مشاهده شد (جدول ۳). احمدی آذر و همکاران (Ahmadi Azar et al., 2015) در تحقیقی که روی گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*) داشتند، بیان کردند که در سطح شاهد آبیاری (۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و هشت گرم در هر کیلوگرم خاک زئولیت، بیشترین تعداد میان‌گره و در تنش‌خشکی شدید (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و عدم وجود زئولیت، کمترین تعداد میان‌گره مشاهده شد؛ که علت آن را می‌توان در توسعه ریشه برای جستجوی آب در رطوبت پایین‌تر و در نتیجه، کاهش رشد بخش هوایی دانست. مهرابی و احسان‌زاده (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2011) در مطالعه‌ای با بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی، اظهار داشتند که اثر رژیم آبیاری بر تعداد گره و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. همچنین بیان کردند که دلیل کاهش ارتفاع بوته را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که افزایش ارتفاع بوته ناشی از افزایش تعداد گره و فاصله میان گره‌ها در بوته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر دور آبیاری و زئولیت بر ویژگی‌های رشدی و عملکردی لوبیا سفید

Table 2- Variance analysis of irrigation intervals and zeolite on growth and yield performance of Navy bean

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	پرولین Proline	پروتئین دانه Seed protein	ارتفاع بوته Plant height	تعداد گره Number of nodes	وزن خشک بوته Plant dry weight	طول دوره رشد Length of growth period
بلوک Block	2	2.323^{ns}	2.553^{ns}	12.03^{ns}	3.37^{ns}	21.36^{ns}	12.44^{ns}
زئولیت Zeolite	2	125.9**	36.38**	678.03**	28.48*	119.3**	4.111ns
دور آبیاری Irrigation	2	8.186**	17.18*	72.14*	97.14**	122.31**	96.44**
دور آبیاری × زئولیت Zeolite × irrigation	4	0.723^{ns}	0.892^{ns}	93.70**	2.87ns	1.815ns	0.555ns
خطا Error	16	0.878	3.93	14.57	4.78	10.79	8.77
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	-	6.65	9.40	5.34	12.28	9.06	3.50

ns، * و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر دور آبیاری و زئولیت بر ویژگی‌های رشدی و عملکردی لوبیا سفید

Table 2- Variance analysis of irrigation intervals and zeolite on growth and yield performance of Navy bean, continued

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	نشت الکترولیت Electrolyte leakage
بلوک Block	2	144.5^{ns}	5.25^{ns}	0.259^{ns}	572.2^{ns}	3333433^{ns}	15.28^{ns}	0.607^{ns}
زئولیت Zeolite	2	36482**	354.8**	30.48*	3112586**	37731103**	168.12**	66.49**
دور آبیاری Irrigation	2	40285**	640.3**	43.81*	8245139**	12943719**	105.14**	66.58**
دور آبیاری × زئولیت Irrigation × zeolite	4	695.2ns	49.82*	1.592^{ns}	391568**	134005^{ns}	56.23**	7.002*
خطا Error	16	1253	13.55	8.13	13200	1534849	4.50	2.08
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	-	11.54	9.52	11.54	3.75	10.47	8.92	8.43

ns، * و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

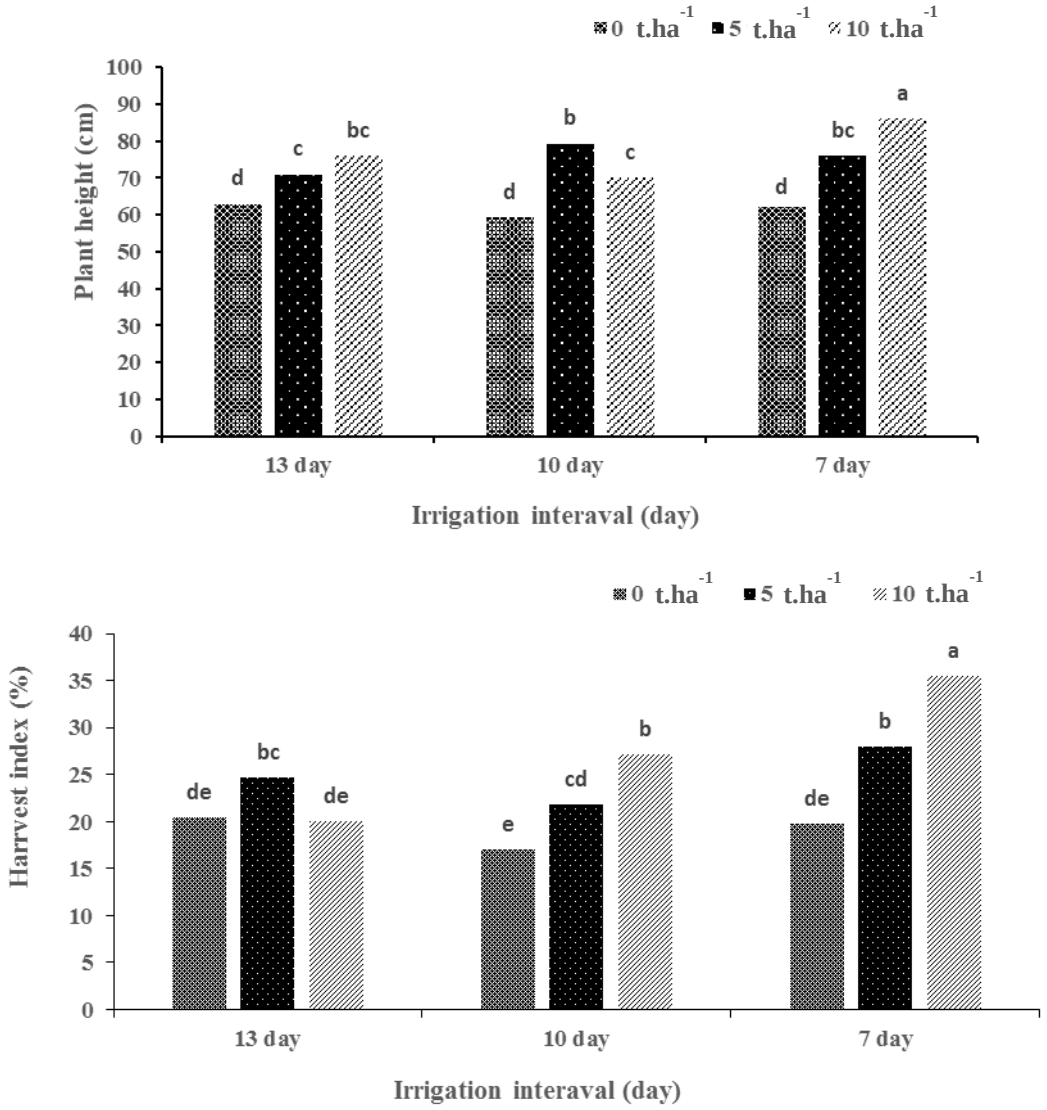
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زئولیت و دور آبیاری بر ویژگی‌های رشدی و عملکردی لوبیا سفید

Table 3- Mean comparison of the effect of irrigation intervals and zeolite on growth and yield performance of Navy beans

تیمار **Treatment**	پرولین (میکرومول بر گرم وزن خشک) **Prolin (µmol.g^{-1} dw)**	پروتئین دانه (درصد) **Seed protein (%)**	تعداد گره **Number of nodes**	وزن خشک بوته (گرم در بوته) **Plant dry weight (g)**	طول دوره رشد (روز) **Length of growth period (day)**	تعداد غلاف در بوته **number of pods per plant**	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) **100-seed weight (g)**	عملکرد زیستی (کیلوگرم بر هکتار) **Biological yield (kg.ha^{-1})**
زئولیت (تن در هکتار) **Zeolite (t.ha^{-1})**								
0	17.96^{a*}	18.88^{b}	16.00^{b}	32.02^{b}	84.77^{a}	233.2^{b}	22.77^{b}	9536.1^{b}
5	13.76^{b}	21.53^{a}	17.88^{ab}	38.14^{a}	84.88^{a}	341.4^{a}	24.88^{ab}	12475.6^{a}
10	10.50^{c}	22.83^{a}	19.55^{a}	38.50^{a}	83.66^{a}	345.4^{a}	26.44^{a}	13475.0^{a}
دور آبیاری (روز) **Irrigation interval (day)**								
7	13.25^{b}	22.50^{a}	21.22^{a}	38.86^{a}	88.22^{a}	377.4^{a}	26.44^{a}	12685.6^{a}
10	13.85^{b}	21.01^{ab}	17.55^{b}	37.78^{a}	82.44^{b}	298.2^{b}	25.44^{a}	12342.8^{a}
13	15.12^{a}	23.87^{c}	14.66^{c}	32.01^{b}	82.66^{b}	244.4^{c}	22.22^{b}	10458.3^{b}

* میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک در هر ستون هستند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

* Averages that have common letters in each column are not significantly different based on the LSD test at the 5% probability level



شکل ۱- اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت بر ارتفاع لوبیا سفید

Fig. 1- Interaction effect of irrigation interval and zeolite on plant height of Navy bean

وزن خشک بوته

نتایج نشان داد که اثر زئولیت و دور آبیاری در سطح یک درصد بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری تا ۱۰ روز، سبب تغییر معنی‌داری بر وزن خشک بوته نشد، ولی سطح ۱۳ روز موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک بوته گردید؛ به‌نحوی که ویژگی مذکور در این سطح ۱۷/۶۰ درصد نسبت به آبیاری هفت روز کاهش داشت (جدول ۲). در بین سطوح زئولیت مورد بررسی در این تحقیق، با افزایش زئولیت به‌میزان پنج تن در هکتار، بیشترین وزن خشک بوته مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰ تن در هکتار زئولیت نداشت و در این بین، کمترین وزن خشک به‌میزان ۳۲/۰۲ گرم در بوته مربوط به سطح عدم مصرف زئولیت بود (جدول ۳). طبق نتایج پژوهش ولدآبادی (Valadabadi, 2013)، مصرف زئولیت اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ و بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی و نسبت وزن خشک برگ و گل به ساقه گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی داشت و زئولیت توانست اثرات سوء تنش خشکی را در این گیاه در حد معنی‌داری کاهش دهد. با بررسی خصوصیات زئولیت، به نظر می‌رسد که با بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی، موجب تثبیت

مناسب دی اکسید کربن شده و مانع کاهش شدید وزن خشک در بوته می‌شود (Li et al., 2014).

طول دوره رشدی

نتایج نشان داد که طول دوره رشدی تحت اثر مصرف زئولیت قرار نگرفت و فقط اثر دور آبیاری در سطح یک درصد بر ویژگی مذکور معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی با افزایش فاصله آبیاری، طول دوره رشدی گیاه کاهش یافت. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین دور آبیاری ۱۰ و ۱۳ روز یافت نشد (جدول ۳).

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد زئولیت و دور آبیاری در سطح یک درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف زئولیت، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت. مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت، سبب افزایش ۳۲/۴ درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به عدم مصرف زئولیت شد. همچنین مشاهده شد که بین دورهای آبیاری مورد بررسی، دور آبیاری هفت روز دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بود و با افزایش فاصله آبیاری، میزان این ویژگی کاهش یافت. تعداد غلاف در بوته تحت اثر دور آبیاری هفت روز، ۳۵/۲ درصد بیشتر نسبت به دور آبیاری ۱۳ روز بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته، ریزش گل و غلاف می‌باشد. زئولیت با استفاده از ساختار شبکه‌ای خود، جذب آب در محدوده ریشه را افزایش داده و از این طریق، بروز اختلال در فرآیندهای زیستی گیاه را کاهش می‌دهد. از این رو، در این تحقیق، این ماده معدنی باعث افزایش فرآیندهای زیستی گیاه شده و توانسته است تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد به‌وجود بیاورد (Esmaeilzadeh et al., 2018). نتایج تحقیقی نشان داد که مصرف زئولیت، تعداد غلاف در بوته را در کلزا افزایش داد. به‌نحوی که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۸ و ۲۷ غلاف) را به‌ترتیب به کاربرد ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار زئولیت و کمترین این ویژگی در شاهد و ۱۰ تن در هکتار زئولیت مشاهده شد (Ghashang et al., 2015).

تعداد دانه در بوته

نتایج آزمایش نشان داد که تعداد دانه در بوته تحت اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت نشان داد که با افزایش میزان زئولیت در خاک، در دورهای آبیاری، تعداد دانه در بوته افزایش یافت. به‌نحوی که بیشترین میزان ویژگی مذکور در دورهای آبیاری ۷ و ۱۰ روز با بالاترین میزان زئولیت یعنی ۱۰ تن در هکتار بود. البته در دور آبیاری هفت روز، بین سطوح زئولیت ۵ و ۱۰ تن در هکتار، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). اثر کم آبیاری در ارزن (*Panicum miliaceum*) بر عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه به‌طوری بود که آبیاری کامل، بیشترین تعداد دانه و عملکرد دانه را داشت، درحالی‌که بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Shaukti Moqrabi et al., 2016). لی و همکاران (Li et al., 2014) در تحقیقی اعلام نمودند که سوپرجاذب از طریق تأمین آب و به دنبال آن برخی عناصر غذایی در مرحله بحرانی تشکیل دانه، باعث کاهش سقط جنین و در نتیجه، افزایش دانه‌های بارور ذرت شده است.

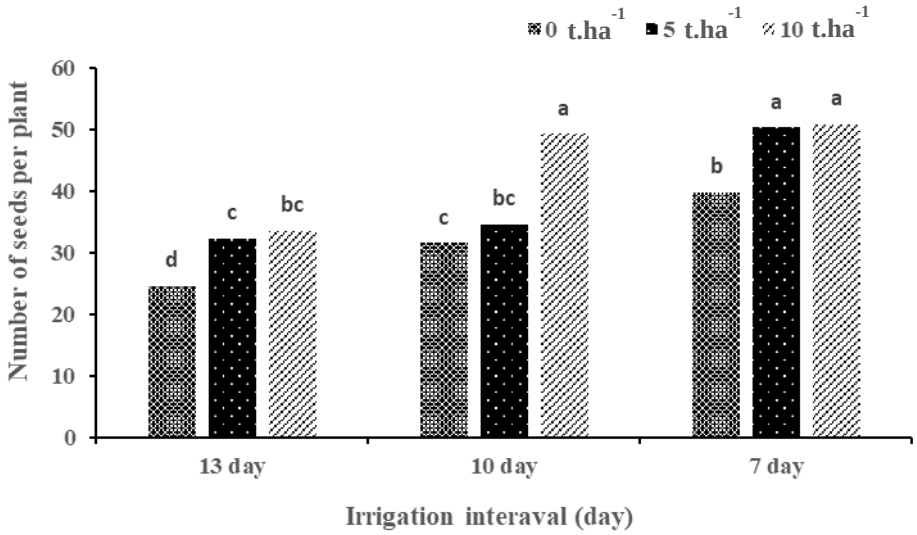
وزن ۱۰۰ دانه

نتایج حاصل از داده‌های آزمایش مؤید آن بود که اثر زئولیت و دور آبیاری در سطح پنج درصد بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان زئولیت، وزن ۱۰۰ دانه لوبیا سفید افزایش یافت و بیشترین میزان این ویژگی در سطح مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت بود. بالاترین سطح مصرف زئولیت سبب افزایش ۱۳/۸۸ درصدی ویژگی مذکور نسبت به سطح عدم مصرف زئولیت شد. همچنین مشاهده شد که افزایش فاصله آبیاری تا سطح ۱۰ روز، اثر معنی‌داری بر کاهش وزن ۱۰۰ دانه نداشت و تفاوتی با دور آبیاری هفت روز مشاهده نشد، ولی دور آبیاری ۱۳ روز، سبب کاهش ۱۵/۹ درصدی وزن ۱۰۰ دانه نسبت به دور آبیاری هفت روز شد (جدول ۳). زئولیت با ممانعت از دست رفتن آب و افزایش دسترسی مواد غذایی در محدوده توسعه ریشه‌ها، سبب افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه شده که می‌تواند منجر به بهبود ویژگی‌های زراعی و عملکردی گیاه شود. نتایج تحقیقی نشان داد که وزن هزار دانه ذرت و آفتابگردان در اثر مصرف زئولیت نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (Gholamhosseini et Gharmani et al., 2010; al., 2008). وزن ۱۰۰ دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به‌صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). به‌طور کلی، می‌توان بیان کرد که افزایش تنش خشکی، موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن را می‌توان به تسریع پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن مربوط دانست (Salehi, 2015).

خاقانی و همکاران (Khaghani et al., 2010). در مطالعه‌ای با بررسی ویژگی‌های کمّی و کیفی لوبیا سفید و لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی اعلام نمودند که وزن خشک بوته و وزن ۱۰۰ دانه در لوبیا سفید، کاهش بیشتری نسبت به سایر ویژگی‌های داشتند (Khaghani et al., 2010).

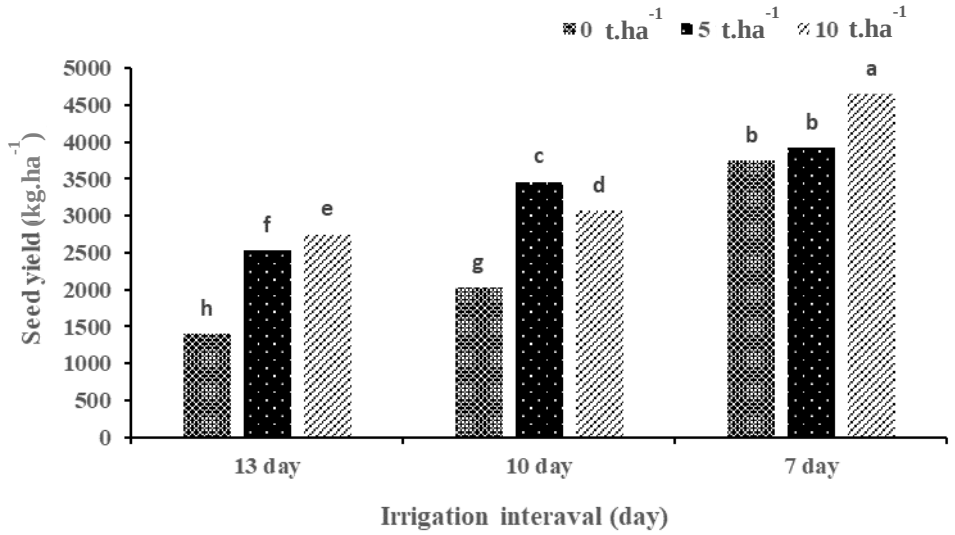
عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش در هر سطح از مصرف زئولیت، عملکرد دانه افزایش و با افزایش دور آبیاری، میزان ویژگی مذکور کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل دور آبیاری هفت روز و مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت (۴۶۵۱/۶ گیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان این ویژگی مربوط به دور آبیاری ۱۳ روز و عدم مصرف زئولیت (۱۴۰۳/۶ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۳). با توجه به این که عملکرد دانه، مهم‌ترین ویژگی اقتصادی لوبیا می‌باشد. پس می‌توان نتیجه گرفت که دور آبیاری هفت روز و مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت، مناسب‌ترین سطوح برای لوبیا سفید رقم پاک می‌باشند. داودی و همکاران (Davoodi et al., 2018) اثر تنش خشکی را در سه سطح شاهد، متوسط و شدید روی انواع لوبیا مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به لوبیا چیتی در شرایط شاهد و کمترین عملکرد دانه مربوط به لوبیا سفید در شرایط تنش شدید بود. در پژوهشی دیگر، قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2012) اعلام کردندکه کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز در شرایط نرمال و تنش خشکی نسبت به لوبیا سفید و چیتی بیشتر بود. این پژوهشگران کاهش عملکرد دانه لوبیا را ناشی از اثرات تنش خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد مرتبط دانسته‌اند. تأثیر مثبت زئولیت بر حفظ رطوبت خاک و نگهداری مواد غذایی را می‌توان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار زئولیت بر عملکرد دانست. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود که در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شود، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (Motaghi et al., 2019).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت بر تعداد دانه در بوته لوبیا سفید

Fig. 2- Mean comparison of the interaction effect of irrigation interval and zeolite on number of seeds per plant of Navy bean



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت بر عملکرد دانه لوبیا سفید

Fig. 3- Mean comparison of interaction effect of irrigation intervals and zeolite on seed yield of Navy bean

عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دور آبیاری و مصرف زئولیت در سطح یک درصد بر عملکرد زیستی لوبیا سفید معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری، عملکرد زیستی کاهش یافت، ولی تفاوت معنی‌داری بین دور آبیاری ۷ و ۱۰ روز مشاهده نشد و کمترین میزان عملکرد زیستی در دور آبیاری ۱۳ روز (۱۰۴۵۸ کیلوگرم در هکتار) بود. در بین سطوح زئولیت مورد بررسی، سطح ۱۰ تن در هکتار بیشترین عملکرد زیستی را (۱۳۴۷۵ کیلوگرم در هکتار) داشت و نسبت به سطح عدم مصرف زئولیت، ۲۹/۲ درصد افزایش یافت. همچنین مشاهده شد که سطح ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). هرگاه گیاهان در جذب آب مورد نیاز خود هیچ‌گونه محدودیتی نداشته باشند، رشد رویشی و تولید سطح سبز خود را افزایش می‌دهند و در نهایت، مقدار کربوهیدرات تولیدی توسط اندام‌های سبز گیاه افزایش زیادی خواهند یافت و عملکرد زیستی گیاه نیز به بالاترین مقدار خود خواهد رسید. امیری و همکاران (Amiri et al., 2016) در تحقیقی بیان نمودند که تنش خشکی کم آبیاری؛ موجب کاهش عملکرد اقتصادی، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت گلرنگ شد. طبق نتایج میرزاخانی (Mirzakhani, 2017) در بین سطوح مختلف تنش محدودیت رطوبتی، بیشترین و کمترین عملکرد زیستی سنبله گندم با میانگین ۳۶/۵۱ و ۲۲/۸۲ گرم در بوته به‌ترتیب مربوط به شاهد (آبیاری کامل) و تیمار آبیاری براساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه بود و در بین سطوح مختلف زئولیت، بیشترین و کمترین عملکرد زیستی سنبله به‌ترتیب مربوط به مصرف نه تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت بود.

