

پژوهش های محبوبات ایران

ISSN (print): 2008-725X
ISSN (online): 2717-4212

نشریه علمی-دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

سال (دوره) ۱۴، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۲ - شماره پیاپی: ۲۷



باغبانکاری



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید باهنر کرمان



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و تحقیقات



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

- ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ های لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت رژیم های مختلف آبیاری
 - اثر تاریخ کاشت بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه چهار اکوتیپ خلر
 - تجزیه به مؤلفه های اصلی و علّیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه
 - سبب شناسی بیماری های پوسیدگی ریشه، زردی و پژمردگی نخود در استان کرمانشاه
 - اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه
 - بررسی تنوع ژنوتیپ های عدس (*Lens culinaris* Medik) تحت تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده
 - واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط با تربیتکاله به کودهای زیستی و شیمیایی تحت شرایط تنش آبی
 - بهینه سازی ویژگی های عملکردی امولسیون و کف ایزوله پروتئینی عدس رقم کیمیا
- حبیباله رحیمی، حمیدرضا عشقی زاده، جمشید رزمجو، مرتضی زاهدی، عادل غدیری و مرضیه اسدی
- حسین صبور فرد و حامد کشاورز
- ولی اله یوسفی، جعفر احمدی، داود صادق زاده اهری و عزت اله اسفندیاری
- بهمن گرامی نسب، سعید عباسی، صمد جمالی، خسرو چهری و حسن یونسی
- هادی خاوری، علی خورگامی، رضا میردریگوند و کاظم طالشی
- جعفر نباتی، احمد نظامی، سیده محبوبه میرمیران، محمد محمدی و علیرضا حسن فرد
- آیدا رشیدی پور، وحید براتی و احسان بیژن زاده
- مژگان اسدبیگی، نفیسه زمین دار و محمد گلی

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شماره ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
و درجه علمی پژوهشی به شماره ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
(بر اساس مصوبه وزارت عتف، از سال ۱۳۹۸، تمامی نشریات دارای درجه «علمی-پژوهشی»، به نشریه «علمی» تغییر نام یافتند.)
* این نشریه، از اول تیرماه سال ۱۳۸۹، به‌طور منظم و در قالب دوفصلنامه، منتشر می‌شود. *

سال (دوره) ۱۴، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۲ - شماره پیاپی: ۲۷

صاحب امتیاز:

دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

دکتر محمد کافی

سر دبیر:

دکتر احمد نظامی

مدیر اجرایی:

مهندس حسن پُرسا

هیئت تحریریه:

دکتر احمد ارزانی

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

دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر ناصر مجنون حسینی

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

دانشیار ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر احمد نظامی

استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد

ویراستار:

مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی، ادبی و فنی)

دکتر محمد بنایان اول (ویراستار چکیده مبسوط انگلیسی)

همکاران این شماره: رحمان اسدی

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

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:



نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی، دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۹ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

سال (دوره) ۱۴، شماره ۸، نیمه اول ۱۴۰۲، شماره پیاپی: ۲۷

عنوان مقاله	نویسنده (گان)	صفحه
• ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری	حبیب‌اله رحیمی، حمیدرضا عشقی‌زاده، جمشید رزمجو، مرتضی زاهدی، عادل غدیری و مرضیه اسدی	۱۹
• اثر تاریخ کاشت بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه چهار اکوتیپ خلر	حسین صبوری‌فرد و حامد کشاورز	۳۴
• تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و علیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود کابلی (<i>Cicer arietinum</i> L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه	ولی‌اله یوسفی، جعفر احمدی، داود صادق‌زاده اهری و عزت‌اله اسفندیاری	۴۸
• سبب‌شناسی بیماری‌های پوسیدگی ریشه، زردی و پژمردگی نخود در استان کرمانشاه	بهمن گرامی‌نسب، سعید عباسی، صمد جمالی، خسرو چهری و حسن یونسی	۶۳
• اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در شرایط مزرعه	هادی خاوری، علی خورگامی، رضا میردریگوند و کاظم طالشی	۷۵
• بررسی تنوع ژنوتیپ‌های عدس (<i>Lens culinaris</i> Medik) تحت تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده	جعفر نباتی، احمد نظامی، سیده محبوبه میرمیران، محمد محمدی و علیرضا حسن‌فرد	۹۲
• واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله به کودهای زیستی و شیمیایی تحت شرایط تنش آبی	آیدا رشیدی‌پور، وحید براتی و احسان بیژن‌زاده	۱۱۲
• بهینه‌سازی ویژگی‌های عملکردی امولسیون و کف ایزوله پروتئینی عدس رقم کیمیا	مژگان اسدبیگی، نفیسه زمین‌دار و محمد گلی	۱۳۳
• ارزیابی اثر کم‌آبیاری و علف‌کش بر اجزای عملکردی و بهره‌وری مصرف آب در لوبیاچیتی (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	سیدحسین ناظر کاخکی، سمیرا واحدی و مسعود کامل	۱۴۶
• ارزیابی کارایی زمان کاربرد برخی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز مزارع عدس دیم (<i>Lens culinaris</i> Medik.)	بنت‌الهدی جعفری، عبدالرضا احمدی و سیدکریم موسوی	۱۶۰

سخن سردبیر

حبوبات به عنوان یکی از مهم ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دوّمین منبع مهم غذایی انسان پس از غلات، به شمار می روند. این گیاهان با داشتن قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن، نقش در خورتوجهی در بهبود حاصلخیزی خاک دارند. حبوبات در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی، کشت و کار می شوند و بدین ترتیب، با تنوع بخشی به نظام های کشت مبتنی بر غلات، جایگاه ویژه ای در کشاورزی پایدار به خود اختصاص داده اند. این گیاهان، کم توقع بوده و برای کشت در نظام های زراعی کم نهاده مناسب می باشند. همچنین به صورت گیاهان پوششی، در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثرند. مجموعه این ویژگی ها، حبوبات را از جنبه های زراعی، بوم شناختی و زیست محیطی در جایگاه ارزشمندی قرار داده است.

حبوبات در ایران پس از غلات، بیشترین سطح زیر کشت را دارا هستند. بر اساس آمار، سالانه سطحی حدود یک میلیون و دویست هزار هکتار در کشور به کشت حبوبات اختصاص می یابد که از این سطح، سالانه حدود ۷۰۰ هزار تن محصول به دست می آید. نگاهی اجمالی به آمار تولید و سطح زیر کشت این محصولات در ایران و مقایسه آن با آمار جهانی نشان می دهد که بازده تولید این محصولات در کشور ما، بسیار ناچیز بوده و گاه با نوسانات شدیدی همراه است. هرچند بخشی از پایین بودن بازده تولید این محصولات را می توان به وضعیت ویژه طبیعی و اقلیمی کشور مربوط دانست، اما علت دیگر آن را باید در بی توجهی به سرمایه گذاری های مرتبط با تولید، به ویژه فقر تحقیقات حبوبات جستجو کرد. این کم توجهی ها سبب شده است تا کشت بعضی محصولات زراعی مانند غلات و محصولات نقدینه ای، جایگزین کشت حبوبات در اراضی مرغوب شده و لذا کشت حبوبات، بیش از پیش به مناطق حاشیه ای و کم بازده رانده شود. این وضعیت، چالشی بزرگ را فراروی مجموعه برنامه ریزان، سیاست گزاران و نیز محققان حبوبات در کشور قرار داده است.

اهمیت حیاتی این محصولات، به ویژه از نظر تأمین نیازهای پروتئینی کشور و نیز حفظ بوم نظام های طبیعی ایجاب می کند تا به امر پژوهش های دامنه دار پیرامون جنبه های مختلف تولید این محصولات، به منظور پاسخ گویی به نیازهای جدید، به صورت ویژه ای پرداخته شود. نکته مهمی که در طراحی و اجرای برنامه های تحقیقات حبوبات باید همواره مدّ نظر باشد، قرار داشتن کشور در وضعیت طبیعی و اقلیمی خشک است؛ به طوری که بیش از ۹۰ درصد از تولید حبوبات در کشور ما در شرایط دیم با بارش های بسیار اندک انجام می شود. بدین ترتیب، انطباق با این شرایط خشک، ضمن حفظ پایداری تولید، باید به عنوان یکی از اصول بنیادین در تدوین و اتخاذ سیاست ها و خط مشی های تحقیقاتی در رابطه با حبوبات، مدّ نظر قرار بگیرد.

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



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

منشور اخلاق «نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران»، بر مبنای رهنمودهای ارائه شده توسط کمیته اخلاق انتشار COPE طراحی شده است. از کلیه اعضای هیئت تحریریه، داوران و نویسندگان تقاضا می‌شود این دستورالعمل را مطالعه کنند و هرگونه سؤال یا ابهامی را با سردبیر نشریه، آقای دکتر احمد نظامی، به آدرس ایمیل nezami@um.ac.ir مطرح کنند. از کلیه 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 تحریریه 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 در صورت 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 منافی 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 ارسال شده به نشریه، توجه منصفانه داشته باشند و مقالات را صرفاً از لحاظ شایستگی علمی و بدون طرفداری یا کینه‌توزی شخصی یا در نظر گرفتن 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 در خصوص انتشار یا عدم انتشار مقالات ارسالی کمک کنند.
۲. داوران باید محرمانه بودن 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 اختصاص یافته 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 در خصوص 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 در جهت 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 در حال 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 منافی 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 شباهت‌یابی 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 (در صورت 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 صورتی که 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 غیرقابل قبول 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 از قبیل انتشار داده‌های جعلی یا سرقت علمی را بررسی می‌کند و نسبت به انجام اقدامات لازم شامل انتشار اصلاحیه، شفاف‌سازی و یا پس‌گرفتن مقاله، در صورت 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%20of Information Among EiCs guidelines web version.pdf](http://publicationethics.org/files/Sharing%20of%20Information%20Among%20EiCs%20guidelines%20web%20version.pdf)

اعضای هیئت تحریریه نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران یادآوری می‌نمایند که سرقت علمی در هریک از مصداق‌های آن امری غیرقابل قبول 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 به منظور 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، از جمله دانشجویان و تکنسین‌های آزمایشگاه باید در لیست نویسندگان ذکر شوند.

([http://publicationethics.org/files/Sharing%20of Information Among EiCs guidelines web version.pdf](http://publicationethics.org/files/Sharing%20of%20Information%20Among%20EiCs%20guidelines%20web%20version.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. در صورتی که توضیحات نویسنده غیرقابل قبول 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. در چنین 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 در صورت 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

رؤیگاه علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

معرفی کامل نشریه و راهنمای تهیه و ارسال مقاله



معرفی نشریه

- «پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجه علمی که از خردادماه سال ۱۳۸۹ به صورت دوفصلنامه، به وسیله پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامه همکاری با شش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهیدباهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد.
- زبان انتشار، فارسی با چکیده مبسوط انگلیسی است و به صورت 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 نویسندگان دریافت نمی‌نماید.

حوزه موضوعی

- زمینه موضوعی مقالات، شامل موارد زیر می‌باشد:
 - ❖ زراعت و به‌زراعی
 - ❖ به‌نژادی 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
 - ❖ دال عدس
 - ❖ خَلَر
 - ❖ 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 به صورت مقدماتی).
- **مقاله کوتاه؛ یادداشت پژوهشی (Short article; Research note):** مقاله کامل علمی نیست؛ بلکه یادداشت‌های بحثی است که به دنبال پیشبرد یک ایده جدید یا معرفی یک پدیده، دیدگاه، فرایند، محصول، برنامه تحقیقاتی یا رویکرد، به شکل 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 ارائه شده در نوشتارهای علمی درباره موضوعی خاص جمع‌بندی و ارزیابی می‌شود. بدنه اصلی مقاله مروری به ترتیب 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 نشریه دیگری چاپ یا همزمان به نشریه 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 به صورت مشخص بیان کنند.

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 وارد کردن 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، به ترتیب مشخص شده 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 اרקید.

در صفحه مشخصات نویسندگان موارد زیر را رعایت نمایید:

- نام نویسندگان به صورت کامل نوشته شود. مثال: محمدعلی احسان‌نژاد
- از درج عنوان‌هایی مثل دکتر، مهندس و غیره در ابتدای نام خودداری شود.
- نام نویسندگان به ترتیب اولویت ذکر شود.
- وابستگی سازمانی همه نویسندگان، به صورت کامل و به ترتیب 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 ارنیکد سایر نویسندگان در صورت وجود، حتماً ذکر شود.
- چنانچه مقاله، خلاصه یا بخشی از پایان‌نامه (رساله) دانشجویی باشد، لازم است موضوع در پاورقی صفحه مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود.
- 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 نحوه 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 همه اجزای معادله به‌طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده(گان)، نحوه 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 مستدل 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 به صورت 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 «چکیده 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. Conclusion
6. Acknowledgement
7. Keywords

• صفحه‌آرایی

- متن مقاله باید در محیط نرم‌افزار Office Word با ابعاد A4، بدون هر گونه آرم و نشان و به صورت تک‌ستونه، با فاصله ۲/۵ سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصله ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازه ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازه ۱۱ و به صورت یک‌ستونه تایپ شود.
- همه صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن ترجیحاً از ۲۰ تجاوز نکند.
- هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.
- 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، به صورت 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 به صورت مستقل، با شماره‌گذاری از عدد ۱، آغاز شود.
- تیتروهای اصلی و فرعی در متن، شماره نداشته باشند.
- تمام اعداد و ارقام در متن، فارسی باشد و در صورت اعشاری بودن اعداد، ممیز به صورت (/) نوشته شود. اعداد فقط در جدول‌ها و شکل‌ها به انگلیسی است.
- شکل‌ها و جدول‌ها، باید جداگانه و به ترتیب، شماره‌گذاری شده و در جای مناسب خود در متن مقاله قرار گیرند (از درج یکجای آن‌ها در انتهای مقاله یا به صورت 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 ارائه شده بوده و همه اطلاعات و تعاریف لازم را شامل شوند، به طوری که نیاز به مراجعه به متن مقاله نباشد.
- عنوان هر شکل یا جدول، باید به هر دو صورت فارسی و انگلیسی (به ترتیب، اول فارسی و بلافاصله در زیر آن، انگلیسی)، به صورت توپُر و به ترتیب با اندازه ۱۰/۵ و ۹/۵ 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، از جمله شرح علائم اختصاری، باید به هر دو صورت فارسی و انگلیسی، در زیر جدول قید گردد.
- تمام کلمات در داخل فضای نمودارها و شکل‌ها، از جمله عناوین محورها و راهنمای علائم و...، صرفاً به انگلیسی باشد و اندازه قلم آن‌ها، از ۸ کوچک‌تر و از ۱۱ بزرگ‌تر نباشد.
- به طور کلی در همه جداول و شکل‌ها و نمودارها و تصاویر، همه اجزاء و حروف و کلمات و اعداد و نمادها و علائم به کاررفته، 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 به صورت 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 به جای m/s از ms^{-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 صورتی که 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 علائم، 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 مورد استفاده 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 منبعی 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 غیرقابل دسترسی خودداری شود.

ارجاع (استناد) درون‌متنی

- به دلیل این که 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 تا پنج نویسنده: در اولین ارجاع، نام خانوادگی تمام نویسندگان باید قید شود. مانند: (Bagheri, Nezami & Ganjeali, 2018) و در ارجاعات بعدی، نام خانوادگی نویسنده اول و بعد از آن et al, قرار می‌گیرد. مانند: (Bagheri et al, 2018)
 - ارجاع به منبعی با شش نویسنده یا بیشتر: بعد از نام خانوادگی نویسنده اول، عبارت et al و بعد از 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 انتهایی مقاله)

- در بخش انتهایی مقاله (پیش از چکیده مبسوط انگلیسی)، یک فهرست شماره‌گذاری‌شده از منابع استفاده‌شده، با ترتیب الفبایی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۱ ارائه شود. تنها منابعی باید درج شوند که در ارتباط نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آن‌ها استفاده شده باشد.
- همه منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند.
- در فهرست منابع، نام همه نویسندگان باید ذکر شود و از آوردن عبارت et al و others به‌جای آوردن نام دیگر نویسندگان، 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. در صورتی که 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 به ترتیب حروف الفبای نام دیگر نویسندگان مرتب می‌شوند.
- چنانچه بعد از الفبایی کردن منابع مشترک بر اساس نام نویسندگان، سال نشر مشترک هم داشته باشیم، در کنار سال نشر از حروف الفبای انگلیسی (به صورت 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).
- در صورتی که نویسندگان چند منبع، دقیقاً یکسان باشند، منابع بر اساس سال انتشار از قدیم به جدید تنظیم می‌شوند.
- در مواردی که فقط چکیده 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 منتشر شده در نشریات علمی (Journal Article)

Bakhshi, B., Pouresmaeil, M., and 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 تألیف شده

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

مقاله یا یک فصل، از کتاب تدوین شده

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

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

مقاله در نشریه برخط (On-line)

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

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، قابل قبول نخواهد بود.
- نشریه در ردّ یا پذیرش مقالات، همچنین در نحوه صفحه‌آرایی و اعمال 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، پژوهشکده علوم گیاهی، دفتر نشریه پژوهش‌های حیوانات ایران
کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۹ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

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



ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حبیب‌اله رحیمی^۱، حمیدرضا عشقی‌زاده^{۲*}، جمشید رزمجو^۳، مرتضی زاهدی^۴، عادل غدیری^۵ و مرضیه اسدی^۶

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ rahimy0163@gmail.com

شناسه اراکید: ۵۹۸۵-۸۵۲۶-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

شناسه اراکید: ۳۱۵-۰۴۷۷-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ krazmjoo@cc.iut.ac.ir

شناسه اراکید: ۲۹۱۷-۶۰۶۰-۰۰۰۱-۰۰۰۰

۴- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ mzahedi@iut.ac.ir

شناسه اراکید: ۴۷۹۲-۰۴۵۱-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۵- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی؛ A.Ghadiri@areeo.ac.ir

شناسه اراکید: ۶۶۵۰-۹۰۴۶-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۶- دانش‌آموخته دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ marziyeh.asadi@ag.iut.ac.ir

شناسه اراکید: ۵۲۹۳-۹۵۱۴-۰۰۰۱-۰۰۰۰

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

رحیمی، ح.ا.، عشقی‌زاده، ح.ر.، رزمجو، ج.، زاهدی، م.، غدیری، ع. و اسدی، م. ۱۴۰۲. ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۱۹-۳۳.

چکیده

این آزمایش در مزرعه پردیس تحقیقات و آموزش لوبیای خمین به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. رژیم آبیاری به عنوان کرت اصلی شامل ۵۰ (I₁)، ۷۰ (I₂) و ۱۱۰ (I₃) میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A بود. هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و دانه شد. به علاوه، میزان این کاهش با افزایش شدت تنش خشکی بیشتر بود. با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات در رژیم آبیاری I₃ یا تنش شدید، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از نظر شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و شاخص تحمل به خشکی (STI) در شرایط تنش ملایم و شدید تفاوت معنی‌داری داشتند. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، با توجه به شاخص تحمل به خشکی از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ غفار به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی شناسایی شد. به طور کلی، تنوع قابل توجهی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری وجود داشت که می‌توان از آن برای اصلاح‌نژاد و انتخاب لوبیاچیتی برای تحمل به خشکی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی؛ پایداری تولید؛ خشکی؛ شاخص تحمل به خشکی؛ عملکرد دانه

مقدمه

آب و هوای خشک و نیمه خشک و کمبود آب از مهم‌ترین و اساسی‌ترین چالش‌های کشاورزی در ایران است، لذا رخداد تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر

است (Rezaei & Kamgar Haghighi, 2009; Jaleel *et al.*, 2009). تنش خشکی تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبه رو می‌سازد و بازده استفاده از مناطق خشک و دیم را کاهش می‌دهد (Jaleel *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی، کاهش جذب آب منجر به کاهش محتوای آب بافت و

* نویسنده مسئول: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

یکی از اهداف اصلاح نباتات، افزایش عملکرد اقتصادی در شرایط تنش خشکی است. عملکرد دانه، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی زیادی قرار دارد، به همین دلیل انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را دشوار نموده است (Asadi et al., 2011). با این حال، روش‌های مختلف پایش فنوتیپی برای شناسایی ویژگی‌های مربوط به منابع متنوع تحمل ضروری است، زیرا هر ژنوتیپ ممکن است مکانیسم متفاوتی داشته باشد (Amini et al., 2015). بنابراین تحقیق حاضر به منظور ارزیابی میزان تحمل ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی از نظر عملکرد دانه به تنش خشکی ملایم و شدید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا در شهرستان خمین (طول جغرافیائی ۴۹/۵۷ درجه، عرض جغرافیائی ۳۳/۳۹ درجه، ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر و دمای حداقل و حداکثر سالیانه به ترتیب ۲۰/۵ و ۷/۶ درجه سلسیوس) به صورت آرایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. به منظور مقایسه عملکرد و بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های زودرس لوبیای چیتی در رژیم آبیاری مختلف، ژنوتیپ‌های KS-21331، KS-21359، KS-21336، KS-21293، KS-21284، KS-920054، KS-21374، KS-21195، KS-21318، KS-21168، KS-21373، KS-21158، KS-21486، KS-21488، KS-21573، غفار و صدی از کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی خمین تهیه شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه، دیسک بهاره و تسطیح بودند. عملیات کاشت با دست در اواسط تیرماه انجام شد. معیار دور آبیاری برای تیمار شاهد ۵۰ میلی‌متر، تنش ملایم ۷۰ میلی‌متر و تنش شدید ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A بود که بر اساس آمار روزانه تبخیر از مرکز هواشناسی شهرستان خمین دریافت می‌شد. به صورت تقریبی برای آبیاری معمول، تنش ملایم و تنش شدید فاصله آبیاری‌ها به ترتیب (۴ تا ۴/۵)، (۷ تا ۷/۵)، (۱۰ تا ۱۰/۵ روز) از زمان کشت تا برداشت متغیر بود. سیستم آبیاری به صورت نواری قطره‌ای با قطر ۱۶ میلی‌متر، فاصله قطره چکان‌ها ۱۰ سانتی متر و دبی آب آبیاری ۲/۶ لیتر بر ساعت بود.

بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها روی شش خط به طول سه متر کشت شدند. آبیاری تا استقرار کامل گیاهچه (مرحله سه برگچه اول) به صورت معمول برای تمام تیمارها به صورت

تراکم سلولی می‌شود. بنابراین، طولی‌شدن سلول در گیاهان دارای کمبود آب با کاهش فشار تورژسانس همراه می‌شود. به این ترتیب، تنش خشکی باعث کاهش جذب فتوشیمیایی و عدم دسترسی متابولیت‌های مورد نیاز برای تقسیم سلولی و در نتیجه، اختلال در میتوز، طولی‌شدن سلول، سطح برگ، ارتفاع بوته و توقف رشد گیاه می‌شود (Ahmed & Suliman, 2010). در واقع، پاسخ اولیه گیاه به کمبود آب محدودیت در رشد است (Zobayed et al., 2007). در اثر تنش خشکی الگوی تخصیص مواد فتوسنتزی نیز تغییر می‌یابد، به طوری که رشد بخش‌های هوایی و به ویژه برگ‌ها در مقایسه با رشد ریشه از کاهش بیشتری برخوردار است. کاهش رشد برگ‌ها در شرایط تنش به نفع گیاه است، چراکه با کاهش سطح برگ تعرق گیاه نیز کاهش می‌یابد (Nilsen & Orcutt, 1996). از طرف دیگر، کاهش طولی‌شدن برگ‌ها و تعداد برگچه در شرایط تنش خشکی بر فرایندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، انتقال، جذب و تنفس اثر دارد و منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Nilsen & Orcutt, 1996; Jaleel et al., 2009). به طور کلی، تنش خشکی تغییرات زیادی را در ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه القا می‌کند (Zobayed et al., 2007). واکنش گیاهان از این نظر متفاوت و حتی رقم‌های مختلف یک گیاه نیز ممکن است واکنش مشابهی نسبت به تنش خشکی نداشته باشند (Acosta-Gallegos & Adams, 1991).

لوبیا مهم‌ترین لگوم خوراکی به خصوص در کشورهای در حال توسعه است و در عین حال به تنش خشکی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه مدت تنش صدمه می‌بیند (Morosan et al., 2017). حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه، تحت شرایط تنش خشکی صورت می‌گیرد (Borujerdnia et al., 2016). تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب، تضعیف پتانسیل آب برگ و نزول فشار آماس، انسداد روزه و کاهش بزرگ شدن سلول و رشد لوبیا می‌شود (Morosan et al., 2017). Faramarzi et al., (2008) با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیای چیتی نشان دادند که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پرشدن دانه بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان دادند و تنش در مرحله غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل شد. در مطالعه Bayat et al. (2003) نیز تنش خشکی در لوبیای چیتی منجر به کاهش زیست توده، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت شد. Koochi-Dehkordi & Khoddambashi (2008) نیز نشان دادند که تنش در مرحله زایشی سبب کاهش عملکرد دانه لوبیا شد.

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته در موقع رسیدگی و برداشت پنج بوته به صورت تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و سپس میانگین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته محاسبه شد.

وزن ۱۰۰ دانه

با استفاده از سینی بذر شمار و یا به صورت دستی ۱۰۰ دانه هر کرت شمارش، توزین و بر حسب گرم محاسبه شد.

عملکرد دانه

در زمان رسیدگی کامل، بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی برداشت شدند و پس از خشک شدن، بوجاری انجام شد و در نهایت عملکرد دانه بر اساس گرم در متر مربع بر اساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد.

عملکرد بیولوژیک

در زمان رسیدگی زراعی، در هر واحد آزمایشی بوته‌های لوبیاچیتی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شدند. سپس نمونه‌های برداشت شده در داخل خشک کن در دمای ۶۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفته و در نهایت توزین شدند.

شاخص برداشت

شاخص برداشت بر اساس نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد:
 $100 \times (\text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد دانه}) = \text{شاخص برداشت}$

شاخص تحمل به تنش خشکی (STI)

$$STI = (Y_s \times Y_p) / (\bar{Y}_p)^2$$

$\bar{Y}_p$ و $\bar{Y}_s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و Y_s و Y_p به ترتیب عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب می‌باشند که بر اساس شاخص فیشر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس نتایج این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با به کارگیری نرم‌افزار MSTATC صورت پذیرفت.