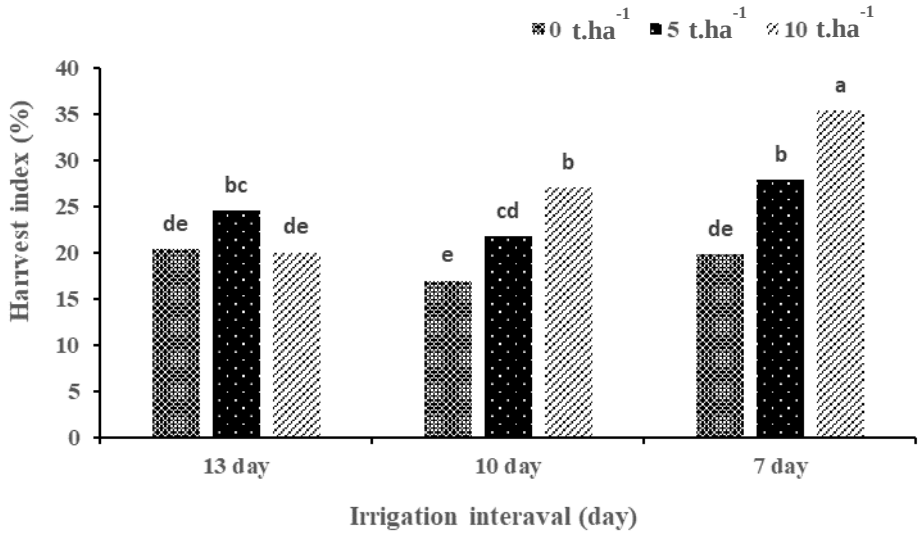
شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر اثر متقابل زئولیت و دور آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت نشان داد که در دور آبیاری ۱۳ روز، مصرف پنج تن در هکتار زئولیت، بیشترین شاخص برداشت را داشت و سطح ۱۰ تن در هکتار و عدم مصرف زئولیت در این دور آبیاری، شاخص برداشت یکسانی داشتند. با کاهش فاصله آبیاری به ۱۰ و ۷ روز مشاهده شد که با افزایش مصرف زئولیت، شاخص برداشت افزایش یافت و در این بین، بیشترین شاخص مربوط به دور آبیاری هفت روز و مصرف زئولیت ۱۰ تن در هکتار به‌میزان ۳۵/۵ درصد بود (شکل ۴). با توجه به کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی، چنین استنباط می‌گردد که محدودیت آب بر تولید عملکرد دانه (رشد زایشی)، اثر بیشتری نسبت به رشد رویشی داشته و آن را با شدت بیشتری کاهش داده است. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های ایوبی‌زاده و همکاران (Ayobizadeh et al., 2017)

مبنی بر کاهش شاخص برداشت با اعمال تنش خشکی مطابقت داشت. این محققین دلیل این کاهش را تأثیر بیشتر کمبود رطوبت بر فرآیندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی ذکر کردند. شاخص برداشت معیاری از نسبت وزن دانه به کل گیاه است و ارقام پرمحصول شاخص برداشت بالاتری دارند ،در تأیید این نتایج مبنی بر کاهش شاخص برداشت در نتیجه تنش خشکی، نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش شاخص‌های رشد و عملکرد در کینوا می‌شود (Hinojosa et al., 2018).

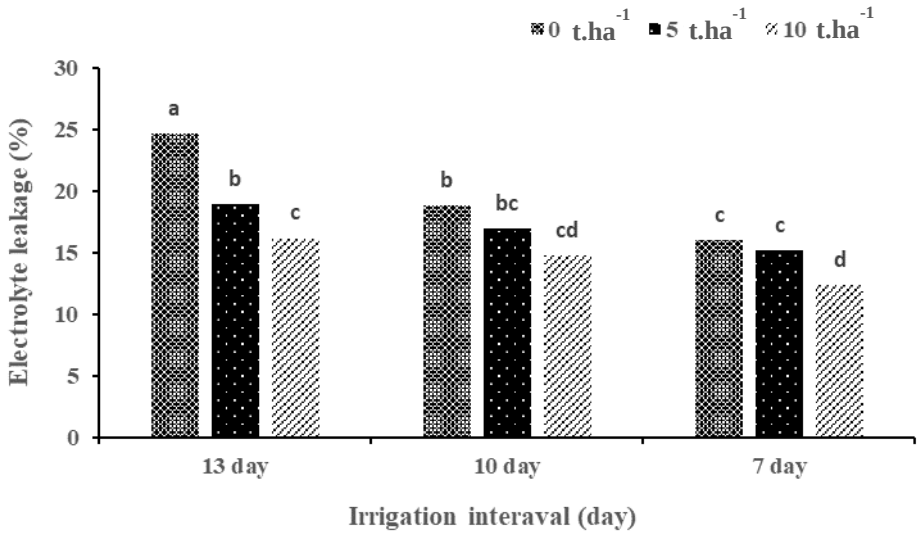
نشت الکترولیت

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که نشت الکترولیت تحت اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین نشت الکترولیت مربوط به اثر متقابل دور آبیاری ۱۳ روز و عدم مصرف زئولیت (۲۴/۷۲ درصد) و کمترین میزان این ویژگی مربوط به دور آبیاری ۱۰ و ۷ روز و مصرف ۱۰ تن زئولیت به‌ترتیب به‌میزان ۱۴/۸ و ۱۲/۳۴ درصد بود (شکل ۵). در اثر تنش آبی، تراوایی غشای سلول افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به‌سمت بیرون از سلول نشت کنند (Mirzakhani & Maleki, 2015). با کاهش مقدار آب آبیاری، تنش خشکی وارده به گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه، غشای سلول‌ها به‌شدت آسیب خواهند دید و باعث کاهش توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشای سلولی خواهد شد. بر اساس گزارش‌ها، زئولیت توانست مقدار پایداری غشای سلول‌ها را در برابر نشت الکترولیت‌های سلول افزایش دهد. به نظر می‌رسد که مصرف زئولیت از طریق فراهم نمودن مقادیر بیشتری از آب آبیاری برای ریشه‌ها، باعث ایجاد شرایط رشد و نمو بهتری برای گیاهان شده و تخریب غشای سلول‌ها را کاهش می‌دهد (Mirzakhani & Sibi, 2010).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت بر شاخص برداشت لوبیا سفید

Fig. 4- Mean comparison of interaction effect of irrigation intervals and zeolite on harvest index of Navy bean



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و زئولیت بر میزان نشت الکترولیت لوبیا سفید

Fig. 5- Mean comparison of the interaction effect of irrigation intervals and zeolite on n Navy bean Electrolyte leakage

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان گفت که تنش خشکی منجر به کاهش ویژگی‌های رشد و عملکرد لوبیا سفید رقم پاک شد.. کمترین مقادیر پارامترهای محاسبه شده در این تحقیق در سطح عدم مصرف زئولیت و دور آبیاری ۱۳ روز و بیشترین مقدار آن‌ها در سطح زئولیت ۱۰ تن در هکتار و دور آبیاری هفت روز مشاهده شد که نمایان‌گر این موضوع است که زئولیت و مقدار آن تحت تأثیر خاصیت جذب آب و آزاد کردن آن در هنگام نیاز گیاه به آب، بر رشد بافت‌های مختلف گیاهی و تولید محصول بیشتر، مؤثر واقع شده است. همچنین مشاهده شد که تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز طول دوره رشدی تحت اثر مصرف زئولیت قرار گرفتند و اثر دور آبیاری بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. به‌طور کلی، می‌توان گفت که کاربرد زئولیت در سطوح بالا (۱۰ تن در هکتار) و به‌ویژه تحت اثر دور آبیاری هفت روز، می‌تواند منجر به تولید حداکثر عملکرد و ویژگی‌های رشدی لوبیا سفید گردد. اگرچه برای توصیه قطعی این راهکار لازم است مطالعات تکرار و سطوح بالاتر زئولیت در بافت‌های مختلف خاک بررسی شود.

References

Ahmadi Azar, F., Hasanloo, T., Imani, A., & Feiziasl, V. (2015). Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of *Malva sylvestris*. *Journal of Plant Research, 28*(3), 474-459. (In Persian)

Ahmadi, M., Khashei Siuk, A., & Sayyar, M.H. (2014). Type and amount evaluation of natural clinoptilolite zeolites impacts on saffron (*Crocus sativus* L.) emergence. *Journal of Saffron Research, 1*(2), 97-109. (In Persian) http://doi.org/10.22077/jsr.2013.437

Amiri, A., Cyrus Mehr, A., & Esmailzadeh Behbadi, S. (2016). Effect of salicylic acid and chitosan soluble application on plant safflower yield under drought stress conditions. *Journal of Plant Research, 28*(4), 712-725. (In Persian)

Ayobizadeh, N., Laei, G., Amini Dehaghi, M., Masood Sinaki, J., & Bidokhti, S.R. (2017). Effect of nano-iron and folic acid foliar application on yield and yield components of sesame varieties after wheat cultivation under drought stress conditions. *Journal of Crop Production Research, 9*, 283-312. (In Persian with English Abstract)

Bates, L.S., Waldern, R.P., & Trear, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Journal of Plant Soil, 39*(1), 205-207. http://dx.doi.org/10.1007/BF00018060

Dashtaki, M., Alipour Yamchi, H.M., & Bihamta, M.R. (2016). Evaluation of the effects of late season water stress on genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 6*(2), 109-123. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1394I2.52687

Davoodi, S.H., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghaddam, A., & Gholamalipour, E. (2018). The effect of deficit irrigation using drought tolerance indices in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Crop Ecophysiology, 9*(31): 14-17. (In Persian with English Abstract)

Emadi, N., Jahanbin, S., & Balochi, H. (2013). Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in Yasouj region. *Journal of Crop Production and Processing*, *3*(8), 25-36. (In Persian)

Esmaeilzadeh, V., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S.A.M., & Alaviasl, S.A. (2018). Interaction effect of zeolite and salt stress in reproductive stage of four canola (*Brassica napus* L.) varieties. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 11*(2), 393-400. (In Persian) https://doi.org/10.22077/escs.2017.354.1076

Ghanbari, A.A., Keshavarz, S., Mousavi, S.H., & Abbasian, A. (2012). Effect of water deficiency on yield and yield components of red and white bean and pinto bean. Fifth National Congress of Pulses, September 29. 2013. Agriculture and Natural Resources Campus of Tehran University. Tehran. Iran.

Gharmani, Y., Hosseini Abri, S.A., & Hani, A. (2010). The effects of using zeolite as a soil conditioner on the improvement of corn plant growth and its role on the performance and components of grain yield. National Conference on Management of Drought Stress and Water Shortage in Agriculture, March 3. 2010. Arsanjan, Fars, Iran. (In Persian)

Ghashang Mianch, R., Borzo, A., & Nemati, N. (2015). Effect of zeolite on yield and yield components of mung bean in Varamin area. (Abstract). In: Third International Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. Karaj, Iran. p.156. (In Persian)

Gholamhosseini, M.A., Qalavand, A., & Jamshidi, V. (2008). The Effect of irrigation regimes and fertilizer treatments on grain yield and elements concentration in leaf and grain of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Research and Development, 79*, 91-100. (In Persian)

Ghorbanli, M., & Niakan, M. (2005). Evaluation of drought stress effect on soluble sugars content, protein, prolin and phenolic compounds and nitrate reeducates activity in soybean cultivar Gorgan 3. *Journal of Science Education, 1*(2), 537-550 (In Persian)

Habib Porkashefi, E., Gharineh, M.H., Shafeinia, A.R., & Roozrokh, M. (2017). Effect of different levels of zeolite on yield of red bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) under drought stress in Kermanshah climate condition. *Journal of Crop Production Technology, 17*(1), 141-151. (In Persian) https://doi.org/10.22084/PPT.2017.2209

Hinojosa, L., González, J. A., Barrios Masias, F.H., Fuentes, F., & Murphy, K.M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: A review. *Journal of Plants, 7*(4), 1-32. https://doi.org/10.3390/plants7040106

Keshavarznia, R., Mohammadi Nargesi, B., & Abasi, A. (2013). The study of genetic variation of *Phaseolus vulgaris* L. based on morphological traits under normal and stress conditions. *Journal of Field Crop Science, 44*(2), 305-315. (In Persian) https://doi.org/10.22059/IJFCS.2013.35119

Khaghani, S.H., Bihamta, M.R., Changizi, M., Dari, H., Khaghani, S., Bakhtiari, A., & Safapour, M. (2010). Compare quantitative and qualitative traits of white and kidney bean in normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 1*(2), 169-182. (In Persian)

Khashei Siuki, A., Shahidi, A., Dastourani, M., Fallahi, H.R., & Shirzadi, F. (2020). Investigating the effect of amendments of zeolite, superabsorbent polymer, and different amounts of irrigation on sesame yield. *Journal of Water Research in Agriculture, 34*(2), 243-255. (In Persian) https://doi.org/10.22092/jwra.2020.122261

Li, X., He, J.Z., Hughes, J.M., Liu, Y.R., & Zheng, Y.M. (2014). Effects of super-absorbent polymers on a soil – wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. *Journal of Applied Soil Ecology, 73*, 58-63. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.005

Magomya, A.M., Kubmarawa, D., Ndahi, J.A., & Yebpella, G.G. (2014). Determination of plant proteins via the Kjeldahl method and amino acid analysis: A comparative study. *International Journal of Science Technology Research, 3*(4), 68-72.

Majnoon Hosseini, N. (2008). Cultivation and production of legumes. University Jihad Publications, Iran. 290 p. (In Persian)

Mehrabi, Z., & Ehsanzadeh, P. (2011). A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement, 13*(2), 75-88. (In Persian)

Mirzakhani, M., & Sibi, M. (2010). Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. The Proceedings of Iranian National Congress on Agricultural and Sustainable Development. Islamic Azad University, Shiraz Branch, Iran. (In Persian)

Mirzakhani, M., (2017). Evaluation of electrical conductivity, chlorophyll and seed yield of wheat under water stress with zeolite application. *Journal of Crop Ecophysiology, 11*(1), 111-126. (In Persian)

Mirzakhani, M., & Maleki, G.R. (2015). Evaluation of some physiological characteristics of wheat under water stress and zeolite application. *Applied Field Crops Research, 28*(107), 58-66. (In Persian)

Motaghi, S., Motaghi, L., ShiraniRad, A., & lotfifar, O. (2019). Study the efficiency of zeolite in reduce the effect of drought stress on agronomical traits and seed yield of rapeseed in Karaj region. *Journal of Plant Ecophysiology, 11*(36), 256-271. (In Persian)

Nasrollahi, A.H., Ahmadi, H., Sabzevari, Y., & Nouri, S. (2020). Comparison of variations of water stress index of chika bean plant under surface irrigation and drip tape irrigation using infrared thermometer . *Journal of Water and Soil Science, 24*(2): 13-26. (In Persian)

Rejeb, K.B., Abdelly, C., & Savouré, A. (2014). How reactive oxygen species and proline face stress together. *Journal of Plant Physiolo and Biochemistry, 80,* 278-284. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.007

Sairam, R.K, Rao, K.V., & Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Journal of Plant Science, 163*, 1037-1046. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9

Salehi, F., (2015). Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication, 256 p. (In Persian)

Shaukti Moqrabi, M., Tohidinejad, A., & Rezaei Ishtaroieh, A. (2016). The effect of different irrigation regimes on the performance of promising lines of common millet. The fourteenth National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, September 5. (2017). Kerman Shahid Bahonar University, Iran. (In Persian)

Valadabadi, A. (2013). Investigating the effect of using biological fertilizers and zeolite on the quantitative properties of rice under drought stress conditions. National Conference on Applied Research in Science and Engineering, Islamic Azad University, Takestan branch, Iran.

Yari, S., Khalighi-Sigaroodi, F., & Moradi, P. (2013). Effects of different levels of zeolite on plant growth and amount of gel production in *Aloe vera* L. under different Irrigation. *Journal of Medicine Plants, 12*(48), 72-81. (In Persian)

Zadehbagheri, M., Kamelmanesh, M.M., Javanmardi, S., &Sharafzadeh, S. (2012). Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotype. *African Journal of Agricultural Research, 7*(42), 5661-5670. https://doi.org/10.5897/AJAR10.901

Zamani Nouri, A., Qashqais, A., & Hosseiniabri, S. (2014). Effect of zeolite on yield, yield components and protein content of red bean plant. The first national conference on sustainable agricultural development with the application of agricultural model, February 12. 2014. Islamic Azad University, Saveh branch, Iran.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 93-112
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۱۲-۹۳
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to Planting Date and Row Spacing in Jiroft

Samireh Dezhbanpour[1], Ahmad Aien[2*], Morteza Eshraghi-Nejad[3], Mohamad Hasan Shirzadi[4]

Received: 02-01-2024
Revised: 07-02-2024
Accepted: 04-03-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Dezhbanpour, S., Aien, A., Eshraghi-Nejad, M., & Shirzadi, M.H. (2024). Response of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to planting date and row spacing in Jiroft. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 93-112.. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

Introduction
The highest concentration of protein is found in plant-based sources, whereas animal protein production tends to be more challenging and costly compared to plant-derived proteins. Within plant sources, legumes emerge as a primary reservoir of protein. A notable proportion of protein compounds within legumes boast relatively high nutritional value. The amount of protein in most plants of the legume family, including beans, is reported between 18 and 32%. guar or cluster bean (*Cyampsis tetragonoloba* (L.) Taub.) is an annual plant from the legume family, which is cultivated in dry plains as an alternative crop due to its high tolerance to drought and salt conditions. This plant, like most legumes, is important in the balance of soil mineral elements in agricultural systems due to its ability to symbiosis with nitrogen-fixing bacteria. Planting date and optimal plant density are two effective factors to achieve the potential performance of plants. Considering the importance of guar as an edible, industrial, fodder and medicinal product, it seems necessary to conduct research on the growth response of this plant to management factors, especially the date and density of plant planting. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of planting date and row spacing on guar plant as an alternative plant for the climatic conditions of southern Kerman and other similar climates, in order to achieve the highest yield and grain quality.

Materials and Methods
The experiment was carried out as split plots based on the completely randomized blocks design with three replications in the research farm of South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Jiroft) in two years 2018-2019. Jiroft region has a latitude of 57 degrees and 32 minutes north and a longitude of 28 minutes and 32 degrees east and is located at an altitude of 628 meters above sea level. The experimental treatments include planting date as the main factor in six levels (10 and 25 May, 9 and 24 June, 9 and 24 July) and seed planting intervals as secondary factors in four levels (20, 30, 40 and 50 cm).

Results and Discussion
The results showed that the maximum dry weight of leaves and stems, the number of leaves in the secondary stem, the height of the plant and the length of the pod were observed on the date of 24 June and the row spacing was 50 cm, and in all planting dates, increasing the row spacing led to an increase in the mentioned traits. The comparative analysis of average planting dates reveals that the highest metrics were achieved on June 9th. This includes a 43% increase in the number of pods per plant, a 23% increase in the number of grains per pod, a 66% increase in biological yield, a 45% increase in grain yield, and an 18% increase in harvest index. The highest leaf surface index (15%) and number of leaves in the main stem (91%) was observed on the 24 June. In general, with the delay in planting after early June (9 June) to late June (24 June), the yield and yield components of guar gradually decreased and reached the lowest value. The results comparing the mean effect of row spacing showed the highest number of pod per plant and seeds per pod at 50 cm row spacing, but the highest grain yield was obtained at 30 and 40 cm row spacing.

1 and 4- Ph.D Student and Assistant Professor, Faculty of Agricultural, Jiroft Branch, Islamic Azad University,Jiroft, Iran, respectively.
2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran, respectively
* Corresponding Author: a.aien@areeo.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

Conclusions
In general, among the planting dates, guar planting in June to early July in Jiroft region is the best planting date. While, early planting (May) and late planting (late July) were not favorable for guar and led to a decrease in plant yield. Therefore, in order to obtain the best yield and agronomic characteristics of guar plant in the south of Kerman province and similar conditions, it is recommended to cultivate this plant from early June to early July and at a row distance of 30 to 40 cm, because in the mentioned dates and row spacing, the plant makes the best use of environmental factors and with the reduction of competition between the plants, its performance and components increase Because.

Keywords: Biological and grain yield, Guar, Harvest index, Leaf Area Index, Number of pod, Thousand grain weight

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۱۲-۹۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 93-112
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

واکنش گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به تاریخ کشت و فواصل ردیف در جیرفت

سمیره دژبان پور[۱]، احمد آئین[۲*]، مرتضی اشراقی نژاد[۳]، محمد حسن شیرزادی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

چکیده

عملیات زراعی از قبیل فواصل بهینه بین ردیف‌های کاشت و انتخاب تاریخ کشت مناسب، یکی از عوامل مؤثر در استفاده بهتر از منابع محیطی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. از این رو، با هدف بررسی تاریخ کاشت و فواصل ردیف بر گیاه گوار، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) طی سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در شش سطح (۲۰ اردیبهشت، چهار و ۱۹ خرداد، سه و ۱۸ تیر و دو مرداد) و فواصل ردیف کاشت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ و ساقه، تعداد برگ در شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته و طول غلاف در تاریخ کشت سوم تیر و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد و در تاریخ‌های کاشت، افزایش فاصله ردیف منجر به افزایش ویژگی‌های مذکور شد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، حاکی از بیشترین تعداد غلاف در بوته (۴۳ درصد)، تعداد دانه در غلاف (۲۳ درصد)، عملکرد زیستی (۶۶ درصد)، عملکرد دانه (۴۵ درصد) و شاخص برداشت (۱۸ درصد) در تاریخ ۱۹ خرداد نسبت به تاریخ‌های کاشت زود هنگام (۲۰ اردیبهشت) و دیر هنگام (دوم مرداد) داشت. بالاترین شاخص سطح برگ (۱۵ درصد) و تعداد برگ در ساقه اصلی (۹۱ درصد) نیز در تاریخ کاشت سوم تیر در مقایسه با تاریخ‌های کاشت زود هنگام و دیر هنگام حاصل شد. به‌طور کلی، با تأخیر در کاشت بعد از اوایل خرداد تا اوایل مرداد، عملکرد و اجزای عملکرد گوار به‌تدریج کاهش یافت و در کشت دو مرداد به کمترین مقدار رسید. نتایج مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف بیانگر بیشترین تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود، اما بیشترین عملکرد دانه در دو فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر حاصل شد. بنابراین، با توجه به نتایج، جهت حصول بهترین عملکرد و ویژگی‌های زراعی گوار در جنوب استان کرمان، بهتر است این گیاه از تاریخ کاشت اواسط خرداد تا اوایل تیر و با فواصل ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر کشت شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد نیام، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، عملکرد زیستی و دانه، گوار، وزن هزار دانه

مقدمه

افزایش جمعیت جهان از سویی و افزایش دانش و آگاهی مصرف‌کننده در مورد کیفیت مواد غذایی از سوی دیگر، افزایش تقاضا برای غذای سالم و با کیفیت را ایجاد کرده است. به‌طوری‌که سامانه‌های کشاورزی از طریق وارد کردن گونه‌های زراعی جدید و یا گیاهان فراموش شده در الگوهای مختلف کشت، زمینه را برای اشتغال، ثبات تولید و امنیت غذایی فراهم ساخته‌اند. نیاز افراد بشر به منابع پروتئینی و قیمت بالای پروتئین حیوانی منجر به توجه بیش از پیش به منابع پروتئین گیاهی شده، این در حالی است که بیشترین پروتئین مورد نیاز انسان در منابع گیاهی موجود بوده که هم در دسترس‌تر و هم مقرون به‌صرفه‌تر از پروتئین حیوانی می‌باشد (Simon et al., 2020).

گوار یا لوبیای خوشه‌ای (*Cyampsis tetragonoloba* (L.) Taub.) گیاهی است یک ساله از خانواده حبوبات که به‌دلیل تحمل بالا به شرایط خشکی و شوری، به‌عنوان یک محصول جایگزین، در دشت‌های کم آب کشت می‌شود (Avola et al., 2020). این گیاه مانند بیشتر حبوبات، به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، در تعادل عناصر معدنی خاک در نظام‌های زراعی دارای اهمیت می‌باشد.

۱ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.
۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار و استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: a.aien@areeo.ac.ir)

کشت این گیاه به‌طور عمده به‌دلیل غلظت بالای گالاکتومانان موجود در بذر صورت می‌گیرد که با عنوان تجاری صمغ گوار شناخته شده است. پس از استخراج صمغ، باقی‌مانده آن به‌عنوان کنجاله گوار به‌علت درصد بالای پروتئین برای مصرف دام و طیور مناسب می‌باشد (Heydarzade et al., 2020). از سوی دیگر، از سال ۲۰۱۲ تقاضای جهانی برای صمغ گوار افزایش یافته و قیمت آن به‌طور تقریبی ۲/۳ برابر افزایش داشته است (Dadgar et al., 2021).

تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت مناسب یک گیاه زراعی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و از عوامل مهم اولیه جهت کسب بیشترین عملکرد می‌باشد. هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان کاشت مطلوب یک گیاه است، به‌طوری‌که مجموعه عوامل محیطی در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه و ادامه رشد و نمو گیاه مناسب باشد و گیاه با شرایط نامساعد محیطی مواجه نشود (Huang et al., 2021). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بالا بودن میانگین دمای هوا در طول فصل رشد، طول روزهای بلند و آب و هوای خشک، منجر به افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود. درحالی‌که ترکیب دماهای پایین، رطوبت بالا و طول روز کوتاه در کشت‌های تأخیری، منجر به کاهش عملکرد دانه خواهد شد (Heydarzade et al., 2020).

نتایج یک آزمایش در تیروپاتی هندوستان نشان داد که در بین زمان‌های مختلف کاشت (هفته اول، دوم، سوم و چهارم جولای، هفته اول، دوم، سوم و چهارم آگوست)، بیشترین عملکرد دانه، تعداد خوشه در بوته، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد صمغ و پروتئین خام در ارقام مختلف گوار در کشت هفته اول و دوم جولای به‌دست آمد (Lakshmi Kalyani, 2012). در تحقیقی در آمریکا نشان داده شد که تأخیر در تاریخ کاشت بعد از نیمه ژوئن، برای تولید گوار زیان‌آور می‌باشد. به‌طوری‌که شرایط گرم‌تر و بارندگی بیشتر در تاریخ کاشت نیمه ژوئن باعث رشد بهتر و عملکرد بیشتر در ژنوتیپ‌های گوار شد (Singla et al., 2016). در بررسی واکنش ماش به تاریخ کشت بیان گردید که تاریخ کاشت مناسب گیاه، سبب ایجاد تغییرات مثبت بر اجزای عملکرد و افزایش عملکرد دانه می‌شود، زیرا انتخاب تاریخ کشت مطلوب منجر به عدم برخورد مرحله تشکیل دانه با شرایط نامساعد آخر فصل شده و در نتیجه، دانه‌بندی به‌خوبی صورت می‌گیرد و اثر مثبت بر رشد رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی دارد (Nandi et al., 2023).

یکی دیگر از عوامل مهم در کشت گیاه، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت می‌باشد. تراکم کاشت مطلوب گیاهان در واحد سطح زمین موجب فراهم‌سازی فضای تغذیه‌ای مناسب تک بوته و ایجاد تعادل در رقابت بین بوته‌ها و دستیابی به بیشترین عملکرد می‌شود. تعیین تراکم بوته اهمیت فراوانی در عملکرد گوار دارد، زیرا تراکم بوته بر تعداد شاخه‌های جانبی و در نتیجه، بر تعداد غلاف در بوته اثر دارد. به‌طوری‌که کاشت گوار در ردیف‌های باریک ممکن است نتایج مطلوب تری داشته باشد، زیرا به گیاه حالت رشدی بیشتری می‌دهد (Akhtar et al., 2012). گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته، فواصل ردیف در گوار کاهش یافته و عملکرد کل در هکتار افزایش می‌یابد. بنابراین، افزایش تعداد بوته در واحد سطح می‌تواند کاهش تعداد غلاف‌های بوته را جبران کند و تعداد غلاف در مترمربع را افزایش دهد (Deka et al., 2015). در پژوهش احمدی نورالدین‌وند و همکاران (Ahmadi Nouraldivand et al., 2020) با افزایش تراکم بوته گوار، بیشتر ویژگی‌های رویشی و زایشی به‌جز تعداد شاخه فرعی افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۹۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار) در مصرف اسید هیومیک و تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و کمترین مقادیر مربوط به عدم مصرف اسید هیومیک و تراکم ۳۵ بوته در مترمربع بود.

امروزه، به‌دلیل تغییرات اقلیمی و روند گرم شدن زمین، پژوهش‌هایی که توانایی شناخت گونه‌های متحمل به شرایط نامساعد محیطی را دارند، دارای اهمیت فراوانی است. با توجه به اهمیت گوار به‌عنوان محصول خوراکی، صنعتی، علوفه‌ای و دارویی و با توجه به اینکه تاکنون در جنوب استان کرمان، پژوهشی در خصوص این محصول صورت نگرفته است، بررسی واکنش این گیاه به عوامل مدیریت زراعی ضروری به نظر می‌رسد. افزون بر این، به‌دلیل رشد گوار در آب و هوای گرم و تحمل طولانی به شرایط کم آبی (Heydarzade et al., 2020) همچنین، با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی شهرستان جیرفت که از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشور می‌باشد، لازم است متناسب با شرایط موجود، گیاهانی که ویژه این مناطق هستند شناسایی و کشت شود. از این رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر گوار به‌عنوان یک گیاه جایگزین برای شرایط آب و هوایی جنوب کرمان، جهت دستیابی به بالاترین عملکرد و کیفیت دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) با عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۸ دقیقه و ۳۲ درجه شرقی و با ارتفاع ۶۲۸ متر از سطح دریا طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همچنین، ویژگی‌های هواشناسی منطقه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

سال Year	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P	پتاسیم K
					(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)	
۱۳۹۷ -۹۸ 2018	لومی- شنی Loam-sandy	7.8	1.46	0.039	11.2	178.5
۱۳۹۸ -۹۹ 2019	لومی- شنی Loam-sandy	7.6	1.21	0.035	9.4	169.3

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در شش سطح (۲۰ اردیبهشت، چهار و ۱۹ خرداد، سه و ۱۸ تیر و دو مرداد) و فواصل ردیف کاشت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بودند. در این آزمایش، هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت با فواصل بین ردیف‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، به‌طول چهار متر و فاصله بین بوته‌ها هفت سانتی-متر بود. کاشت بذرها به‌صورت دستی در عمق سه سانتی‌متری انجام شد. بذر کشت شده بومی پاکستان (اکوتیپ پاکستانی) بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با نوار تیپ بود. آبیاری تا مرحله چهار تا شش برگی گیاه با فاصله زمانی هر چهار روز یک بار و در مراحل بعدی با فواصل زمانی هر هفت تا ۱۰ روز یک بار انجام شد. کودهای شیمیایی پرمصرف بر اساس نیاز گیاه و آزمایش خاک، شامل اوره به‌میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل چهار تا شش برگی و طویل شدن ساقه، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم هرکدام به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با کاشت استفاده شدند. همچنین، محلول‌پاشی کود میکرومیکس کامل حاوی عناصر آهن، مس، روی، منگنز و بور یک بار در مرحله گل‌دهی گیاه انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز مزرعه در مرحله شش تا هشت برگی گیاه به‌صورت دستی انجام شد. تاریخ شروع گل‌دهی در تاریخ کاشت‌های ۲۰ اردیبهشت، چهار خرداد، ۱۹ خرداد، سه تیر، ۱۸ تیر و دوم مرداد به‌ترتیب در ۲۰ خرداد، ۵ تیر، ۲۰تیر، شش مرداد، ۲۵ مرداد و ۱۱ شهریور ماه بود.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد گره در ساقه اصلی، شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. در مرحله گل‌دهی، تعداد پنج بوته در هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد برگ‌ها شمارش شد. در زمان زرد شدن غلاف‌های گیاه، برداشت از چهار ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ای، انجام شد. زمان برداشت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ اردیبهشت، چهارم خرداد، ۱۹ خرداد، سوم تیر، ۱۸ تیر و دوم مرداد به‌ترتیب در تاریخ‌های سوم مهر، ۱۴ مهر، ۲۵ مهر، هشت آبان، ۱۵ آبان و ۲۴ آبان‌ماه بود. همچنین، در انتهای فصل رشد تعداد پنج بوته در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- مشخصات هواشناسی منطقه جیرفت در سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸

Table 2- The weather charactristics of Jiroft during 2018-19

سال ۱۳۹۸ Year of 2018	کمینه دما Air minimum temperature (°C)	بیشینه دما Air maximum temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	بارندگی Precipitation (mm)
فروردین March	15.3	28.5	59.0	58.2
اردیبهشت April	18.2	36.3	39.9	8.3
خرداد May	25.1	43.8	29.5	0.2
تیر July	26.8	45.7	36.3	0.0
مرداد Augest	28.5	48.4	37.4	0.3
شهریور September	25.3	45.7	51.5	0.0
مهر October	20.0	36.7	68.0	0.7
آبان November	12.5	24.8	69.0	51.1
میانگین Average	21.4	38.7	48.8	14.8
سال ۱۳۹۹ Year of 2019				
فروردین March	11.3	28.4	58.0	80.1
اردیبهشت April	18.4	36.3	41.2	15.2
خرداد May	25.6	43.4	30.3	0.0
تیر July	27.4	45.0	34.7	0.0
مرداد Augest	28.0	42.1	36.4	0.0
شهریور September	23.3	40.3	50.5	0.0
مهر October	16.4	35.8	41.0	0.0
آبان November	10.7	29.9	59.0	0.9
میانگین Average	20.1	37.6	43.8	12.0

جهت تعیین سطح برگ، بوته‌های گوار در سطح یک مترمربع در مرحله گل‌دهی برداشت و تمام برگ‌ها از بوته‌ها جدا شد. سپس، با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل CRLA1، شاخص سطح برگ به‌دست آمد. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰ درصد (Ahmadi Nouraldivand et al., 2020) برای تیمارهای مختلف محاسبه شد و همچنین، جهت تعیین عملکرد زیستی، پنج بوته از کل بوته‌های برداشت شده جدا شد و سپس، در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفت. شاخص برداشت از معادله ۱ محاسبه شد (Mehdipour Afra et al., 2019).

معادله (۱)

شاخص برداشت = عملکرد دانه/عملکرد زیستی × ۱۰۰

در نهایت، پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و همگنی سال‌های آزمایش، تجزیه و تحلیل با نرم‌افزار SAS (V9.1) و رسم نمودارها با Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

همان‌گونه که تجزیه واریانس مرکب نشان می‌دهد (جدول ۳)، اثر سال بر تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، طول غلاف در سطح یک درصد، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت. اثر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. اثر فاصله ردیف نیز بر ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز عملکرد زیستی معنی‌دار شد. برهم‌کنش سال در تاریخ کاشت بر طول غلاف، تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. برهم‌کنش سال در ردیف کاشت بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار نشان داد. برهم‌کنش تاریخ کاشت و فاصله ردیف بر تعداد برگ در ساقه فرعی، طول غلاف، وزن خشک ساقه در سطح یک درصد و بر ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. امّا برهم‌کنش سال در تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر هیچ یک از ویژگی‌های مورد بررسی اثر معنی‌دار نداشت.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و فاصله ردیف (شکل ۱)، بیانگر این است که بیشترین ارتفاع بوته از تاریخ سوم تیر و فواصل ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر با ۹۸ درصد، نسبت به کشت در دوم مرداد و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر حاصل شد. کاهش ارتفاع می‌تواند ناشی از کوتاه شدن فواصل میانگره‌ها در اثر تغییر طول روز باشد (Djman et al., 2022)، در این آزمایش، تأخیر در کاشت تا دوم مرداد به‌دلیل کاهش طول دوره رویشی و نامطلوب بودن دما نسبت به تاریخ‌های کاشت زودهنگام، سبب کاهش ارتفاع بوته گوار شد که با نتایج حیدرزاده و همکاران (Heydarzade et al., 2020) و دکا و همکاران (Deka et al., 2015) مطابقت دارد. در این پژوهش، کاشت گیاه در تراکم‌های پایین (فاصله ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) منجر به کاهش رقابت بین گونه‌ای از سویی و افزایش دسترسی گیاه به منابع از سوی دیگر شد که افزایش ارتفاع بوته گوار را نسبت به تراکم‌های بالاتر (فاصله ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) به دنبال داشت. بر همین اساس، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ارتفاع بوته گوار با افزایش فاصله بین بوته افزایش می‌یابد (Sasmita et al., 2017; Al Myali et al., 2020).

نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه (R^2=۰/۵۶**)، تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۸**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۲**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۵۵**)، عملکرد زیستی (R^2=۰/۲۳**) و شاخص برداشت (R^2=۰/۲۹**) گوار با ارتفاع بوته ارتباط مثبت و معنی‌دار داشته و بیشترین ارتباط، ضریب ۵۶ درصد، مربوط به عملکرد دانه می‌باشد (جدول ۷).

تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی

مطابق با مقایسه میانگین‌ها، تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سال اول به‌ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصد بیشتر از سال دوم بود (جدول ۴). بر اساس جدول آب و هوای فصل رشد گیاه گوار (جدول ۳) در سال اول میانگین دمای کمینه، بیشینه، رطوبت و بارندگی اندکی بیشتر از سال دوم بود که می‌تواند منجر به افزایش ویژگی‌های رویشی گیاه شده باشد. البته این موضوع ممکن است به‌دلیل گرمادوست بودن گوار باشد (Heydarzade et al., 2020). نتایج (جدول ۵) هم‌چنین نشان‌دهنده افزایش تعداد برگ ساقه اصلی در تاریخ کشت سوم تیر داشت که با تاریخ کشت ۱۹ خرداد اختلاف معنی‌دار نشان نداد و در مرتبه بعد، دو تاریخ چهارم خرداد و ۱۸ تیر بدون تفاوت مشاهده شد. در نهایت، دو تاریخ کشت ۲۰ اردیبهشت و دوم مرداد، ۴۸ درصد کاهش نسبت به کشت سوم تیر، کمترین تعداد برگ در ساقه اصلی را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که گیاه در تاریخ‌های کاشت اوایل خرداد تا اواسط تیر به‌دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب، افزایش دما و طول روز، فرصت کافی برای رشد رویشی خود را دارا بوده و در نهایت، منجر به تولید بیشترین تعداد برگ در بوته شده است. مطابق با نتایج این پژوهش، در گزارشی تفاوت تعداد برگ در تاریخ‌های کاشت زود هنگام و دیر هنگام ناشی از کوتاه شدن طول دوران رشد بیان شد (Ghanbari et al., 2012).

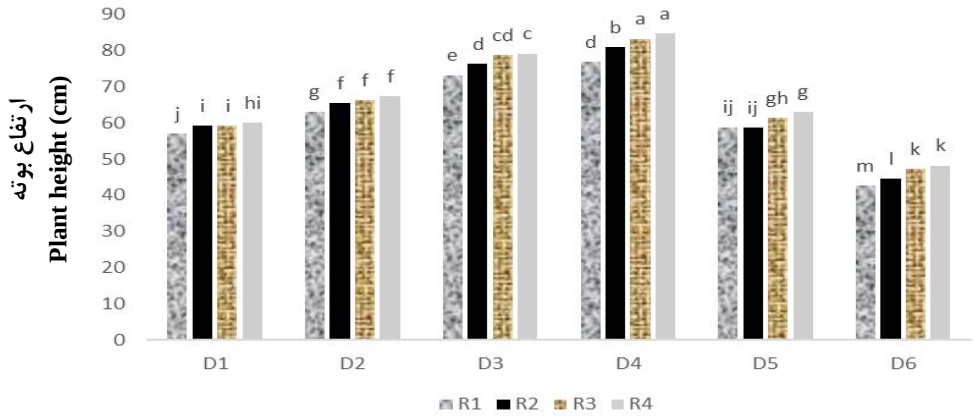
جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های مورفولوژیک گوار طی سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸

Table 3- Compound analysis variance of experimental treatments on morphological traits of guar 2018-19

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	برگ شاخه فرعی Number of leaves in scondary stems	طول غلاف Pod Length	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	وزن خشک برگ Weight of dry leaf	وزن خشک ساقه Weight of dry stem	تعداد غلاف Number of pod	تعداد دانه Number of seed	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
سال Year (Y)	1	517.6^{ns}	138**	419**	8.9**	0.18^{ns}	45.9**	31.6^{ns}	150^{ns}	0.03^{ns}	8.03*	564752^{ns}	26240006^{ns}	122.8*
تکرار (سال) Replication (Y)	4	3769.8	28	342.2	0.08	0.07	1.7	42.5	128	0.06	0.55	501368	6089137	6.3
تاریخ کاشت Planting date (PD)	5	6274.2**	391**	1753**	11.1**	3.15**	159.1**	350**	675**	2.77*	20.23**	7239219**	49334917*	94.9*
سال×تاریخ کاشت Y×PD	5	48.6^{ns}	12^{ns}	17.5^{ns}	0.94**	0.04^{ns}	4.4^{ns}	1.8^{ns}	44^{ns}	0.33**	0.39^{ns}	204130^{ns}	4930268^{ns}	13.7*
خطای اول Error a	20	135.4	12.8	96.4	0.11	0.63	4.3	4.2	315	0.07	0.31	1260749	11757135	3.4
فاصله ردیف Row spacing (RS)	3	176**	50.2*	436.4**	11.9**	3.58**	91.9**	159.2**	4687**	7.36**	10.76*	367203*	4405636^{ns}	156.2**
سال×فاصله ردیف Y×RS	3	2.7^{ns}	0.36^{ns}	27^{ns}	0.06*	0.07^{ns}	0.2^{ns}	1.3^{ns}	27^{ns}	0.15*	0.7**	35040^{ns}	716338^{ns}	0.7^{ns}
تاریخ کاشت×فاصله ردیف PD×RS	15	5.3*	0.35^{ns}	29.4**	0.12**	0.1^{ns}	0.91*	3.8**	19^{ns}	0.07^{ns}	0.13*	13612^{ns}	119745^{ns}	0.6^{ns}
سال×تاریخ کاشت×فاصله ردیف Y×PD×RS	15	2.1^{ns}	0.38^{ns}	0.238^{ns}	0.007^{ns}	0.05^{ns}	0.33^{ns}	0.2^{ns}	18^{ns}	0.03^{ns}	0.04^{ns}	53765^{ns}	529158^{ns}	1.4^{ns}
خطای دوم Error b	72	15.3	8.3	21.3	0.02	0.31	0.39	1.5	29	0.05	0.12	41129	528318	1.1
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.2	23.6	13.5	2.9	14.8	7.6	15.8	12.4	4.5	1.2	7.8	8.9	3.4

* ، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

ns: Non-significant, *and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively



شکل ۱- برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر ارتفاع بوته گوار

Fig. 1- The interaction of planting date in spacing row on plant height of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Different alphabet in each column indicates significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test

(D1, D2, D3, D4: 10th and 25th May, 9th and 24th June, 9th and 24th Juy, :20, 30, 40 and 50cm)

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، کشت گوار در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، بیشترین تعداد برگ ساقه اصلی را به خود اختصاص داد. کاشت در فاصله ۲۰ سانتی‌متر نیز با ۱۴ درصد کاهش، کمترین تعداد برگ ساقه اصلی را ثبت کرد (جدول ۶). بیشترین تعداد برگ در شاخه‌های فرعی هنگامی به‌دست آمد که کشت در تاریخ سوم تیر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد (شکل ۲). در تاریخ‌های کاشت با افزایش فاصله بین بوته‌ها تعداد برگ در شاخه‌های فرعی افزایش یافت. افزون بر این، کشت گیاه در خرداد ماه و در فاصله ردیف‌ها منجر به افزایش تعداد برگ شد. کمترین مقدار نیز به کشت گوار در تاریخ دوم مرداد و فاصله ۲۰ سانتی‌متر، ۷۶ درصد کاهش، اختصاص داشت. مطابق با نتایج جدول همبستگی، تعداد برگ در ساقه اصلی با تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۱۷*) و طول غلاف (R^2=۰/۶**) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. تعداد برگ در ساقه فرعی نیز با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۱۶*)، شاخص سطح برگ (R^2=۰/۱۹*)، طول غلاف (R^2=۰/۷**) و تعداد برگ در ساقه اصلی (R^2=۰/۶**) ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۷).