یکسان انجام گرفت و پس از استقرار کامل گیاهچه (حدوداً ۳۰ روز پس از کاشت) اعمال تنش خشکی آغاز و تا پایان مرحله رسیدگی سطوح آبیاری اعمال شد. در طول دوران رشد و نمو در صورت نیاز سایر مراقبت‌های زراعی شامل مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کنترل علف‌های هرز با استفاده از سموم شیمیایی انجام شد. در انتهای فصل رشد و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، پس از حذف حاشیه از طرفین هر کرت، محصول دانه برداشت شد.

اندازه‌گیری صفات

شاخص سطح برگ

برای این منظور در مرحله ۵۰ درصد گلدهی برگ‌های ۵ بوته به طور تصادفی در هر تیمار جدا و سطح برگ آنها با دستگاه سطح برگ سنج الکترونیکی (Model Winarea-UT-11, Iran) بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. در ادامه بر اساس تعداد بوته در واحد سطح، شاخص سطح برگ گیاه محاسبه شد.

محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، در مرحله ۵۰ درصد گلدهی از برگ‌های جوان به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام شد. در ابتدا وزن تازه (FW) نمونه برگ‌ها تعیین، سپس در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه و تاریکی قرار داده شدند. سپس وزن در حالت آماس (TW) تعیین شد. در مرحله بعد جهت خشک کردن، نمونه برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در داخل خشک کن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس وزن خشک (DW) اندازه‌گیری شد. سپس محتوای نسبی آب برگ (RWC) از طریق معادله زیر محاسبه شد (Sadeghipour & Aghaei, 2012):

$$\%RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

ارتفاع بوته

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در هر واحد آزمایشی، پنج بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی به صورت تصادفی انتخاب شدند و سپس میانگین ارتفاع بوته محاسبه شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی
Table 1. Analysis of variance for the effects of experimental factors on yield and yield components of pinto bean genotypes.

Sources of variation	منابع تغییرات	Degrees of freedom	درجه آزادی										میانگین مربعات Mean Square						شاخص برداشت Harvest index	
			شاخص سطح برگ Leaf area index	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	ارتفاع Plant height	پوته Pods number per plant	تعداد غلاف در بوته Grains number per pod	تعداد دانه در غلاف Grains per plant	تعداد دانه در بوته 100 grains weight	وزن ۱۰۰ دانه 100 grains weight	دانه Grain yield	عملکرد عملکرد بیولوژیک Biological yield								
Repetition	تکرار	2	0.320	55.2	6.33	39.7	0.361	223	33.1	304	2331	3.59								
Irrigation regime Ea	رژیم آبیاری خطای a	2	28.6**	1264**	173.7 ^{ns}	378**	14.5**	6642**	518**	269246**	436700**	4636**								
		4	0.11	104	38.2	7.14	0.351	119	30.2	4566	1822	194								
Genotype	ژنوتیپ	17	1.09**	21.7*	3933**	23.9**	1.00**	175**	211**	3847**	21886**	103**								
		34	1.09**	16.2 ^{ns}	373**	9.29**	0.255**	76.6 ^{ns}	21.0 ^{ns}	3338**	3465 ^{ns}	159**								
Irrigation regime * genotype	رژیم آبیاری * ژنوتیپ	102	0.218	10.9	22.3	4.88	0.114	52.6	42.0	1434	3829	43.5								
Coefficient of Variation (%)	ضریب تغییرات (%)		7.51	3.77	9.45	24.1	33.3	29.5	16.3	24.2	15.0	17.2								
	تغییرات (%)																			

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح احتمال ۵٪، **=معنی دار در سطح احتمال ۱٪ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ

Table 2. Comparison of means for leaf relative water content, grain per plant, 100 grains weight and biological yield affected by irrigation regimes and genotypes

عوامل Factors	محتوای نسبی آب برگ (%) Leaf relative water content (%)	تعداد دانه در بوته Grains per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Grains weight	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (gm ⁻²)
رژیم آبیاری Irrigation regimes				
I ₁	93.0 ^a	36.4 ^a	42.2 ^a	517 ^a
I ₂	86.7 ^b	23.0 ^b	36.3 ^b	361 ^b
I ₃	83.5 ^c	14.4 ^c	40.6 ^a	361 ^b
ژنوتیپ Genotype				
KS-21359	87.1 ^{b-e}	25.2 ^{b-e}	42.1 ^{bc}	410 ^{b-f}
KS-21336	88.9 ^{abc}	25.1 ^{b-e}	36.7 ^{cd}	467 ^b
KS-21331	89.6 ^{abc}	24.7 ^{b-f}	36.6 ^{cd}	458 ^{bcd}
KS-21293	88.5 ^{a-d}	22.3 ^{c-g}	35.4 ^d	403 ^{def}
KS-920054	85.6 ^{de}	17.5 ^g	40.7 ^{bcd}	393 ^{ef}
KS-21284	85.6 ^{de}	18.7 ^{efg}	45.1 ^{ab}	419 ^{b-f}
KS-21374	86.6 ^{cde}	27.3 ^{abc}	38.4 ^{cd}	413 ^{b-f}
KS-21195	87.6 ^{a-e}	25.3 ^{b-e}	40.0 ^{bcd}	402 ^{def}
KS-21318	84.9 ^e	25.3 ^{b-e}	37.9 ^{cd}	461 ^{bc}
KS-21168	87.2 ^{b-e}	32.8 ^a	39.8 ^{bcd}	388 ^{ef}
KS-21373	90.5 ^a	23.1 ^{b-g}	37.2 ^{cd}	409 ^{c-f}
KS-21158	87.5 ^{a-e}	29.1 ^{ab}	42.1 ^{bc}	414 ^{b-f}
KS-21359	87.2 ^{b-e}	25.7 ^{bcd}	48.5 ^a	379 ^f
KS-21486	89.6 ^{abc}	24.5 ^{b-f}	25.9 ^e	300 ^g
KS-21488	90.0 ^{ab}	24.7 ^{b-f}	41.4 ^{bcd}	369 ^f
Ghafar	87.7 ^{a-e}	19.3 ^{e-g}	45.6 ^{ab}	531 ^a
Sadri	88.1 ^{a-d}	18.3 ^{fg}	40.2 ^{bcd}	445 ^{d-e}
KS-21573	87.4 ^{b-e}	33.1 ^a	41.0 ^{bcd}	370 ^f
LSD _{5%}	3.09	6.78	6.06	57.8

I₁: آبیاری معمول، I₂: تنش ملایم و I₃: تنش شدید، به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A.

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

I₁: normal irrigation, I₂: mild stress and I₃: severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively.

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

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در رژیم آبیاری I₁ یا شاهد، ژنوتیپ‌های غفار، KS-21488، KS-21359 باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند و دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند (جدول ۳). در رژیم آبیاری I₂ یا تنش ملایم بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21486 تعلق داشت (جدول ۳). در رژیم آبیاری I₃ یا تنش شدید نیز ژنوتیپ‌های غفار، KS-21488 باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند و بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند.

همچنین کمترین شاخص سطح برگ به ژنوتیپ KS-21486 تعلق داشت که این نتایج بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در سطوح مختلف آب آبیاری است (جدول ۳).

شاخص سطح برگ یکی از مولفه‌های تعیین کننده رشد می-باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده افشانی با عملکرد بیولوژیک و دانه در مطالعات دیگر گزارش شده است (Saxena *et al.*, 1995; Tesfaye *et al.*, 2006). کاهش تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان اسید آبسسیک، تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده‌اند (Tefaye *et al.*, 2006). همچنین پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری و زودرسی برگ‌ها باعث کاهش سطح برگ گیاه می‌شود (Earl & Davis, 2003). Amiri Deh (2010) Ahmad *et al.* اظهار داشتند که تنش خشکی شاخص سطح برگ گیاه نخود را کاهش داده است. سطح برگ تعیین کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و بنابراین تعلق و تولید ماده خشک می‌باشد.

جدول ۳- برهمکنش رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر برخی از صفات اندازه گیری شده.

ژنوتیپ Genotype	شاخص سطح برگ Leaf area index		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		تعداد غلاف در بوته Pods number per plant		تعداد دانه در غلاف Grains number per pod		عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grain yield (gm ⁻²)		شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	
	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂
	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂
KS-21359	3.5 ^{ab}	2.8 ^{ab}	37.3 ^{ab}	33.7 ^{ab}	10.6 ^{ab}	11.3 ^{ab}	8.30 ^{ab}	2.9 ^{ab}	275 ^{cd}	156 ^{cd}	49.4 ^{cd}	45.0 ^{cd}
KS-21336	3.6 ^{cd}	2.4 ^{ab}	37.0 ^{ab}	41.0 ^{ab}	13.6 ^{cd}	10.7 ^{cd}	5.9 ^{ab}	2.6 ^{cd}	235 ^{de}	148 ^{de}	40.8 ^{cd}	36.7 ^{de}
KS-21331	3.1 ^{cd}	2.8 ^{ab}	37.7 ^{ab}	33.0 ^{ab}	14.1 ^{ab}	9.30 ^{ab}	5.8 ^{ab}	2.8 ^{ab}	236 ^{de}	183 ^{de}	44.7 ^{ab}	43.5 ^{cd}
KS-21293	2.6 ^{ab}	2.1 ^{ab}	37.3 ^{ab}	27.3 ^b	11.4 ^{ab}	9.30 ^{ab}	7.1 ^{ab}	2.6 ^{cd}	247 ^{ef}	170 ^{de}	47.8 ^{ab}	46.8 ^{bf}
KS-920054	3.5 ^{ab}	2.3 ^{ab}	82.0 ^{cd}	92.7 ^a	8.9 ^{cd}	6.70 ^{ab}	2.40 ^a	3.3 ^{cd}	222 ^{de}	139 ^{de}	54.3 ^{ab}	44.2 ^{de}
KS-21284	4.0 ^{ab}	2.4 ^{ab}	89.0 ^{abc}	80.3 ^d	12.4 ^{ab}	6.70 ^{ab}	4.70 ^{ab}	2.4 ^{ab}	214 ^{de}	149 ^{de}	40.6 ^{cd}	42.5 ^{cd}
KS-21374	3.3 ^{ab}	2.4 ^{ab}	48.0 ^{ab}	38.7 ^{ab}	14.3 ^{ab}	8.20 ^{ab}	6.10 ^{ab}	3.2 ^{cd}	182 ^{de}	151 ^{de}	38.5 ^{cd}	40.1 ^{cd}
KS-21195	3.5 ^{ab}	2.5 ^{ab}	47.7 ^{ab}	50.7 ^f	11.8 ^{ab}	10.2 ^{ab}	7.90 ^{ab}	3.1 ^{cd}	215 ^{de}	137 ^{de}	40.7 ^{ab}	38.2 ^{cd}
KS-21318	3.7 ^{ab}	2.5 ^{ab}	50.0 ^f	41.0 ^{ab}	7.9 ^{cd}	7.70 ^{cd}	3.30 ^{ab}	3.8 ^a	283 ^b	188 ^{de}	50.2 ^{ab}	44.7 ^{ab}
KS-21168	3.8 ^{cd}	2.7 ^{ab}	39.0 ^{ab}	35.0 ^{ab}	14.8 ^a	13.9 ^{ab}	9.50 ^{ab}	2.6 ^{cd}	221 ^{de}	145 ^{de}	43.8 ^{cd}	46.5 ^{bf}
KS-21373	3.2 ^{cd}	2.2 ^{ab}	32.7 ^{ab}	30.0 ^{ab}	12.7 ^{cd}	10.6 ^{cd}	6.90 ^{ab}	2.6 ^{cd}	218 ^{de}	157 ^{de}	43.9 ^{cd}	38.2 ^{cd}
KS-21158	3.8 ^{cd}	2.7 ^{ab}	46.0 ^{ab}	40.7 ^{ab}	11.1 ^{ab}	7.5 ^{cd}	7.20 ^{ab}	3.8 ^a	258 ^{de}	154 ^{de}	48.0 ^{bc}	42.2 ^{cd}
KS-21359	4.2 ^a	3.1 ^{ab}	42.0 ^{ab}	37.7 ^{ab}	11.3 ^{ab}	10.9 ^{ab}	9.30 ^{ab}	2.8 ^{ab}	207 ^{de}	153 ^{de}	44.2 ^{ab}	44.9 ^{ab}
KS-21486	2.6 ^{ab}	2.0 ^{ab}	36.3 ^{ab}	33.0 ^{ab}	11.7 ^{ab}	11.0 ^{ab}	5.70 ^{ab}	3.0 ^{cd}	217 ^{de}	88 ^{de}	49.5 ^{cd}	39.9 ^{cd}
KS-21488	4.2 ^a	2.4 ^{ab}	38.7 ^{ab}	42.3 ^{ab}	13.3 ^{ab}	5.9 ^{ab}	5.40 ^{ab}	3.2 ^{cd}	179 ^{de}	128 ^{de}	39.6 ^{cd}	37.6 ^{cd}
Ghafar	4.2 ^a	3.5 ^{ab}	84.7 ^{ab}	85.7 ^{ab}	9.2 ^{cd}	5.8 ^{ab}	4.70 ^{ab}	3.7 ^{ab}	364 ^a	171 ^{de}	58.5 ^a	34.3 ^{de}
Sadri	3.0 ^{cd}	3.1 ^{ab}	90.3 ^{ab}	84.0 ^{ab}	13.4 ^{ab}	3.9 ^{ab}	4.30 ^{ab}	3.1 ^{cd}	280 ^{de}	134 ^{de}	51.7 ^{ab}	34.0 ^{de}
KS-21573	3.9 ^{ab}	2.9 ^{cd}	48.3 ^{ab}	49.0 ^{de}	11.3 ^{ab}	11.3 ^{ab}	9.20 ^{ab}	3.5 ^{abc}	246 ^{de}	106 ^{de}	45.4 ^{cd}	37.0 ^{de}
LSD _{5%}	0.756	0.756	7.65	7.65	3.58	3.58	0.547	0.547	61.3	61.3	10.7	10.7

I₁ یا آبیاری معمول، I₂ یا تنش ملایم و I₃ یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تنش تبخیر کلاس A می‌باشد. در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. I₁ or normal irrigation, I₂ or mild stress and I₃ or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively. Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD's test.

محتوای نسبی آب برگ

تأثیر رژیم آبیاری بر محتوای نسبی برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رطوبت محتوای نسبی آب برگ در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح I_1 (۹۳ درصد) به ترتیب ۷ و ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). (Sadehipour & Aghaei (2012). داشتند محتوای نسبی آب برگ منعکس کننده فعالیت متابولیک در بافت‌های گیاه بوده و به عنوان شاخصی مناسب به منظور شناسایی لگوم‌های متحمل به تنش خشکی استفاده می‌شود. بنابراین، گیاهان متحمل به خشکی با جذب آب از پروتوپلاست، آب بیشتری را در خود نگهداری می‌کنند (Silva *et al.*, 2007). Silva *et al.* (2005) نیز بیان کردند که کمبود آب به طور آشکاری محتوای نسبی آب را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد.

ژنوتیپ‌های لوبیاجیتی از لحاظ محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۱). در بین ژنوتیپ‌های لوبیاجیتی، ژنوتیپ KS-21373 با میانگین ۹۰/۵ و ژنوتیپ KS-21318 با میانگین ۸۴/۹ به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). (Jing & Huang (2001) اظهار داشتند که محتوای نسبی آب برگ با تداوم خشکی کاهش می‌یابد، ولی مقدار کاهش بسته به نوع گونه و مدت زمان تنش متفاوت است.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم آبیاری $\times$ ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های صدری و KS-21373، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-920054 و KS-21293 و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های صدری و KS-21293 تعلق داشت که تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در پاسخ به سطوح مختلف آب آبیاری را نشان می‌دهد (جدول ۳). رشد سلول یکی از حساس‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی به تنش کم‌آبی است که دلیل آن کاهش فشار آماس سلولی است. بنابراین تحت تنش شدید آبی، طویل شدن سلول‌های گیاهان می‌تواند در اثر اختلال در جریان آب از آوندهای چوبی به سلول‌های در حال طویل شدن متوقف گردد. بر این اساس، تنش کم‌آبی موجب مختل شدن میتوز، طویل و حجیم شدن سلول و در نتیجه کاهش رشد از جمله ارتفاع ساقه می‌شود (Emadi *et al.*, 2013). در آزمایش Bayat *et al.* (2010) نیز ارتفاع بوته

لوبیاجیتی در اثر تنش کم‌آبی کاهش یافت که مطابق با نتیجه‌ی این تحقیق است.

تعداد غلاف در بوته

برهمکنش رژیم آبیاری $\times$ ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های KS-21168 و KS-21318، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21168 و KS-920054 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21168 و KS-920054 تعلق داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته مهم‌ترین ویژگی در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (Morosan *et al.*, 2017; Szilagyi, 2003). یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته در چنین شرایطی، می‌تواند کاهش طول دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد. این موضوع توسط Wakrim *et al.* (2005) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. از طرف دیگر کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه بود که در سویا و لوبیا گزارش شده. ریزش غلاف‌ها می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع در اندام‌های زایشی نسبت داده شود (Brevedan & Egli, 2003; Rosales-Serna *et al.*, 2002).

تعداد دانه در غلاف

برهمکنش رژیم آبیاری $\times$ ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های KS-21318، KS-21158 و KS-21284 و در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21158 و صدری، KS-21373 و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21573 و غفار تعلق داشت (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد. (Szilagyi (2003) بیان کرد که تعداد غلاف در بوته تا ۶۰ درصد، تعداد دانه در غلاف تا ۲۰ درصد و وزن ۱۰۰ دانه تا ۱۳ درصد در اثر تنش خشکی در لوبیا کاهش یافتند. در بررسی Emadi *et al.* (2013) نیز بیشترین تعداد

دانه در غلاف لوبیا از تیمار آبیاری معمول و کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار تنش خشکی شدید به دست آمد.

تعداد دانه در بوته

تأثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد دانه در بوته با کاهش میزان آب آبیاری در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۳۶/۴ دانه در بوته) به ترتیب ۳۷ و ۶۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی، ژنوتیپ KS-21573 با میانگین ۳۳/۱ دانه در بوته و ژنوتیپ KS-920054 با میانگین ۱۷/۵ دانه در بوته به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مطابق با این نتایج Davoodi et al. (2017) گزارش کردند که ارقام لوبیا از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی‌دار داشتند. در آزمایش Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) نیز ارقام مختلف لوبیا چشم بلبلی از نظر تعداد دانه در بوته باهم متفاوت بودند.

وزن ۱۰۰ دانه

تأثیر رژیم آبیاری بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن ۱۰۰ دانه با کاهش میزان آب آبیاری در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۴۲/۲ گرم) به ترتیب ۴ و ۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). وزن ۱۰۰ دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیا است که تحت تأثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد. تنش خشکی باعث کاهش تولید و انتقال آسیمیلات‌ها به دانه شده و از طرف دیگر، کاهش طول دوره رشد سبب پر نشدن کامل دانه‌ها و تولید دانه‌های کوچکتر در شرایط تنش خشکی می‌شود (Rosales-Serna et al. 2002). گزارش شده است که کاهش وزن دانه در شرایط تنش خشکی به دلیل کوتاهی دوره مؤثر پر شدن دانه و اختلال در ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها اتفاق می‌افتد (Padilla-Ramírez et al. 2005). به طور کلی می‌توان بیان کرد که افزایش تنش موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن تسریع پیری و کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد.

تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی از لحاظ وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی، ژنوتیپ KS-21359 با میانگین ۴۸/۵ و ژنوتیپ KS-21486 با میانگین ۲۵/۹ به ترتیب بیشترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در آزمایش Davoodi et al. (2017) نیز ارقام لوبیا از نظر وزن ۱۰۰ دانه تفاوت معنی‌داری داشتند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم آبیاری $\times$ ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین کمترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21488، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21318 و KS-21486 و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21318 و غفار تعلق داشت (جدول ۳). میزان تغییرات صفات ناشی از تنش خشکی نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه بود که متأثر از اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صدانه) می‌باشد. غالباً کاهش عملکرد در لوبیا به اجزای عملکرد نسبت داده می‌شود (Acosta-Gallegos & Adams, 1991). در مطالعه Bayat et al. (2010) کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب به علت کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه لوبیا بود. با توجه به اینکه عملکرد دانه بخشی از مجموع ماده خشک تولیدی گیاه است، کاهش ماده خشک گیاهی در شرایط تنش می‌تواند توجیه‌کننده بخشی از کاهش عملکرد دانه باشد. سایر محققان نیز تأثیر کمبود آب در طول دوره رشد گیاه به ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه را بر عملکرد در سویا و جو مورد تأیید قرار داده‌اند (Galeshi & Shenkut & Bayat Tork, 2005; Samarah, 2005). Brick (2003) و Frahm et al. (2004) نیز گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد استفاده متفاوت است.

عملکرد بیولوژیک

تأثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۵۱۷ گرم در متر مربع) به ترتیب ۳۰ و ۳۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی، ژنوتیپ غفار با میانگین ۵۳۱ گرم در متر مربع و ژنوتیپ KS-21486 با میانگین ۳۰۰ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). Zabet et al. (2003) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی و به دنبال آن کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه شده و رشد رویشی و در نهایت عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش می‌یابد. Moradi et

al. (2008) علت کاهش ماده خشک کل را همبستگی مثبت و بالای بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در مرحله رویشی دانستند و ایشان هم‌چنین اظهار داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی، بر عملکرد دانه بیش‌تر از ماده خشک کل تأثیر می‌گذارد.

شاخص برداشت

برهمکنش رژیم آبیاری $\times$ ژنوتیپ بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین کمترین شاخص برداشت در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21374، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21293 و KS-21168 در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21318 و غفار تعلق داشت که بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در سطوح مختلف آب آبیاری است (جدول ۳).

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص تحمل به خشکی برای هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی

Table 4. Analysis of variance of drought tolerance index for eighteen pinto bean genotypes

منابع تغییر	درجه آزادی	Mean Square میانگین مربعات	
		(تنش I_1 (شاهد) با سطح آبیاری I_2 مقایسه سطح آبیاری I_1)	(تنش I_3 (شاهد) با سطح آبیاری I_2 مقایسه سطح آبیاری I_1)
		(ملایم)	(شدید)
		Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_2 (mild stress)	Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_3 (severe stress)
Sources of variation	Degrees of freedom	STI	STI
ژنوتیپ	17	0.089**	0.086*
Genotype			
خطا	46	0.016	0.040

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** = معنی دار در سطح ۰/۰۱ یا آبیاری معمول، I_1 یا تنش ملایم و I_2 یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۷۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می باشد.

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, ** = significant at 0.01 level. I_1 or normal irrigation, I_2 or mild stress and I_3 or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص تحمل به خشکی برای هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی

Table 5. Comparison of means of drought tolerance index for eighteen pinto bean genotypes

ژنوتیپ	(تنش ملایم) I_1 (شاهد) با سطح آبیاری I_2 مقایسه سطح آبیاری I_1		(تنش شدید) I_3 (شاهد) با سطح آبیاری I_2 مقایسه سطح آبیاری I_1
	Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_2 (mild stress)		Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_3 (severe stress)
	STI		STI
KS-21359	0.727 ^{b-e}		0.680 ^{bcd}
KS-21336	0.900 ^b		0.897 ^{ab}
KsS-21331	0.810 ^{bcd}		0.907 ^{ab}
KS-21293	0.707 ^{b-f}		0.617 ^{bcd}
KS-920054	0.577 ^{efg}		0.697 ^{bcd}
KS-21284	0.690 ^{b-f}		0.747 ^{bc}
KS-21374	0.673 ^{def}		0.690 ^{bcd}
KS-21195	0.687 ^{c-f}		0.643 ^{bcd}
KS-21318	0.887 ^{bc}		0.850 ^{abc}
KS-21168	0.613 ^{def}		0.630 ^{bcd}
KS-21373	0.727 ^{b-e}		0.617 ^{bcd}
KS-21158	0.667 ^{def}		0.727 ^{bc}
KS-21359	0.587 ^{efg}		0.583 ^{bcd}
KS-21486	0.387 ^g		0.373 ^d
KS-21488	0.570 ^{efg}		0.537 ^{cd}
Ghfar	1.17 ^a		1.12 ^a
Sadri	0.777 ^{b-e}		0.837 ^{abc}
KS-21573	0.507 ^{fg}		0.650 ^{bcd}
LSD _{5%}	0.211		0.330

I_1 یا نرمال، I_2 یا تنش ملایم و I_3 یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۷۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می باشد. در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

I₁ or normal irrigation, I₂ or mild stress and I₃ or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively. Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD's test.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیا چیتی در شرایط آبیاری نرمال (I₁)

Table 6. Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under normal irrigation conditions (I₁).

Trait	شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	1	1			
Grains number per pod	2	-0.52**	1		
Grains per plant	3	0.75**	0.15 ^{ns}	1	
Grain yield	4	-0.32 ^{ns}	0.49**	-0.04 ^{ns}	1

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیا چیتی در شرایط تنش ملایم (I₂).
Table 7 - Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under mild stress conditions (I₂).

Trait	شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	1	1			
Grains number per pod	2	0.05 ^{ns}	1		
Grains per plant	3	0.90**	0.45*	1	
Grain yield	4	-0.16 ^{ns}	0.22 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	1

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیا چیتی در شرایط تنش شدید (I₃).
Table 8 - Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under severe stress conditions (I₃).

Trait	شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	1	1			
Grains number per pod	2	0.56**	1		
Grains per plant	3	0.94**	0.75**	1	
Grain yield	4	0.48**	0.59**	0.53**	1

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level
 ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

صفات وزن غلاف با دانه، تعداد دانه در غلاف، عرض غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۷). علاوه بر این، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در بوته مشاهده شد (جدول ۷). در آزمایش Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) نیز تعداد غلاف در بوته همبستگی قوی و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشت.