کاهش تعداد برگ با افزایش تراکم بوته، ناشی از کمبود فضا برای ایجاد و رشد برگ‌ها و همچنین، کمبود تابش آفتاب می‌باشد (Huang et al., 2021). برخی پژوهش‌ها تعداد برگ را در تراکم‌های مختلف، یکسان نشان داده‌اند، درحالی‌که در محدوده تراکم‌های بسیار زیاد تعداد برگ همبستگی منفی با تعداد بوته در واحد سطح نشان داده است (Hosseinpour et al., 2011). بنابراین، در مورد تراکم بوته (فاصله ردیف کاشت) می‌توان به این نتیجه رسید که تراکم‌های بالا (فواصل بین ردیف کم، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) و بیشتر از حد مطلوب به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش دسترسی به منابع منجر به کاهش ویژگی‌های رویشی گیاه شد.

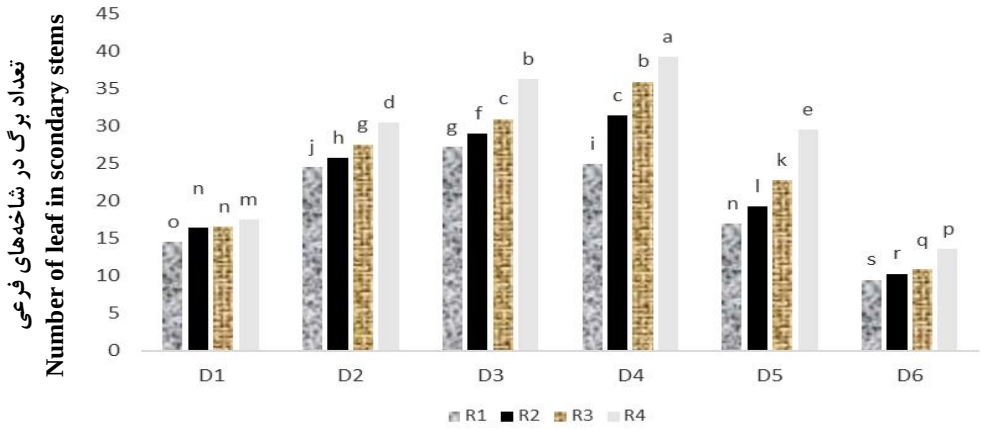
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال‌های آزمایش بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 4- The mean comparisons of experimental year on agronomical and yield traits of guar

سال Year	تعداد برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	تعداد برگ شاخه‌های فرعی Number of leaves in scondary stems	طول غلاف Pod length (cm)	وزن خشک برگ Weight of dry leaf (g.plant^{-1})	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۱۳۹۸ 2018	18.4^{a*}	25^{b}	5.1^{a}	8.8^{a}	27.4^{b}	31.9^{a}
۱۳۹۹ 2019	16.4^{b}	27.7^{a}	4.6^{b}	7.7^{b}	27.9^{a}	30^{b}

* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test.



شکل ۲- برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر تعداد برگ در شاخه‌های **فرعی گوار**

Fig. 2- The interaction of planting date in row spacing on number of leaves in scondary stems guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Different alphabet in each column indicates significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test

(D1, D2, D3, D4: 10th and 25th May, 9th and 24th June, 9th and 24th Juy, :20, 30, 40 and 50cm)

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ در تاریخ سوم تیر، به‌دست آمد. کمترین شاخص سطح برگ نیز با ۲۴ درصد کاهش، در تاریخ دوم مرداد مشاهده شد (جدول ۵). افزایش دما در تاریخ‌های کاشت خرداد تا تیر ماه برای گیاه گرمادوست گوار ممکن است سبب افزایش محتوی کلروفیل برگ و فتوسنتز گیاه شده باشد (Singla et al., 2016) که در نتیجه، بهبود رشد گیاه و افزایش سطح برگ را به دنبال داشته است. افزون بر این، یکی از دلایل عملکرد پایین در تاریخ‌های دیر هنگام می‌تواند ناشی از کاهش دوره رشد گیاه و مواد فتوسنتزی گزارش شده است که بر رشد و فعالیت باکتری‌های ریزوبیومی اثر گذاشته و در نتیجه، کاهش فعالیت باکتری‌ها، کاهش رشد و نمو گیاه را در مقایسه با گیاهان کاشته در تاریخ‌های کاشت مطلوب را به دنبال داشت (Karavidas et al., 2022). سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) گزارش نمودند که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گوار در دشت‌های نیمه خشک مکزیک داشت، به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ از تاریخ کاشت‌های زود (اواسط ژوئن) به‌دست آمد و با تأخیر در کاشت، شاخص سطح برگ کاهش یافت. شاخص سطح برگ گوار در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر، بالاترین مقدار را دارا بود که می‌تواند به‌دلیل افزایش تراکم در واحد سطح و در نتیجه، افزایش نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده باشد، کشت گوار در فاصله ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، کمترین شاخص سطح برگ، ۱۶/۵ درصد کاهش، را شامل شد (جدول ۶). مطابق با نتایج همبستگی (جدول ۷)، در این پژوهش شاخص سطح برگ گوار تنها با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۴**) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد و با سایر ویژگی‌ها ارتباط معنی‌دار نداشت.

یکی از عوامل موفقیت در تولید محصول، تراکم بهینه در واحد سطح می‌باشد (Timlin et al., 2014). مطابق با این مطالعه، در پژوهشی مشخص شد که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ لوبیا افزایش یافت (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016). گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته با وجود ایجاد رقابت به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ در واحد سطح افزایش یافت و این امر منجر به افزایش شاخص سطح برگ شد (Pourhadian et al., 2022).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کاشت بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 5- The mean comparisons of planting date on agronomical and yield traits of guar

تاریخ کاشت Planting date	تعداد برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۰ اردیبهشت May-10	14.5^{e*}	3.59^{c}	41.0^{c}	5.0^{ab}	2409.0^{c}	7453.0^{bc}	32.3^{a}
چهارم خرداد May-25	18.2^{bc}	3.83^{b}	46.4^{ab}	5.1^{ab}	2786.0^{b}	8809.0^{ab}	31.9^{ab}
۱۹ خرداد June-9	21.3^{ab}	4.09^{a}	51.3^{a}	5.3^{a}	3373.0^{a}	10129.0^{a}	33.4^{a}
سوم تیر June-24	22.0^{a}	4.12^{a}	45.4^{bc}	4.9^{ab}	2645.0^{bc}	9107.0^{ab}	29.1^{bc}
۱۸ تیر July-9	16.7^{cd}	3.78^{b}	41.5^{bc}	4.7^{bc}	2318.0^{c}	7541.0^{bc}	30.7^{abc}
دوم مرداد July-24	11.5^{e}	3.14^{d}	35.9^{d}	4.3^{c}	1717.0^{d}	6109.0^{c}	28.2^{c}

* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicates significant difference at $p \leq 0.05$ based on Duncan Test

وزن خشک برگ و ساقه

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشاد داد که وزن خشک برگ در سال اول ۱۲/۵ درصد بیشتر از سال دوم می باشد که با توجه به شرایط مطلوب‌تر آب و هوایی در سال اول در مقایسه با سال دوم قابل توضیح می‌باشد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها (شکل‌های ۲ و ۳)، بیشترین وزن خشک برگ و ساقه مربوط به تاریخ کشت سوم تیر و فاصله کاشت ۵۰ سانتی‌متر، بود. افزون بر این، در تاریخ‌های کاشت، افزایش فاصله ردیف منجر به افزایش وزن خشک برگ و ساقه گوار شد. از سوی دیگر، وزن خشک برگ و ساقه از کشت اوایل خرداد ماه به بعد روند افزایشی نشان داد و در تاریخ سوم تیر ماه به بیشترین مقدار خود رسید، درحالی‌که از ۱۸ تیر تا اوایل مرداد سیر نزولی داشت. به نظر می‌رسد که تاریخ‌های کاشت اواسط خرداد تا اوایل تیر ماه به‌دلیل افزایش دما و طول روز در منطقه منجر به توسعه سریع‌تر برگ‌ها در گوار شده و بر تعداد برگ‌ها می‌افزاید. بر همین اساس، گزارش شده است که تاریخ کاشت مناسب منجر به افزایش فصل رشد، شاخص سطح برگ و افزایش جذب تابش خورشیدی و استفاده مطلوب از آب و عناصر غذایی می‌شود (Sher et al., 2022) که در این پژوهش نیز افزایش وزن خشک اندام هوایی در تاریخ کشت‌های خرداد و تیر ماه مشاهده شد.

در پژوهش حاضر، افزایش فاصله ردیف کاشت به ۵۰ سانتی‌متر منجر به افزایش وزن خشک ساقه و برگ گوار شد. این در حالی بود که در دو فاصله کاشت ۴۰ و ۳۰ سانتی‌متر، وزن خشک اندام هوایی تفاوت کمی با یکدیگر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر نشان داد و کمترین مقادیر برای فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر ثبت شد. در این پژوهش، افزایش تراکم گیاهی (فواصل ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی، افزایش ویژگی‌های رویشی را به دنبال داشت، درحالی‌که با افزایش تراکم گیاه (فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر) بر رقابت درون گونه‌ای افزوده شده و گیاه جهت فراهم‌سازی عوامل رشدی خود به رقابت با گیاهان مجاور پرداخت (Araghian et al., 2022). در نهایت، بسیاری از گیاهان به‌دلیل کمبود عوامل رشدی در مراحل مختلف دچار خسارت شده و از ادامه حیات و تولید نهایی باز ماندند. نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه (جدول ۷) نیز حاکی از ارتباط مثبت و معنی‌دار وزن خشک برگ و ساقه با تعداد غلاف در بوته (به ترتیب R^2=۰/۳** و R^2=۰/۱۹*)، تعداد دانه در غلاف (به ترتیب R^2=۰/۳۵** و R^2=۰/۲۳**)، وزن هزار دانه (به ترتیب R^2=۰/۲۴** و R^2=۰/۱۹*)، طول غلاف (به ترتیب R^2=۰/۸۷** و R^2=۰/۷۵**) و تعداد برگ در ساقه اصلی (به ترتیب R^2=۰/۶** و R^2=۰/۶**) و فرعی (به ترتیب R^2=۰/۷** و R^2=۰/۸**) داشت.

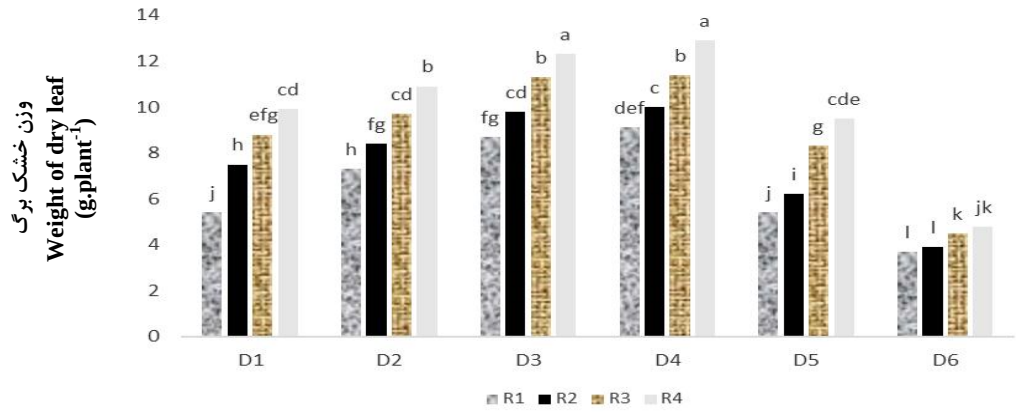
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 6- The mean comparisons of row spacing on agronomical and yield traits of guar

فاصله ردیف کاشت Row spacing	تعداد برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۰ سانتی‌متر 20 cm	16^{b*}	4.16^{a}	28.5^{d}	4.3^{c}	2418^{b}	27.9^{c}
۳۰ سانتی‌متر 30 cm	17.2^{ab}	3.86^{b}	41.7^{c}	4.7^{b}	2636^{a}	31.6^{b}
۴۰ سانتی‌متر 40 cm	17.8^{ab}	3.5^{c}	49^{b}	5.1^{a}	2610^{a}	32.4^{a}
۵۰ سانتی‌متر 50 cm	18.7^{a}	3.47^{c}	55^{a}	5.4^{a}	2501^{ab}	31.9^{ab}

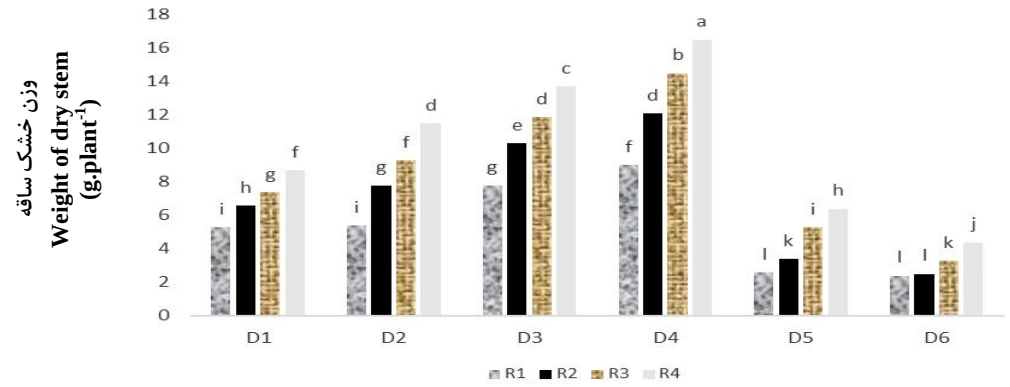
* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicates significant difference at $p\leq0.05$ based on Duncan Test



شکل ۳- برهمکنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر وزن خشک برگ گوار

Fig. 3- The interaction of plantin date in row spacing on weight of dry leaf of guar



شکل ۴- برهمکنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر وزن خشک ساقه گوار

Fig. 4- The interaction of planting date in rpw spacing on weight of dry stem of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p\leq0.05$ based on Duncan Test

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

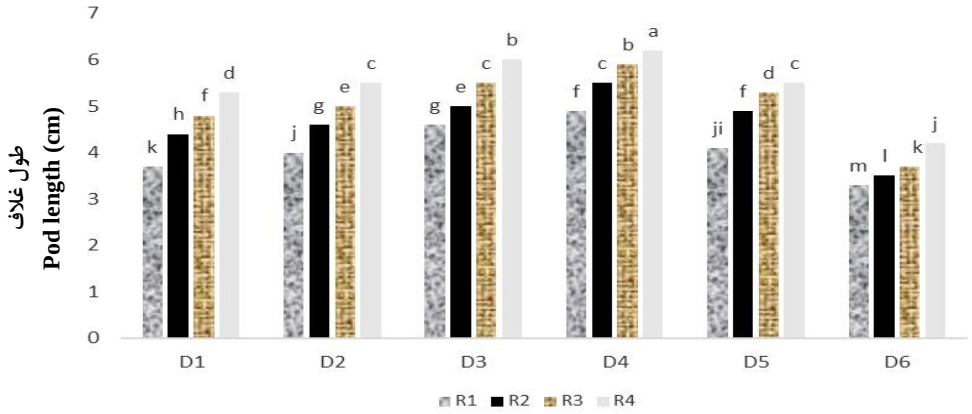
تعداد غلاف در بوته

کشت گوار در تاریخ ۱۹ خرداد، بیشترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد که در مقایسه با تاریخ کشت دوم مرداد، حدود ۴۱ درصد افزایش، به همراه داشت. لازم به ذکر است که کشت در چهارم خرداد با ۱۹ خرداد در سطح آماری مشترکی مشاهده شد و سپس، تاریخ‌های کاشت سوم و ۱۸ تیر و ۲۰ اردیبهشت به‌ترتیب قرار داشتند (جدول ۵). از این رو، تاریخ کاشت مناسب را می‌توان ۱۹ خرداد و سوم تیر ماه عنوان کرد، به‌طوری‌که کشت زود هنگام در اردیبهشت و دیر هنگام در مرداد با کاهش تعداد غلاف در بوته همراه می‌شود. در آزمایش انجام شده بر لوبیا چیتی، اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد و تاریخ‌های کاشت زود هنگام سبب تولید غلاف‌های بیشتری در بوته شد (Soleymani Sardoo et al., 2017) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. همچنین، حیدرزاده و همکاران (Heydarzade et al., 2020) در بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گوار در گیلان گزارش نمودند که بیشترین تعداد غلاف در بوته از تاریخ کاشت‌های زود هنگام (پنجم خرداد) حاصل شد.

بررسی مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف بر تعداد غلاف در بوته (جدول ۶) نشان داد که فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، بالاترین تعداد غلاف در بوته را داشت و با کاهش فاصله ردیف، تعداد غلاف در بوته نیز کاهش یافت و کمترین تعداد در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر حاصل شد. تراکم‌های بالا با افزایش رقابت برای فضا، نور و مواد غذایی برای هر گیاه منجر به کاهش اجزای زایشی گیاه شد. در پژوهشی نشان داده شد که در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه، با افزایش تراکم گیاهی، تعداد غلاف در بوته‌های لوبیا قرمز کاهش می‌یابد (Shafaroodi et al., 2010). نتایج بررسی‌های نادینی و همکاران (Nandini *et al.*, 2017) بر چهار تیمار کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰ ×۳۰ سانتی‌متر) گوار، مبین این بود که بیشترین تعداد غلاف در بوته در فاصله ۱۰ × ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. بر اساس همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی (جدول ۷)، با افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف نیز به‌طور معنی‌داری، ضریب همبستگی ۶۷ درصد، افزایش یافت که به‌تبع آن منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه گوار شد. به‌طوری‌که عملکرد دانه با ضریب ۴۵ درصد، با تعداد دانه در غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

طول غلاف

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها، طول غلاف در سال اول ۱۱ درصد بیشتر از سال دوم بود که این نتایج با توجه به شرایط بهینه آب و هوایی در سال اول نسبت به سال دوم و بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گوار منطقی می‌باشد (جدول ۳). افزون بر این، با توجه به معنی‌داری برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف، بیشترین طول غلاف در فاصله کشت ۵۰ سانتی-متر و تاریخ سوم تیر ماه، مشاهده شد. کشت گیاه در ۲۰ اردیبهشت و دوم مرداد در تراکم‌های کاشت مورد مطالعه، نسبت به سایر تاریخ‌ها، کمترین طول غلاف را به خود اختصاص داد. درحالی‌که کشت در تاریخ‌های متفاوت خرداد و تیر ماه منطقه در فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر تفاوت چندانی با یکدیگر نداشت و در نهایت، کشت سوم تیر در فاصله ردیف ۴۰ یا ۵۰ سانتی‌متر، تیمار برتر بود (شکل ۵). طول غلاف به این دلیل که تعداد دانه را در خود جای می-دهد، شاخص مهمی در عملکرد گیاه می‌باشد. در این پژوهش، با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۲۰ به ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر، طول غلاف افزایش نشان داد و در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به بیشترین مقدار رسید که دلیل این امر، فراهمی رطوبت و مواد غذایی برای گیاه در تراکم کمتر می‌باشد (Naseri et al., 2012). بنابراین، افزایش طول غلاف در این پژوهش در تاریخ-های کشت و فاصله ردیف مناسب به‌علت رشد رویشی مطلوب‌تر که منجر به تولید بیشتر مواد فتوسنتزی شده، رخ داده است. افزون بر این، همبستگی طول غلاف با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۹**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۵**) و وزن هزار دانه (R^2=۰/۲۹**)، در سطح یک درصد مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷).



شکل ۵- برهم‌کنش تاریخ کشت در فاصله ردیف بر طول غلاف گوار

Fig. 5- The interaction of planting date in row spacing on length of pod in guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test.

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

تعداد دانه در غلاف

مطابق با جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تاریخ کشت ۱۹ خرداد بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد. سپس، تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت، چهارم خرداد و سوم تیر بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر مشاهده شد و در نهایت، تاریخ کشت دوم مرداد، ۱۹ درصد کاهش، کمترین مقدار را ثبت کرد. در این پژوهش، کاشت در تاریخ‌های خرداد و تیر ماه منجر به توسعه سریع‌تر و بیشتر سطح برگ و در نتیجه، جذب بیشتر نور و افزایش فتوسنتز را به دنبال داشت که مواد لازم را برای تکامل غلاف فراهم ساخت. بر همین اساس، کاهش اجزای عملکرد، ناشی از تأخیر در کاشت نتیجه رشد ضعیف‌تر، دوره کوتاه‌تر پر شدن دانه و رسیدگی، تعداد کم غلاف در بوته و به تبع آن، تعداد دانه در غلاف اعلام شده است (Molosiwa & Kgokong, 2018). بر همین اساس، نتایج همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در غلاف با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۶۷**) نشان داد (جدول ۷).

بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، فاصله ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، بیشترین تعداد دانه در غلاف را به‌خود اختصاص دادند، سپس فاصله ردیف‌های ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۱۳ و ۲۰ درصد کاهش مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاهش تراکم بوته (فواصل ردیف ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) بدون ایجاد محدودیت برای گوار جهت دسترسی به نور، آب و عناصر غذایی، گل‌دهی بیشتر و در نتیجه، افزایش تعداد غلاف را به دنبال داشت. درحالی‌که با افزایش تراکم بوته، رقابت برای عوامل محیطی از جمله آب و عناصر غذایی افزایش یافته و انتقال مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد با کاهش مواجه می‌شود (Naseri et al., 2012). نادینی و همکاران (Nandini et al., 2017) در بررسی چهار تراکم کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰×۳۰ سانتی‌متر) بر گوار، گزارش نمودند که بیشترین تعداد دانه در غلاف از تراکم ۱۰×۳۰ حاصل شد.

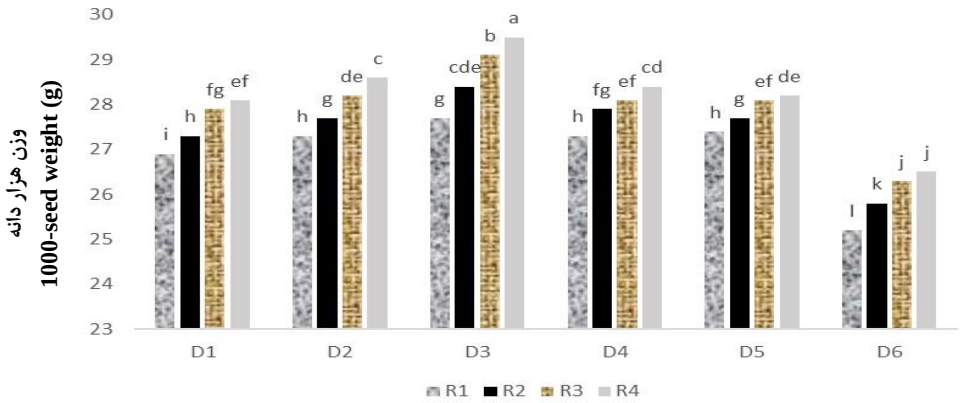
وزن هزار دانه

بر اساس نتایج ارائه شده (جدول ۳)، در سال ۱۳۹۹ وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود که به‌دلیل بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه در سال اول می‌باشد. مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۶)، برهم‌کنش تاریخ کشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بیشترین وزن هزار دانه را به‌خود اختصاص داد. تاریخ کاشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر، در جایگاه بعد قرار داشت. کمترین وزن هزار دانه نیز، ۱۴/۵ درصد کاهش، در تاریخ کاشت دوم مرداد و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد در گیاه گوار و نشان‌دهنده رابطه بین منبع و مخزن حاصل از پدیده فتوسنتز در طول زمان و پر شدن غلاف‌ها می‌باشد (Molosiwa & Kgokong, 2018). در این پژوهش، با افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف وزن هزار دانه گوار (به ترتیب R^2=۰/۶** و R^2=۰/۶۷**) افزایش یافت (جدول ۷) که مطابق با پژوهش افزایش وزن ۱۰۰ دانه همراه با افزایش تعداد غلاف

و دانه در لوبیا سفید می‌باشد (Ebrahimi *et al.*, 2010). بنابراین، تاریخ کشت خرداد تا تیر ماه در منطقه، به‌دلیل برخورداری از دوره رشد رویشی و سطح برگ بیشتر، نرخ فتوسنتز را افزایش داده و آسیمیلات بیشتری به بذرها منتقل ساخت که منجر به افزایش، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن بذرها شد. چرا که بر اساس پژوهش‌ها، وزن هزار دانه اگرچه به‌طور عمده متأثر از مقدار مواد فتوسنتزی، تعداد دانه و ظرفیت هر بذر می‌باشد، از شرایط آب و هوایی طی دوره رشد و نمو گیاه نیز متأثر می‌شود (Shafaroodi et al., 2010).

از این رو، به نظر می‌رسد که کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کشت دوم مرداد می‌تواند به‌علت مواجه شدن با شرایط نامناسب آب و هوایی، کاهش طول دوره رویشی و برخورد دوره گل‌دهی این گیاه با درجه حرارت‌های پایین باشد که در نتیجه، مقدار فتوسنتز کاهش یافته و مواد پرورده کمتری تولید و به دانه‌ها منتقل شده است. همچنین، گزارش شده است که با کاشت زود هنگام ارقام گوار، وزن هزار دانه در مقایسه با تاریخ‌های کاشت دیر هنگام افزایش می‌یابد و دلیل آن نیز شرایط آب و هوایی مطلوب حاصل از تاریخ کاشت مناسب گزارش شده است (Kalyani Lakshmi, 2012). در این پژوهش، کاهش رشد رویشی گیاه در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام با کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف مواجه شد، چرا که بر اساس نتایج همبستگی (جدول ۷) ارتفاع بوته گوار با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۸**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۲**) و وزن هزار دانه (R^2=۰/۵۵**)، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت.



شکل ۶- برهم‌کنش تاریخ کشت در فاصله ردیف بر وزن هزار دانه گوار

Fig. 6- The interaction of planting date in row spacing on 1000-seed weight of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

عملکرد زیستی

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ‌های کاشت (جدول ۵) نشان داد که تاریخ ۱۹ خرداد بیشترین عملکرد زیستی را تولید کرد. سپس، تاریخ کشت سوم تیر، چهارم خرداد، ۱۸ تیر و ۲۰ اردیبهشت به‌ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. در نهایت، کشت گوار در دوم مرداد با ۴۰ درصد کاهش، کمترین عملکرد زیستی را ثبت کرد. میانگین دمای هوای بالا، روزهای طولانی و رطوبت هوای کمتر باعث تحریک فتوسنتز و در نتیجه، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود (Singla et al., 2016) که این شرایط با دوره زمانی خرداد تا تیر ماه منطقه منطبق می‌باشد. درحالی‌که کاهش دما در کشت زود هنگام (اردیبهشت ماه) و همچنین، ترکیب دمای پایین و طول روزهای کوتاه، در طول دوره رشد زایشی، در کشت‌های دیر هنگام (مرداد ماه)، باعث کاهش فتوسنتز و رشد گیاه و در نهایت، کاهش عملکرد زیستی و عملکرد دانه می‌شود (Ramanjaneyulu et al., 2018). در این پژوهش، تاریخ کاشت ۱۹ خرداد به‌دلیل بهره‌مندی از دمای بالا و طول روزهای بلند، با افزایش فصل رشد گوار منجر به افزایش عملکرد زیستی شد که با یافته‌های سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) و رامانجانیلو و همکاران (Ramanjaneyulu et al., 2018) مطابقت داشت.

مطابق با نتایج همبستگی (جدول ۷)، عملکرد زیستی گوار

با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته، با ضریب به‌ترتیب ۵۲، ۲۵، ۴۵ و ۵۳ درصد مثبت و معنی‌دار شد. این در حالی بود که عملکرد زیستی با تعداد برگ در ساقه فرعی(R^2=-۰/۱۷**) و با وزن خشک ساقه (R^2=-۰/۲**) همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تاریخ ۱۹ خرداد بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد. پس از آن تاریخ کشت‌های چهارم خرداد و سوم تیر به‌ترتیب مشاهده شد. از تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت تا ۱۹ خرداد، عملکرد دانه روند افزایشی نشان داد و در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد به بیشترین مقدار خود رسید. درحالی‌که از تاریخ کاشت ۱۹ خرداد به بعد عملکرد دانه از سیر نزولی برخوردار شد. به‌طور کلی، با تأخیر در کاشت عملکرد دانه کاهش یافت و کمترین عملکرد دانه با ۴۹ درصد کاهش، در تاریخ کاشت دوم مرداد مشاهده شد.

سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، طول فصل رشد نیز کاهش یافته و در نتیجه، ماده خشک تجمعی در طول فصل کمتر شده و عملکرد دانه کمتری به‌دست می‌آید که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. به‌طور کلی، محدوده زمانی چهارم خرداد تا سوم تیر را می‌توان مناسب‌ترین بازه زمانی برای کاشت گوار در شرایط آب و هوایی جیرفت معرفی کرد. چرا که میانگین دمای هوای بالا، روزهای طولانی و رطوبت هوای کمتر در این بازه زمانی، منجر به تحریک فتوسنتز و در نتیجه، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود (Singla et al., 2016). بنابراین، پایین بودن دمای محیط در طول فصل رشد و طول روزهای کوتاه در کشت‌های تأخیری، سبب کاهش عملکرد گوار می‌شود (Ramanjaneyulu et al., 2018). در این آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت‌هایی (خرداد تا تیر) به‌دست آمده است که در آن‌ها میانگین دمای هوا بالا و طول روزهای بلند بود که به‌دلیل افزایش اجزای عملکرد در تاریخ-های بیان شده می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌های فاصله ردیف کشت نیز حاکی از بیشترین عملکرد دانه در دو فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر، بدون تفاوت معنی‌دار، داشت. سپس، فاصله ردیف ۵۰ سانتی-متر، و در نهایت، فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، هفت درصد کاهش، مشاهده شد (جدول ۶). نتایج بررسی‌های نادینی و همکاران (Nandini et al., 2017) بر چهار تیمار کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰ ×۳۰ سانتی‌متر) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰ ×۳۰ سانتی‌متر حاصل شد. در پژوهش مهدی‌پور افرا و همکاران (Mehdipour Afra et al., 2019)، تاریخ کاشت اول خرداد بیشترین عملکرد دانه گوار را در تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار تولید کرد و با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه کاهش یافت. این موضوع به بیشتر بودن اجزای عملکرد در تراکم بیان شده نسبت داده شد. در این مطالعه، بیشترین عملکرد دانه در فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد، یعنی با افزایش تراکم بوته تا حد بهینه، اگرچه عملکرد تک بوته کاهش یافت، امّا عملکرد کلی از طریق افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شد و توانست در تراکم‌های بالاتر، عملکرد دانه بیشتری را تولید کند. درحالی‌که افزایش تراکم بوته بیشتر از حد مطلوب، به‌دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای، عملکرد دانه را کاهش داد (Kouam & Tsague-Zanfack, 2020).

مطابق با نتایج همبستگی، عملکرد دانه گوار با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۶۷**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۵**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۵۸**)، عملکرد زیستی (R^2=۰/۹۳**)، شاخص برداشت (R^2=۰/۴۳**)، ارتفاع بوته (R^2=۰/۵۶**)، ارتباط مثبت و بسیار معنی‌دار نشان داد (جدول ۷). همبستگی مثبت و بالای عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته نشان‌دهنده اهمیت این شاخص در بین اجزای عملکرد در تعیین عملکرد نهایی است. باتوجه به گزارش کومار و رام (Kumar & Ram, 2015) تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در هر گیاه و وزن ۱۰۰ دانه بیشترین تأثیر را بر عملکرد نهایی گوار داشت.

شاخص برداشت

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، سال اول آزمایش با میانگین ۳۱/۸ درصد، اندکی شاخص برداشت بیشتری در مقایسه با سال دوم (میانگین ۳۰ درصد) به دنبال داشت. شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی می‌باشد، با توجه به اینکه گوار در سال ۹۹ عملکرد زیستی بیشتری در مقایسه با سال ۹۸ تولید کرد، افزایش شاخص برداشت معکوس با عملکرد زیستی و هم جهت با عملکرد اقتصادی افزایش نشان داد. نتایج مقایسه میانگین‌های تاریخ‌های کاشت حاکی از بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت‌های ۱۹ خرداد و ۲۰ اردیبهشت داشت. سپس، دو تاریخ چهارم خرداد و ۱۸ تیر بدون تفاوت، در مرتبه بعد قرار داشت و کمترین شاخص برداشت (۱۵/۵ درصد کاهش) برای کاشت در دوم مرداد ثبت شد (جدول ۵). ممکن است شاخص سطح

برگ بالا و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در تاریخ‌های بیان شده منجر به انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش شاخص برداشت شده باشد. در بررسی واکنش ماش به تاریخ کشت در منطقه گرگان، گزارش شد که شاخص برداشت گیاه در تاریخ‌های کاشت به‌موقع همراه با آبیاری در زمان مناسب، تعداد غلاف در بوته تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه را افزایش داد که این موضوع منجر به افزایش شاخص برداشت می‌شود و با نتایج این پژوهش هم‌خوانی کامل داشت (Fadaei et al., 2017).

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر، بیشترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. شاخص برداشت در فاصله ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر در سطح آماری مشترکی قرار داشت، سپس فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و در نهایت، کشت در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر با ۱۴ درصد کاهش، کمترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی و دانه گیاه می‌باشد و تغییرات آن وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. بر اساس فرمول شاخص برداشت، هر عاملی که منجر شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016). در این پژوهش نیز با توجه به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه در فواصل کاشت ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، شاخص برداشت در این فاصله ردیف‌ها افزایش نشان داد. نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه حاکی از معنی‌داری شاخص برداشت در سطح یک درصد با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۶۵**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۵۴**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۴۹**)، طول غلاف (R^2=۰/۴۲**)، ارتفاع بوته (R^2=۰/۲۳**)، تعداد برگ در ساقه اصلی و فرعی (به ترتیب R^2=۰/۲* و R^2=۰/۱۶*)، وزن خشک برگ (R^2=۰/۳۷**)، وزن خشک ساقه (R^2=۰/۲۴**) بود (جدول ۷).

جدول ۷- همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 8- Corrolation between studied traits

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13
1	1												
2	0.67**	1											
3	0.45**	0.67**	1										
4	0.58**	0.60**	0.67**	1									
5	0.93**	0.52**	0.25**	0.45**	1								
6	0.43**	0.54**	0.65**	0.49**	0.09^{ns}	1							
7	0.56**	0.38**	0.42**	0.55**	0.53**	0.23**	1						
8	-0.04^{ns}	-0.34**	-0.24^{ns}	-0.16^{ns}	0.01^{ns}	-0.17^{ns}	-0.06^{ns}	1					
9	0.06^{ns}	0.39**	0.45**	0.29**	-0.1^{ns}	0.42**	0.08^{ns}	0.14^{ns}	1				
10	0.01^{ns}	0.1^{ns}	0.17*	0.1^{ns}	-0.08^{ns}	0.2*	0.06^{ns}	0.05^{ns}	0.6**	1			
11	-0.07^{ns}	0.16*	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.17*	0.16*	0.01^{ns}	0.19*	0.7**	0.6**	1		
12	0.03^{ns}	0.30**	0.35**	0.24**	-0.11^{ns}	0.37**	-0.03^{ns}	0.16^{ns}	0.87**	0.6**	0.7**	1	
13	-0.09^{ns}	0.19*	0.23**	0.19*	-0.2**	0.24**	-0.07^{ns}	0.14^{ns}	0.75**	0.6**	0.8**	0.82**	1

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

ns: Non-significant, *and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively

Y_1: عملکرد دانه، Y_2: تعداد غلاف در بوته، Y_3: تعداد دانه در غلاف، Y_4: وزن هزار دانه، Y_5: عملکرد زیستی، Y_6: شاخص برداشت، Y_7: ارتفاع بوته، Y_8: شاخص سطح برگ، Y_9: طول غلاف، Y_{10}: تعداد برگ ساقه اصلی، Y_{11}: تعداد برگ ساقه فرعی، Y_{12}: وزن خشک برگ، Y_{13}: وزن خشک ساقه

Y_1: Seed yield, Y_2: Number of pod per pelant, Y_3: Number grain per pod, Y_4: 1000-grain weight, Y_5: Biological yield, Y_6: Harvest index, Y_7: Plant height, Y_8: Leaf area index, Y_9: Pod length, Y_{10}: Number of leaves per primary stem, Y_{11}: Number of leaves per scondary stem, Y_{12}: Dry weight of leaf, Y_{13}: Dry weight of stem

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بهترین تاریخ کشت گوار در منطقه جیرفت از اواسط خرداد تا اوایل تیر ماه می‌باشد و کشت در قبل و بعد از آن منجر به کاهش ویژگی‌های زراعی، اجزای عملکرد و در نتیجه، کاهش عملکرد گیاه می‌شود. از این رو، بیشترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در بازه زمانی بیان شده، به‌دست آمد و تأخیر در کاشت تا اواسط تیر و اوایل مرداد منجر به کاهش ویژگی‌های مذکور شد.

نتایج بررسی فواصل کشت نیز نشان داد که هر چه فاصله ردیف کاشت در گوار افزایش یابد، اجزای عملکرد آن نیز با افزایش روبه‌رو می‌شود. بنابراین، بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر حاصل شد و عملکرد دانه در همان فاصله ردیف به‌دلیل کاهش تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در فواصل ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد، درحالی‌که بالاترین شاخص برداشت مربوط به فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بود. بررسی برهم‌کنش تاریخ کشت در فواصل ردیف نیز حاکی از بیشترین ارتفاع بوته، طول غلاف و وزن خشک برگ و ساقه در تاریخ کشت سوم تیر و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر داشت، درحالی‌که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تاریخ کاشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. نتایج همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه نیز حکایت از ارتباط مثبت و معنی‌دار ویژگی‌های رشدی گیاه (ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه و برگ) با اجزای عملکرد گیاه (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف) و به تبع آن عملکرد اقتصادی گیاه داشت. بنابراین، جهت حصول بهترین عملکرد و ویژگی‌های زراعی گیاه گوار در جنوب استان کرمان، کشت این گیاه در فاصله ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از اوایل خرداد تا اوایل تیر ماه مناسب می‌باشد، چرا که در تاریخ و فواصل بیان شده گیاه بهترین استفاده را از عوامل محیطی به عمل آورده و با کاهش رقابت درون گونه‌ای، عملکرد و اجزای آن افزایش می‌یابد.

References

Ahmadi Nouraldinvand, F., Moraditelavat, M.R., Siadat, S.A., & Moshatati, A. (2020). The reaction of vegetative and reproductive growth of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities. *Iranian Journal of Pulses Research*, *10*(2), 104-118. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1211.69397.

Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G., Naseri Pooryazdi, M., Ghorbani, R., & Khorramdel, S. (2016). Effects of plant density and cow manure levels on growth criteria of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under Mashhad climatic conditions. *Journal of Agroecology*, *8*(2), 296-317. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V812.51297.

Akhtar, L.H., Bukhari, S., Salah-ud-Din, S., & Minhas, R. (2012). Response of new guar strains to various row spacings. *Pakistan Journal Agriculture Science*, *49*(4), 469-471.

Al Myali, A.A.H., Hassoon, A.S., & Kadhim Alaameri, A.A. (2020). Effest of variety and planting date on growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Archives*, *20*(1), 355-358. https://doi.org/10.13140/RG.V2.2.28756.42886.

Araghian, S., Sadrabadi Haghighi, R., Ghasemi, M., & Sohani Darban, A.R. (2022). Yield response and intercropping index of wuinoa and guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition. *Crop Prpduction*, *14*(4), 85-103. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19011.24217.

Avola, G., Riggi, E., Trostle, C., Sortino, O., & Gresta, F. (2020). Deficit irrigation on guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Taub.): Effects on seed yield and water use efficiency. *Agronomy Journal*, *10*(789), 1-11. https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19011.24217

Dadgar, M., Rastegar, S., & Piry, H. (2021). Effect of different irrigation intervals on some morphological charactristics of different genotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*). *Iranian Journal of Pulses Research*, *12*(1), 156-170. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1211.83229.

Deka, K.K., Das Milu, R., Bora, P., & Mazumder, N. (2015). Effect of sowing dates and spacing on growth and cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in subtropical climate of Assam. *Indian Journal of Agricultural Research*, *49*, 250-254. https://doi.org/10.5958/0976-058X.2015.00039.6.

Djaman, K., Allen, S., Diaman, D.S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M.K., & Angadi, S.V., (2022). Planting date and plant density on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, *6*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417.

Ebrahimi, M., Bihamta, M.R., Hoseinzade, A., Khialparast, F., & Golbashy, M. (2010). Studying the response of some white varieties of common bean to limited irrigation. *Iranian Journal of Field Crops Research, 8*(2), 347-358. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/JCESC.2010.41785.

Fadaei, J., Faraji, A., Dadashi, M.R., & Siahmarguee, A. (2017). The response of mung bean crop (VC-1973A genotype) to planting date, plant density and irrigation in Gorgan condition. *Iranian Journal of Pulses Research, 8*(1), 180-191. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.222067/IJPR.V8I1.33490.

Ghanbari, A., Roshani, H., & Tavassoli, A. (2012). Effects of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology, 6*(2), 127-144. (In Persain with English Abstract).

Hajishabani, H., Mondani, F., & Bagheri, A. (2021). Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition. *Iranian Journal of Pulses Research, 12*(1), 12-25. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.222067/IJPR.V12I1.79618.

Heydarzade, M., Ehteshami, S.M.R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristic, yield and yield components of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. In Guilan. *Plant Process and Function, 9*(39), 197-214. (In Persain with English Abstract).

Hosseinpour, M., Pirzad, A.R., Habibi, H., & Fotokian, M.H., (2011). Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of Anise. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21*(1), 69-88. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.29252/abj.21.2.109.