در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۸). همچنین، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). با توجه به این نتایج می‌توان گفت که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته تعیین‌کننده‌ی افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی می‌باشند. بنابراین از این صفات می‌توان به عنوان صفات مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی استفاده کرد. (Delfan et al. (2018) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته لوبیا همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن غلاف با دانه، تعداد دانه در غلاف، عرض غلاف و تعداد دانه در بوته در تنش خشکی داشت. همچنین، Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) گزارش کردند که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همبستگی قوی و معنی‌داری در شرایط تنش کم آبیاری داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با کاهش آب قابل دسترس میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در کلیه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی به طور معنی‌داری کاهش یافت. در واقع با اعمال تنش خشکی بر لوبیای چیتی، محتوای نسبی آب برگ، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کاهش یافتند که با افزایش شدت تنش این تأثیر بیشتر مشاهده شد. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد دانه در ارقام لوبیاچیتی، بهتر است گزینش براساس صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته انجام گیرد. به طور کلی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی در شرایط متفاوت رطوبتی متفاوت بود. با توجه به شاخص تحمل به تنش خشکی (از نظر

Ramirez Builes et al. (2011) با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا در سه رژیم رطوبتی اعلام کردند که تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. کاهش شاخص برداشت در شرایط کم آبی به دلیل این است که عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک به میزان بیشتری کاهش یافته است. (Galeshi & Bayat Tork, (2005 گزارش کردند که بین رژیم‌های مختلف آبیاری از نظر شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ایشان همچنین اظهار داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی بر عملکرد دانه در مقایسه با ماده خشک کل به نسبت بیشتری تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود.

شاخص تحمل به تنش خشکی (بر اساس عملکرد دانه)

تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد مطالعه از نظر شاخص تحمل به تنش خشکی در شرایط تنش ملایم (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش خشکی ملایم به ترتیب به ژنوتیپ غفار با مقدار ۱/۱۷ و ژنوتیپ KS-21486 با مقدار ۰/۳۸۷ تعلق داشت (جدول ۵). تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص تحمل به تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش خشکی شدید به ترتیب به ژنوتیپ غفار با مقدار ۱/۱۲ و ژنوتیپ KS-21486 با مقدار ۰/۳۷۳ تعلق داشت (جدول ۵).

ضرایب همبستگی ساده عملکرد و اجزای عملکرد دانه

با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط آبیاری نرمال، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری داشت ولی با تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). همچنین، همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در غلاف مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). بنابراین، در آبیاری نرمال افزایش تعداد غلاف در بوته موجب کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود. از طرف دیگر، با افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ی Delfan et al. (2018) نیز نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، عملکرد دانه‌ی لوبیا با

عملکرد دانه)، ژنوتیپ غفار جهت استفاده در برنامه‌های دو
رگ‌گیری و ایجاد نسل‌های متحمل به تنش خشکی پیشنهاد
می‌شود.

منابع

1. Acosta-Gallegos, J.A., and Adams, M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. The Journal of Agricultural Science 117(2): 213-219.
2. Ahmed, F.E., and Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 534-540.
3. Amini, S., Ghobadi, C., and Yamchi, A. 2015. Proline accumulation and osmotic stress: an and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. Research Journal of Environmental Sciences 3: 103-109.
4. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2010. The effect of drought stress at different growth stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 84-69. (In Persian).
5. Asadi, B., Dorri, H.R., and Ghadiri, A. 2011. Evaluation of cheetah bean genotypes to drought stress based on stress tolerance indices. Iranian Journal of Seed and Plant Production 4: 27(1): 615-630. (In Persian).
6. Bayat, A.A., Sephri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield component of cheetah bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12(1): 42-54. (In Persian).
7. Borujerdnia, M., Bihamta, M.R., Alami Saeed, Kh., and Abdusi, V. 2016. Effect of drought stress on proline content, soluble carbohydrates, electrolyte leakage and relative water content of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Physiology 29: 41-23. (In Persian).
8. Brevedan, R., and Egli, B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Sciences 43: 2083-2088.
9. Davoodi, S., Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghadam, A., and Gholamalipour Alamdari, E. 2017. Evaluation of response of yield, yield components and harvest index of bean (*Phaseolus vulgaris*) to terminal drought stress. Crop Science Research in Arid Regions 1(2): 155-165. (In Persian).
10. Delfan, S., Bihamta, M.R., Hosein zade, A., and Sabokdast, M. 2018. Genetic Diversity in Bean Genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under Drought Stress Conditions. Journal of Crop Breeding 10(26): 104-119. (In Persian).
11. Earl, H.J., and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal 95: 688-696.
12. Emadi, N., Jahanbin, Sh., and Baluchi, H.R. 2013. The effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of cheetah beans. Iranian Journal of Crop production and processing 3(8): 36-25. (In Persian).
13. Faramarzi, A., Jamshidi, S., and Salehi, M. 2008. Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three Chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, August 18-20. Karaj- Iran. p. 465. (In Persian).
14. Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A., and Kelly, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 136 (2): 223-232.
15. Galeshi, S., and Bayat Tork, Z. 2005. Investigation of the effect of dehydration stress after pollination on seed strength of two wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 12(6): 71-63. (In Persian).
16. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, J., Somasundaram, R., and Pannerseelvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11(1): 100-105.
17. Jing, Y., and Huang, B. 2001. Osmotic adjustment root growth associated wheat drought reconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Sciences 41(4): 1168-1173.
18. Hosseini, S., and Majnoon Hosseini, N. 2014. Analysis of correlation coefficients between grain yield and yield components in cowpea genotypes under normal and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 45: 575-583. (In Persian).

19. Koohi-Dehkordi, H., and Khoddambashi, M. 2008. Effect of different humidity conditions on traits related to seed yield on common bean genotypes. Abstracts of 10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, August 18-20. Karaj- Iran. p. 468. (In Persian).
20. Moradi, A., Ahmadi, A., and Hosseinzadeh, A.H. 2008. Agronomic-physiological response of mung bean (Parto cultivar) to severe and mild drought stress in vegetative and reproductive growth stages. Iranian Journal of Agricultural Science and Technology 45: 671-659. (In Persian).
21. Morosan, M., Al Hassan, M., Naranjo, M.A., López-Gresa, M.P., Boscaiu, M., and Vicente, O. 2017. Comparative analysis of drought responses in *Phaseolus vulgaris* (common bean) and *P. coccineus* (runner bean) cultivars. The EuroBiotech Journal 1(3): 247-252.
22. Nilsen, E.T., and Orcutt, D.M. 1996. The Physiology of Plants under Stress. John Wiley and Sons, New York.
23. Padilla-Ramírez, J.S., Acosta-Gallegos, J.A., Acosta-Díaz, E., Mayek-Pérez, N., and Kelly, J.D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non-stressed dry bean genotypes. In: Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, Vol, 48, Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University.
24. Ramirez Builes, V.H., Porch, T.G., and Harmsen, E.W. 2011. Genotypic differences in water use efficiency of common bean under drought stress. Agronomy Journal 103(4): 1206-1215.
25. Rezaei, A., and Kamgar Haghighi, A.A. 2009. The effect of moisture stress at different stages of growth on the yield of cowpea. Soil and Water Sciences 1: 124-117. (In Persian).
26. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-Lopez, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J.D. 2002. Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. Annual report of the Bean Improvement Cooperative 45: 198-199.
27. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions. Environmental Biology 6: 1160-1168.
28. Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development 25(1): 145-149.
29. Saxena, N., Sethi, S.C., Krishnamurthy, L., and Haware, M.P. 1995. Hysiological approaches to genetic enhancement of drought resistance in chickpea. In: International Congress on Integrated Studies on Drought Tolerance of Higher Plants, August 29-30. Montpellier, France.
30. Shenkut, A.A., and Brick, M.A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica 133 (3): 339-347.
31. Silva, M.D.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A., and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19(3): 193-201.
32. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean, Bulgarian Journal of Plant Physiology 11: 320-330.
33. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legume under water deficit conditions in semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25(1): 60-70.
34. Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sciences 168: 223-231.
35. Wakrim, R., Wahabi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture, Ecosystems and Environment Journals 106: 275-287.
36. Zabet, M., Hosein zade, A.H., Ahmadi, A., and Khialparast, F. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research 34: 889-898. (In Persian).
37. Zobayed, S.M.A., Afreen, F., and Kozai, T. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. Johns wort plants under a water stress condition. Environmental and Experimental Botany Journals 59: 109-116.



Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes

Rahimi ¹, Habibullah; Eshghizadeh^{2*}, Hamid Reza; Razmjoo³, Jamshid; Zahedi⁴, Morteza; Ghadiri⁵, Adel; and Asadi⁶, Marzieh

1. MSc. in Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; rahimy0163@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8526-5985
2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology;
hr.eshghizadeh@iut.ac.ir; ORCID: 0000-0002-0477-0315
3. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology;
krazmjoo@cc.iut.ac.ir; ORCID: 0000-0001-6060-2917
4. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology;
mzahedi@iut.ac.ir; ORCID: 0000-0002-0451-4792
5. Assitant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center;
A.Ghadiri@areeo.ac.ir; ORCID: 0000-0002-9046-6650
6. PhD. in Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; marziyeh.asadi@ag.iut.ac.ir
ORCID: 0000-0001-9514-5293

The Dates:

Received: 26 February 2022; Revised: 3 April 2022
Accepted: 27 April 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Rahimi, H., Eshghizadeh, H.R., Razmjoo, J., Zahedi, M., Ghadiri, A., and Asadi, M. 2023. Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 19-33. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2206-1026

Introduction

The pulses, including pinto bean have a great contribution to human nutrition by having a significant protein content. Moreover, drought is one of the most important environmental stresses that negatively affects plant growth and development stages and consequently grain yield. In general, the most important effects of drought stress are the disruption of the photosynthetic apparatus, the reduction of stomatal conductance, premature leaf senescence and ultimately, the reduction of yield and yield components. However, the response of different plant genotypes to drought stress is different. About 60 percent of bean production in developing countries is done under drought stress. Iran is a country with a warm and dry climate that more than 85 percent of it located in arid and semi-arid regions. Therefore, the cultivation of pinto beans in Iran is carried out under drought stress conditions and we need to find a way to increase yield under drought stress conditions. One of the strategies to against drought stress is the introduction of tolerant and compatible plants. Accordingly, it is important to evaluate and select drought tolerant genotypes based on the traits that directly affect crop yield potential. Therefore, this study was conducted to evaluate 18 pinto bean genotypes under different irrigation regims.

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2019 at Bean Research and Training Campus Farm, Khomein, using a 3-replicate split plot RCBD. The irrigation regimes as main plot consisted 50 (I₁), 70 (I₂) and 110 (I₃) of cumulative evaporation using a standard class "A" evaporation pan. 18 pinto bean genotypes (KS21336, KS-

* Corresponding Author: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

21359, KS-21331, KS21293, KS-920054, KS-21284, KS-21374, KS-21195, KS-21318, KS-21168, KS-21373, KS-21158, KS-21359, KS -21486, KS-21488, KS-21573, Ghaffar and Sadri) were considered as subplot. The grains of each genotype were planted in six rows with a length of three meters. Irrigation treatments were applied about 30 days after planting. Pest, disease and weed control were performed according to conventional methods during the growing period. Plants were harvested from each experimental unit at physiological maturity stage and leaf area index, leaf relative water content, plant height, grains per plant and in pod, pods number per plant, 100 grains weight, biological yield, grain yield and harvest index traits were recorded. In addition, the drought tolerance index was calculated to identify the tolerant genotypes of pinto beans. Analysis of variance (ANOVA) was performed using the GLM procedure in SAS (version 9.1; Cary, North Carolina, USA). The least significant difference test (LSD) was used to assess the significance of differences in treatment means at the 5 percent probability level.

Results and Discussion

Irrigation regimes caused a significant reduction in leaf area index, leaf relative water content, pods number per plant, grains number per pod, grains per plant, 100 grain weight, grain yield, biological yield and harvest index at I₂ (27, 7, 25, 17, 37, 4, 6, 30 and 11 percent, respectively) and at I₃ (41, 10, 45, 34, 60, 14, 23, 30 and 40 percent, respectively). In general, the rate of decreases was greater with increasing water stress intensity. Therefore, it can be concluded that drought stress negatively impacts plant growth and yield, with the severity of the stress playing a significant role. Drought stress can result in reduced photosynthesis, metabolic disturbances, and even plant mortality. Among the genotypes studied, KS-21318 exhibited the highest grain yield, followed by Ghaffar and KS-21158, respectively. Under normal irrigation conditions, grain yield demonstrated a positive and significant correlation with the number of grains per pod. In the I₃ irrigation regime, characterized by severe stress, grain yield showed positive and significant correlations with the number of pods per plant, number of grains per pod, and number of seeds per pod. The pinto bean genotypes examined exhibited notable variations in leaf area index, plant height, number of grains per pod, number of pods per plant, grain yield, harvest index (HI), and drought tolerance index under both mild and severe stress conditions. The highest and lowest harvest index in I₃ irrigation regime (severe stress) belonged to KS-21318 and Ghaffar genotypes. Among the studied genotypes, the highest and lowest mild drought tolerance index belonged to Ghaffar (1.17) and KS-21486 (0.387) genotype, respectively. As well as, the highest and lowest severe drought stress tolerances belonged to Ghaffar (1.12) and KS-21486 (0.373) genotype, respectively.

Conclusion

Correlation coefficients between traits showed that in order to breed pinto beans in terms of seed yield, the number of pods per plant, the number of seeds per pod and thenumber of seeds per plant should be considered. Among the studied genotypes, according to drought tolerance index in terms of grain yield, Ghaffar genotype was identified as drought tolerant genotype. In general, there was a significant variation among the studied genotypes in response to different levels of irrigation and this can be used to breed and select pinto bean for drought tolerance.

Keywords: Drought; Food security; Grain yield; Production stability; Tolerant genotype



اثر تاریخ کاشت بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه چهار اکوتیپ خلر

حسین صبوری فرد^۱ و حامد کشاورز^{۲*}

۱- عضو هیئت علمی گروه علوم کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران؛ hosseinsabourifard@gmail.com

شناسه ارکید: 0000-0002-6744-0452

۲- دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران؛ Hamed4720@yahoo.com

شناسه ارکید: 0000-0002-7607-1580

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

صبوری فرد، ح. و کشاورز، ح. ۱۴۰۲. اثر تاریخ کاشت بر کیفیت علوفه و عملکرد دانه چهار اکوتیپ خلر. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۳۴-۴۷.

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد علوفه و دانه چهار اکوتیپ داخلی و خارجی خلر، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه‌ای در منطقه شهریار تهران انجام شد. تیمارهای آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تاریخ کاشت (۲۷ اسفند، ۱۷ فروردین و ۹ اردیبهشت) و چهار اکوتیپ خلر (سوری، اتیوپی، اشنویه و مشهد) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر اکوتیپ، تاریخ کاشت و اثر متقابل آن‌ها برای اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. عملکرد علوفه خلر تحت تأثیر تاریخ کاشت معنی‌دار شد و بیشترین عملکرد علوفه در تاریخ کاشت ۲۷ اسفند ماه در اکوتیپ اتیوپی به دست آمد. بیشترین درصد ماده آلی، قندهای محلول و فیبر خام در تاریخ کشت اردیبهشت به دست آمد، اما درصد پروتئین و شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت فروردین بیشترین مقدار را داشتند. در بین ارقام نیز از نظر خصوصیات زراعی تفاوت آماری وجود داشت، به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در رقم مشهد حاصل شد. وجود اثر متقابل معنی‌دار در صفات فوق بیانگر این موضوع است که اکوتیپ‌های مختلف در تاریخ کاشت‌های متفاوت واکنش متفاوتی دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر در کاشت به علت تغییرات درجه حرارت سبب تسریع نمو ارقام، نقصان سطح فتوسنتزکننده، گلدهی زود هنگام و در نتیجه کاهش عملکرد دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: پروتئین؛ خلر؛ شاخص سطح برگ؛ فصل کشت؛ عملکرد و اجزای عملکرد

مقدمه

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و در نتیجه لزوم تامین پروتئین مورد نیاز کشور از طریق تولید مواد دامی و همچنین اهمیت حفظ ساختمان خاک با ایجاد تناوب زراعی صحیح در اراضی کشاورزی تحقیق بررسی بر روی گیاهان علوفه‌ای امری اجتناب ناپذیر است. در کشور ما مهمترین عامل تهیه پروتئین در رژیم غذایی انسان‌ها، منابع حیوانی می‌باشد. از این رو بایستی با انتخاب و کاشت گیاهان مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه باعث کاهش قیمت تمام شده این گیاه شد که بالطبع سبب افزایش گوشت و کاهش قیمت آن خواهد گردید. یکی از روش‌های افزایش باروری خاک و افزایش تولید

محصولات زراعی، در تناوب قرار دادن گیاهان خانواده بقولات در مزارع آبی و دیمزارها است (Silva et al., 2018). علاوه بر فائق آمدن بر مشکلات ذکر شده، فرسایش منابع خاکی و کمبود عملکرد ناشی از آن نیز برطرف می‌گردد. زراعت گیاهان علوفه‌ای از دیر باز مورد توجه کشاورزان بوده و عمدتاً مبتنی بر ارقام بومی و کم بازده بوده است. افزایش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی در چند دهه اخیر موجب شده است بقولات علوفه‌ای که با تثبیت بیولوژیک نیتروژن به حاصلخیزی خاک کمک می‌کردند، فراموش شوند (Lambein et al., 2019). لگوم‌هایی همچون انواع ماشک، خلر، عدس و نخود معمولاً به دلیل سازگاری بالا به آب و هوای خشک و نیمه خشک و محیط‌های نامطلوب و همچنین دارا بودن فصل رشد کوتاه، شرایط مناسبی برای تولید علوفه و مدیریت واحد زراعی ایجاد

* نویسنده مسئول: H.keshavarz@modares.ac.ir

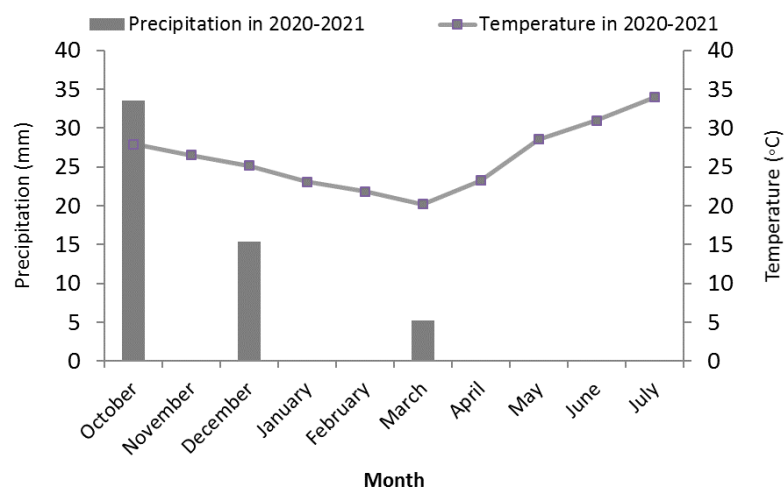
دوره تشکیل برگ کاهش پیدا کرده است (Faramarzi *et al.*, 2012). بنابراین با تغییر در تاریخ کاشت و انطباق مراحل رشد گیاه با شرایط محیطی، می‌توان باعث بهبود در میزان رشد رویشی و زایشی و نهایتاً عملکرد گیاه شد. در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام، دانه‌ها در دوره‌ای با طول روز کوتاه‌تر می‌رسند اما در تاریخ‌های کاشت زود، انرژی تابشی بیشتری برای انجام فرآیند فتوسنتز در دسترس خواهد بود. به علاوه بوته‌هایی که دیرتر کشت شده باشند در پایان دارای سطح برگ کم‌تری بوده و در نتیجه ماده خشک کمتری تولید می‌کنند. چنان که گزارش شده است که کاشت زود هنگام بهاره ذرت شیرین به دلیل اینکه تشکیل و پر شدن دانه در روزهای بلندتر سال اتفاق افتاده بود، از عملکرد بیشتری نسبت به تاریخ‌های کاشت دیر هنگام برخوردار بود (Khan *et al.*, 2018). در سایر گیاهان، تاریخ کاشت ممکن است اثرات مشابهی داشته باشد به عنوان مثال در آزمایشی به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد خلر (*Lathyrus sativus* L.) گزارش شده است که با تأخیر در کشت، عملکرد بیولوژیک، مقدار روغن و عملکرد کل روغن، شاخص برداشت، تعداد دانه در واحد سطح و تعداد غلاف، و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یافت (Rafaat, *et al.*, 2022). البته کاهش در همه اجزای عملکرد، ممکن است همیشه رخ ندهد و یا حداقل در همه گیاهان یکسان نباشد. با توجه به نیاز روز افزون کشور به تأمین غذا و تولید فراورده‌های دامی، باید مطالعات بیشتری بر روی گیاهان علوفه‌ای جدید با عملکرد و کیفیت مطلوب و نیاز آبی کم انجام شود. همچنین انتخاب رقم مناسب با اقلیم و شرایط زراعی هر منطقه برای موفقیت در تولید، حائز اهمیت می‌باشد. از این رو این تحقیق با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت و چهار اکوتیپ مختلف بر شاخص‌های کیفی علوفه و عملکرد دانه خلر به عنوان یک گیاه علوفه‌ای امیدبخش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه شخصی واقع در شهرستان شهریار از توابع استان تهران به انجام رسید. خاک محل آزمایش از نظر بافت جز اراضی سبک (Sand loam) با قابلیت نگهداری رطوبت اندک بود. پارامترهای هواشناسی از زمان کاشت تا برداشت شامل درجه حرارت، مقدار بارندگی (شکل ۱) از ایستگاه هواشناسی چیتگر وابسته به سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شد.

می‌نماید (Llorent-Martínez *et al.*, 2017). در این میان خلر به طور وسیعی در سرتاسر خاورمیانه و هند کشت می‌گردد (Marghali *et al.*, 2017) و می‌تواند با حداقل امکانات رشد کرده و نسبت به سایر بقولات در اقلیم‌های متنوعی رشد و نمو داشته باشد. این گیاه به دلیل داشتن رشد رویشی سریع، اندام‌های آبدار، نسبت C/N پائین، نیاز آبی کم، تحمل سرما و پرشاخ و برگ بودن به عنوان کود سبز نیز قابل استفاده است. گزارش شده است که زیر خاک کردن خلر به عنوان کود سبز به همراه افزودن 67 Kg ha^{-1} نیتروژن در خاک در فصل آیش باعث افزایش عملکرد و پروتئین در محصولات بعدی غیر لگوم می‌شود (Hojjat, 2020). خلر به عنوان یک منبع پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان و طیور نیز استفاده می‌شود و می‌تواند علوفه خشک، علوفه سبز و کاه آن را به مصرف خوراک گاو و گوسفند رساند. از آنجا که مواد آلی موجود در علوفه خلر (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها) قادرند در بدن دام‌ها کاتابولیسم شوند و به عنوان منبع انرژی‌زا مورد استفاده قرار گیرند، علوفه خلر از نظر تأمین عناصر معدنی مورد نیاز دام از اهمیت به سزایی برخوردار است. ارزش غذایی آن $0/75$ یونجه می‌باشد و بره‌های تغذیه شده با خلر افزایش وزنی تا حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ گرم در روز داشته‌اند (Zhou *et al.*, 2016). همچنین گزارش شده که با جایگزینی دانه خلر به جای سویا در جیره بره‌ها مصرف غذا و ضرایب هضم مواد مغذی افزایش یافته است (Vaz Patto & Rubiales, 2014).