Huang, Z., Liu, Q., An, B., Wu, X., Sun, L., Wu, P., Liu, B., & Ma, X., (2021). Effects of planting density on morphological and photosynthetic characteristics of leaves in different position on *Cunninghamia lanceolate* Saplings. *Forests, 12*(7), 1-12. https://doi.org/10.3390/f12070853.

Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P.P.M., & Savvas, D. (2022). Agronomic practices to increase the yield and quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) A systematic review. *Agronomy, 12*(271), 1-39. https://doi.org/10.3390/agronomy12020271.

Kouam, E.B., & Tsague-Zanfack, A.B. (2020). Effect of plant density on growth and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Notulae Scientia Biologicae, 12*(2), 399-408. https://doi.org/10.15835/nsb12210519.

Kumar, V., & Ram, R. B. (2015). Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield attributing traits in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes. *International Journal of Pure and Applied Bioscience, 3*, 143-149.

Lakshmi Kalyani, D. (2012). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Legume Research -An International Journal, 35*, 154-158.

Mehdipour Afra, M., Aghaalikhani, M., Soufizadeh, S., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2019). Effect of sowing time and plant density on growth and seed yield of two guar ecotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences, 21*(2), 109-126. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V212.19018.

Molosiwa, O.O., & Kgokong, S.B. (2018). Effect of planting date on tepary bean yield and yield components sown in Southern Botswana. *African Journal of Agricultural Research, 13*(4), 137-143. https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12777.

Nandi, R., Mukkerjee, S., Bandyopadhyay, P.K., Saha, M., Singh, K.C., Ghatak, P., Kundu, A., Saha, S., Nath, R., & Chakraborti, P. (2023). Assessment and mitigation of soil water stress of rainfed lentil (*Lens culinaries* Medik) through sowin time, tillage and potassic fertilization disparities. *Agricultural Water Managmenet, 227*, 1-18. https://doi.org/10.1016./J.AGWAT.2022.1081120.

Nandini, K.M., Saridhara, S., Patil, S., & Kumar, K. (2017). Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International of Journal of Pure and Applied Bioscience, 5*(1), 320-328. https://doi.org/10.18782/2320-7051-2499.

Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Solymani, R., & Khosh Khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three cichpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam Province. *Iranian Journal of Pulses Research, 2*(2), 7-18. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.24764310.1390.21.1.6.4

Pourhadian, H., Hadavand, N., & Kazem Aslani, H. (2022). Effect of row spacing and plant density on growth indices and yield of red bean in Azna climate conditions in Lorestan province of Iran. *Journal of Crop Productin and Processing, 12*(2), 77-90. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.2422518517.1401.12.2.5.7.

Ramanjaneyulu, A., Madhavi, A., Neelima, T.L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K., & Srinivas, A. (2018). Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in semi-arid climate of southern telanagana, India. *Legume Research, 41*, 287-292. https://doi.org/10.18805/Ir.v0i0.7599.

Sasmita, P., Ghanashyam Singh, R., & Sanat Kumar, D. (2017). Performance of some promising genotypes of cluster bean (*cyamopsis tetragonoloba* L. Tabu) under varying levels of primary plant nutrients and rowspacing. *International Journal of Agricultural Science*, *9*(44), 4722-4724.

Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G.A., & Dorri, H.R. (2010). Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Journal of Agricultural Sciences and Sutainable Production*, *22*(3), 47-61. (In Persain with English Abstract).

Sher, A., Calone, R., Ul-Allah, S., Sattar, A., Ijaz, M., Sarwar, B., Qayyum A., & Barbanti, L., (2022). Growth, yield and quality attributes guar (*Cyampsisi tetragonoloba* L.) genotypes grown under different planting dates in a semi-arid region of Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Science, 59*(5), 757-763. https://doi.org/10.21162/PAKJAS/22.151.

Simon, X., Montero, M., & Bermudez, Ó. (2020). Advancing food security through agroecological Technologies: The implementation of the biointensive method in the dry corridor of Nicaragua. *Sustainability*, *12*, 844. https://doi.org/10.3390/su12030844.

Singla, S., Grover, K., Angadi, S.V., Begna, S.H., Schute, B., & Van leeuwen, D. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) genotypes under different planting dates in the semi-arid & southern high plains. *American Journal of Plant Sciences*, *7*, 1246-1258. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.78120.

Soleymani Sardoo, M., Afsharmanesh, G., & Roudbari, Z. (2017). Evaluating the effect of sowing date and plant density on yield and yield components of mung bean in Jiroft country. *Crop Science Research in Arid Regions*, *1*(1), 27-34. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22034/CSRAR.01.01.03

Timline, D.J., Fleisher, D.H., Kemanian, A.R., & Reddy, V.R. (2014). Plant density and leaf area index effects on the distribution of light transmittance to the soil surface in maize. *Agronomy, 106*(5), 1828-1838. https://doi.org/10.2134/agronj14.0160.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 113-127
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۲۷-۱۱۳
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86323.1078

The Effect of Four Irrigation Methods on the Damage of Weeds, Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) and Bacterial Blight Disease in Chitti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Seyed Mohsen Seyedi[1*], Mustafa Goodarzi[3], Sedighe Ashtari[4], Maryam Hatamabadi Farahani[5], Abolghasem Sarlak[2]

Received: 09-01-2024
Revised: 12-02-2024
Accepted: 02-03-2024
Available Online: 01-06-2024

Cite this article:
Seyedi, S.M., Goodarzi, M., Ashtari, S., Hatamabadi Farahani, M., & Sarlak, A. (2024). Investigating the effect of four irrigation methods on the damage of weeds, two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) and bacterial blight disease in chitti bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 112-127. (In Persian with English Abstract) https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86323.1078

Introduction
Beans are one of the cheap and important sources of high-quality vegetable protein, which is present in the diet of many people in developing countries and completes the cereal protein. Bean seeds have almost as much energy per unit weight as cereal seeds, and their protein content varies from 20-25% (about twice that of cereal). With 8-14% protein content, bean straw is very suitable fodder for livestock. The production of vegetable protein of grains has several advantages over animal protein in terms of cost and consumer health. Among other features of this plant, we can point to the ability to coexist with air nitrogen-fixing bacteria and their role in productivity, as well as strengthening and improving the physical properties of the soil. Through the ability of nitrogen fixation in these plants, placing them in rotation helps the stability of agricultural systems. At present, the largest area of bean cultivation is in the form of traditional cultivation and bean irrigation is also in the form of flooding. In this production method, more than 15,000 cubic meters of water is consumed. This amount of water consumption, along with the lack of proper productivity of other factors in production, has caused beans to be one of the least efficient products in terms of water consumption efficiency.

Materials and Methods
In order to investigate the effect of four irrigation methods on the damage of weeds, two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) and bacterial blight disease in chitti bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a research study was conducted in 2022 and 2023 at the Bean Research and Education Center in Khomein, Iran. Despite employing a field with uniform conditions, the study was designed as a multi-location (regional) experiment using a randomized complete block design with three replications. The irrigation methods were categorized into four treatment levels: classical sprinkler irrigation, New-fit sprinkler irrigation, rain flat irrigation, and drip tape irrigation. Different types of chitti bean cultivars with three growth habits were randomly sown in these locations.

Results and Discussion

1 and 2- Assistant Professor and Technician, Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.
4 and 5- Assistant Professor and Researcher, Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran, respectively.
* Corresponding Author: m.seyedi98@areeo.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

The experimental results showed that the irrigation method had a significant effect on seed germination percentage and bean plant height. The highest and lowest seed germination percentage and plant height were associated with drip tape irrigation and classical sprinkler irrigation, respectively. Also, the type of irrigation significantly impacted weed density, total biomass of weeds, the intensity of two spotted spider mite infestation, and bacterial blight disease. The highest weed density and biomass were observed in the New-fit and classical sprinkler irrigation methods, and the classical sprinkler irrigation exhibited the highest incidence of bacterial blight disease, too. Conversely, the lowest values for these parameters were obtained with the drip tape irrigation method. However, the highest damage caused by two spotted spider mite was observed in the drip tape irrigation method, while the lowest damage by two spotted spider mite was present in the classical sprinkler irrigation method. Furthermore, both irrigation method and bean cultivar significantly affected bean grain yield. The highest grain yield (293.6 $g.m^{-2}$) was associated with drip tape irrigation, while the lowest yield (225.4 $g.m^{-2}$) was observed in the classical sprinkler irrigation treatment. Among the different bean cultivars, the highest grain yield (274.1 $g.m^{-2}$) was obtained from the Kousha cultivar. One of the important solutions in achieving the goals of reducing water consumption and increasing the efficiency of water consumption in bean cultivation is the implementation of pressurized irrigation instead of conventional cultivation. Pressure irrigation methods in planting beans reduce water consumption to a great extent and increase the efficiency of water consumption. The two main methods of irrigation under pressure in the country are the drip tape method and the fixed classical sprinkler with a movable sprinkler, each of which has its own advantages and disadvantages. In addition to the positive aspects of increasing yield, drip tape irrigation method in bean planting will help to further reduce water consumption.

Conclusions
In general, the experiment results demonstrated that drip tape irrigation not only increased seed germination percentage and plant height in different bean cultivars, but also led to higher grain yield compared to other irrigation methods. Additionally, the presence of weeds and bacterial blight disease were reduced in the drip tape irrigation method.

Keywords: Bean, Grain yield, Irrigation, Two spotted spider mite, Weed

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۲۷-۱۱۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 113-127
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86323.1078

بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف‌های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)

سید محسن سیدی[1*]، مصطفی گودرزی[3]، صدیقه اشتری[4]، مریم حاتم آبادی فراهانی[5]، ابوالقاسم سرلک[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف¬های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی پژوهشی در دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید. علی رغم اجرا در یک مزرعه با شرایط یکنواخت برای سهولت اجرا به‌صورت چند مکان (ناحیه‌ای) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در قسمت مکان روش آبیاری در چهار سطح (آبیاری بارانی به‌صورت کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، بارانی نیوفیت، رین فلت و قطره‌ای) قرار گرفت و ارقام لوبیاچیتی با سه تیپ رشدی مختلف در این مکان‌ها به‌صورت تصادفی کشت گردیدند. اثر نوع آبیاری بر میزان تراکم و زیست‌توده کل علف‌های‌هرز و نیز شدت هجوم آفت کنه دو لکه‌ای و بیماری سوختگی باکتریایی (بلایت) معنی‌دار شد. بیشترین میزان تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز به‌ترتیب در روش‌های آبیاری نیوفیت و بارانی کلاسیک و بیشترین بیماری سوختگی باکتریایی در روش آبیاری بارانی کلاسیک مشاهده شد. ولی بیشترین میزان خسارت کنه دو لکه‌ای در همین روش آبیاری (قطره‌ای) مشاهده شد و کمترین میزان این صفت نیز در روش آبیاری رین فلت وجود داشت. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۹۳/۶ گرم در مترمربع) به‌روش آبیاری قطره‌ای تعلق داشت و کمترین میزان این ویژگی (۲۲۵/۴ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری بارانی کلاسیک مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به دیگر روش‌های آبیاری شد. همچنین، حضور علف‌های‌هرز و خسارت بیماری سوختگی باکتری در روش آبیاری قطره‌ای کاهش یافتند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، علف‌هرز، عملکرد دانه، کنه دو لکه‌ای، لوبیا

مقدمه

گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از جمله حبوبات پر مصرف در جهان و ایران است که در تأمین پروتئین جیره غذایی انسان می‌تواند نقش به‌سزایی ایفا کند (Dorri et al., 2008; Majnoun Hosseini, 2008). در حال حاضر، مرسوم‌ترین روش کشت این محصول به‌صورت هیرم‌کاری (نم‌کاری) و آبیاری غرقابی است که مصرف بالای آب در آن بر کسی پوشیده نیست. لوبیا، گیاهی با مصرف بالای آب بوده و به شرایط تنش آب حساس است و عملکرد این گیاه حتی در دوره‌های کوتاه تنش آب صدمه می‌بینند. لذا، با توجه به محدودیت آب و سطح زیر کشت لوبیا در کشور، باید در نظر داشت که رشد گیاه و تولید محصول در رابطه مستقیم با تنش آبی گیاه هستند. یکی از راهکارهای مهم در نیل به اهداف کاهش مصرف آب و افزایش راندمان آب مصرفی در زراعت لوبیا، اجرای روش آبیاری تحت فشار به‌جای آبیاری مرسوم است (Safarzadeh et al., 2021; Gooderzai & Hedayatipour, 2019).

روش‌های تحت فشار آبیاری در کاشت لوبیا نسبت به روش غرقابی مصرف آب را تا حدود زیادی کاهش داده و بهره‌وری مصرف آب را افزایش می‌دهند (Gorji et al., 2017;

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و تکنسین بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.
۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.
۴ و ۵- به‌ترتیب استادیار و کارشناس پژوهشی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.
(*- نویسنده مسئول: m.seyedi98@areeo.ac.ir)

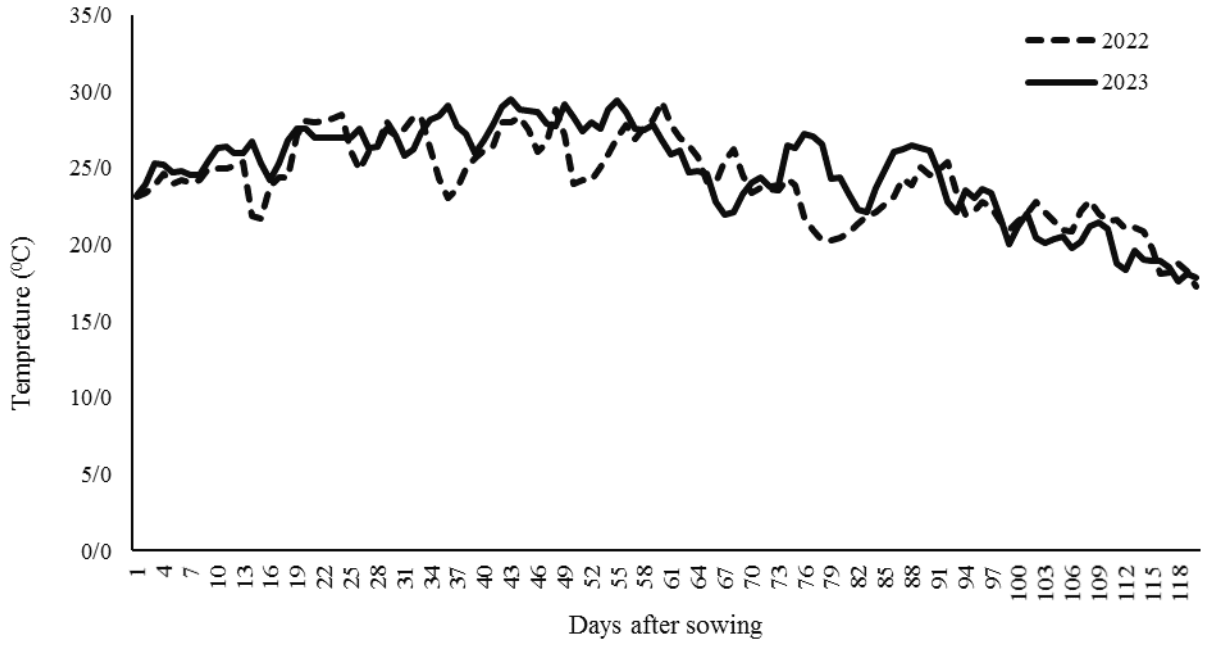
Fan et al., 2016). دو روش عمده آبیاری تحت فشار در کشور، روش قطره‌ای نواری و بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک می‌باشد که هرکدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارند. روش آبیاری قطره‌ای نواری در کاشت لوبیا علاوه‌بر جنبه‌های مثبت افزایش عملکرد به کاهش بیشتر مصرف آب کمک شایانی خواهد نمود، امّا هزینه سالانه خرید و پهن کردن نوارهای آبیاری (تیپ) برای کشاورز سنگین خواهد بود. در روش بارانی با وجود افزایش نسبی مصرف آب، هزینه اولیه سالیانه آبیاری برای کشاورز به اندازه روش قطره‌ای نواری نخواهد بود. آبیاری رین فلت نیز دارای مزایای بسیاری می‌باشد که امروزه کاربرد آن را بیشتر کرده است. سیستم آبیاری رین فلت توسط لوله‌های لی فلت صورت می‌گیرد. هنگامی که نیاز به یک روش کاربردی و با دوام برای انتقال آب به مزارع وجود دارد، می‌توان نیازهای سیستم آبیاری را به‌راحتی با استفاده از شیلنگ‌های لی فلت برطرف ساخت. سیستم آبیاری رین فلت می‌تواند تا حدودی مزایای دو سیستم قطره‌ای و بارانی کلاسیک را پوشش داده و عیوب آن‌ها را نداشته باشد. مزایای سیستم رین فلت به‌طور اختصار عبارتند از: راندمان بالای آبیاری، یکنواختی پخش بالا، کاهش هزینه‌های تجهیزات و اجرای سیستم آبیاری، کاهش تبخیر در حین آبیاری و کاهش تلفات بادبردگی. همچنین آبیاری با لوله‌های نیوفیت که به‌صورت بارانی کلاسیک متحرک است و تا حدودی برخی کاستی‌های بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک را کاهش می‌دهد که در این پروژه بررسی شد. نصب آسان و راحت بدون نیاز به اتصالات و جوشکاری، جمع‌آوری آسان و سریع، سرعت بالای نصب، امکان استفاده از همه نوع ماشین‌آلات کشاورزی اعم از دستگاه‌های کاشت، داشت و برداشت در مزرعه به‌دلیل سهولت جمع‌آوری و نصب مجدد، حمل و نقل آسان، عدم نیاز به جوشکار و یا نیروی متخصص و ابزارآلات خاص جهت نصب و جمع‌آوری، امکان استفاده برای آبیاری چندین مزرعه و نیز بهترین گزینه جهت استفاده در مزارع استیجاری از مزایای آبیاری با لوله‌های نیوفیت می‌باشد.

با توجه به اینکه کنه دو نقطه‌ای محیط‌های خشک را برای فعالیت می‌پسندند (Ashtari et al., 2020) و عامل بیماری سوختگی باکتریایی یعنی باکتری *Xanthomonas axonopodis* pv. phaseoli محیط گرم و مرطوب را ترجیح می‌دهد (Akhavan et al., 2013) و نیز با توجه به گزارش‌های پژوهشگران در مورد بیماری‌ها و آفات مهم لوبیا در شرایط و روش‌های مختلف کاشت (Behdad, 2002; Lak, 2019)، در این پژوهش سعی در بررسی مشاهده‌ای برخی عوامل کاهنده در رشد لوبیا در پی تغییر سیستم آبیاری نیز شد.

با توجه به مطالب مذکور، این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف‌های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر چهار روش آبیاری بر میزان خسارت علف‌های‌هرز، کنه تارتن دو لکه‌ای و بیماری سوختگی باکتریایی در لوبیا چیتی، پژوهشی در دو سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲- ۱۴۰۱ در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید. علی رغم اجرا در یک مزرعه با شرایط یکنواخت برای سهولت اجرا به‌صورت چند مکان (ناحیه‌ای) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در قسمت مکان روش آبیاری در چهار سطح (آبیاری بارانی به‌صورت کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، بارانی نیوفیت، رین فلت و قطره‌ای) قرار گرفت و ارقام لوبیاچیتی با سه تیپ رشدی مختلف در این مکان‌ها به‌صورت تصادفی کشت گردیدند. ارقام و لاین مورد استفاده لاین امیدبخش ۲۱۴۹۲ (تیپ یک یا ایستاده)، رقم کوشا (تیپ دو یا نیمه رونده) و رقم صدری (تیپ سه یا رونده) بودند. مساحت هر مکان با توجه به فاصله لترال‌ها و آبپاش‌ها در سیستم بارانی تعیین گردید. کشت به صورت چهار ردیف روی پشته‌های ۷۵ سانتی‌متری و تراکم نهایی ۵۰، ۴۵ و ۴۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب در تیپ‌های رشدی ۱، ۲ و ۳ در نظر گرفته شد. طول خطوط کشت حدود شش متر در نظر گرفته شده و با احتساب سه پشته در هر کرت ابعاد هر کرت حدود ۱۳/۵ مترمربع بود. داده‌های هواشناسی نشان داد که در فصل رشد سال اول آزمایش، متوسط دمای هوا ۲۴/۲ درجه سانتی‌گراد و در سال دوم ۲۴/۸ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین، میزان بارندگی در این دو سال به‌ترتیب ۲۰ و ۱۵ میلی‌متر بود که عمده آن در یک روز و به‌صورت سیلابی رخ داد. در شکل ۱، متوسط دمای شبانه روز در طی فصل رشد ارائه شده است. نتایج آزمایش خاک نشان داد که خاک محل اجرای آزمایش لوم-رسی بود. سایر ویژگی‌های خاک محل اجرای این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- متوسط دمای روزانه طی فصل رشد لوبیاچیتی

Fig. 1- Daily average temperature during the growing season of chitti beans

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physico-chemical properties of experimental location soil

ماده آلی	هدایت الکتریکی	فعالیت اسیدیته	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
O.C (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
0.51	0.9	7.54	0.07	14.5	280

در طول دوره رشد، عملیات مبارزه با آفات در تمام تیمارها به‌طور معمول انجام شد، ولی قبل از انجام عملیات مبارزه، تیمارهای آزمایشی از لحاظ بیماری سوختگی باکتریایی و نیز آفت کنه تارتن دو لکه‌ای بررسی شده و ارزیابی‌های مربوط به ویژگی‌های آن‌ها یادداشت برداری گردید. تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز به‌وسیله انداختن تصادفی کادر یک مترمربعی اندازه گرفته شد. بعد از قطع بوته علف‌های‌هرز از سطح زمین شمارش بوته‌ها انجام شد و بعد از خشک شدن این بوته‌ها توزین شدند. در مورد کنه دو لکه‌ای، از آنجا که تغذیه کنه تارتن دولکه‌ای باعث ایجاد نقاط نکروزه روی برگ می‌گردد. میزان آلودگی و خسارت ظاهری ارقام بر اساس مقیاس ۶-۱ با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر تیمار و انتخاب دو برگ (از بالا و پایین بوته) انجام شد. میزان آلودگی سطح برگ‌ها (که همان نقاط کلروز سطح برگ می‌باشد) شامل: ۱-بدون خسارت؛ ۲- خسارت کمتر از ۵ درصد؛ ۳- خسارت بین ۲۵-۵ درصد؛ ۴- خسارت بین ۴۵-۲۵ درصد؛ ۵- خسارت بین ۶۵-۴۵ درصد؛ ۶- خسارت بیش از ۶۵ درصد می‌باشد (Saeidi, 2020; Yousefi & Dorri, 2012; Smith, 2005). شاخص ارزیابی در مورد بیماری سوختگی باکتریایی نیز شامل ۱-بدون خسارت؛ ۲- خسارت کمتر از ۱۰ درصد؛ ۳- خسارت بین ۵۰-۱۰ درصد که لکه‌های روی برگ کمتر از یک چهارم سطح برگ را گرفته است؛ ۴- خسارت بین ۵۰-۱۰ درصد که لکه‌های روی برگ بیشتر از یک چهارم سطح برگ را گرفته است؛ ۵- خسارت بیش از ۵۰ درصد منظور شد (Webster et al., 1983). تجزیه واریانس داده‌ها و محاسبات آماری با بهره‌گیری از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد و توسط برنامه SAS انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی اثرات آبیاری و رقم بر ویژگی درصد جوانه‌زنی لوبیاچیتی نشان داد که این ویژگی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر روش آبیاری بود، ولی در مورد رقم این اثر معنی‌دار نشد. همچنین اثر سال بر ویژگی درصد جوانه‌زنی

معنـی‌دار بـود (جـدول ۲). بیشـترین درصـد جوانـه‌زنـی بـذر لوبیاچیتی در آبیاری قطره‌ای به‌دست آمد (حدود ۹۳ درصد) و دیگر آبیاری‌ها سبب کاهش معنـی‌دار ایـن ویژگـی شـدند، تـا جایی که میزان جوانه‌زنی در آبیاری بـارانی بـه کمتـرین حـد خود (۶۵/۵ درصد) رسـید (جـدول ۴). احتمـالاً دلیـل اصـلی کاهش جوانه‌زنی در آبیاری بارانی و همچنین نیوفیت فشردگی خاک بر اثر ضربه شدید قطرات آب این دو سیستم آبیاری بود. از آنجا که لوبیا گیاهی است که در طی جوانه‌زنی لپـه‌هـای آن به بیرون از خاک می‌آیند (برون زمینی) به‌شدت به سله خاک حساس است (Majnoun Hosseini, 2008) و در محل‌های بـا خاک رسی مانند محل اجرای ایـن مطالعـه بـا مشـکل مواجـه می‌گردد که این موضـوع در روش‌هـای آبیـاری غیـر قطـره‌ای حادتر می‌باشد. هـر چنـد لایـن KS21492 دارای جوانـه‌زنـی بهتری نسبت به دو رقم کوشا و صالح بود، ولـی اخـتلاف ایـن ویژگی بین ارقام معنی‌دار نبود (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام لوبیاچیتی متأثر از روش‌های مختلف آبیاری طی دو سال

Table 2- Mean squares of growth characteristics and yield in different irrigation methods of chitti bean

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI
سال Year	1	3204.00**	310472.00**	38023.63**	2.00^{ns}
تکرار × سال Replication (R) × year (Y)	4	85.22	20998.43	1340.93	19.59
آبیاری Irrigation	3	2486.77**	66598.76**	14774.43**	23.46^{ns}
آبیاری × سال I × Y	3	177.50**	1541.22^{ns}	44.56^{ns}	0.29^{ns}
تکرار * آبیاری × سال R × I × Y	12	44.59	906.18	474.98	14.57
رقم Cultivar (C)	2	11.34^{ns}	14659.06**	9040.90**	71.97**
رقم × سال C × Y	6	11.34^{ns}	36.17^{ns}	18.13^{ns}	0.35^{ns}
آبیاری × رقم I × C	2	3.28^{ns}	2164.43^{ns}	1422.17^{ns}	23.63^{ns}
آبیاری × رقم × سال I × C × Y	6	3.28^{ns}	19.39^{ns}	3.19^{ns}	0.09^{ns}
خطای آزمایشی Error	32	28.23	2246.63	628.02	12.94
ضریب تغییرات C.V.		6.72	6.08	9.72	10.87

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام لوبیاچیتی

Table 3- Mean comparison the effect of year on growth characteristics and yield of chitti bean cultivars

سال Year	جوانه‌زنی Germination (%)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه Seed yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت HI (%)
2022	72.3^{b*}	712.7^{b}	234.7^{b}	33.0^{a}
2023	85.7^{a}	844.0^{a}	280.6^{a}	33.2^{a}

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

* Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آبیاری بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام لوبیاچیتی

Table 4- Mean comparison the effect of irrigation on growth characteristics and yield of chitti bean cultivars

روش آبیاری Irrigation method	جوانه‌زنی Germination (%)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه Seed yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت HI (%)
قطره‌ای Drip tape	93.1^{a*}	856.4^{a}	296.9^{a}	34.8^{a}
رین فلت Rain flat	82.8^{b}	784.1^{b}	256.7^{b}	32.7^{a}
نیوفیت New-fit sprinkler	74.6^{c}	763.5^{b}	248.4^{b}	32.5^{a}
بارانی Classical sprinkler	65.5^{d}	709.4^{c}	228.7^{c}	32.4^{a}

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

* Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام لوبیاچیتی

Table 5- Mean comparison the effect of cultivar on growth characteristics and yield of chitti bean cultivars

رقم Cultivar	جوانه‌زنی Germination (%)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه Seed yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت HI (%)
KS21492	79.7^{a*}	772.2^{b}	262.6^{a}	34.1^{a}
کوشا Kousha	79.0^{a}	805.6^{a}	274.1^{a}	34.1^{a}
صالح Saleh	78.3^{a}	757.3^{b}	236.3^{b}	31.1^{b}

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

* Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

میانگین مربعات داده‌های آزمایش نشان داد که اثر روش آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه لوبیاچیتی معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین روش‌های مختلف آبیاری، تیمار آبیاری قطره‌ای بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (به ترتیب ۸۵۶/۴ و ۲۹۶/۹ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار این ویژگی‌ها (به ترتیب ۷۰۹/۴ و ۲۲۸/۷ گرم در مترمربع) متعلق به تیمار روش آبیاری بارانی بود (جدول ۴) که میزان این ویژگی‌ها را نسبت به آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب حدود ۱۷ و ۲۳ درصد کاهش داد. در بین ارقام نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک (۸۰۵/۶ گرم در مترمربع) متعلق به رقم کوشا بود و همین رقم دارای بیشترین عملکرد دانه (۲۷۴/۱ گرم در مترمربع) نیز بود که البته از این نظر

اختلاف معنی‌داری با لاین امیدبخش KS21492 نداشت. رقم صالح دارای کمترین میزان صفات عملکرد بیولوژیک و دانه بود (جدول ۵). یکی از دلایل مهم کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه در روش آبیاری بارانی به کاهش جوانه‌زنی و تراکم نامطلوب بر می‌گردد. گرچه گیاه لوبیا با افزایش شاخ و برگ سعی در ایجاد تاج پوش بهینه خواهد داشت (Majnoun Hosseini, 2008)، ولی در این مطالعه در نهایت، کاهش عملکرد محسوسی در آبیاری بارانی رخ داد. البته در این زمینه، دلایل دیگری نیز می‌تواند مطرح باشد، از جمله افزایش تعداد و زیست‌تودهعلف-های‌هرز و خسارت بیماری سوختگی باکتریایی (شکل‌های ۴، ۶ و ۸). همین‌طور مدیریت آبیاری و تغذیه در آبیاری قطره‌ای راحت‌تر و بهتر است. زیرا در آبیاری بارانی اثر بادبردگی سبب کاهش یکنواختی آبیاری می‌گردد. مقایسه عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی نشان داد که در سیستم آبیاری قطره‌ای حدود ۲۰ درصد عملکرد بیولوژیک بیشتر از سیستم آبیاری بارانی است (Tabatabaei et al., 2017). ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی از لحاظ شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب در جنوب فرانسه در ذرت دانه‌ای نیز مشخص ساخت که آبیاری قطره‌ای سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه این محصول شد (Hoseinian et al., 2016). افزایش عملکرد در آبیاری قطره‌ای نسبت به بارانی در گیاه سیب‌زمینی نیز گزارش شد (Jafari et al., 2017; Seyedan & Ghadami Firouzabadi, 2020). در ارزیابی اقتصادی روش‌های آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی گزارش شد که عملکرد این گیاه زراعی در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری قطره‌ای بیشتر بود، ولی کارایی مصرف آب در روش قطره‌ای افزایش نشان داد (Soleimani Pour et al., 2011).

اثر روش آبیاری بر صفت شاخص برداشت لوبیاچیتی معنی‌دار نشد، ولی اثر رقم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین ارقام، لوبیاچیتی لاین KS21492 و رقم کوشا با شاخص برداشت ۳۴/۱ درصد بیشترین میزان شاخص برداشت را داشتند و کمترین شاخص برداشت (۳۱/۱ درصد) متعلق به رقم صالح بود. با توجه به کاهش عملکرد دانه در رقم صالح طبیعی بود که شاخص برداشت دچار افت گردد.

نتایج آزمایش نشان داد که اثر روش آبیاری و نوع رقم بر میزان خسارت آفت کنه دو لکه‌ای بسیار معنی‌دار بودند. ولی در بررسی خسارت بیماری سوختگی باکتریایی مشخص شد که تنها اثر روش آبیاری بر این صفت بسار معنی‌دار شد. همچنین، در ارزیابی دو ویژگی تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز مشخص شد که اثر روش آبیاری و نوع رقم بر این صفات بسیار معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار خسارت‌زایی آفت کنه دو لکه‌ای (نمره خسارت ۲/۶۱) در روش آبیاری قطره‌ای مشاهده شد (شکل ۳). کمترین میزان این ویژگی (نمره خسارت ۱/۵۰) نیز مربوط به‌روش آبیاری رین فلت بود. در بین ارقام نیز رقم صالح بیشترین حساسیت را نسبت به این آفت نشان داد (شکل ۳). با توجه به اینکه کنه دو لکه‌ای محیط‌های خشک را برای فعالیت می‌پسندد (Ashtari et al., 2020)، طبیعی است که خسارت این آفت در آبیاری تیپ که آب تنها به پای بوته می‌رسد، بیش از آبیاری‌هایی باشد که بوته لوبیا خیس می‌شود. برای همین، می‌توان با یک بار آبیاری بارانی تا حدودی از خسارت این آفت جلوگیری نمود. البته در این آزمایش، میزان خسارت کنه دو لکه‌ای در روش‌های آبیاری بارانی و نیوفیت بیش از رین فلت بود که به نظر می‌رسد، دلیل این امر می‌تواند در ضربه آب به سطح خاک با شدن بیشتر در این دو روش باشد که سبب پخش گل روی سطح برگ در برخی بوته‌ها گردید. در این حالت، برگ‌ها می‌توانند محیط مساعدی برای حضور این آفت باشند، ولی با این حال، این دو روش نسبت به روش قطره‌ای تا حدودی مزیت نسبی از نظر خسارت کنه نشان دادند.

بیشترین مقدار خسارت‌زایی بیماری سوختگی باکتریایی (نمره خسارت ۲/۴۴) در روش آبیاری بارانی مشاهده شد. کمترین میزان این ویژگی (نمره خسارت ۱/۰۵) نیز مربوط به‌روش آبیاری قطره‌ای بود (شکل ۴). شیوع عامل بیماری سوختگی باکتریایی لوبیا (*Xanthomonas axonopodis* pv. Phaseoli) در محیط‌های مرطوب و گرم بیشتر است. در پژوهشی گزارش شد که این بیماری درمناطق گرم شیوع دارد و به گیاهانی که در دمای ۲۸ تا ۳۲ درجه سلسیوس می‌رویند نسبت به گیاهانی که در دماهای پایین تا ۱۶درجه سلسیوس رشد می‌کنند، خسارت زیادی وارد می‌شود، دمای بالا و رطوبت مناسب باعث پیشرفت بیماری می‌شود و زمان بین آلودگی اولیه تا تولید مایه تلقیح ثانویه بین ۱۰ تا ۱۴ روز طول می‌کشد. با توجه به اینکه در روش‌های آبیارانی بارانی و نیوفیت آب از ارتفاع بالا روی گیاه پاشیده می‌شود، در فصل تابستان به‌خصوص در مواقعی که آبیاری در ساعات گرم روز صورت می‌گیرد، میزان خسارت این بیماری بیشتر خواهد شد (Akhavan et al., 2013). به همین منظور و برای جلوگیری از طغیان بیش از حد این باکتری باید از آبیاری در ساعات گرم خودداری نمود و حتی‌الامکان آبیاری لوبیا را طی شب و یا در ساعات خنک روز مثل صبح و عصر انجام داد.

جدول ۶- تجزیه واریانس ویژگی‌های علف‌هرز، نمره خسارت آفت کنه و بیماری سوختگی باکتریایی متأثر از روش‌های مختلف آبیاری در ارقام لوبیاچیتی

Table 6- Mean squares of weed characteristics and damage score of two spotted spider mite and blight disease in different irrigation methods of chitti bean

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نمره خسارت آفت کنه Damage score of two spotted spider mite	نمره خسارت بیماری سوختگی باکتریایی Damage score of blight disease	تراکم علف‌هرز Weed density	زیست‌توده علف‌هرز Weed biomass
سال Year	1	2.72**	11.68**	1.68*	264.50**
تکرار × سال Replication (R) × year (Y)	4	0.01^{ns}	0.51*	2.93**	163.72**
آبیاری Irrigation (I)	3	4.06**	7.68**	52.50**	2330.02**
آبیاری × سال I × Y	3	0.35^{ns}	4.79**	0.24^{ns}	9.50^{ns}
تکرار × آبیاری × سال R × I × Y	12	0.19	0.28	0.42	26.25
رقم Cultivar (C)	2	1.85**	0.10^{ns}	3.60**	105.06*
رقم × سال C × Y	6	0.01^{ns}	0.40^{ns}	0.01^{ns}	0.50^{ns}
آبیاری × رقم I × C	2	0.07^{ns}	0.04^{ns}	0.08^{ns}	7.35^{ns}
آبیاری × رقم × سال I × C × Y	6	0.09^{ns}	0.04^{ns}	0.01^{ns}	0.50^{ns}
خطای آزمایشی Error	32	0.21	0.12	0.34	26.72
ضریب تغییرات C.V.		22.50	21.51	10.88	10.83

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

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

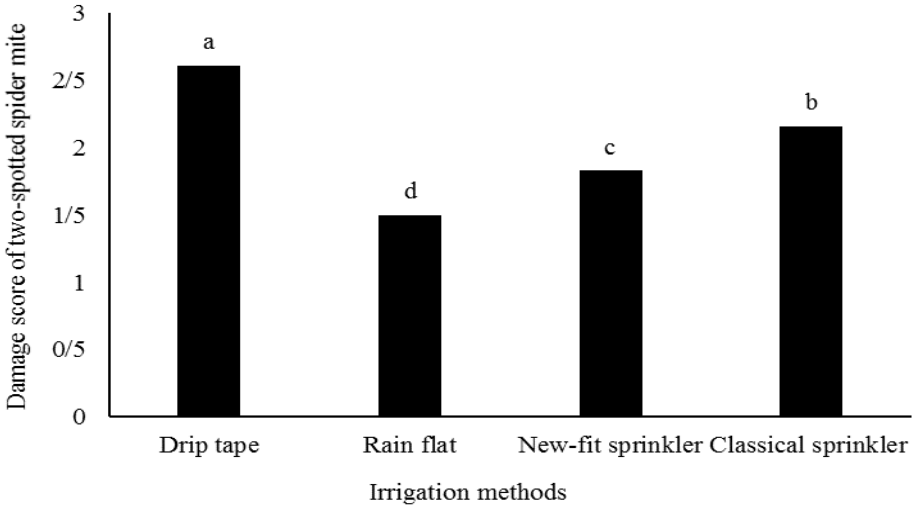
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سال بر ویژگی‌های علف‌هرز و نمره خسارت آفت کنه و بیماری سوختگی باکتریایی

Table 7- Mean comparison the effect of year on weed characteristics and damage score of two spotted spider mite and blight disease of chitti bean

سال Year	نمره خسارت آفت کنه Damage score of two spotted spider mite	نمره خسارت بیماری سوختگی باکتریایی Damage score of blight disease	تراکم علف‌هرز Weed density (per m^2)	زیست‌توده علف‌هرز Weed biomass (g.m^{-2})
2022	2.2^{a*}	1.2^{b}	5.2^{b}	45.8^{b}
2023	1.8^{b}	2.0^{a}	5.5^{a}	49.6^{a}

* حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

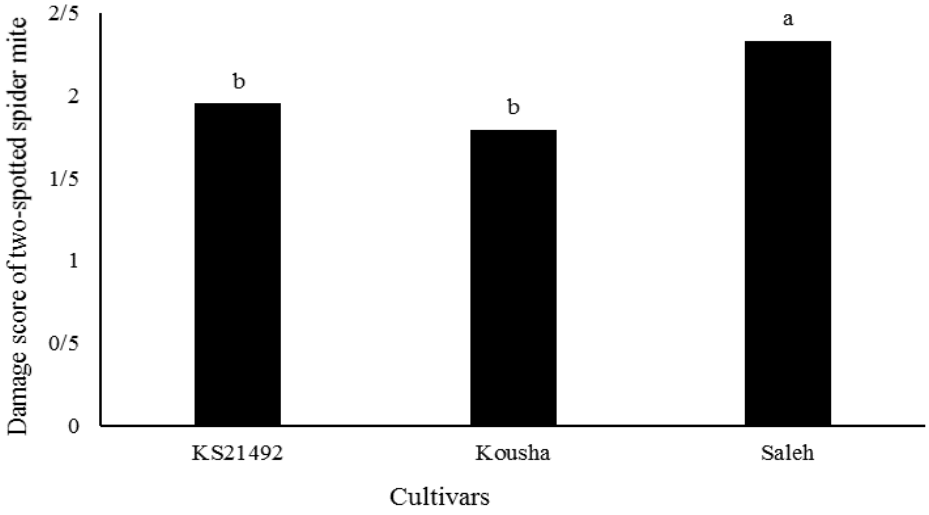


شکل ۲- میزان (نمره) خسارت‌زایی آفت کنه دو لکه‌ای در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

Fig. 2- Damage score of two spotted spider mite in different irrigation methods of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments



شکل ۳- میزان (نمره) خسارت‌زایی آفت کنه دو لکه‌ای در ارقام مختلف لوبیاچیتی

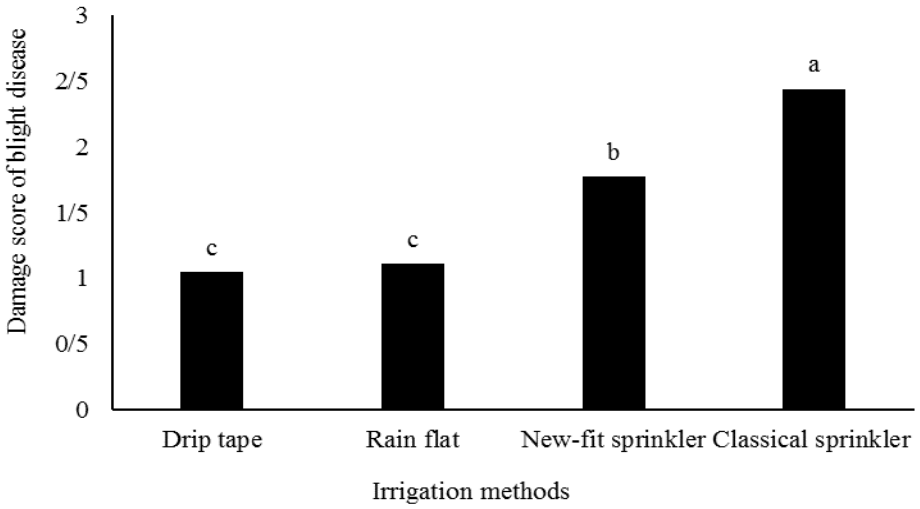
Fig. 3- Damage score of two spotted spider mite in different cultivars of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

گونه‌های علف‌هرز غالب مشاهده شده در تمام کرت‌های آزمایشی، تاج خروس، سلمه و پیچک بودند. تعداد و تراکم این گونه‌های غالب و دیگر گونه‌های علف‌هرز بعد از شمارش و توزین محاسبه شدند که مشخص گردید، بیشترین مقدار تراکم و زیست‌توده علف‌هرز (به ترتیب ۶/۷ و ۵۷/۷ گرم در مترمربع) به‌ترتیب در روش‌های آبیاری نیوفیت و بارانی مشاهده شد و کمترین میزان این صفات (به ترتیب ۲/۹ و ۳۴/۲ گرم در مترمربع) نیز مربوط به روش آبیاری قطره‌ای بود (شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹). از آنجا که پخش و مصرف آب در آبیاری بارانی و نیوفیت بیش از آبیاری قطره‌ای بود، محیط برای رشد علف‌های‌هرز در این روش فراهم‌تر بود (Gooderzai & Hedayatipour, 2019). در واقع، معمولاً علف‌های‌هرز در

رقابت بر سر منابع محیطی مانند نور، عناصر غذایی و آب موفق‌تر از گیاهان زراعی هستند و رشد بهتری ایجاد می‌کنند. در بین ارقام نیز کمترین مقدار تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز مربوط به رقم صالح بود که دارای تیپ رشدی نوع سوم می‌باشد که به نظر می‌رسد با شاخ و برگ بالا و در هم تنیدگی بیشتر سبب خفگی نسبی علف‌های‌هرز شده است. در بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص رقابت برخی ژنوتیپ‌های لوبیا با علف‌های‌هرز اظهار شد که ارقام با تیپ رشدی سه رقابت‌کننده‌های بهتری در برابر علف‌های‌هرز می‌باشند (Motaghi Shahpar et al., 2017).