تاریخ کاشت بهینه به دوره‌ای اشاره دارد که گیاه بالاترین احتمال رشد در شرایط مطلوب خاک و آب و هوایی را داشته باشد. تاریخ کاشت با تأثیر بر درجه حرارت تجمعی گیاه، دوره‌های نوری و بارندگی مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییر در عملکرد و کیفیت محصول تولیدی می‌شود (Bhandari *et al.*, 2018). تاریخ کاشت به دو صورت باعث تغییر در عملکرد می‌شود. نخست، تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد نهایی است که با تعیین مقدار عملکرد کمی (علوفه و دانه) یا کیفی (مقدار پروتئین، روغن و غیره) محاسبه می‌شود و دوم تأثیر تاریخ کاشت بر اجزا عملکرد می‌باشد. به دلیل آنکه تاریخ کاشت اثر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد دانه دارد برای کسب حداکثر محصول دانه از لحاظ کمی و کیفی در یک منطقه خاص لازم است تا نسبت به شناخت تاریخ کاشت مناسب اقدام کنیم. بطور کلی، گیاهانی که کشت آن‌ها به تأخیر می‌افتد هر یک از مراحل نمو را با سرعت بیش‌تری سپری می‌کنند. به عبارتی، طول دوره هر مرحله نمو با افزایش تأخیر در تاریخ کاشت، بطور تصاعدی کاهش می‌یابد چون طول



شکل ۱- مجموع بارندگی و متوسط دمای ماهانه در طی دوره رشد
Fig. 1. The average monthly rainfall and temperature during the growth period

پشته‌ها و روی پشته‌ها (روش جوی و پشته‌ای) کشت شدند، به نحویکه در داخل هر کپه چهار عدد بذر قرار داده شد و تراکم بوته برای تمامی ارقام یکسان و معادل ۲۲۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. از آن جا که بوته‌ها به مراقبت بیشتر نیاز داشتند و به علت فقدان پوشش گیاهی خاک و شنی بودن که موجب خشک شدن سریع خاک می‌شد، عملیات آبیاری در طول مراحل اولیه و گیاهچه‌ای هر سه روز یک بار انجام شد و به سمت انتهای دوره‌ی رشد این فاصله زمانی کم‌کم افزایش یافت و دوره آبیاری به پنج روز رسید. در طول دوره رشد مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و در چندین نوبت انجام پذیرفت. جهت نمونه‌برداری از مزرعه و تجزیه کمی و کیفی نمونه‌ها، محصول علوفه خلر در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و غلاف‌دهی برداشت شد. پس از تعیین عملکرد علوفه خشک ارقام، نمونه‌ای از علوفه هر کرت معادل ۳۰۰ گرم برای تعیین صفات کیفی تهیه گردید. در این مرحله صفاتی مانند درصد پروتئین خام (Crude Protein)، درصد قندهای محلول در آب (Water Soluble Carbohydrates)، درصد فیبر خام (Crude fiber) با استفاده از تکنولوژی طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) و با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (Inframatic 8620 Percor, Germany) اندازه‌گیری شد. همزمان یک متر مربع از هر واحد آزمایشی برداشت و سطح برگ سبز به کمک دستگاه (Leaf Area meter (England) در آزمایشگاه محاسبه گردید. زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها با توجه به زرد شدن غلاف‌ها مشخص شد و به طور متوسط عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم به‌ترتیب بعد از

محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود و داده‌های بلند مدت (آورده نشده است) نشان می‌دهد که میزان بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ تا ۳۱۰ میلی‌متر می‌باشد که ۸۰ درصد آن در پاییز و زمستان نازل می‌شود. در این آزمایش، عملکرد و کیفیت علوفه و دانه چهار اکوتیپ خارجی و داخلی خلر (سوریه، اتیوپی، اشنویه و مشهد) تحت تأثیر تاریخ کاشت (۲۴ اسفند، ۱۷ فروردین و نهم اردیبهشت ماه) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تاریخ‌های کاشت به ترتیب معرف کشت به‌هنگام، بهاره و تأخیری بهاره بودند. بر این اساس، ابتدا زمین مورد نظر چند روز قبل از کشت توسط گاواهن برگردان‌دار شخم زده شده و به منظور تسطیح زمین از ماله استفاده گردید. سپس توسط فاروئر شیارهای به فاصله ۶۰ سانتی‌متر در عرض زمین ایجاد گردید و آماده کشت شدند. کوددهی نیز بر اساس نیاز گیاه انجام شد. در هر تکرار، ۱۲ کرت آزمایشی بصورت تصادفی قرار گرفت که هر کرت مشتمل بر شش خط کاشت به فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و به طول ۲/۴ متر بود. علاوه بر این بین هر کرت با کرت مجاور یک پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته می‌شود. بذور اکوتیپ‌های خارجی (سوریه و اتیوپی) از بخش تحقیقات علوفه‌ای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و اکوتیپ‌های داخلی (اشنویه و مشهد) از بازارهای محلی در شهرستان‌های مربوطه تهیه شد. اولین کشت در تاریخ ۲۴ اسفند ماه به صورت دستی انجام شد و کشت‌های بعدی به فاصله ۲۳ روز یکبار (۱۷ فروردین و ۹ اردیبهشت ماه) انجام پذیرفت. بذور خلر در عمق ۳-۴ سانتی‌متر به صورت کپه‌ای در دو طرف

قندهای محلول

بررسی میانگین قندهای محلول در علوفه خلر حاکی از تأثیر توأم تیمار تاریخ کاشت و اکوتیپ در هر دو سال آزمایش بود (جدول ۱). بیشترین غلظت قندهای محلول در رقم سوری و در تاریخ کاشت اردیبهشت به‌دست آمد اما در مجموع بین اکوتیپ‌های مختلف در این تاریخ کاشت (نهم اردیبهشت) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت اسفند به علت سرد بودن هوا گیاهان از سرعت فتوسنتز کمتری برخوردار بوده و در نتیجه میزان کربوهیدرات کمتری تولید شده است. در مقابل با تأخیر در تاریخ کاشت گیاهان در مجاورت دمای بالاتری رشد نموده‌اند و با افزایش گرما میزان فتوسنتز و واکنش‌های شیمیایی و در نتیجه میزان کربوهیدرات‌ها محلول در آب افزایش یافته است (Asadpour et al., 2020).

پروتئین خام

غلظت پروتئین خام تحت تأثیر اثر متقابل اکوتیپ و تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین غلظت پروتئین در رقم مشهد و در تاریخ کاشت فروردین با ۲۳/۹۴ درصد به‌دست آمد که در مقایسه با تاریخ کاشت اسفند ۸/۹۳ درصد و با تاریخ کاشت اردیبهشت ماه ۳۱/۲ درصد برتری نشان داد (جدول ۲). با تأخیر در کاشت و به دلیل کاهش طول دوره رویش، درصد فیبر خام افزایش می‌یابد و با توجه به رابطه عکس بین میزان فیبر و پروتئین (Seyithan, S. 2020) کاهش پروتئین در کشت تأخیری دور از انتظار نمی‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج دیگر محققان همخوانی دارد (Piecny et al., 2019; Tripathy et al., 2016). از سوی دیگر با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ از نظر محتوای پروتئین علوفه مشخص می‌گردد که تأثیر تاریخ کاشت بر روی این مؤلفه بستگی به ژنوتیپ گیاه دارد.

فیبر خام

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، اکوتیپ اتیوپی در تاریخ کاشت ۹ اردیبهشت با میانگین ۲۳/۱۳ بیشترین و رقم مشهد در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین با میانگین ۱۰/۶۷ کمترین میزان فیبر خام در علوفه را دارا بودند (جدول ۲). همچنین رقم مشهد کمترین میزان فیبر خام را به خود اختصاص داد. مرحله رشدی گیاه مهمترین عامل مؤثر بر ترکیب و ارزش غذایی علوفه است.

۷۹، ۶۰ و ۴۹ روز برداشت گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه با در نظر گرفتن اثر حاشیه سطحی معادل یک متر مربع در هر کرت برداشت (کف بر) و اندازه‌گیری‌ها شامل عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه (تعداد کل غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه) روی بوته‌های برداشت شده صورت پذیرفت. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبات ریاضی در صفحات برنامه Excel ثبت شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز مطابق روش تجزیه واریانس (PROC ANOVA) از برنامه آماری SAS استفاده شد. سپس مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل تغییرات معنی‌دار (LSD) در سطح آماری پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) حاکی از تأثیر تیمار تاریخ کاشت و اکوتیپ‌های مورد استفاده بر اکثر صفات مورد بررسی بود به‌طوری‌که تیمار اکوتیپ‌های مختلف خلر به جز عملکرد خشک اندام هوایی بر دیگر صفات مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار شد و تنها در صفت وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۱). در نهایت بر هم کنش تاریخ کاشت در اکوتیپ در تمامی صفات به جز تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد خشک اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

ماده آلی

اثر متقابل تاریخ کاشت در اکوتیپ بر میزان ماده آلی معنی‌دار بود (جدول ۱) و رقم اتیوپی در تاریخ کاشت اردیبهشت بیشترین میزان ماده آلی را در علوفه خود دارا بود که این صفت نسبت به تاریخ کاشت اسفند و فروردین به ترتیب ۲/۹۸ و ۱/۷۱ درصد افزایش داشت (جدول ۲). رقم مشهد در تاریخ کاشت فروردین با میانگین ۸۸/۱۲ درصد کمترین میزان ماده آلی را داشت. افزایش درصد ماده آلی در تاریخ کاشت‌های تأخیری را می‌توان ناشی از افزایش درجه حرارت و همچنین نیاز برای رشد دانست. به دلیل این‌که با تأخیر در کاشت و اثر عوامل محیطی که می‌تواند افزایش درجه حرارت و طول روز باشد، طول دوره رشد کاهش یافته. با کوتاه شدن طول دوره رویش، احتیاج گیاه به بافت‌های ساختمانی افزایش یافته در نتیجه میزان مواد آلی افزایش می‌یابد (Keshavarz et al., 2018).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد تحت تاثیر تیمارهای تاریخ کاشت و اکوتیپ
Table 1. Analysis of variance (mean squares) of physiological traits, yield and yield components in different sowing date and ecotypes

منابع تغییر	درجه آزادی	ماده آلی	قندهای محلول	پروتئین خام	فیبر خام	سطح برگ	بونه	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد دانه	عملکرد خشک اندام هوایی
Source of variation	df	Organic matte	Soluble sugar	Crud Protein	Crud fiber	Leaf area	No of pod	No of seed in pod	No of seed in pod	1000-seed weight	Seed yield	Shoot dry weight
تکرار	2	0.04	0.10	2.52	0.87	175975	2149	0.05	0.05	120.33	31849	116252.02
اکوتیپ	3	2.77**	27.79**	22.30**	23.34**	23874362**	125465**	0.59**	0.59**	4524.47**	2224264**	531814.73
تاریخ کاشت	2	17.16**	229.89**	26.29**	103.79**	10058533**	159913**	0.3**	0.3**	188.08	2349897	1459073.76*
اکوتیپ×تاریخ کاشت	6	0.90**	14.42**	11.43**	15.38**	4598007**	61885**	0.11	0.11	744.41	1047672**	645489.72
خطای آزمایشی	22	0.22	3.16	1.32	3.94	533656	4364	0.07	0.07	319.72	77905	277698.79
ضرب تغییرات CV (%)		0.53	10.23	5.8	12.09	20.5	13.3	9.6	9.6	12.79	16.22	15.75

**، ns and significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.

بدون علامت، ** و * به ترتیب به مفهوم عدم وجود اختلاف معنی دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد می باشد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در چهار اکوتیپ خلر تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت
Table 2. Two-way interaction between ecotype and sowing date on physiological traits, yield and yield components

تاریخ کاشت Sowing date	اکوتیپ Ecotype	ماده آلی (%) Organic matter (%)	قندهای محلول (%) Soluble sugar (%)	پروتئین خام (%) Crud protein (%)	فیبر خام (%) Crud fiber (%)	سطح برگ (سانتیمتر) Leaf area (cm)	تعداد غلاف در پونه No of pod in plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg ha ⁻¹)
14 th March	Syria	88.59 ^{ef}	12.58 ^{de}	21.77 ^b	16.09 ^b	3676.7 ^{cde}	505.67 ^d	2008.7 ^{bc}
	Ethiopia	88.96 ^{de}	15.38 ^{cd}	19.36 ^{cd}	15.99 ^b	583.3 ^g	474.67 ^{de}	1648.7 ^{cd}
	Eshnoye	88.55 ^{ef}	13.74 ^{de}	21.40 ^b	15.29 ^b	1373.3 ^{fg}	331.67 ^f	798.7 ^f
	Mashhad	88.36 ^{ef}	1.43 ^{de}	21.80 ^{bc}	14.43 ^b	4486.7 ^{bc}	882.33 ^a	2983 a
6 th April	Syria	89.76 ^{bcd}	17.22 ^c	19.30 ^{cd}	16.14 ^b	4340.0 ^{cd}	708 b	2788.3 a
	Ethiopia	90.13 ^b	20.94 ^{ab}	17.88 ^{de}	14.62 ^b	1180.0 ^g	564.0 ^{cd}	2285 b
	Eshnoye	88.96 ^{cde}	14.39 ^{cde}	21.38 ^b	14.92 ^b	3103.3 ^{de}	373.0 ^{ef}	1294 de
	Mashhad	88.12 ^f	11.67 ^e	23.94 ^a	10.67 ^c	6923.3 ^a	663.33 ^{bc}	1941 bc
29 th April	Syria	91.1 ^a	23.50 ^a	18.09 ^{de}	20.92 ^a	4490.0 ^{bc}	285.33 ^f	998 ef
	Ethiopia	91.7 ^a	22.70 ^{ab}	16.19 ^e	23.13 ^a	2466.7 ^{ef}	456.67 ^{de}	1916.7 ^{bc}
	Eshnoye	89.77 ^{bc}	20.36 ^b	21.93 ^b	14.98 ^b	5723.3 ^{ab}	340.33 ^f	839.7 ef
	Mashhad	91.1 ^a	22.40 ^{ab}	16.47 ^e	19.88 ^a	4413.3 ^c	366.3 ^{ef}	1147.3 ef
LSD value		0.8	3.01	1.95	3.36	1237	111.8	472.6

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

Values within the each column and followed by the same letter are not different at $P < 0.05$.

در تاریخ کاشت‌های زودتر باعث ایجاد رقابت در تشکیل آغازه-های دانه شده و با توجه به تأثیر نسبی اجزا عملکرد بر یکدیگر می‌توان انتظار کاهش تعداد دانه در هر غلاف را داشت. اگرچه عواملی نظیر ژنوتیپ، محیط و ظرفیت منبع و مخزن نیز در شکل‌گیری اجزا عملکرد مؤثر می‌باشند. Liu و همکاران (2020) گزارش کردند کشت زود هنگام سویا سبب تولید تعداد زیادی غلاف می‌شود که در اثر رقابت شدید بین غلاف‌ها ممکن است تعدادی از آن‌ها ریزش کند. همچنین بر اساس نتایج تحقیقات گذشته تأخیر در کاشت و تنش گرمایی ناشی از آن در مرحله گلدهی، موجب ریزش شدید گل و در نتیجه کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (Asadpour et al., 2020).

تعداد دانه در غلاف

صفت تعداد دانه در هر غلاف تنها در اثرات اصلی تاریخ کاشت و اکوتیپ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با تأخیر در کاشت، تعداد دانه در غلاف کاهش یافت به‌طوری‌که تاریخ کاشت اول بیشترین تعداد دانه در غلاف را با میانگین ۲/۹۵ داشت که نسبت به تاریخ کاشت اردیبهشت حدود ۱۰ درصد بیشتر بود (شکل ۲). رقم مشهد با میانگین ۳/۱۶ بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت (شکل ۳). در این آزمایش، دو اکوتیپ مشهد و اشنویه و دو اکوتیپ سوریه، اتیوپی علی‌رغم داشتن اختلاف، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳). کاهش تعداد دانه در خورجین در اثر تأخیر در تاریخ کاشت توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Rah Khosravani et al., 2017; Salih, 2019). بدیهی است که تأخیر در کاشت گیاه خلر سبب کوتاه شدن مرحله رویشی گیاه شده و در نتیجه گیاه در زمان مناسب به شاخص سطح برگ مطلوب نمی‌رسد. از آنجا که رابطه مستقیمی بین ماده خشک تولید شده قبل از گلدهی با تعداد نهایی دانه وجود دارد (Xu et al., 2019) با کاهش ماده خشک تولید شده در مرحله رویشی گیاه قادر به تولید شیره پرورده کافی جهت پر کردن دانه‌های تشکیل شده نخواهد بود که بر این اساس تعداد نهایی دانه کاهش و در صد پوکی دانه افزایش می‌یابد. از طرفی سقط دانه‌های تازه تلقیح شده تحت تأثیر درجه حرارت‌های نامناسب از دیگر اثرات کشت تاخیری می‌باشد (Apeyuan et al., 2017). اکوتیپ مشهد در تمام تاریخ کاشت‌ها بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت که نشان از پتانسیل این اکوتیپ در تولید بذر بیشتر در غلاف است که می‌توان جز خصوصیات مطلوب این اکوتیپ به حساب آورد.

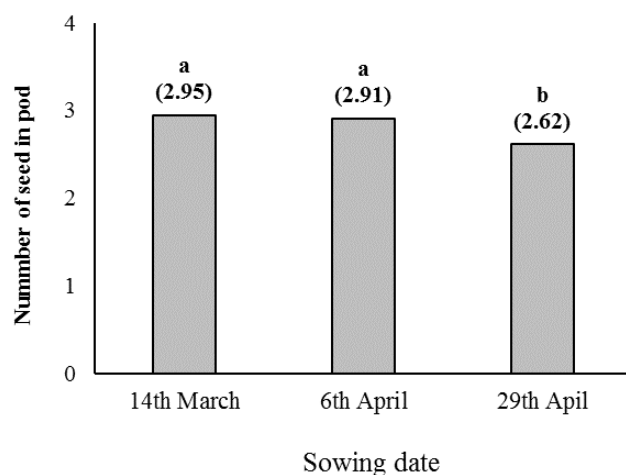
به موازات افزایش سن گیاه، احتیاج آن به بافت‌ها و کربوهیدرات‌های ساختمانی مانند سلولز، همی سلولز و فیبر افزایش می‌یابد. بنابراین با تأخیر در کاشت و مواجه شدن مراحل رشدی گیاهان علوفه‌ای با درجه حرارت بالا و طول روز بلند، دیواره سلولی تحریک به ساخت فیبر شده و قابلیت هضم گیاه کاهش می‌یابد. از آنجا که میزان پروتئین با میزان فیبر گیاه رابطه عکس دارد (Talukdar, 2012) با افزایش سن گیاه از مقدار پروتئین کاسته می‌شود و کشت زود هنگام به دلیل مناسب بودن حرارت و شرایط محیطی موجب افزایش پروتئین و کاهش فیبر خام شده و این موضوع خوشخوراکی و ارزش غذایی خلر را افزایش می‌دهد.

سطح برگ

این صفت در سال اول در تیمار اکوتیپ مشهد و در تاریخ کاشت فروردین ماه با ۶۹۲۳/۳ سانتیمتر بیشترین و در تیمار اکوتیپ اتیوپی در همین تاریخ کاشت با ۱۱۸۰/۰ سانتیمتر کمترین میزان را داشت (جدول ۲). رقم اتیوپی نیز کمترین میزان این صفت را در سال دوم به خود اختصاص داد. افزایش سطح برگ در ابتدای دوره رشد کند و پس از آن با فراهم شدن شرایط محیطی مناسب افزایش و سپس به دلیل سایه اندازی، پیری و ریزش برگ شاخص برگ سیر نزولی پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت فروردین ماه به دلیل وجود دمای مطلوب، شرایط مناسبی برای گیاه فراهم شده تا کانوپی گیاه در مقایسه با کاشت زود هنگام و تأخیری توسعه بیشتری داشته باشد و منجر به افزایش شاخص سطح برگ گردد. محققین طی تحقیقاتی در این خصوص دریافتند که برگ‌های گیاهان دیر کاشت با سرعت بیشتری از بین می‌روند (Atis & Acikalin, 2020). قابل ذکر است که حداکثر شاخص سطح برگ سبز و سرعت تغییر آن در طول فصل رشد با توجه به ژنوتیپ، شرایط محیطی و عملیات زراعی متفاوت خواهد بود (Keshavarz Mirzamohammadi et al., 2021).

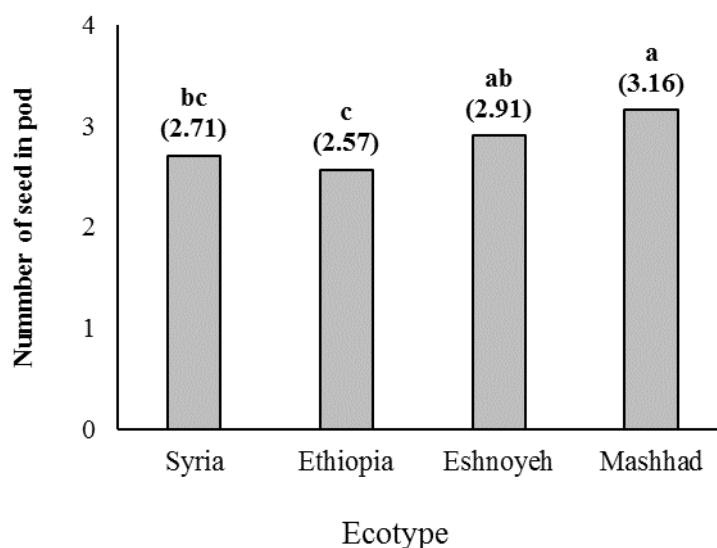
تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته یکی از اجزا مهم عملکرد دانه است، زیرا در بر گیرنده تعداد دانه و نیز تأمین کننده قسمتی از مواد فتوسنتزی مورد نیاز و نهایتاً وزن دانه است. در این پژوهش رقم مشهد در تاریخ کاشت اسفند ماه نسبت به دیگر تیمارها برتری نشان داد (جدول ۲). خلر از نظر ویژگی‌های رشدی جز گیاهان رشد نامحدود به حساب می‌آید که در آن رشد زایشی و رویشی هم زمان اتفاق می‌افتد. بیشتر بودن تعداد غلاف در بوته



شکل ۲- اثر اصلی تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف. حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD (LSD value: 0.231) می‌باشند.

Fig. 2. Main effect of sowing date on number of seed in pods. Means having similar letters, have no significant difference at 5% probability level by LSD test (LSD value: 0.231).

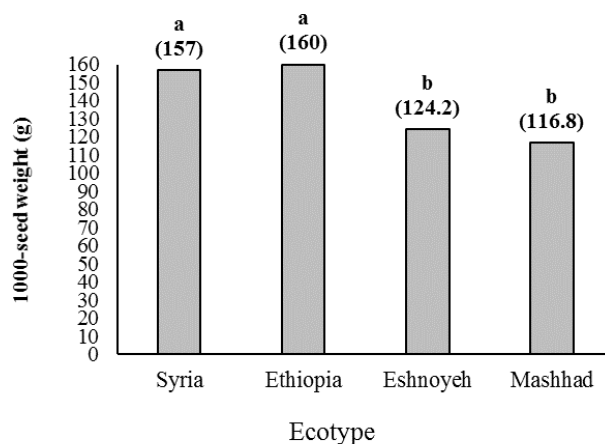


شکل ۳- اثر اصلی اکوتیپ بر تعداد دانه در غلاف. حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD (LSD value: 0.266) می‌باشند.

Fig. 3. Main effect of ecotype on number of seed in pods. Means having similar letters, have no significant difference at 5% probability level by LSD test (LSD value: 0.266).

اکوتیپ داخلی بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشتند (شکل ۴). در این بین اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌های داخلی اشنویه و مشهد مشاهده نشد. گزارش شده که وزن ۱۰۰۰ دانه پیشتر از اینکه به عوامل محیطی و خصوصیات خاک وابسته باشد، تحت تأثیر ژنتیک گیاه قرار می‌گیرد (Pouri et al., 2019).

وزن ۱۰۰۰ دانه
صفت وزن ۱۰۰۰ دانه تنها متأثر از تیمار اکوتیپ قرار گرفت به نحویکه بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه در اکوتیپ‌های اتیوپی (۱۶۰ گرم) و سوری (۱۵۷ گرم) قرار گرفت (شکل ۴). دو اکوتیپ سوری و اتیوپی با برتری قابل توجهی نسبت به دو



شکل ۴- اثر اصلی اکوتیپ بر وزن ۱۰۰۰ دانه. حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD (LSD value: 17.48) می‌باشند.

Fig. 4. Main effect of ecotype on 1000-seed weight. Means having similar letters, have no significant difference at 5% probability level by LSD test (LSD value: 17.48).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه در اکوتیپ مشهد و تاریخ کاشت اسفند حاصل شد اما تأخیر در کاشت این رقم به ترتیب موجب افت ۳۴ و ۶۱ درصدی در تاریخ‌های کاشت بعدی شد (جدول ۲). رقم اشنویه در تمام تاریخ‌های کاشت کمترین عملکرد دانه را در بین چهار اکوتیپ داشت. در این تحقیق تاریخ کاشت سوم موجب افت شدید عملکرد هر چهار اکوتیپ شد به گونه‌ای که رقم اشنویه با ۸۳۹/۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۲). در همین راستا نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تأخیر در کاشت از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه سبب کاهش عملکرد می‌شود (Faraji et al., 2006). عملکرد دانه نتیجه فعالیت یک مجموعه گیاهی و نحوه استفاده آن‌ها از منابع محیطی است. به همین دلیل ارقامی که زودتر جوانه بزنند سطح برگ بیشتری تولید کرده و از تشعشع استفاده بیشتری می‌کنند و افزایش راندمان استفاده از نور در گیاه منجر به عملکرد بیشتر دانه خواهد شد. اگرچه اکوتیپ مشهد از وزن ۱۰۰۰ دانه پایینی برخوردار بود اما تعداد کل غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشتری نسبت به اکوتیپ‌های دیگر داشت که این موضوع کاملاً منطقی به نظر می‌رسد چون رقابت برای دریافت شیره پرورده بیشتر شده و دانه وزن ۱۰۰۰ دانه کمتری خواهند داشت.

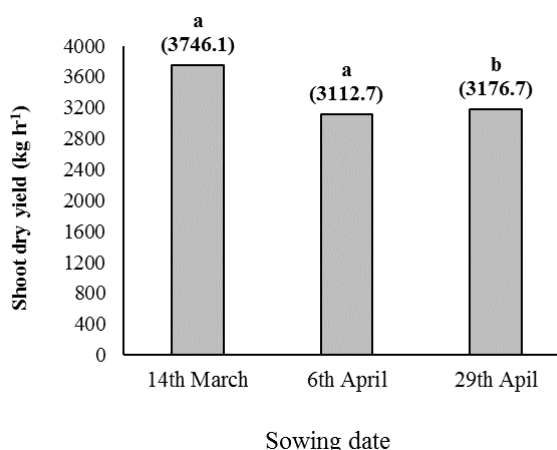
احتمالاً اکوتیپ مشهد با جوانه زنی سریع‌تر و دریافت درجه روز رشد بیشتر وزن خشک خود را افزایش داده و به این ترتیب از شرایط محیطی برای تولید اجزا عملکرد بیشتر در گیاه استفاده بهینه کرده است. وجود دمای گرم‌تر در طی فصل رشد سال اول سبب جوانه زنی سریع‌تر گیاه و در نتیجه افزایش طول دوره رویش گردید. از این رو این رقم در سال اول دارای غلاف بیشتر و تا حدودی دانه بیشتر در غلاف نیز می‌باشد. در این پژوهش رقم مشهد از نظر عملکرد دانه نسبت به باقی ارقام برتری داشت که می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی ارقام و قابلیت بیشتر این رقم در بهره‌برداری از منابع در شرایط آب و هوایی شهریار باشد.

عملکرد خشک اندام هوایی

تأخیر در کاشت موجب کاهش عملکرد خشک اندام هوایی شد به نحوی که کمترین (۳۱۷۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین (۳۷۴۶/۱ کیلوگرم در هکتار) عملکرد خشک اندام هوایی به ترتیب در تاریخ کاشت ۹ اردیبهشت و ۲۴ اسفند و با اختلافی حدود ۱۵ درصدی به دست آمد (شکل ۵). برتری تاریخ کاشت اسفند در میزان عملکرد خشک اندام هوایی را می‌توان به افزایش طول دوره رویشی گیاه و همچنین استقرار بهتر بوته‌ها نسبت داد. افزایش عملکرد خشک اندام هوایی در تاریخ کاشت اسفند احتمالاً ناشی از افزایش تعداد روزهای است که طول آن‌ها رو به افزایش هستند و سبب افزایش رشد رویشی و تولید علوفه بیشتر می‌گردد. در حالی که در تاریخ

رسیدن به بلوغ بستگی به مکان، تاریخ کاشت و درجه حرارت دارد (Din et al., 2011). در نتیجه افزایش معنی‌دار در عملکرد خشک اندام هوایی گیاه خلر در کشت اسفند ماه نسبت به تاریخ‌های کشت بعدی را می‌توان به بهبود نسبی شرایط محیطی از نظر دما و رطوبت طی دوره رشد رویشی و زایشی نسبت داد.

کاشت‌های بعدی علاوه بر کاهش طول دوره رشد، افزایش درجه حرارت و افزایش تنفس و کاهش راندمان فتوسنتز، گیاه زودتر با روزهای بلند برخورد کرده و گلدهی آن زودتر آغاز می‌گردد و فرصت کمتری برای رشد رویشی و تولید بیشتر علوفه دارد. دیگر محققان نیز به نتایج مشابهی در مورد سویا و سایر گیاهان زراعی دست یافتند (Bhandari et al., 2018). گزارش شده است که تعداد روزهای مورد نیاز هر رقم برای



شکل ۵- عملکرد خشک اندام هوایی تحت تأثیر اثر اصلی تاریخ کاشت. حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD (LSD value: 446.1) می‌باشند.

Fig. 5. Main effect of sowing date on shoot dry yield. Means having similar letters, have no significant difference at 5% probability level by LSD test (LSD value: 446.1).

به دلیل مصادف شدن دوره حساس گل‌دهی و پر شدن دانه با روزهای گرم موجب نقصان عملکرد می‌گردد. از طرفی مشخص گردید که با تأخیر در کاشت از زمان معمول کشت، از کیفیت علوفه کاسته می‌شود و در شرایط آب و هوایی منطقه اواسط فروردین ماه تا اوایل اردیبهشت بهترین زمان جهت حصول علوفه‌ای با حجم کم و کیفیت بالا می‌باشد. در این شرایط علی-رغم بالاتر بودن میزان صفات کیفی اندازه‌گیری شده دارای سطح برگ بیشتری نیز می‌باشد که منبع مهمی از پروتئین است.

همانگونه که از نتایج آزمایش حاضر استنباط می‌شود تاریخ کاشت اثر بسیار زیادی بر خصوصیات کمی و کیفی دانه و علوفه خلر دارد و به طور کلی با تأخیر در کاشت عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در این بررسی مشخص گردید مناسبترین تاریخ کاشت برای اکوتیپ‌های مورد مطالعه اواسط اسفند تا اواسط فروردین ماه می‌باشد که در این بین اکوتیپ مشهد از نظر تولید عملکرد دانه نسبت به باقی اکوتیپ‌ها برتری داشت که به دلیل بیشتر بودن تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف بود. همچنین مشاهده گردید که تأخیر در کاشت

منابع

1. Apeyuan, K., Nwankiti, A., Oluma, O., Ekefan, E. 2017. Effect of different sowing dates on disease initiation and development of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) leaf spot disease caused by *Coniella musaiensis* Var. hibisci in Makurdi, Central Nigeria. Journal of Geoscience Environment and Protection 5: 94-101. <https://doi.org/10.4236/gep.2017.511007>
2. Asadpour, S., Madani, H., Nour Mohammadi, Gh., Majidi Heravan, I., and Heidari Sharif Abad, H. 2020. Improving maize yield with advancing planting time and nano-silicon foliar spray alone or combined with zinc. Silicon 14(5):1-9. Online Available. <https://doi.org/10.1007/s12633-20-00815-5>.

3. Atis, I., and Acikalin, S. 2020. Yield, quality and competition properties of grass pea and wheat grown as pure and binary mixture in different plant densities. Turkish Journal of Field Crops 25(1): 18-25. <https://doi.org/10.17557/tjfc.737476>.
4. Bhandari, B., Shrestha, J., and Tripathi, M.P. 2018. Productivity of maize (*Zea mays* L.) as affected by varieties and sowing dates. International Journal of Applied Biology 2(2): 13-19.
5. Din, J., Khan, S.U., Ali, I., and Gurmani, A.R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. The Journal of Animal and Plant Sciences 21(1): 78-82.
6. Faraji, A., Latifi, M., Aghajani, A., and Rahnama, K. 2006. Effects of some agronomy factors on phenology stage, vegetative characters, and incidence of *Sclerotinia* rot in two genotypes of canola in Gonbad area. Journal of Agriculture and Natural Resources 13: 56-68. (In Persian with English Summary).
7. Faramarzi, A., Seyedin, S., Mohbali Poor, N., and Shahrokhi, S. 2012. Study of sowing date on yield and components of Cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) yield of in Miandeh region. Journal of Research in Agronomy Science 16(4): 27-38. (In Persian with English Summary).
8. Hojjat, S.S. 2020. Effects of TiO₂ Nanoparticles on Germination and Growth Characteristics of Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Seed under Drought Stress. Nanotechnol Russia 15: 204-211. <https://doi.org/10.1134/S199507802002010X>
9. Keshavarz Mirzamohammadi, H., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., and Mirjalili M.H. 2021. Irrigation and fertilizer treatments affecting rosmarinic acid accumulation, total phenolic content, antioxidant potential and correlation between them in peppermint (*Mentha piperita* L.). Irrigation Science 39:671-683: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00729-z>
10. Keshavarz, H., Modarres-Sanavy, S.A.M., and Mahdipour Afra, M. 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. Journal of Essential Oil-Bearing Plant 21(6): 1674-1681. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1497545>
11. Khan, A.A., Hussain, A., Ganai, M.A., Sofi, N.R., and Talib Hussain, S. 2018. Yield, nutrient uptake and quality of sweet corn as influenced by transplanting dates and nitrogen levels. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2): 3567-3571.
12. Lambein, F., Travella, S., Kuo, Y.H., Montagu, M.V., and Heijde, M. 2019. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food?. Planta 250: 821-838. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03084-0>
13. Liu, B., Qu, D., and Liu, J. 2020. Light enrichment, flowering asynchrony and reproduction success in two field-grown soybeans in Northern China. Legume Research 43(2): 241-246.
14. Llorent-Martínez, E.J., Zengin, G., Fernández-de Córdoba, M.L., Bender, O., Atalay, A., Ceylan, R., Mollica, A., Mocan, A., Uysal, S., Guler, G.O., and Aktumsek, A. 2017. Traditionally used Lathyrus species: phytochemical composition, antioxidant activity, enzyme inhibitory properties, cytotoxic effects, and in silico studies of *L. czeczottianus* and *L. nissolia*. Front Pharmacol 8: 83. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00083>
15. Marghali, S., Touati, A., Gharbi, M., Sdouga, D., and Trifi-Farah, N. 2016. Molecular phylogeny of *Lathyrus* species: insights from sequence-related amplified polymorphism markers. Genetic Molecule Research 15(1): gmr.15017198. <https://doi.org/10.4238/gmr.15017198>.
16. Piecyk, M., Worobiej, E., Wołosiak, R., Drużyńska, B., and Ostrowska-Ligęza, E. 2019. Effect of different processes on composition, properties and in vitro starch digestibility of grass pea flour. Food Measure 13: 848-856. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9997-8>.
17. Pouri, K., Sio-Se Mardeh, A., Sohrabi, Y., and Soltani, A. 2019. Crop phenotyping for wheat yield and yield components against drought stress. Cereal Research Communications 47(2): 383-393.
18. Rafaat, J.G., Ghareeb, S.A., and Hasan, S.S. 2022. Effect of Sowing Dates on Growth, Yield, and Its Components of Grass Pea (*Lathyrus Sativus*) Varieties under Rainfed Condition in Sulaimani Region. Tikrit Journal for Agricultural Sciences 21(1): 59-67. <http://dx.doi.org/10.25130/tjas.v21i1.477>.
19. Rah Khosravani, A.T., Mansouriear, C., Modarres-Sanavy, S.A.M., Asilan, K.S. and Keshavarz, H. 2017. Effects of sowing date on physiological characteristics, yield and yield components for different maize (*Zea mays* L.) hybrids. Notulae biologicae. 9(1): 143-147. <https://doi.org/10.15835/nsb919913>.
20. Salih, R.F. 2019. Effect of sowing dates and varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) on growth and yield parameters. Agriculture Environment Research 31(3): 64-70. <https://doi.org/10.21271/zjpas.31.3.9>
21. Seyithan, S. 2020. Effects of different mixture ratios of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and barley (*Hordeum vulgare*) on quality of silage. Legume Research - An International Journal 42 (5): 666-670. <https://doi.org/10.18805/LR-468>.

22. Silva, J.R., Gastauer, M., Ramos, S.J., Mitre, S.K., Furtini Neto, A.E., Siqueira, J.O., and Caldeira, CF. 2018. Initial growth of Fabaceae species: Combined effects of topsoil and fertilizer application for mineland revegetation. *Flora* 246(247): 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.08.001>
23. Talukdar, D. 2012. An induced glutathione-deficient mutant in grass pea (*Lathyrus sativus* L.): modifications in plant morphology, alteration in antioxidant activities and increased sensitivity to cadmium. *Bioremediat Biodivers Bioavailab* 6:75-86.
24. Tripathy, S.K., Panda, A., Nayak, P.K., Dash, S., Lenka, D., Mishra, D.R., Kar, R.K., Senapati, N., and Dash, G.B. 2016. Somaclonal variation for genetic improvement in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Legume Research* 39:329-335. <https://doi.org/10.18805/1r.v0iOF.6853>
25. Vaz Patto, M.C., and Rubiales, D. 2014. *Lathyrus* diversity: available resources with relevance to crop improvement—*L. sativus* and *L. cicera* as case studies. *Annal of Botany* 113:895-908. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu024>
26. Xu, H.J., Wang, X.P., Zhao, C.Y., and Zhang, X.X. 2019. Responses of ecosystem water use efficiency to meteorological drought under different biomes and drought magnitudes in northern China. *Agricultural and Forest Meteorology* 278: 107660. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107660>
27. Zhou, L., Cheng, W., Hou, H., Peng, R., Hai, N., Bian, Z., Jiao, C., and Wang, C. 2016. Antioxidative responses and morpho-anatomical alterations for coping with flood-induced hypoxic stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) in comparison with pea (*Pisum sativum*). *Journal of Plant Growth Regulation* 35:690-700. <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9572-7>.



The effect of planting date on quality and seed yield potential of four grass pea ecotype

Sabourifard¹, Hossein; and Keshavarz^{2*}, Hamed

1. Faculty Member, Department of Agriculture Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran; hosseinsabourifard@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6744-0452
2. PhD. Graduated Student, Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran; Hamed4720@yahoo.com; ORCID: 0000-0002-7607-1580

The Dates:

Received: 7 February 2022; **Revised:** 15 March 2022
Accepted: 30 April 2022; **Available Online:** 22 June 2023

How to cite this article:

Sabourifard, H., and Keshavarz, H. 2023. The effect of planting date on quality and seed yield potential of four grass pea ecotype. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 34-47. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2202-1024

Introduction

Due to the increasing population and consequently the need to supply the protein needed by the country through the production of livestock and also the importance of maintaining soil structure by creating the right crop rotation in agricultural fields, research on forage plants is inevitable. One of the methods to increase soil fertility and increase crop production is to alternate the plants of legumes in the fields. Pomegranate is also used as a source of protein in livestock and poultry feed and can be used as dry fodder, green fodder and straw for cattle and sheep. Because the organic matter in kelp forage (carbohydrates, proteins and fats) can be catabolized in livestock and used as a source of energy, kelp fodder is important in providing the minerals needed by livestock.

Materials and Methods

In order to study the effects of sowing date on seed and forage yield of four local and foreign *Lathyrus sativa* L. ecotype a field experiment was conducted at Shahriar, Tehran in 2021 growing season. Experimental treatments were arranged in randomized complete blocks design with factorial arrangement with three replications. In this research sowing date were in three levels (including 14th March, 6th April and 29th April) and grass pea ecotype were in four levels (Syria, Ethiopia, Eshnoye and Mashhad). For field sampling and quantitative and qualitative analysis of samples, grass pea forage crop was harvested at 50% flowering and pod stage. After determining the dry forage yield, a sample of forage of each plot was prepared to determine the quality traits. At this stage, traits such as percentage of crude protein, percentage of water-soluble carbohydrates and percentage of crude fiber using Near Infrared Reflectance Spectroscopy technology (Inframatic 8620 Percor, Germany) was measured. Simultaneously, one plant was harvested from each experimental unit and the green leaf area was calculated using a Leaf Area meter (England) in the laboratory. In order to determine the grain yield, an area of one square meter per harvest plot and measurements including grain yield and grain yield components (total number of pods, number of seeds per pod, 1000-seed weight) were performed on harvested plants. Significant differences among sowing date, ecotypes and their interaction for traits were compared by LSD test ($P \leq 0.05$) using the SAS (9.1) package. Microsoft Office Excel (2013) and Origin Pro. 9.1 were used for figures drawing.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance revealed ecotype, planting date and interaction between them was significant for most traits. Foreign yield was significantly affected by planting date and the highest yield was from Ethiopia ecotype in first planting. The highest percentage of organic matter, soluble sugars and crude fiber was found in the third culture, whereas protein content and leaf area were higher in the second planting

* Corresponding Author: H.keshavarz@modares.ac.ir

date. The cultivars also showed significant difference in terms of agronomic characteristics and the maximum number of pod per plant, number of seeds per pod and seed yield was achieved from Mashhad ecotype. There is a significant interaction between cultivars and planting date, indicate that various ecotypes have different reactions at different planting dates. In additional, the results of this study showed that delay in planting due to change of temperature and day length leads to faster development, lower photosynthetic area, earlier flowering and these consequently lower yield.

Conclusion

Based on the findings of the current experiment, it can be concluded that the timing of sowing has a substantial impact on both the quantitative and qualitative characteristics of grass pea seed yield and forage production. The results clearly demonstrated that delaying the sowing significantly reduces grain yield. Specifically, this study identified mid-March to mid-April as the most suitable planting period for the studied ecotypes. Among the ecotypes, the Mashhad ecotype outperformed others in terms of grain yield, mainly attributed to its higher number of pods and seeds per pod. Additionally, it was observed that delayed sowing, leading to the critical flowering and seed filling stages coinciding with hot weather conditions, resulted in yield losses. These findings underscore the significance of selecting optimal sowing dates to maximize yield and avoid potential yield reductions associated with unfavorable environmental conditions during critical growth stages. On the other hand, it was found that delaying sowing from the usual planting time reduces forage quality and in the climate of the region, mid-April to early May is the best time to obtain low-volume and high-quality forage.

Keywords: *Lathyrus sativa* L.; Leaf area index; Protein; Season planting; Yield and yield component



تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و علّیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه

ولی‌اله یوسفی^۱، جعفر احمدی^{۲*}، داود صادق‌زاده اهری^۳ و عزت‌اله اسفندیاری^۴

۱- دانش آموخته دکتری اصلاح نباتات، گروه مهندسی ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام

خمینی (ره)، قزوین، ایران؛ vali_yousefi@yahoo.com

۲- استاد گروه مهندسی ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین،

ایران؛ j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

۳- دانشیار بخش تحقیقات حبوبات دیم مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛

dsadeghzade@yahoo.com

۴- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه، مراغه، ایران؛ esfand1977@yahoo.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۰۲، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

یوسفی، و.، احمدی، ج.، صادق‌زاده اهری، د.، و اسفندیاری، ع. ۱۴۰۲. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و علّیت صفات آگرومورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) در کشت دیم بهاره و پاییزه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴ (۱): ۴۸-۶۲.

چکیده

جهت ارزیابی ماهیت و نوع روابط موجود در بین برخی صفات زراعی و عملکرد دانه نخود کابلی، ۱۰۸ ژنوتیپ و رقم به‌همراه چهار رقم شاهد در قالب طرح آزمایشی آگمنت تحت دو شرایط تنش سرما (کشت پاییزه) و بدون تنش (کشت بهاره) در مرزعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس تجزیه همبستگی ساده مشخص گردید که در هر دو شرایط کشت بهاره و پاییزه صفات تعداد غلاف کل، تعداد غلاف‌های تک‌بذری و عملکرد زیست‌توده بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. در کشت بهاره تعداد غلاف کل اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دانه داشت، ولی اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بود. در کشت پاییزه با وجود اثر مستقیم بالای تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار زیاد نبود. در کشت بهاره ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک بوته و ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴، ۸۵ و ۸۸ بالاترین وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف را دارا بودند. در کشت پاییزه، ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتر، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل و تعداد غلاف تک‌بذری بیشتر، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل و زیست‌توده بیشتر و ژنوتیپ ۹۴ تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتری نشان دادند. در هر دو کشت پاییزه و بهاره، تعداد غلاف کل بیشترین اثر مثبت و مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. بنابراین توصیه می‌شود در برنامه‌های به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های نخود در هر دو شرایط تنش سرما و بدون تنش، گزینش بر اساس تعداد غلاف کل در بوته صورت پذیرد که صفتی قابل رؤیت بوده و اندازه‌گیری آن ساده است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون؛ تحمل سرما؛ کشت پاییزه؛ عملکرد دانه

مقدمه

کشاورزی در ایران با چالش بهبود معیشت کشاورزان و تأمین غذای ۱۰۰ میلیون انسان تا سال ۲۰۵۰ روبرو است (Karamidehkordi, 2010). در بحث تأمین غذا علاوه بر کمیت، کیفیت غذا نیز مد نظر است چون امنیت غذایی یعنی اینکه همه افراد در همه زمان‌ها و مکان‌ها، امکان دسترسی به

کشاورزی نقش ویژه‌ای در اقتصاد، امنیت غذایی و کاهش فقر دارد (Akbarpoor and Mahdavi-Damghani, 2017).

* نویسنده مسئول: j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir

غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و پویا را داشته باشند که عملاً در تعریف علاوه بر جنبه کمی غذا، بعد کیفی آن نیز مورد توجه قرار گرفته است (Seyedhamzeh and Damari, 2017). در بین محصولات زراعی پس از غلات، حبوبات دارای بیشترین اهمیت اقتصادی بوده و دومین منبع غذایی مهم برای انسان به‌شمار می‌رود (International Legume Database and Information Service, 2006). حبوبات حاوی پروتئین، آهن، منیزیم، پتاسیم و روی بیشتری نسبت به غلات بوده و منبع غذایی مهمی برای افراد فقیر، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته می‌باشند (Singh, 2017). محتوای پروتئینی و ترکیبات اسید آمینه حبوبات بسته به واریته، شرایط جَوانه‌زنی، شرایط محیطی و کاربرد کودها متفاوت بوده و محتوای پروتئینی حبوبات تقریباً دو برابر غلات است (Dahl et al., 2012). دانه‌های حبوبات به دلیل غنای بالای پروتئینی علاوه بر مصرف در رژیم غذایی انسان (Temba et al., 2016) برای خوراک دام به عنوان منبع مقرون به صرفه پروتئینی و مکمل غلات مورد استفاده قرار می‌گیرند (Koivunen et al., 2016). همچنین حبوبات از طریق تثبیت نیتروژن جو، می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای میزان نیتروژن خاک و عملکرد محصولات بعدی را افزایش دهند (Williams et al., 2014). بنابراین، حبوبات نقش مهمی در پایداری و انعطاف‌پذیری اکوسیستم و حفظ امنیت غذایی جهانی دارند.

در سال ۲۰۱۷ از ۱۴/۵ میلیون هکتار سطح زیر کشت نخود، ۱۴/۷ میلیون تن محصول با متوسط عملکرد ۱۰۱۴ کیلوگرم در هکتار برداشت شده است. تولید جهانی نخود در سال ۲۰۱۸ نیز با متوسط عملکرد ۹۶۵ کیلوگرم در هکتار، معادل ۱۷/۲ میلیون تن در ۱۷/۸ میلیون هکتار گزارش شده است که نسبت به سال قبل تولید جهانی نخود به مقدار ۲/۵ میلیون تن و سطح زیر کشت آن به میزان ۳/۳ میلیون هکتار افزایش داشته است. سهم آسیا از نخود تولید شده در سال ۲۰۱۸ برابر با ۱۳/۲ میلیون تن از ۱۴/۴ میلیون هکتار بوده که بخش عمده آن متعلق به کشور هندوستان است. کشور ایران نیز با تولید ۲۲۲ هزار تن نخود از ۵۰۱ هزار هکتار زمین، عملکرد بسیار پائین ۴۴۳ کیلوگرم نخود در هکتار را به نام خود به ثبت رسانده است (FAO, 2018). لذا با توجه به اهمیت نخود در رژیم غذایی مردم کشورهای در حال توسعه و تاثیر آن بر بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، مطالعه بر روی اصلاح نخود در راستای افزایش عملکرد آن امری ضروری می‌باشد.

در کشت‌های بهاره نخود دیم در اغلب مناطق کشور، به علت افزایش دما، طول روز، تخلیه رطوبتی خاک، تفرق و تنفس

گیاهی، قطع بارندگی‌های بهاره و وقوع خشکی آخر فصل در حساس‌ترین مرحله فیزیولوژیک (گل‌دهی و غلاف‌بندی)، گیاه با کاهش طول دوره رشد و نمو مواجه می‌گردد. از طرف دیگر دوره فعالیت آفات مهم نخود از جمله آگروتیس و هلیوتیس با کشت بهاره هماهنگ است و به همین دلیل، عملکرد گیاه (دانه و زیست‌توده) در کشت بهاره کاهش می‌یابد ولی در کشت‌های پاییزه و زمستانه گلدهی زودتر، فرار از آفات و استفاده بهینه از بارندگی‌های سالیانه به افزایش چشمگیر عملکرد دانه کمک می‌کنند. همچنین به دلیل افزایش طول دوره رویش گیاه در کشت پاییزه، ارتفاع بوته افزایش یافته و امکان برداشت مکانیزه آن فراهم می‌شود. پس با ممکن شدن کشت پاییزه نخود گامی مهم در بهره‌وری بهینه آب و مبارزه با تنش خشکی موجود در کشت دیم برداشته می‌شود (Sadeghzadeh-Ahari, 2015).

در هر گیاه زراعی، عملکرد دانه یا به عبارت بهتر عملکرد اقتصادی، نتیجه نهایی همه فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از زمان سبز شدن تا بلوغ فیزیولوژیکی و تأثیرات متقابل این فرآیندها با محیط است. از دیدگاه ژنتیکی عملکرد دانه یک صفت کمی پیچیده بوده و تحت کنترل تعداد زیادی ژن است، لذا عوامل محیطی تأثیر بالایی بر عملکرد دارند. همچنین میزان عملکرد دانه متأثر از چندین صفت است که بعضی از این صفات با یکدیگر و با عملکرد دانه همبستگی زیادی دارند. از طریق تجزیه ارتباطی این صفات با خودشان و با عملکرد دانه می‌توان به یک معیار گزینش قابل اعتماد دست یافت. انتخاب یک‌طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن صفات دیگر نتایج مطلوبی نخواهد داشت، لذا در برنامه‌های به‌نژادی بایستی به همبستگی بین صفات توجه کرد (Karami et al., 2005). پیشرفت در یک برنامه به‌نژادی گیاهی به طراحی مناسب گزینش بر اساس روابط همبسته و غیرهمبسته بستگی دارد (Kumar et al., 2017). بنابراین تعیین نوع، کمیت و کیفیت روابط بین عملکرد دانه با سایر صفات زراعی و مورفولوژیکی برای تعیین ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های اصلاحی اهمیت زیادی دارد (Singh et al., 1990). در مراحل اولیه اصلاحی بهتر است به جای عملکرد از اجزاء تعیین کننده آن در گزینش بوته استفاده کرد. برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد از روش‌های تجزیه واریانس، تجزیه ضرایب همبستگی، تجزیه رگرسیون چندگانه و تجزیه ضرایب مسیر (تجزیه علیت) استفاده می‌شود (Fraser and Eaton, 1983).

تجزیه رگرسیون نسبت به تجزیه همبستگی با توان بیشتری ماهیت رابطه بین متغیرها را مطالعه می‌کند، تجزیه رگرسیون چندگانه وسیع‌ترین ابزار آماری برای مدل‌سازی و برآورد ارزش یک متغیر وابسته در ارتباط با چند متغیر مستقل

است (Nasiri and Ebrahimi, 2013). همانند تجزیه همبستگی ممکن است در تجزیه رگرسیونی نیز برخی از متغیرهای مستقل تأثیر معنی‌داری روی متغیر تابع نداشته باشند (Farshadfar, 2001). در رگرسیون چندمتغیره به دلیل وجود اثرات متقابل در بین متغیرها ممکن است رابطه یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار و در کنار برخی دیگر از متغیرها غیرمعنی‌دار باشد. یکی از روش‌ها برای حذف متغیرهای کم اهمیت در مدل و تصمیم‌گیری برای تشکیل مدل نهایی، روش گام به گام است (Zeinali et al., 2005). رگرسیون گام به گام، کارایی بهتری نسبت به مدل کلی رگرسیون جهت تعیین معادله پیش‌بینی شده برای عملکرد دارد (Farshadfar, 2001). جهت تعیین این که کدام صفات سهم بیشتر و واقعی‌تری در عملکرد دانه دارند، از تجزیه علیت یا تجزیه مسیر استفاده می‌شود که یک روش مناسبی برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مورد مطالعه بر روی عملکرد دانه می‌باشد.

نتایج رگرسیون چندگانه و تجزیه علیت این امکان را فراهم می‌نماید که اثر هر متغیر در عملکرد بوته به‌طور مستقل مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین افزایش وزن غلاف با بذر به‌طور مستقیم و افزایش تعداد بذر در بوته، طول و عرض غلاف به‌طور غیرمستقیم، عملکرد بوته را افزایش می‌دهد (Mardi et al., 2003). وزن غلاف با بذر و تعداد بذر در بوته به عنوان مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد بوته بوده و تعداد کل غلاف دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بر عملکرد بوته از طریق عملکرد بیولوژیکی گزارش شده و بر این اساس استفاده از دو صفت مذکور در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش ماده خشک توصیه گردید (Uddin et al., 1990; Vijaykumar et al., 1991). بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، افزایش عملکرد بوته به‌وسیله افزایش حجم بذر به دلیل وجود همبستگی منفی بین حجم بذر با تعداد غلاف و تعداد بذر در بوته توصیه نمی‌شود (Pundir et al., 1992).