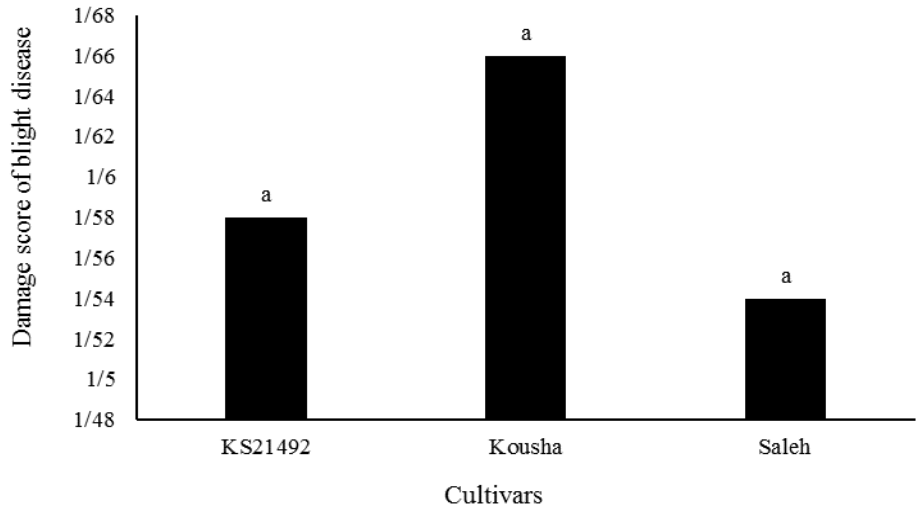


شکل ۴- میزان (نمره) خسارت‌زایی بیماری سوختگی باکتریایی در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

Fig. 4- Damage score of blight disease in different irrigation methods of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

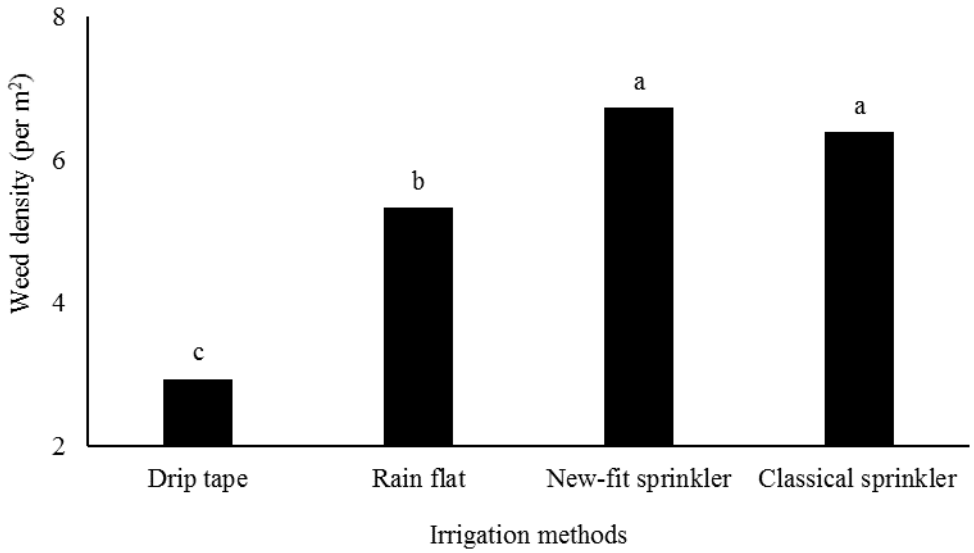


شکل ۵- میزان (نمره) خسارت‌زایی بیماری سوختگی باکتریایی در ارقام مختلف لوبیاچیتی

Fig. 5- Damage score of blight disease in different cultivars of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

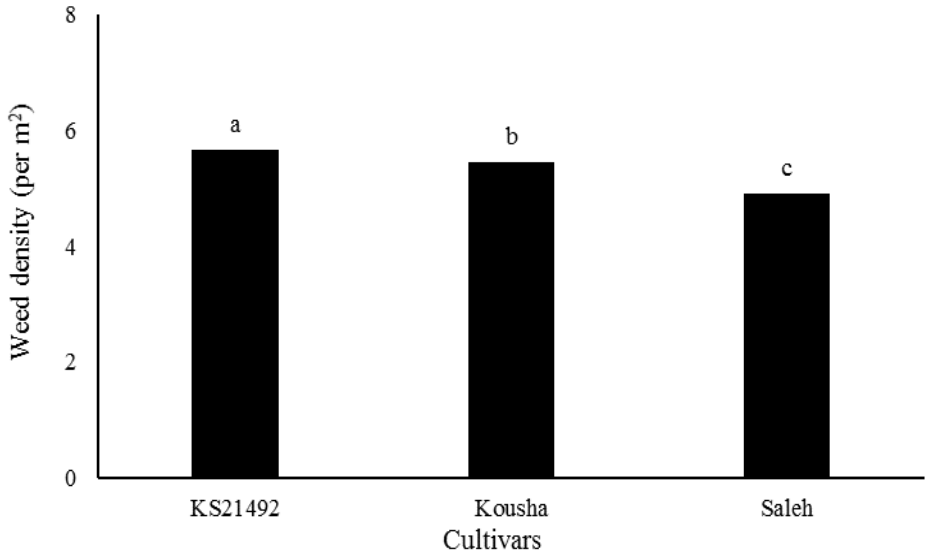


شکل ۶- میزان تراکم علف‌های‌هرز در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

Fig. 6- Amount of weed density in different irrigation methods of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

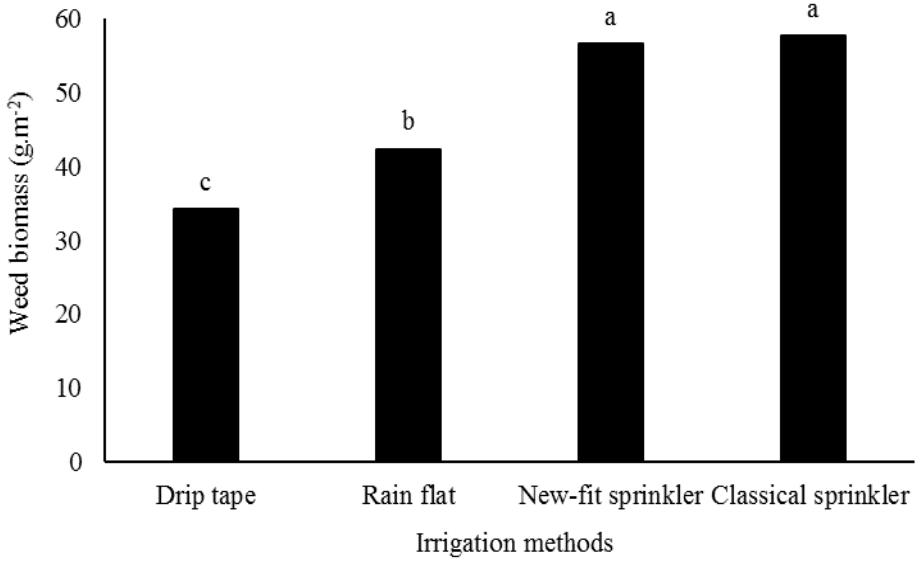


شکل ۷- میزان تراکم علف‌های‌هرز در ارقام مختلف لوبیاچیتی

Fig. 7- Amount of weed density in different cultivars of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

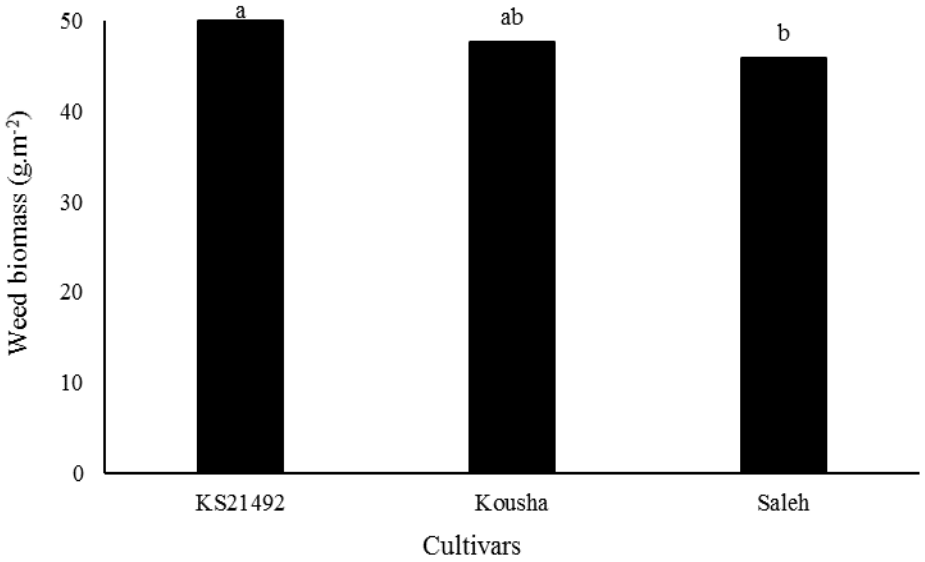


شکل ۸- میزان زیست‌توده علف‌های‌هرز در روش‌های مختلف آبیاری لوبیاچیتی

Fig. 8- Amount of weed biomass in different irrigation methods of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments



شکل ۹- میزان زیست‌توده علف‌های‌هرز در ارقام مختلف لوبیاچیتی

Fig. 9- Amount of weed biomass in different cultivars of chitti bean

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

Non-similar letters indicate significant difference between the treatments

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش مشخص ساخت که بیشترین میزان تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز به‌ترتیب در روش‌های آبیاری نیوفیت و بارانی به‌دست آمد. همچنین، بیشترین مقدار بیماری سوختگی باکتریایی در آبیاری بارانی مشاهده شد. این در حالی بود که کمترین مقدار تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز و بیماری سوختگی باکتریایی در روش آبیاری قطره‌ای به‌دست آمد. با این حال، بیشترین میزان خسارت کنه دو لکه‌ای در روش آبیاری قطره‌ای مشاهده شد و کمترین میزان این صفت نیز در روش آبیاری رین فلت وجود داشت. با توجه به مجموع

نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد که آبیاری قطره‌ای کـه در تولید لوبیـا مصـرف آب کمتـری نیـز دارد، بـرای زراعـت ایـن محصول مناسب‌تر و به‌صرفه‌تر باشد، ولی باید به‌طـور مسـتمر مزرعه مورد پایش حضور آفت کنه دو لکـه‌ای قـرار گیـرد و در صورت رسیدن به سطح معمول مبارزه که در منـابع تخصصـی بیان شده است، از روش‌های مفید و مؤثر کنترل ایـن آفـت از جمله کنه کش‌های مختلف بهره جست. در صورت اسـتفاده از روش آبیاری نیوفیت و بارانی گرچه خطر مواجه با آفت کنه دو لکه‌ای کاهش می‌یابد، ولی باید بـه هجـوم علـف‌هـای‌هـرز بـه مزرعـه توجـه ویـژه نمـود. همچنـین، خطـر شـیوع بیمـاری سوختگی باکتریایی در این دو روش بیشـتر اسـت، بـه همـین منظور همان‌طور که اشاره شد، مـی‌تـوان آبیـاری لوبیـا را بـه ساعات خنک روز و یـا طـی شـب موکـول نمـود و در صـورت درگیری مزرعه با این بیماری، با مراجعه به کارشناسـان فـن و مشورت آن‌ها از سموم مسی مجاز و معتبر استفاده کرد.

سپاسگزاری

این مقاله از پروژه مصوب با کد ۳-۶۱-۰۳۱۴-۰۰۱-۰۱۰۰۱۰ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استخراج شده است. بدینوسیله از تمام عزیزانی که در تصویب و اجـرای ایـن پروژه ما را یاری رساندند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

Akhavan, A., Bahar, M., Askarian, H., Lak, M.R., Nazemi, A., & Zamani, Z. (2013). Bean common bacterial blight: Pathogen epiphytic life and effect of irrigation practices. *Springer Plus*, *2*, 1-9. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-41

Ashtari, S., Yosefi, M., & Douri, H. (2020). Evaluation of bean genotypes resistance to Two-spotted spider mite, Tssm, *Tetranychus urticae* Koch under field and greenhouse conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *9*(2), 15-30. (In Persian with English Abstract)

Behdad, E. (2002). Important plant pests of Iran. Yadboud Publications, Iran. (In Persian)

Dorri, H.R., Ghanbari, A.A., Lak, M.R., & Banijamali, M. (2008). Bean guide. Water consumption management. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran. (In Persian with English Abstract)

Fan, Z., An, T., Wu, K., Zhou, F., Zi, S., Yang, Y., Xue, G., & Wu, B. (2016). Effects of intercropping of maize and potato on sloping land on the water balance and surface runoff. *Agriculture, Water Management*, *166*, 9–16. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.006

Gorji, A., Afsharasl, M., Dashtizadeh, R., & Tesbandi, M. (2017). Effectiveness of modern irrigation systems in energy consumption - Case study: Abarkoh city, Yazd. The Third National conference on Water Management in the Field. Karaj: Soil and Water Research Institute, Iran. (In Persian)

Goodarzi, M., & Hedayatipour, A. (2019). Water consumption management. Agricultural Research, Education and Extension Organization. (In Persian)

Hoseinian, S., Khaledian, M., & Moatamed, M. (2016). Drip and sprinkler irrigation systems evaluation according to economic indicators of water productivity in Southern France. *Journal of Water Research in Agriculture*, *30*(2), 215-226. (In Persian with English Abstract) https://doi.org/10.22092/jwra.2016.106645

Jafari, A., Soltani, H., Rezvani, S.M., & Ghadami Firouzabadi, A. (2017). Economic evaluation and comparison of sprinkler and drip irrigation systems in potato cultivation in Hamedan province. *Journal of Water Research in Agriculture*, *31*(2), 195-205. (In Persian with English summary). https://doi.org/10.22092/jwra.2017.113163

Lak, M.R. (2019). Methods for assessing the resistance of bean cultivars and elites to its important pests and diseases. Agricultural Research, Education and Extension Organization. (In Persian)

Majnoun Hosseini, N. (2008). Agronomy and production of legume. Jihad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. (In Persian)

Motaghi Shahpar, M., Barari, M., Zand, E., Seyedi, S.M., & Azadbakht, A. (2017). Investigating yield, yield components and competition index of some bean genotypes with weeds. *Pajouheshnameh*, *9*(2), 58-71. (In Persian with English Abstract)

Saeidi, Z. (2020). Screening of 55 pinto bean lines for resistance to the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal Acarology*, *9*(3), 291-299. https://doi.org/10.22073/pja.v9i3.60788

Safarzadeh, S., Saremi, M., Farshid, A., & Dehghani, M. (2021). Investigation yield, yield components and water efficiency of wheat in three systems: surface, sprinkler and strip drip irrigation. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *15*(1), 87-97. (In Persian with English Abstract)

Seyedan, M., & Ghadami Firouzabadi, A. (2020). Comparison of water consumption efficiency in drip tape and classical sprinkler irrigation systems in potato crop in Hamedan province. *Potato Applied Sciences, 3*(1), 17-24. (In Persian with English Abstract)

Smith, C. (2005). Plant resistance to arthropods, molecular and conventional approaches. 423 pp. Springer Publisher. https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3

Soleimani Pour, A., Bagheri, A., & Vaseghi, E. (2011). Economic evaluation of irrigation methods on yield of potato varieties in Isfahan province. *Agricultural Economics Research, 3*(9), 143-164. (In Persian with English Abstract)

Tabatabaei, N., Gheisari, M., Abedi Koupaei, J., & Amiri, Z. (2017). Comparison of yield of fodder corn under tape and classical sprinkler irrigation management. The 5th National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks and the 3rd National Irrigation and Drainage Congress of Iran. Ahvaz, Iran. (In Persian)

Webster, D.M., Temple, S.R., & Galvez, G.E. (1983). Expression of resistance to *Xanthomonas campestris* pv. Phaseoli *in Phaseolus vulgaris* under tropical conditions. *Plant Disease, 67*(4), 394-396. https://doi.org/10.1094/pd-67-394

Yousefi, M., & Dorri, H. (2012). Evaluation the resistance mechanisms of 36 genotype of chitti beans to spider mites in field and greenhouse conditions. Agricultural Research, Education and Extension Organization. (In Persian)

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

مشخصات داوران سال (دوره) ۱۵ شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، شمارهٔ پیاپی: ۲۹
(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	غلامعلی	اکبری	پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	ابراهیم	ایزدی دربندی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	حمیدرضا	بلوچی	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه یاسوج
دکتر	متین	جامی معینی	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار
دکتر	کمال	حاج‌محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علیرضا	حسن‌فرد	پسادکترا دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمود	رمرودی	دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
دکتر	حسین	صادقی نامقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سید مسعود	ضیائی	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تربت حیدریه
دکتر	حسن	فرحبخش	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر	لیدا	فکرت	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	جعفر	نباتی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles
Vol. 15, No. 1, 2024, S. No.: 29

Title	Author(s)	Page
• **Screening of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Salinity Tolerance at Early Growth Stages**	Narges Safaei Ghalehzou, Mohammad Kafi, Ahmad Nezami and Jafar Nabati	**1**
• **Investigation of Diversity of Root Traits of Chickpea Lines**	Zahra Shekari, Zahra Tahmasebi, Homayoun Kanouni, Ali Asherf Mehrabi	**23**
• **Evaluating the Effect of Sowing Date and Mycorrhiza on Physiological Performance and Yield of Lentil Cultivars in Dry Land Conditions in Dashtroom Yasouj Region**	Hossein Shojaei-Moghadam, Mohsen Movahhedi-Dehnavi, Alireza Khoshroo, Hamidreza Balouchi, Alireza Yadavi	**39**
• **Response of Photosynthetic Pigments and Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Weed Management Methods**	Isa Ghasemi Arimi, Faezeh Zaefarian, Sajedeh Golmohammadzadeh, Rahmat Abbasi	**59**
• **The Effect of Irrigation Interval and Different Doses of Zeolite on the Growth and Yield Indices on White Bean (*Phaseolus lanatus* L.)**	Reza Rezvani, Mohammad Kafi	**75**
• **Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to Planting Date and Row Spacing in Jiroft**	Samireh Dezhbanpour, Ahmad Aien, Morteza Eshraghi-Nejad, Mohamad Hasan Shirzadi	**93**
• **The Effect of Four Irrigation Methods on the Damage of Weeds, Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) and Bacterial Blight Disease in Chitti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**	Seyed Mohsen Seyedi, Mustafa Goodarzi, Sedighe Ashtari, Maryam Hatamabadi Farahani, Abolghasem Sarlak	**113**

Iranian Journal of
Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 15, No. 1, 2024, S. No.: 29

Published by: Ferdowsi University of Mashhad
Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi
Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami
Executive Director: Hassan Porsa (M.Sc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar
Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani
Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar
Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi
Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi
Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Ganjeali
Professor, College of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Ali Izadi Darbandi
Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Saeid Malekzadeh Shafaroudi
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 (M.Sc.); Dr. Mohammad Bannayan Avval
Assistant: Fahimeh Feyzi (M.Sc.)

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); and…

Address:
Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran
ZIP Code: 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804653**; Fax:** +98-51-430-38787
E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** http://ijpr.um.ac.ir

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN (print): 2980-793X
ISSN (online): 2783-5367

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 15(1); June 2024; S. No.: 29

- **Screening of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Salinity Tolerance at Early Growth Stages** 1
  Narges Safaei Ghalehzou, Mohammad Kafi, Ahmad Nezami and Jafar Nabati

- **Investigation of Diversity of Root Traits of Chickpea Lines** 23
  Zahra Shekari, Zahra Tahmasebi, Homayoun Kanouni and Ali Asherf Mehrabi

- **Evaluating the Effect of Sowing Date and Mycorrhiza on Physiological Performance and Yield of Lentil Cultivars in Dry Land Conditions in Dashtroom Yasouj Region** 39
  Hossein Shojaei-Moghadam, Mohsen Movahhedi-Dehnavi, Alireza Khoshroo, Hamidreza Balouchi, Alireza Yadavi

- **Response of Photosynthetic Pigments and Yield of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Weed Management Methods** 59
  Isa Ghasemi Arimi, Faezeh Zaefarian, Sajedeh Golmohammadzadeh, Rahmat Abbasi

- **The Effect of Irrigation Interval and Different Doses of Zeolite on the Growth and Yield Indices on White Bean (*Phaseolus lanatus* L.)** 75
  Reza Rezvani, Mohammad Kafi

- **Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to Planting Date and Row Spacing in Jiroft** 93
  Samireh Dezhbanpour, Ahmad Aien, Morteza Eshraghi-Nejad, Mohamad Hasan Shirzadi

- **The Effect of Four Irrigation Methods on the Damage of Weeds, Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) and Bacterial Blight Disease in Chitti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)** 113
  Seyed Mohsen Seyedi, Mustafa Goodarzi, Sedighe Ashtari, Maryam Hatamabadi Farahani, Abolghasem Sarlak