با توجه به اهمیت زراعت نخود دیم در کشور و از سوی دیگر برتری کشت‌های پاییزه این گیاه نسبت به کشت‌های بهاره، تحقیق حاضر با هدف افزایش کارایی فرآیند انتخاب در ژنوتیپ‌های نخود از طریق بررسی روابط مابین صفات مهم زراعی با استفاده از ضرایب همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه علیت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مشتمل بر کشت دیم بهاره به عنوان تیمار بدون تنش سرما در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و کشت دیم پاییزه

به عنوان تیمار تنش سرمای در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (DARI) واقع در مراغه بر روی ۱۱۲ ژنوتیپ نخود کابلی در قالب طرح آزمایشی آگمنت بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. مواد گیاهی مورد مطالعه شامل ۹۹ ژنوتیپ دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) با عنوان خزانه بین‌المللی نخود متحمل به سرما (CICTN)، ۹ رقم ارسالی از ترکیه و سه رقم ایرانی آرمان، جم و سارال (رقم جدید، به عنوان شاهد مقاوم به سرما) و ژنوتیپ ILC533 (به عنوان شاهد استاندارد حساس به سرما) در هشت تکرار بود (جدول ۱). در کشت بهاره هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کشت دو متری با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر بود و در کشت پاییزه هر کرت حاوی چهار خط کشت به طول چهار متر با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر بودند و تراکم کشت در هر دو شرایط برابر ۳۰ بذر در متر مربع بود.

آمار هواشناسی سالهای زراعی تحت کشت در جدول ۲ آورده شده است. در کشت بهاره فقط دو روز با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و در اردیبهشت ماه رخ داد و در بقیه روزها دمای هوا بیشتر از صفر درجه سانتی‌گراد بود. متوسط دما در اردیبهشت، ۱۱/۸ در خرداد ۱۸/۸ و در تیر ماه ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود. در کشت پاییزه تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در آبان ۱۰ روز، در آذر ۲۶ روز، در دی ۲۸ روز، در بهمن ۲۸ روز، در اسفند ۱۴ روز و در فروردین ۱۱ روز بود. متوسط دما در ماه‌های آذر، دی و بهمن زیر صفر (۲/۲-) درجه سانتی‌گراد بود. متوسط دمای حداقل مطلق در سه ماه آذر، دی و بهمن ۵/۵- درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲). شروع پوشش برف حدود ۴۰ روز پس از کاشت و روزهای پوشش برف از تاریخ ۹۴/۹/۱۲ تا ۹۴/۱۱/۲۸ شامل ۷۶ روز بود.

برای ارزیابی صفات فنولوژیک تعداد روزها از تاریخ کاشت تا آغاز رسیدگی و تا ۹۰٪ رسیدگی گیاهان هر کرت یادداشت گردید. برای سنجش سایر صفات آگرومورفولوژیک (تعداد غلاف کل در تک‌بوته، تعداد غلاف پوک در تک‌بوته، تعداد غلاف دوبرذری در تک‌بوته، ارتفاع گیاه، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، وزن صد دانه، قطر غلاف، طول غلاف، زیست‌توده تک‌بوته، عملکرد دانه تک‌بوته، شاخص برداشت و درصد باروری) ده بوته به تصادف از هر کرت انتخاب شد، پس از ارزیابی و یادداشت‌برداری از صفات در نهایت، میانگین داده‌های ده بوته از هر کرت به عنوان داده تک‌بوته آن کرت در نظر گرفته شد.

عملکرد دانه تک‌بوته به عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار SPSS و تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزار Path74 انجام شد.

جدول ۱- اسامی و کد ۱۱۲ ژنوتیپ نخود مورد ارزیابی در کشت بهاره و پاییزه

Table 1. Name and code of 112 studied chickpea genotypes under spring/autumn -planting conditions

کد Cod e	ژنوتیپ Genotype	کد Cod e	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype
1	FLIP 97-121C	21	FLIP 02-51C	42	FLIP 05-39C	61	FLIP 06-166C	82	FLIP 08-76C	106	FLIP 0075
2	FLIP 99-26C	22	FLIP 02-52C	43	FLIP 05-45C	62	FLIP 06-167C	83	FLIP 08-77C	107	Sel95 th1716
3	FLIP 00-39C	23	FLIP 02-55C	44	FLIP 05-49C	63	FLIP 06-168C	94	FLIP 08-78C	108	ILC 72
4	FLIP 01-40C	24	ILC 8262	45	FLIP 05-77C	64	FLIP 06-170C	85	FLIP 08-80C	109	ILC 1799
5	FLIP 02-59C	25	ILC 8617	46	FLIP 03-3C	65	FLIP 06-173C	86	Çakır	110	FLIP 0078
6	FLIP 02-61C	27	FLIP 03-2C	47	FLIP 05-36C	67	FLIP 07-83C	87	Azkan	112	FLIP 03-70C
7	FLIP 02-67C	28	FLIP 07-4C	48	FLIP 05-37C	68	FLIP 07-84C	88	Akça	113	FLIP 03-128C
8	FLIP 02-69C	29	FLIP 03-5C	49	FLIP 05-42C	69	FLIP 07-96C	89	Gökçe	115	FLIP 05-19C
9	FLIP 02-80C	30	FLIP 03-6C	50	FLIP 05-43C	70	FLIP 08-3C	91	Seçkin	116	FLIP 05-147C
10	FLIP 02-81C	31	FLIP 03-8C	51	FLIP 05-47C	71	FLIP 08-18C	94	Aziziye-94	117	FLIP 05-157C
11	FLIP 03-1C	32	FLIP 03-9C	52	FLIP 05-93C	73	FLIP 08-45C	97	Sezenbey	118	FLIP 05-162C
12	FLIP 98-16C	33	FLIP 03-14C	53	FLIP 05-137C	74	FLIP 08-52C	98	Çağatay	119	FLIP 06-37C
13	FLIP 99-45C	34	FLIP 04-2C	54	FLIP 05-137C	75	FLIP 08-62C	99	Inci	120	FLIP 06-52C
14	FLIP 01-5C	35	FLIP 04-33C	55	FLIP 06-70C	76	FLIP 08-63C	100	FLIP 98-108C	121	Arman (Check)
15	FLIP 01-7C	37	FLIP 04-35C	56	FLIP 06-79C	77	FLIP 08-66C	101	FLIP 97-118C	122	Jam (Check)
16	FLIP 01-36C	38	FLIP 04-37C	57	FLIP 06-149C	78	FLIP 08-70C	102	FLIP 02-84	123	Saral (Check)
17	FLIP 01-57C	39	FLIP 04-38C	58	FLIP 06-151C	79	FLIP 08-71C	103	ILC 482	124	ILC533 (Check)
18	FLIP 02-3C	40	FLIP 05-13C	59	FLIP 06-154C	80	FLIP 08-73C	104	ILC 3279		
20	FLIP 02-50C	41	FLIP 05-38C	60	FLIP 06-163C	81	FLIP 08-74C	105	Sel96 11439		

جدول ۲- آمار هواشناسی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵ ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه.

Table 2. Meteorological details for Maragheh DARI Station (2014-15 and 2015-16).

Year سال	R.F. (mm)	Abs.T. Min. (°C)	Abs.T. Max. (°C)	Mean.T. Min. (°C)	Mean.T. Max. (°C)	Ave. T. (°C)	N.D. B.O	Ave.Rel .H. (%)	Evap. (mm)
October مهر	2014-15	131.7	0.5	23.4	5.3	13.7	9.5	0	107.8
	2015-16	79.6	0.5	26	6.7	16	11.38	0	114.5
November آبان	2014-15	51.5	-6.5	15	-0.6	6.3	2.8	16	4.5
	2015-16	59	-5.5	14	-0.7	7	3.1	18	0
December آذر	2014-15	62.9	-8	9.8	-2.7	3.2	0.25	25	0
	2015-16	23.5	-16	10	-7.3	-2.2	-4.7	28	0
January دی	2014-15	27.5	-10	10.4	-5.4	3.12	-1.1	30	0
	2015-16	30	-17.5	10.6	-4.8	0.7	-2	27	0
February بهمن	2014-15	27.3	-12.5	12.4	-4	4.43	0.22	24	0
	2015-16	43.5	-11.5	15.6	-2.6	5.4	1.3	20	0
March اسفند	2014-15	46.7	-10.5	16	-1.4	8.2	3.4	18	0
	2015-16	79	-7	16.4	-0.5	8.1	3.8	18	0
April فروردین	2014-15	24.3	-3.5	24.6	2.6	13.5	8.1	6	20.5
	2015-16	44.5	-5	23.4	3.4	13.5	8.5	5	41.5
May اردیبهشت	2014-15	45	1	27.4	8.4	20	14.2	0	241
	2015-16	14.2	2	28	8	19.9	13.97	0	212.6
Jun خرداد	2014-15	1	8	35.6	13.5	27.9	20.7	0	341.5
	2015-16	61.4	6	33	12.41	24.46	18.46	0	304.8

[R.F.: Rain Fall, میزان بارندگی]

[Abs.T.Min.: Minimum Absolute temperature, حداقل دمای مطلق]

[Ave.T.: Average Temperature, متوسط دما]

[Abs.T.Max.: Maximum Absolute temperature, حداکثر دمای مطلق]

[Mean.T.Min.: Mean Temperature Minimum, متوسط دمای حداقل]

[Mean.T.Max.: Mean Temperature Maximum, متوسط دمای حداکثر]

[Evap.: Evaporation, میزان تبخیر]

[N.D.B.O: Number of Days Below 0 °C, تعداد روزهای زیر صفر درجه، 0 °C]

نتایج و بحث

مقایسه کشت دیم بهاره و پاییزه

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط کشت دیم بهاره و پاییزه از لحاظ صفات ارزیابی شده پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دادند. میانگین صفات کل ژنوتیپ‌ها در کشت بهاره و پاییزه همراه با مقدار و درصد تغییرات هر صفت بررسی شد (جدول ۳). برای تمام صفات مورد مطالعه آزمون تی-استیودنت بین کشت پاییزه و کشت بهاره انجام شد و مشخص گردید که تفاوت همه صفات مورد مطالعه در کشت پاییزه و بهاره معنی‌دار است. به جز دو صفت ارتفاع اولین غلاف از سطح

خاک و درصد باروری همه صفات در کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره دارای افزایش بودند. بیشترین افزایش مربوط به تعداد غلاف پوک به میزان ۲۵۲/۹ درصد و کمترین افزایش مربوط به قطر غلاف به میزان ۳/۶ درصد بود. از اجزای عملکرد دانه، سه صفت تعداد غلاف کل، وزن صد دانه و شاخص برداشت در کشت پاییزه به ترتیب ۴۹/۴، ۳۴/۵ و ۱۷/۱ درصد افزایش نسبت به کشت بهاره داشتند. همچنین عملکرد دانه در کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره با ۸۹/۲ درصد افزایش تقریباً نزدیک به دو برابر رشد نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین و درصد تغییرات صفات آگرومورفولوژیک ۱۱۲ ژنوتیپ نخود مورد ارزیابی در کشت بهاره و پاییزه
Table 3. Mean and percentage of variation for agro-morphological traits in 112 chickpea genotypes under spring/autumn -planting conditions

مخفف صفات Abbreviation of traits	صفت Trait	میانگین Mean		میزان تغییر صفت Trait variation value	درصد تغییر صفت Trait variation percent
		کشت بهاره Spring-planting	کشت پاییزه Autumn-planting		
TPN	تعداد غلاف کل Total pods number	17.2	25.7	-8.5**	49.4
EPN	تعداد غلاف پوک Empty pods number	1.7	6	-4.3**	252.9
TSPN	تعداد غلاف دوبذری Two-seed pods number	1	1.4	-0.4**	40
PH	ارتفاع گیاه (cm) Plant height (cm)	25	30.4	-5.4**	21.6
FPH	ارتفاع اولین غلاف (cm) First pod height (cm)	12.6	11.7	0.95**	-7.1
OSPN	تعداد غلاف تک‌بذری One-seed pods number	13.7	17.8	-4.2**	29.9
DMI	تعداد روز تا شروع رسیدگی Days to maturity initiation	82.9	251.2	-168.3**	203
DM90%	تعداد روز تا ۹۰٪ رسیدگی Days to 90% maturity	91.7	271.1	-179.4**	195.6
100KW	وزن صد دانه (g) 100-kernel weight (g)	26.1	35.1	-9**	34.5
PD	قطر غلاف (mm) Pod diameter (mm)	11	11.4	-0.4**	3.6
PL	طول غلاف (mm) Pod length (mm)	21.3	22.2	-0.9**	4.2
B	زیست‌توده (g) Biomass (g)	9.1	14.6	-5.5**	60.4
HI	شاخص برداشت Harvest index	0.41	0.48	-0.07**	17.1
FP	درصد باروری (%) Fertility percent (%)	83	75.3	7.8**	-9.3
Y	عملکرد تک‌بوته (g) Single plant yield (g)	3.7	7	-3.3**	89.2

** : اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون t استیودنت.

** : Indicating statistically significant at 1% probability level based on student t-test.

تجزیه همبستگی

در کشت بهاره، ضرایب همبستگی ساده عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف کل، تعداد غلاف پوک، تعداد غلاف دوبذری، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده، شاخص برداشت و درصد باروری مثبت و معنی‌دار بودند. ضریب همبستگی ساده عملکرد دانه با تعداد غلاف کل ($0/83^{**}$) بیشترین مقدار را داشت و ضریب همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف تک‌بذری و زیست‌توده در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). در کشت پاییزه، ضریب همبستگی ساده عملکرد با همه صفات به جز تعداد روز از کاشت تا ۹۰٪ رسیدگی و درصد باروری مثبت و معنی‌دار بود. بیشترین همبستگی بین عملکرد و زیست‌توده ($0/92^{**}$) و بین تعداد غلاف و تعداد غلاف تک‌بذری ($0/91^{**}$) مشاهده گردید (جدول ۴).

برخلاف کشت پاییزه، در کشت بهاره همبستگی عملکرد دانه با صفات ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد روز رسیدگی، وزن صد دانه، قطر غلاف و طول غلاف غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴) که این امر می‌تواند به دلیل کوتاه بودن دوره رشد در کشت بهاره و عدم تاثیرگذاری آن صفات بر عملکرد باشد. در کشت بهاره همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن صد دانه با تعداد غلاف کل در بوته مشاهده شد. یعنی با افزایش تعداد غلاف، سهم هر یک از دانه‌ها از مواد فتوسنتزی کاهش یافته و دانه کوچکتری تولید می‌شود که با نتایج گزارش شده توسط سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Sedaghatkhahi et al., 2011).

در کشت بهاره همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت با دو صفت تعداد غلاف تک‌بذری و تعداد غلاف دوبذری وجود داشت و در کشت پاییزه همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص برداشت با صفت تعداد غلاف پوک مشاهده شد (جدول ۴). به عبارت دیگر تعداد غلاف‌های بارور (دارای یک یا دو بذری) به عنوان یک جزء زایشی موثر در شاخص برداشت هستند، به طوری که در کشت بهاره ژنوتیپ‌های دارای غلاف بارور بیشتر، شاخص برداشت بیشتر و در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های دارای غلاف بارور کمتر، شاخص برداشت کمتری داشتند. نتایج مشابه با این یافته توسط Sedaghatkhahi et al, (2011) گزارش شده است. در کشت بهاره بین صفات تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی و ۹۰٪ رسیدگی با چهار صفت تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ولی این دو صفت فنولوژیک با

عملکرد تک‌بوته همبستگی معنی‌داری نداشتند، بنابراین به نظر می‌رسد مزیت ژنوتیپ‌های دیررس افزایش ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک در آن‌ها هست که در برداشت مکانیزه نخود این دو صفت مؤلفه‌های مهمی هستند. همچنین تعداد غلاف تک‌بذری و مقدار زیست‌توده در ژنوتیپ‌های دیررس بیشتر بود ولی دیررس بودن این ژنوتیپ‌ها علیرغم بالا بودن تعداد غلاف تک‌بذری به دلیل تنش خشکی آخر فصل نتوانسته بود عملکرد تک‌بوته را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد. هرچند رابطه مثبت جزئی بین این صفات فنولوژیک با عملکرد تک‌بوته مشاهده شد (جدول ۴).

در کشت پاییزه نیز همبستگی تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی با صفات زیست‌توده، ارتفاع بوته و عملکرد تک‌بوته مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین در کشت پاییزه به دلیل طولانی بودن دوره رشد و وجود فرصت کافی برای گیاه، ژنوتیپ‌های دیررس‌تر عملکرد بیشتری خواهند داشت. همچنین در کشت پاییزه تعداد روز از کاشت تا رسیدگی با سه صفت وزن صد دانه، طول غلاف و قطر غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. بر این اساس گیاهانی که فرصت بیشتری برای توسعه اندام‌های رویشی خود داشتند توانستند غلاف‌های بزرگتر و دانه‌های درشت‌تری تولید کنند که با نتایج (Nezami et al, 2010) مطابقت دارد. همبستگی تعداد روز از کاشت تا رسیدگی با شاخص برداشت منفی و معنی‌دار بود. این امر می‌تواند به دلیل افزایش بیشتر شاخ و برگ گیاه (زیست‌توده) نسبت به مقدار افزایش عملکرد دانه باشد که در نهایت باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود.

در کشت بهاره صفت ارتفاع بوته با تعداد غلاف کل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۴) که با نتایج نظامی و همکاران (Nezami et al., 2010) مطابقت دارد. در کشت پاییزه ارتفاع بوته با شاخص برداشت و درصد باروری همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. این امر نشان‌دهنده افزایش میزان زیست‌توده و تعداد غلاف‌های پوک در ژنوتیپ‌های پابلند نخود در کشت پاییزه است که به نظر می‌رسد به دلیل اثر بیشتر تنش سرمایی بر کاهش باروری ژنوتیپ‌های پابلند و ایستاده در نخود باشد و ژنوتیپ‌هایی که دارای ارتفاع کمتر و تیپ بوته خوابیده هستند به مقدار بیشتری از سرمای زمستانه و بهاره در امان می‌مانند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده برای صفات زراعی ژنوتیپ‌های نخود در کشت بهاره (پایین قطر) و کشت پاییزه (بالای قطر)

Table 4. Correlation coefficients for agronomic traits of chickpea genotypes in spring-planting (below diameter) and autumn-planting (above diameter)

Trait	TPN	EPN	TSPN	PH	FPH	OSPN	DMI	DM90%	100KW	PD	PL	B	HI	FP	Y
TPN		0.75**	0.20*	0.175	-0.043	0.91**	0.122	0.071	-0.088	-0.088	-0.086	0.78**	-0.029	-0.20*	0.74**
EPN	0.54**		0.19*	0.18*	-0.077	0.51**	0.097	0.045	0.01	0.05	0.02	0.55**	-0.35**	-0.62**	0.40**
TSPN	0.35**	-0.04		0.32**	0.158	-0.009	0.087	0.062	0.006	0.31**	0.29**	0.32**	-0.048	-0.39**	0.29**
PH	0.34**	-0.03	0.154		0.66**	-0.004	0.22*	0.21*	0.33**	0.39**	0.30**	0.42**	-0.21*	-0.44**	0.33**
FPH	0.049	-0.07	0.045	0.59**		-0.142	0.099	0.175	0.33**	0.28**	0.37**	0.22*	0.05	-0.22*	0.19*
OSPN	0.98**	0.42**	0.27**	0.38**	0.071		0.057	0.048	-0.124	-0.157	-0.146	0.71**	0.134	0.19*	0.73**
DMI	0.176	0.007	0.038	0.20*	0.31**	0.20*		0.60**	0.164	0.119	0.14	0.27**	-0.088	-0.118	0.20*
DM90%	0.186	-0.002	-0.009	0.24**	0.29**	0.21*	0.92**		0.21*	0.19*	0.21*	0.25**	-0.20*	-0.056	0.145
100KW	-0.19*	-0.06	-0.048	0.21*	0.20*	-0.20*	0.011	-0.01		0.55**	0.57**	0.29**	-0.021	-0.057	0.25**
PD	-0.147	0.007	0.115	0.21*	0.14	-0.18	-0.01	-0.04	0.62**		0.72**	0.35**	-0.22*	-0.20*	0.24**
PL	-0.021	-0.16	0.180	0.42**	0.23*	-0.02	-0.03	-0.05	0.51**	0.579**		0.37**	-0.17*	-0.139	0.27**
B	0.75**	0.44**	0.27**	0.37**	0.20*	0.73**	0.30**	0.30**	0.142	0.087	0.019		-0.06	-0.133	0.92**
HI	0.31**	0.007	0.34**	0.149	-0.15	0.31**	-0.19	-0.17	0.078	0.083	0.269**	0.010		0.47**	0.30**
FP	0.19*	-0.58**	0.33**	0.38**	0.15	0.29**	0.12	0.14	0.036	-0.053	0.271**	0.172	0.384**		0.01
Y	0.83**	0.34**	0.42**	0.43**	0.08	0.82**	0.15	0.17	0.118	0.092	0.169	0.784**	0.583**	0.351**	

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪. برای توضیح اختصارات به جدول ۳ مراجعه شود.
** and *: significant at 1% and 5%, respectively. See Table 3 for abbreviations.

معنی‌داری بر عملکرد دانه در بوته داشتند، نشان داد که تعداد غلاف کل اثر مستقیم و ضریب همبستگی ساده بیشتری با عملکرد دانه داشت. اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بوده است زیرا با افزایش تعداد غلاف کل (تعداد دانه) وزن دانه‌ها کمتر شد. وزن ۱۰۰ دانه به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف کل (کاهش وزن دانه‌ها در اثر افزایش تعداد دانه‌ها)، ضریب همبستگی ساده کمتری با عملکرد دانه داشت. درصد باروری و تعداد غلاف دوبری نیز علیرغم پایین بودن اثرات مستقیم‌شان، به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشتند (جدول ۵). در پژوهش‌های اخیر نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت و همچنین اثر مستقیم و معنی‌دار این صفات بر عملکرد دانه نخود گزارش شده است (Gediya et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر اثر مستقیم بالای صفات تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک‌بذر بر عملکرد دانه مشاهده شده است (Farshadfar and Farshadfar, 2008).

نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه در شرایط تنش سرمایی (کشت پاییزه) با استفاده از صفات طول غلاف، تعداد غلاف پوک، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف دو بذری که در رگرسیون گام‌به‌گام تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در بوته

وزن صد دانه نخود در هر دو شرایط کشت بهاره و پاییزه با قطر و طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت یعنی ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر، دارای دانه‌های بزرگتری نیز بودند. همچنین در کشت پاییزه قطر و طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند ولی این همبستگی‌ها در کشت بهاره معنی‌دار نبود. یعنی در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های دارای غلاف‌های بزرگتر، عملکرد بیشتری نیز داشتند ولی در کشت بهاره به دلیل کوتاه بودن دوره رویشی و کم بودن زمان پر شدن غلاف، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر نتوانستند عملکرد بیشتری تولید نمایند. ضریب همبستگی تعداد غلاف پوک با عملکرد دانه در هر دو کشت بهاره و پاییزه مثبت و معنی‌دار بود. شاید وجود چنین رابطه مثبتی در نگاه اول متناقض باشد؛ ولی چون ضریب همبستگی تعداد غلاف پوک با تعداد غلاف کل در هر دو کشت بهاره و پاییزه (مثبت و معنی‌دار بود یعنی با افزایش تعداد غلاف کل در یک بوته، تعداد غلاف پوک آن نیز افزایش یافت پس بوته‌هایی با تعداد غلاف کل بیشتر که طبیعتاً عملکرد بالاتری نیز دارند، تعداد غلاف پوک بیشتری هم داشتند.

تجزیه علیت

نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه در شرایط کشت بهاره با چهار صفت تعداد غلاف کل، وزن ۱۰۰ دانه، درصد باروری و تعداد غلاف دوبری که در رگرسیون گام‌به‌گام تأثیر

داشتند، نشان داد که در مورد تعداد غلاف کل علیرغم داشتن اثر مستقیم بالا بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار بالا نبود. در مورد طول غلاف نیز علیرغم پایین بودن اثر مستقیم، به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق وزن ۱۰۰ دانه (غلاف‌های بزرگتر دانه‌های بزرگتری دارند و با افزایش طول غلاف، وزن ۱۰۰ دانه نیز افزایش یافته و منجر به بالا رفتن عملکرد دانه می‌شود)، ضریب همبستگی ساده طول غلاف با عملکرد دانه خیلی کم نبود. در مورد تعداد غلاف پوک علیرغم منفی بودن اثر مستقیم بر عملکرد دانه (۰/۴۸۳-) همبستگی ساده مثبت (۰/۴۰۳) بین تعداد غلاف پوک با عملکرد دانه مشاهده شد که به نظر می‌رسد این امر به دلیل اثر غیرمستقیم بالا و مثبت از طریق تعداد غلاف کل رخ

داد (با افزایش تعداد غلاف کل که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود تعداد غلاف پوک نیز افزایش می‌یابد). وزن ۱۰۰ دانه نیز برخلاف اثر مستقیم پایین بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشت که این موضوع می‌تواند به دلیل اثر غیرمستقیم مثبت از طریق طول غلاف بر عملکرد دانه باشد (بوته‌های دارای غلاف‌های بزرگتر، دانه‌های سنگین‌تر و در نهایت عملکرد دانه بیشتری داشتند). در مورد تعداد غلاف دو بذری نیز برخلاف اثر مستقیم بسیار پایین این صفت بر عملکرد دانه، ضریب همبستگی ساده متوسطی با عملکرد دانه داشت و دلیل این امر نیز اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه می‌باشد (بوته‌های دارای تعداد غلاف کل بیشتر که عملکرد بالاتری هم داشتند دارای تعداد غلاف دو بذری بیشتری هم بودند) (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه ضرایب علیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات ارزیابی شده بر عملکرد دانه نخود در کشت بهاره و پاییزه
Table 5. Path coefficients analysis of direct and indirect effects of evaluated traits on chickpea grain yield in spring-planting and autumn-planting

	صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effects through				مجموع اثرات غیرمستقیم Sum of indirect effects	اثر کل Total effect	باقیمانده Residual
			TPN	100KW	FP	TSPN			
کشت بهاره Spring-planting	TPN	0.829	-	-0.056	0.028	0.032	0.004	0.836	0.426
	100KW	0.281	-0.165	-	0.005	-0.005	-0.165	0.118	
	FP	0.148	0.162	0.01	-	0.03	0.202	0.351	
	TSPN	0.092	0.297	-0.014	0.049	-	0.332	0.425	
کشت پاییزه Autumn-planting	TPN	1.135	-	-0.019	-0.366	-0.021	-0.387	0.748	0.444
	PL	0.220	-0.098	-	-0.01	0.133	0.054	0.275	
	EPN	-0.483	0.859	0.004	-	0.002	0.884	0.402	
	100KW	0.234	-0.1	0.125	-0.005	-	0.020	0.254	
	TSPN	0.098	0.226	0.064	-0.097	0.001	0.194	0.296	

See Table 3 for abbreviations.

برای توضیح اختصارات به جدول ۳ مراجعه شود.

عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه شناسایی شده‌اند (Ali et al., 2009) که از نظر اثر مثبت وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین معلوم شده است که تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانه دارد (Habibpour-Mehrban et al., 2014) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد و تعداد غلاف پر در بوته نیز دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۳۵۱) بر عملکرد بود (Dashti et al., 2019).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

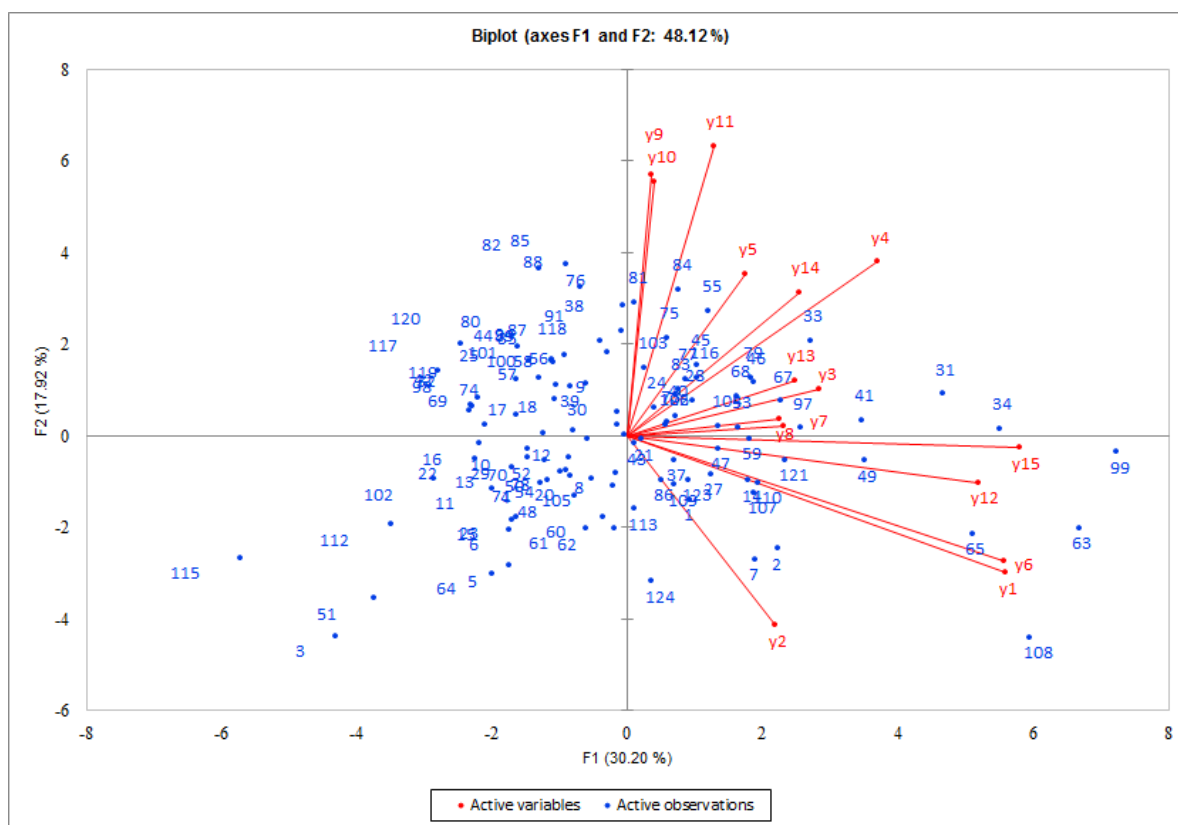
برای تعیین اهمیت هر یک از صفات آگرومورفولوژیکی مورد مطالعه، در تنوع بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، نتایج

در نتایج تحقیق حاضر تعداد غلاف کل و وزن ۱۰۰ دانه به عنوان دو عامل اثرگذار اصلی در عملکرد دانه نخود بودند. به طور کلی و بر اساس گزارشات سایر پژوهشگران، نتایج حاصل از همبستگی، رگرسیون چندگانه و تجزیه ضرایب علیت این نکته را مشخص می‌سازد که وزن بذر با غلاف و تعداد بذر در بوته از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد تک‌بوته نخود دیم می‌باشند و اصلاح در جهت افزایش این صفات قادر است عملکرد بوته را به نحو مطلوبی افزایش دهد (Mardi et al., 2003). در یک پژوهش وزن بذر با غلاف و تعداد بذر در بوته را به عنوان اجزاء عملکرد معرفی شده است (Singh et al., 1995) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر عملکرد بیولوژیک، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف به

سهام آن متغیر در آن مؤلفه اصلی بیشتر است. صفات دارای بردار طولی‌تر نزدیک به محور افقی (Y1، Y6، Y12 و Y15) سهام بیشتری در مؤلفه اصلی اول و صفات دارای بردار طولی‌تر نزدیک به محور عمودی (Y9، Y10 و Y11) سهام بیشتری در مؤلفه اصلی دوم نشان دادند (شکل ۱). در نمودار بای‌پلات ترسیم شده هر ژنوتیپ توسط نزدیک‌ترین صفت یا صفات از دیگر ژنوتیپ‌ها متمایز شدند، به طوری که ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل (Y1)، تعداد غلاف تک‌بذری (Y6)، زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک بوته (Y15) را داشتند. لذا چهار ژنوتیپ مذکور از نظر مؤلفه اول برتر بودند. در مؤلفه دوم نیز وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف (Y9، Y10 و Y11) بزرگترین بردار بودند که ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴، ۸۵ و ۸۸ از نظر این صفات برتر بودند.

حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در کشت بهاره نشان داد که پنج مؤلفه اول به ترتیب با ۳۰/۲۰، ۱۷/۹۲، ۱۴/۸۵، ۱۱/۷۴ و ۶/۷۷ درصد از واریاس کل داده‌ها در مجموع ۸۱/۴۷ درصد از تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه کردند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات تعداد غلاف، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد دانه بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه دوم نیز نشان داد که صفات وزن صد دانه، قطر غلاف و طول غلاف بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند.

نمودار بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اول (شکل ۱) تاثیر صفات آگرومورفولوژیک در پراکنش ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. طول بردار متغیرهای مورد مطالعه نشان‌دهنده سهم آنها در مؤلفه‌های اصلی هست و هر چه طول بردار متغیر بیشتر باشد



شکل ۱- نمودار بای‌پلات ۱۱۲ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات آگرومورفولوژیک در کشت بهاره

Fig. 1. Biplot diagram for 112 chickpea genotypes by agromorphological traits in spring cultivation

(Y1) تعداد غلاف کل؛ Y2: تعداد غلاف پوک؛ Y3: تعداد غلاف دوبذری؛ Y4: ارتفاع گیاه؛ Y5: ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک؛ Y6: تعداد غلاف تک بذری؛ Y7: تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی؛ Y8: تعداد روز از کاشت تا ۹۰٪ رسیدگی؛ Y9: وزن صد دانه؛ Y10: قطر غلاف؛ Y11: طول غلاف؛ Y12: زیست‌توده؛ Y13: شاخص برداشت؛ Y14: درصد باروری؛ Y15: عملکرد تک بوته)

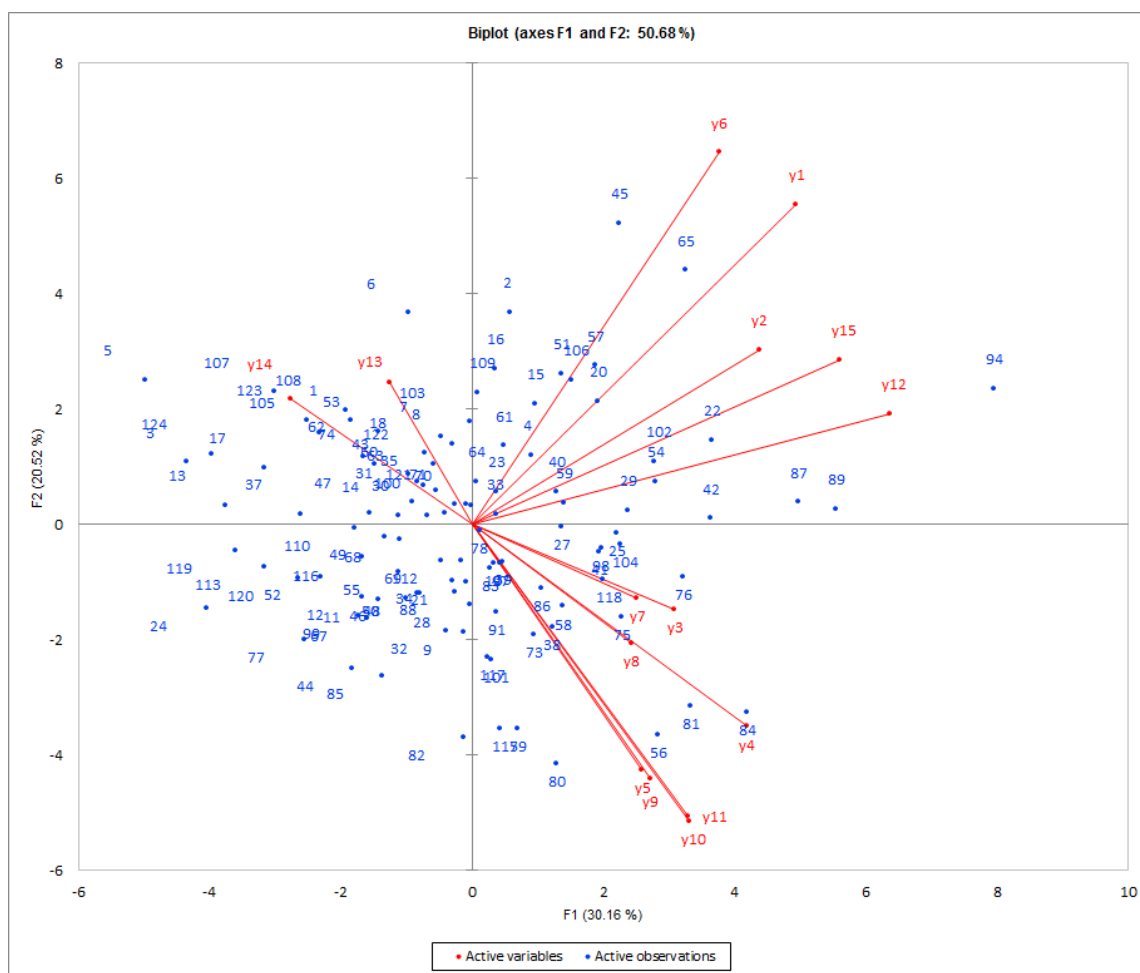
در نمودار بای‌پلات کسینوس زاویه بین بردارهای دو صفت، برآوردی از ضریب همبستگی بین آنها را فراهم می‌کند. در نمودار زاویه بین عملکرد دانه (Y15) با صفات وزن ۱۰۰ دانه (Y9) و قطر غلاف (Y10) تقریباً ۸۵ درجه است، کسینوس زاویه ۸۵ درجه که حدود ۰/۱ است در واقع بین صفت عملکرد دانه و صفات ذکر شده همبستگی ضعیف ۰/۱ وجود دارد. زاویه بین عملکرد دانه (Y15) و ارتفاع بوته (Y4) تقریباً ۶۵ درجه است، کسینوس زاویه ۶۵ درجه که برابر با ۰/۴ است لذا همبستگی بین عملکرد دانه و ارتفاع دانه حدود ۰/۴ است. زاویه تقریبی بین عملکرد دانه (Y15) با صفات تعداد غلاف کل (Y1) و تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) حدود ۳۰ درجه است و لذا همبستگی بین عملکرد و این صفات حدود ۰/۸ می‌باشد (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در کشت پاییزه نیز نشان داد که پنج مؤلفه اول به ترتیب با ۳۰/۱۶، ۲۰/۵۲، ۱۲/۷۶، ۹/۵۵ و ۷/۴۴ درصد از کل واریانس در مجموع ۸۰/۴۳ درصد از تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را توجیه کردند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. مقادیر بردارهای ویژه در مؤلفه دوم نیز نشان داد که صفات تعداد غلاف کل و طول غلاف بیشترین نقش را در تشکیل این مؤلفه داشتند. نمودار بای‌پلات (شکل ۲) حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تاثیر صفات آگرومورفولوژیک بر پراکنش ژنوتیپ‌ها در کشت پاییزه را نشان می‌دهد. در این نمودار ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک‌بوته (Y15) بیشتری داشتند، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل (Y1) و تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) بیشتر و قطر غلاف (Y10) و طول غلاف (Y11) کمتری داشتند؛ یعنی از نظر مؤلفه دوم (غلاف‌های بیشتر و کوچکتر) شاخص بودند ولی از نظر مؤلفه اول (عملکرد و زیست‌توده بیشتر) خیلی مطلوب نبودند، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل (Y1) و زیست‌توده (Y12) بیشتری داشت و ژنوتیپ ۹۴ دارای تعداد غلاف کل (Y1)، تعداد غلاف تک‌بذری (Y6)، زیست‌توده (Y12) و عملکرد تک‌بوته (Y15) بیشتری بود.

در بای‌پلات حاصل (شکل ۲)، زاویه بین صفت تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) با ارتفاع گیاه (Y4) تقریباً ۹۰ درجه

است، کسینوس زاویه ۹۰ درجه صفر است و بیانگر اینست که بین صفات ذکر شده همبستگی وجود ندارد. زاویه بین عملکرد دانه (Y15) با صفات تعداد غلاف تک‌بذری (Y6) و تعداد غلاف کل (Y1) تقریباً ۴۵ درجه است و کسینوس زاویه ۴۵ درجه برابر با ۰/۷ است. زاویه تقریبی بین صفت تعداد غلاف پوک (Y11) با صفت درصد باروری (Y14) حدود ۱۳۰ درجه است که کسینوس ۱۳۰ درجه برابر با ۰/۶- هست لذا همبستگی بین درصد باروری و تعداد غلاف پوک حدود ۰/۶- است. به همین ترتیب ضریب همبستگی بین تعداد غلاف کل (Y1) و درصد باروری (Y14) که دارای زاویه حدود ۱۰۵ درجه هستند ۰/۲- مشاهده شد (شکل ۲). با مقایسه ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف در تجزیه همبستگی (جدول ۴) و ضرایب همبستگی قابل مشاهده بین صفات مختلف با استفاده از زاویه بردارهای صفات در نمودارهای بای‌پلات (شکل ۱ و ۲) همخوانی کامل از نظر شدت و جهت همبستگی مشاهده گردید. لازم به ذکر است که تفاوت‌های اندک در مقدار همبستگی در دو روش مختلف به خاطر عدم استفاده از واریانس کل داده‌ها در نمودارهای بای‌پلات ترسیمی حاصل از دو مؤلفه اول در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد.

همراستا با نتایج این مطالعه، در پژوهشی با بررسی ۱۰ صفت مورفولوژیک روی ۳۶۲ لاین نخود زراعی، با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص شد که چهار مؤلفه اصلی اول حدود ۸۴/۱ درصد تغییرات کل را تشکیل دادند. در مؤلفه اول که ۲۸/۹ درصد از کل تنوع را توجیه می‌کرد، صفات روز تا رسیدگی اولیه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، بیشترین تاثیر را داشتند و در مؤلفه دوم تعداد بذر در بوته، عملکرد دانه و تعداد بذر در غلاف، مهم‌ترین عوامل بودند و انتخاب بر اساس مؤلفه دوم بیشترین تاثیر را در عملکرد داشت (Naghavi and Jahansouz, 2005). همچنین در تحقیق دیگری با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۶۰ لاین و رقم نخود با ۱۵ صفت مشخص شد که پنج مؤلفه اصلی، ۶۳/۵ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند (Farshadfar and Farshadfar, 2008).



شکل ۲- نمودار بای پلات ۱۱۲ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات آگرومورفولوژیک در کشت پاییزه

Fig. 2. Biplot diagram for 112 chickpea genotypes by agromorphological traits in autumn cultivation

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تجزیه همبستگی مشخص گردید که در کشت بهاره به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد، ارتباط معنی‌دار اکثر صفات زراعی مهم با عملکرد دانه آشکار نشده و مؤلفه‌های مهمی همچون وزن صد دانه فرصت کافی برای اثرگذاری معنی‌دار بر عملکرد نمی‌یابند. به طوری که در کشت پاییزه، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر دارای عملکرد بیشتری بودند ولی در کشت بهاره و به دلیل کوتاه بودن دوره رویشی و کم بودن زمان پر شدن غلاف، ژنوتیپ‌هایی با غلاف‌های بزرگتر نتوانستند عملکردهای بیشتری تولید نمایند. در کشت بهاره تعداد غلاف کل اثر مستقیم و ضریب همبستگی ساده زیادی با عملکرد دانه داشت ولی اثر غیرمستقیم تعداد غلاف کل از طریق وزن ۱۰۰ دانه بر عملکرد دانه منفی بود. در کشت پاییزه علیرغم اثر مستقیم بالای تعداد غلاف کل بر عملکرد دانه، به دلیل اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد غلاف پوک، ضریب

همبستگی ساده تعداد غلاف کل با عملکرد دانه بسیار زیاد نبود. در نمودار بای پلات کشت بهاره ژنوتیپ‌های ۱۰۸، ۶۳، ۶۵ و ۹۹ بیشترین تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک بوته و ژنوتیپ‌های ۵۵، ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۴ و ۸۸ بالاترین وزن ۱۰۰ دانه و طول و قطر غلاف را دارا بودند. بر اساس نمودار بای پلات کشت پاییزه، ژنوتیپ‌های ۸۷ و ۲۲ مقدار زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتر، ژنوتیپ‌های ۴۵ و ۶۵ تعداد غلاف کل و تعداد غلاف تک‌بذری بیشتر، ژنوتیپ ۸۹ تعداد غلاف کل و زیست‌توده بیشتر و ژنوتیپ ۹۴ دارای تعداد غلاف کل، تعداد غلاف تک‌بذری، زیست‌توده و عملکرد تک‌بوته بیشتری بودند. در مجموع طبق نتایج تحقیق حاضر تعداد غلاف کل و وزن ۱۰۰ دانه به عنوان دو عامل اثرگذار اصلی در عملکرد دانه نخود بودند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش توصیه می‌شود در برنامه‌های به‌نژادی در راستای افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های نخود

در شرایط تنش سرما و بدون تنش، گزینش بر اساس تعداد غلاف کل در بوته صورت پذیرد که صفتی قابل رؤیت بوده و اندازه‌گیری آن ساده است.

منابع

1. Akbarpoor, M. and Mahdavi-Damghani, A. 2017. The role of agricultural economics in reducing poverty and achieving food security. In Second National Conference on Economics, Management and Accounting, July 6, 2017. Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).
2. Ali, M.A., Nawab, N.N., Abbas, A., Zulkiffal, M. and Sajjad, M. 2009. Evaluation of selection criteria in *Cicer arietinum* L. using correlation coefficients and path analysis. Australian Journal of Crop Science 3(2): 65-70.
3. Dahl, W.J., Foster, L.M. and Tyler, R.T. 2012. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). British Journal of Nutrition 108(S1): S3-S10.
4. Dashti, H., Yousefi-Sorooshak, M., Bihamta, M.R. and Gholizadeh-Vazvani, M. 2019. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Cold Resistance in Autumn Cultivation in Rafsanjan Region of Iran. Journal of Crop Breeding 11(29): 181-192. (In Persian).
5. FAO. 2018. FAO-STAT; Statistical Database of the United Nation Food and Agriculture Organization. Available at: www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
6. Farshadfar, A. 2001. The principles and methods of multivariate statistics. Razi university of Kermanshah publishers.
7. Farshadfar, M. and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces and lines. Journal of applied sciences 8(2): 3951-3956.
8. Fraser, J. and Eaton, G.W. 1983. Application of yield component analysis to crop research. Field crop 39:787-797.
9. Gediya, L.N., Patel, D.A., Kumar, S., Kumar, D., Parmar, D.J., and Patel, S.S. 2019. Phenotypic variability, path analysis and molecular diversity analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Vegetos 32(2): 167-180.
10. Habibpour-Mehrban, F., Maali-Amiri, R., Zeinali-Khaneghah, H., and Dashtaki, M. 2014. Morphological variations black chickpeas by using multivariate analysis methods. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(1): 23-30. (In Persian).
11. Karami, E., Ghannadha, M.R., Naghavi, M.R. and Mardi, M. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iran Journal Agricultural Sciences 36(3):547-60. (In Persian).
12. Karamidehkordi, E. 2010. A country report: Challenges facing Iranian agriculture and natural resource management in the twenty-first century. Human Ecology 38(2): 295-303.
13. Koivunen, E., Partanen, K., Perttilä, S., Palander, S., Tuunainen, P. and Valaja, J. 2016. Digestibility and energy value of pea (*Pisum sativum* L.), faba bean (*Vicia faba* L.) and blue lupin (narrow-leaf) (*Lupinus angustifolius*) seeds in broilers. Animal Feed Science and Technology 218: 120-127.
14. Kumar, A., Yadav, A.K., Nath, S. and Yadav, P. 2017. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm. Journal of Food Legumes 30(4): 301-303.
15. Mardi, M., Taleei, A.R. and Omid, M. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 34(2): 345-351. (In Persian with English Summary).
16. Naghavi, M. R. and Jahansou, M. R. 2005. Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. Journal of Integrative Plant Biology 47(3): 375-379.
17. Nasiri, P. and Ebrahimi, M.A. 2013. Advanced statistical methods in biological and agricultural sciences. Yadav-e Ketab Publishing Center. (In Persian).
18. Nezami, A., Sedaghatkhahi, H., Porsa, H., Parsa, M. and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of autumn sowing chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes of cold tolerant under supplemental irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 415-423. (In Persian).
19. Pundir, R.P.S., Reddy, K.N. and Mengesha, M.H. 1992. Pod volume and pod filling as useful traits of chickpeas. International Chickpea Newsletter 27: 27-28.
20. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2015. Tips on autumn cultivation of chickpeas and lentils (First section). Moravej 152-153: 17-18. (In Persian).
21. Sedaghatkhahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Porsa, H. and Bagheri, A. 2011. Evaluation of yield and yield components of cold tolerant chickpea genotypes under delayed planting conditions in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 323-330. (In Persian).

22. Seyedhamzeh, S. and Damari, B. 2017. The conceptual model of food and nutrition security in Iran. *Community Health* 4(3): 223-232.
23. Singh, I.S., Hussain, M.A. and Gupta, A.K. 1995. Correlation studies among yield and yield contributing traits in F2 and F3 chickpea populations. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter* 2: 11-13.
24. Singh, K.B., Bejiga, G. and Malhotra, R.S. 1990. Associations of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica* 49(1): 83-88.
25. Singh, N. 2017. Pulses: an overview. *Journal of Food Science and Technology* 54(4): 853-857.
26. Temba, M.C., Njobeh, P.B., Adebo, O.A., Olugbile, A.O. and Kayitesi, E. 2016. The role of compositing cereals with legumes to alleviate protein energy malnutrition in Africa. *International Journal of Food Science & Technology* 51(3): 543-554.
27. Uddin, M.J., Hamid, M.A., Rahman, A.R.M.S. and Newaz, M.A. 1990. Variability, correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics* 3(12): 51-55.
28. Vijaykumar, C.H.M., Salimath, P.M., Goud, J.V. and Parameshwarappa, R. 1991. Genetic Variability and Genotype×Environment Interaction in Chickpea. *Journal-Maharashtra Agricultural Universities* 16: 37-37.
29. Williams, C.M., King, J.R., Ross, S.M., Olson, M.A., Hoy, C.F. and Lopetinsky, K.J. 2014. Effects of three pulse crops on subsequent barley, canola, and wheat. *Agronomy Journal* 106(2): 343-350.
30. Zeinali, H., Nasrabadi, A., Hoseinzadeh, H., Chogan, R. and Sabokdast, M. 2005. Factor analysis on spatial corn varieties. *Crop Science Journal of Iran* 36(4): 895-902.



Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting

Yousefi¹, Valiollah; Ahmadi^{2*}, Jafar; Sadeghzadeh-Ahari³, Davoud; and Esfandiari⁴, Ezatollah

1. PhD. in Plant Breeding, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran; vali_yousefi@yahoo.com
2. Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran; j.ahmadi@eng.ikiu.ac.ir
3. Associate Professor, Dryland Pulses Research Department, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Maragheh, Iran; dsadeghzade@yahoo.com
4. Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran; esfand1977@yahoo.com

The Dates:

Received: 21 October 2020; Revised: 21 February 2022
Accepted: 10 May 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Yousefi, V., Ahmadi, J., Sadeghzadeh-Ahari, D., and Esfandiari, E. 2023. Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 48-62. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.89295

Introduction

Legumes are the most economically important food source for humans due to their protein richness, especially in developing and underdeveloped countries. Chickpea yield in spring-planting under dryland cropping decreases due to increasing temperature and day length and the occurrence of end-season drought and exposure to important pest's activity. In autumn-planting, early flowering, escaping from pests and optimal use of annual rainfall help to significantly increase in grain yield. Increasing the growth period during autumn planting has been found to result in taller plant height, making mechanical harvesting more feasible. The success of a plant breeding program relies on implementing a suitable selection design that takes into account both correlated and non-correlated relationships. Recently, a significant positive correlation has been observed between grain yield and several traits such as the number of pods, number of seeds, 100-kernel weight, and harvest index in chickpea. These traits were also found to have a direct and significant effect on chickpea grain yield. Additionally, there was a high direct effect observed for pod number, number of seeds, 100-kernel weight, and single-seed weight on chickpea grain yield.

Materials and Methods

This research was conducted on 112 chickpea genotypes in dryland spring-planting (non-cold stress condition) and autumn-planting (cold stress) based on augmented design in Dryland Agricultural Research Institute located in Maragheh. Total pods number, number of empty pods, number of tow-seed pods, plant height, first pod height from soil level, number of pods with one seed, days to maturity initiation, days to 90% maturity, 100-kernel weight, pod diameter, pod length, biomass, harvest index, fertility percent and single-plant yield were measured. The correlation analysis, stepwise regression and path analysis, and principal component analysis were used for identifying the relationships among agro-morphological traits.

Results and Discussion

In autumn-planting condition grain yield positively correlated with all traits except days to 90% maturity, but in spring-planting condition the correlation between grain yield and first pod height, days to maturity initiation, days to 90% maturity, 100-kernel weight, pod diameter and pod length were not

significant. In spring-planting, 100-kernel weight and total pods number were negatively correlated. In both spring and autumn-planting, the 100-kernel weight showed a significant positive correlation with pod diameter and pod length. This indicates that genotypes with larger pods also tend to have larger seeds. Furthermore, in autumn-planting, there was a significant positive correlation between pod diameter, pod length, and grain yield. However, these correlations were not significant in spring-planting. Stepwise regression analysis was performed to assess the factors influencing grain yield in both planting conditions. In spring-planting, the number of total pods, 100-kernel weight, fertility percent, and the number of two-seed pods were found to have direct and significant effects on grain yield. On the other hand, in autumn-planting, the number of total pods, pod length, number of empty pods, 100-kernel weight, and the number of two-seed pods were included in the final model as predictors of grain yield. These results suggest that these factors play a crucial role in determining grain yield in their respective planting conditions. In spring-planting, the genotypes 108, 63, 65 and 99 had the highest number of total pods, number of single pods, biomass and plant yield and genotypes 55, 76, 81, 82, 84, 85 and 88 had the highest weight of 100-kernel, pod length and pod diameter. In autumn-planting, the genotypes 87 and 22 had higher biomass and grain yield, genotypes 45 and 65 had higher total pods and number of single pods, genotype 89 had higher total pods and biomass and genotype 94 had higher total pods, number of single pods, biomass and yield.

Conclusion

Correlation analysis results showed that in non cold stress condition (spring-planting), due to the short growth period, the significant relationship of most important agronomic traits with grain yield were not revealed and important components such as 100-kernel weight did not have enough opportunity to significantly affect grain yield. In spring-planting, total pods number had a high direct effect and correlation coefficient with grain yield, but the indirect effect of this trait through 100-kernel weight on grain yield was negative because increasing the number of total pods causes decreasing the kernel weight. In autumn-planting, despite the high direct effect of total pods number on grain yield, due to the indirect negative effect through the number of empty pods, the correlation coefficient of total pod number with grain yield was not very high. Finally in order to increase grain yield in chickpea genotypes in breeding programs it is recommended that under cold stress and non-stress conditions, selection should be based on the number of total pods per plant, which is a visible trait and easy to measure.

Keywords: Autumn-planting; Cold tolerance; Grain yield; Regression analysis



سبب شناسی بیماری‌های پوسیدگی ریشه، زردی و پژمردگی نخود در استان کرمانشاه

بهمن گرامی نسب^۱، سعید عباسی^{۲*}، صمد جمالی^۳، خسرو چهری^۴ و حسن یونسی^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه پزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛

bahman_geraminasab@yahoo.com

۲- دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه پزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ abbasikhs@yahoo.com

۳- استادیار بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه پزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ jamali454@yahoo.com

۴- استادیار فارچ شناسی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ khchehri@gmail.com

۵- مربی پژوهشی بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه؛ unesi920@yahoo.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

گرامی نسب، ب، عباسی، س، جمالی، ص، چهری، خ، و یونسی، ح. ۱۴۰۲. سبب شناسی بیماری‌های پوسیدگی ریشه، زردی و پژمردگی نخود در استان کرمانشاه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۶۳-۷۴.

چکیده

پوسیدگی‌های ریشه و پژمردگی نخود، مخرب‌ترین بیماری‌های محدودکننده تولید نخود در استان کرمانشاه به شمار می‌روند. با این حال، اتیولوژی این بیماری‌ها به طور کامل بررسی نشده است. طی فصول زراعی ۹۰-۹۴، از ۱۹۴ مزرعه نخود در مناطق مختلف استان کرمانشاه بازدید شد و از هر مزرعه، حداقل چهار بوته مشکوک به بیماری، به منظور جداسازی بیمارگر استفاده شد. بر اساس خصوصیات ریخت‌شناختی، هشت گونه قارچی شامل *F. verticillioides*، *F. equiseti*، *F. proliferatum*، *F. solani*، *Fusarium oxysporum*، *Macrophomina phaseolina* و *Rhizoctonia solani* شناسایی گردید. از بین جدایه‌های پرشمار به دست آمده، ۲۸۸ جدایه از نظر بیماری‌زایی و پرازایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج آزمون بیماری‌زایی، به استثنای گونه‌های *F. verticillioides* و *F. culmorum* سایر گونه‌ها بیماری‌زا شناخته شدند. در این میان، گونه‌های *F. oxysporum* و *F. solani* شایع‌ترین و پرازاترین گونه‌های بیمارگر شناخته شدند. بر همین اساس، گونه‌های *F. equiseti* و *F. proliferatum* در زمره بیمارگرهای ضعیف و کم‌آزار قرار گرفتند. این اولین گزارش از بیماری‌زایی *F. proliferatum* بر روی نخود است. در این مطالعه، بروز تغییر رنگ آوندی که مشخصه اصلی جدایه‌های بیماری‌زای *F. oxysporum* است، برخلاف انتظار، فقط در تعداد معدودی از گیاهان مایه‌زنی شده مشاهده شد. این نشان می‌دهد که بیشتر جدایه‌های به دست آمده از این گونه مرکب به فرم مخصوص *F. oxysporum* f. sp. *ciceri* تعلق ندارند. با توجه به مرکب بودن گونه *F. oxysporum* و عدم کفایت ویژگی‌های ریخت‌شناسی در شناسایی این بیمارگر، برای تدوین درست اقدامات مدیریتی لازم است شناسایی این بیمارگر با استفاده از روش‌های مولکولی تأیید شود.

واژه‌های کلیدی: رایزوکتونیا؛ زردی؛ فوزاریوز؛ فوزاریوم؛ ماکروفومینا

مقدمه

بین کشورهای تولید کننده نخود، پس از هند، استرالیا و پاکستان در رده چهارم قرار دارد (Fao, 2017). نخود، محصولی با ارزش و غنی از پروتئین است (Muehlbauer & Sarker, 2017). صرف نظر از ارزش غذایی، کشت نخود در تناوب با غلات به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، از طریق تثبیت نیتروژن هوا، نقش اساسی در حفظ و مدیریت باروری خاک دارد (Aslam et al., 2003). در ایران،

نخود (*Cicer arietinum* L.) پس از لوبیا و نخود فرنگی سومین محصول حبوبات است که در گسترده‌ای وسیع در بیش از ۵۰ کشور جهان کشت می‌شود. از نظر سطح زیر کشت، ایران با داشتن ۳/۹ درصد از سطح زیرکشت این محصول در

* نویسنده مسئول: abbasikhs@yahoo.com

نخود در بین حبوبات رتبه نخست را دارد. براساس آمارنامه کشاورزی، ۶۲/۸ درصد از سطح زیرکشت و ۳۹/۷ درصد از تولید حبوبات در کشور به نخود اختصاص دارد. به استناد همین آمارنامه، در بین استان‌های تولیدکننده نخود در ایران، استان کرمانشاه، رتبه اول تولید نخود را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2018). این محصول، در استان کرمانشاه در شرایط دیم کشت می‌شود.

بیش از ۱۷۰ بیمارگر گیاهی مرتبط با گیاه نخود گزارش شده است که از این میان *Fusarium oxysporum* (Padwick) f. sp. *ciceris* Matuo & Sato خسارت‌بارترین بیمارگر محسوب می‌شود (Nene et al., 1996). این بیمارگر از تمامی مناطقی کشت گیاه نخود در آسیا، آفریقا، اروپای جنوبی و آمریکا گزارش شده است (Chand & Khirbat, 2009). قارچ *F. oxysporum* سبب پژمردگی آوندی شده و تولید نخود را متأثر می‌سازد (Jiménez-Díaz et al., 2015). قارچ *Fusarium oxysporum* دارای بیش از ۷۰ فرم تخصص یافته مختلف است که در بیش از ۱۰۰ گونه گیاهی سبب پژمردگی آوندی و پوسیدگی ریشه می‌شوند (Gordon and Martyn, 1997). در واقع اختصاصی بودن میزبان‌های جدایه‌های مختلف قارچ سبب شد اسنایدر و هانسن این گونه را به فرم‌های تخصص یافته‌ای بر اساس توانایی جدایه‌ها در ایجاد بیماری روی یک میزبان خاص و یا گروه خاصی از میزبان‌ها طبقه‌بندی نمایند (Snyder and Hansen, 1940). آنالیز ترادف نوکلئیک اسید نشان داده است که بسیاری از این فرم‌های مخصوص پلی‌فایلیتیک یا پارافایلیتیک هستند (O'donnell et al., 1998).

پوسیدگی سیاه ریشه ناشی از *Fusarium solani*، اگرچه از نظر اهمیت در درجه دوم قرار می‌گیرد، اما در مناطقی که این بیمارگر در خاک حضور داشته باشد، خسارت‌های قابل توجهی را به محصول وارد می‌کند (Nene et al., 2012). گونه مرکب *F. solani* به عنوان تنها گونه موجود در بخش *Martiella* از اهمیت بسیاری در کشاورزی برخوردار است. ارزیابی طبقه‌بندی مجدد قارچ‌ها بر پایه مطالعات تبارزایی مولکولی نشان داده است که *F. solani* گونه‌ای مرکب است که حداقل شامل ۶۰ گونه فیلوژنتیک متمایز می‌باشد (Aoki et al., 2014). دامنه میزبانی این قارچ خاکزاد در بین ۶۶ تیره گیاهی، ۱۱۱ گونه و ۸۷ جنس، گزارش شده است (Kolattukudy, 1995). وجود دامنه وسیع میزبانی خود به نوعی مرکب بودن این گونه را تقویت می‌کند (Leslie and Summerell, 2008). در واقع، هر چند گونه مرکب FSSC از دامنه میزبانی وسیعی برخوردار است، ولی گونه‌های منفرد هر

یک طیف محدودی از گونه‌های گیاهی را مورد حمله قرار می‌دهند. بر همین اساس جمعیت‌های این گونه مرکب در قالب ۱۲ فرم مخصوص تقسیم شده‌اند (Bueno et al., 2014; Chung et al., 2011). در مورد حبوبات به صورت پیش‌فرض جدایه‌های به‌دست‌آمده از یک میزبان خاص را با عنوان فرم مخصوص آن میزبان می‌شناسند و از اصطلاحات *F. solani* f. sp. *Pisi* f. sp. *phaseoli* و *F. solani* f. sp. *glycines* در مورد آن‌ها استفاده می‌شود (Aoki et al., 2014; Matuo and Snyder, 1972).

در ایران، بیماری‌های پژمردگی و پوسیدگی ریشه، معمولاً در تمام فصول رشد و در همه مزارع نخود از جمله در استان کرمانشاه بروز کرده و تولید این محصول را متأثر می‌سازند. تاکنون عوامل مختلف قارچی از جمله گونه‌های مختلف *Fusarium oxysporum* به خصوص *F. solani* به عنوان عوامل پژمردگی و بوته‌میری نخود در ایران معرفی شده‌اند (Mohammadi & Banihashemi, 2005). با این حال، همچنان ابهامات زیادی در مورد جایگاه تاکسونومیکی و بیماری‌زایی این گونه‌های قارچی وجود دارد. از این رو، مطالعه حاضر با هدف شناسایی گونه‌های قارچی مسبب پژمردگی، زردی و پوسیدگی ریشه در استان کرمانشاه، شناسایی گونه غالب و تعیین میزان شیوع بیماری در مناطق مختلف استان به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

طی فصول زراعی ۹۰-۹۴، ۹۴-۹۴ مزرعه نخود با فاصله حداقل ده کیلومتر در مناطق مختلف استان کرمانشاه شامل شهرستان‌های کرمانشاه (۲۲ مزرعه)، اسلام‌آباد غرب (۱۷ مزرعه)، دالاهو (۱۶ مزرعه)، گیلان غرب (۱۵ مزرعه)، سرپل ذهاب (۱۶ مزرعه)، قصرشیرین (۸ مزرعه)، روانسر (۱۶ مزرعه)، جوانرود (۱۴ مزرعه)، پاره (۷ مزرعه)، هرسین (۱۶ مزرعه)، صحنه (۱۵ مزرعه)، سنقر (۱۷ مزرعه) و کنگاور (۱۵ مزرعه) مورد بازدید قرار گرفت. از هر مزرعه، حداقل چهار بوته که دارای نشانه‌های زردی، پژمردگی و پوسیدگی ریشه بودند، جمع‌آوری شد. نمونه‌های آلوده پس از ثبت مشخصات کامل از جمله نشانه‌های بیماری، موقعیت مزرعه، منطقه، نوع کشت و تاریخ نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، در اسرع وقت نسبت به کشت نسوج آلوده و جداسازی بیمارگر اقدام شد.

جداسازی بیمارگر

تفکیک و شناسایی گونه‌های قارچی جداسازی‌شده

با توجه به کثرت جدایه‌های قارچی، پس از شناسایی مقدماتی، از هر مزرعه، یکی از جدایه‌های به‌دست‌آمده از هر گونه، انتخاب و جهت مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفت. شناسایی گونه‌های قارچی با توجه به خصوصیات میکروسکوپی و ماکروسکوپی با استفاده از منابع و کلیدهای تاکسونومیکی معتبر صورت گرفت (Sneh et al., 1991; Leslie & Summerell, 2008). در مورد جدایه‌های فوزاریوم جهت تحریک جدایه‌ها به هاگ‌زایی و تولید ماکروکنیدیوم، تشکیل زنجیره میکروکنیدیوم و مشاهده کلامیدوسپورها از محیط کشت برگ‌میخک - آگار (CLA) استفاده شد (Fisher et al., 1982).

جدایه‌های منتخب، جهت نگهداری بلند مدت در سطح شیب‌دار PDA درون لوله‌های آزمایش در پیچ‌دار یا به صورت بذره‌های کلونیزه شده یولاف در داخل میکروتیوب در دمای ۴°C نگهداری شدند.

آزمون اثبات بیماری‌زایی

از بین جدایه‌های پر شمار به‌دست‌آمده، ۲۸۸ جدایه از نظر بیماری‌زایی و پرازاری مورد ارزیابی قرار گرفتند. تهیه زادمایه بیمارگر مطابق روش وسترلاند و همکاران (Westerlund et al., 1974) صورت گرفت، با این تفاوت که از بذر یولاف به جای بذر گندم استفاده شد. به منظور تهیه زادمایه بیمارگر، بذره‌های یولاف به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و طی دو مرحله، به فاصله ۲۴ ساعت به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۰°C در دستگاه اتوکلاو سترون شدند. سپس هریک از جدایه‌های قارچی در پنج تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA کشت داده شده و بذره‌های سترون یولاف به درون تشتک‌های پتری اضافه شد. تشتک‌های پتری به مدت حداقل دو هفته یعنی تا زمانی که قارچ کاملاً سطح بذره‌های یولاف را در بر بگیرد در انکوباتور با دمای ۲۵°C نگهداری شدند. پس از گذشت مدت زمان مذکور، بذور یولاف که با قارچ عامل بیماری کلونیزه شده بودند به عنوان زادمایه بیمارگر مورد استفاده قرار گرفتند. برای آزمون بیماری‌زایی از گلدان‌هایی به قطر داخلی ۴ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر استفاده شد. گلدان‌های مذکور تا ارتفاع شش سانتی‌متری از خاک و ماسه سترون (به نسبت ۲ به ۱) پر شده و سپس دو گرم زادمایه بیمارگر در سطح خاک قرار داده شد. سپس تا ارتفاع ۹ سانتی‌متری خاک سترون اضافه شده و دو عدد بذر نخود رقم بیونچ، پس از ضدعفونی سطحی با

استفاده از هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه، در سطح خاک قرار داده شد. در نهایت بذرها با دو سانتی‌متر خاک سترون پوشانده شدند. در این آزمون، برای هر جدایه سه تکرار در نظر گرفته شد. در مورد گلدان‌های شاهد از بذر یولاف اتوکلاو شده به جای مایه بیمارگر استفاده شد. گلدان‌های مذکور به مدت حداکثر پنج تا شش هفته در اتاقک رشد و در دمای ۲۸-۲۵°C نگهداری شدند. در این مدت، بروز نشانه‌های بیماری ثبت شد. در پایان، تمام بوته‌ها از گلدان بیرون آورده شده و برای تعیین وضعیت بیماری‌زایی و تعیین شدت آلودگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت ارزیابی شدت بیماری‌زایی جدایه‌ها از مقیاس ۰-۴ به شرح زیر استفاده شد (Landa et al., 2006).

۰ = صفر (عدم آلودگی)

۱ = درصد ریشه‌های پوسیده یا زردی و نکروز برگ‌ها از یک تا ۳۳ درصد

۲ = درصد ریشه‌های پوسیده یا زردی و نکروز برگ‌ها از ۳۴ تا ۶۶ درصد

۳ = درصد ریشه‌های پوسیده یا زردی و نکروز برگ‌ها از ۶۷ تا ۱۰۰ درصد

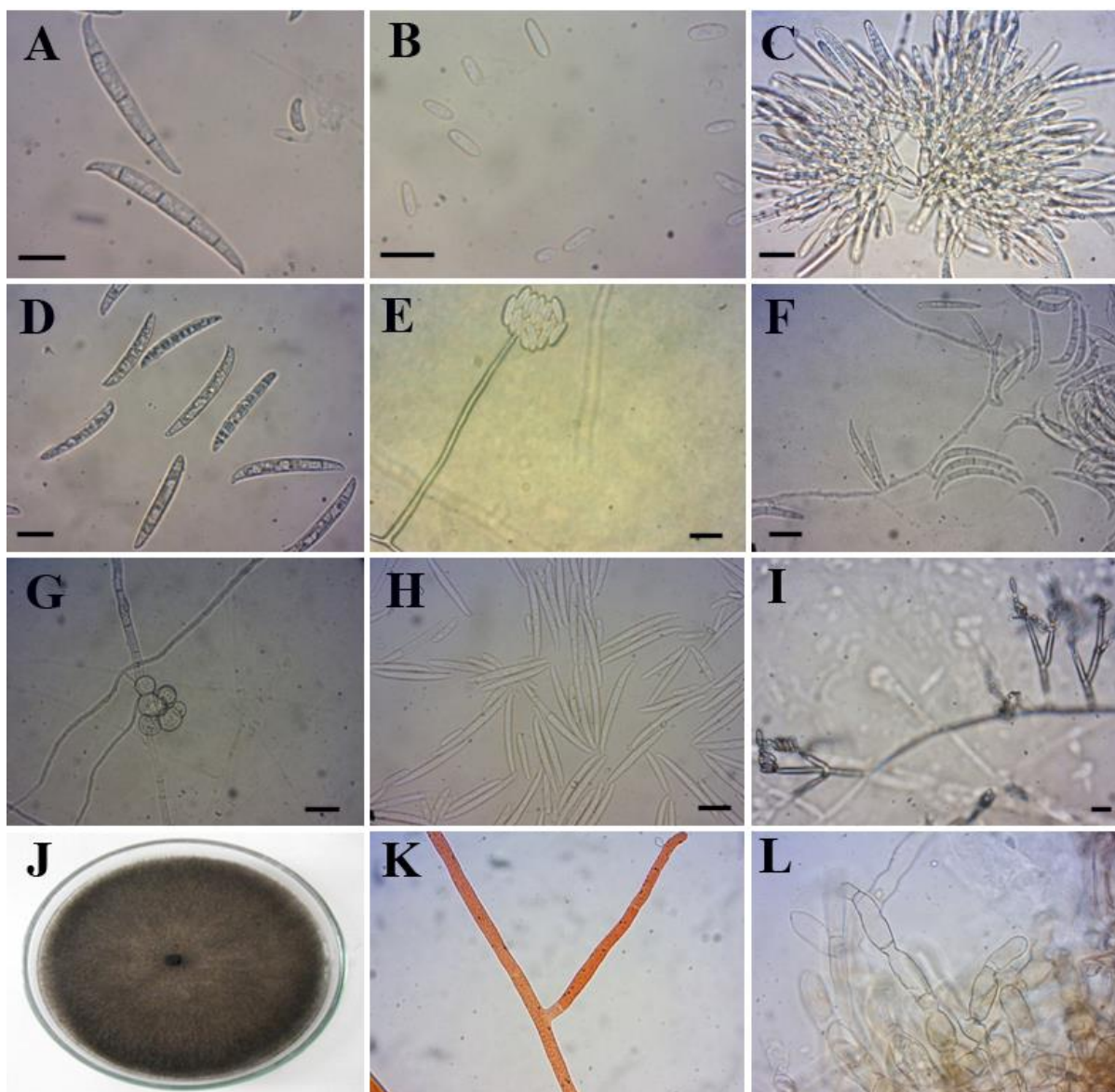
۴ = مرگ کامل گیاه

در مورد هریک از گونه‌های قارچی ضمن جداسازی مجدد جدایه‌های مایه‌زنی شده از بافت بیمار و تطبیق آن با مشخصات گونه مایه‌زنی شده اصول کخ اجرا شده و بیماری‌زایی آنها به اثبات رسید.

نتایج و بحث

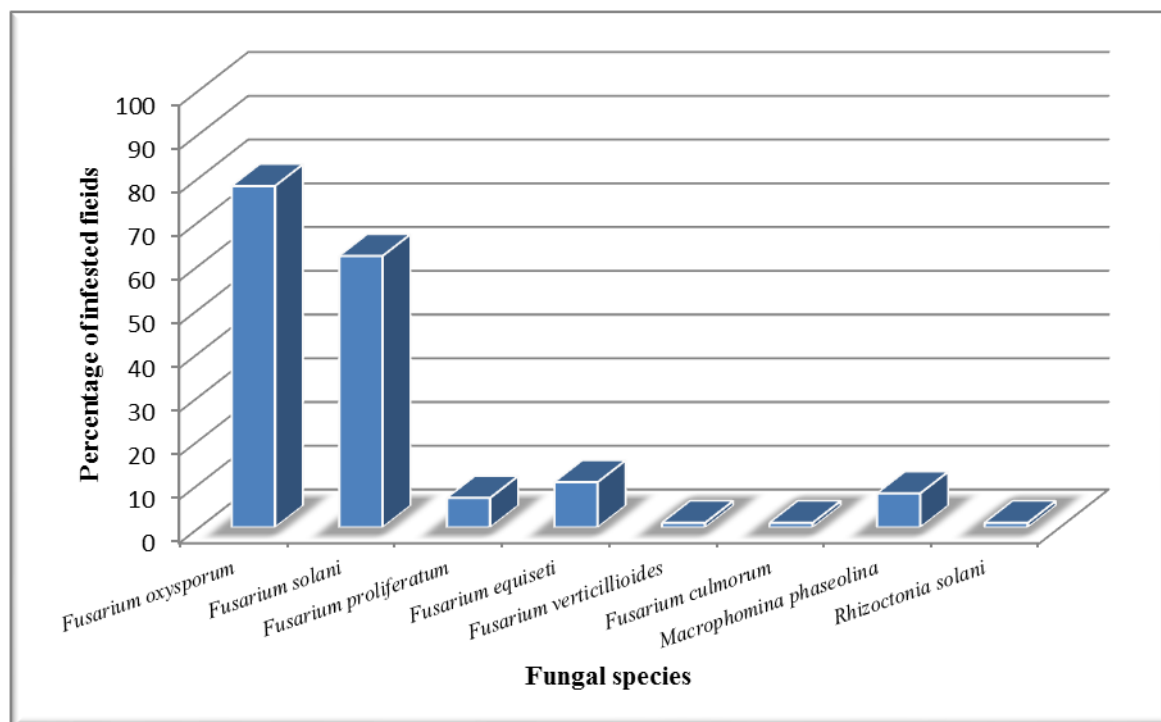
شناسایی گونه‌های قارچی جداسازی‌شده و فراوانی آنها

در این مطالعه، بر پایه ویژگی‌های ریخت‌شناختی، هشت گونه قارچی مرتبط با بیماری‌های زردی و پژمردگی نخود شناسایی شد که در این میان، شش گونه به جنس فوزاریوم تعلق داشتند. گونه‌های فوزاریوم به ترتیب فراوانی شامل *F. oxysporum* (شکل ۱، A و B)، *F. solani* (شکل ۱، C، D و E)، *F. proliferatum* (شکل ۱، H و I)، *F. equiseti* (شکل ۱، F و G)، *F. verticillioides* و *F. culmorum* بودند. افزون بر این، قارچ‌های *Macrophomina phaseolina* (شکل ۱، J) و *Rhizoctonia solani* (شکل ۱، K و L) از تعداد معدودی از نمونه‌های آلوده جداسازی گردید.

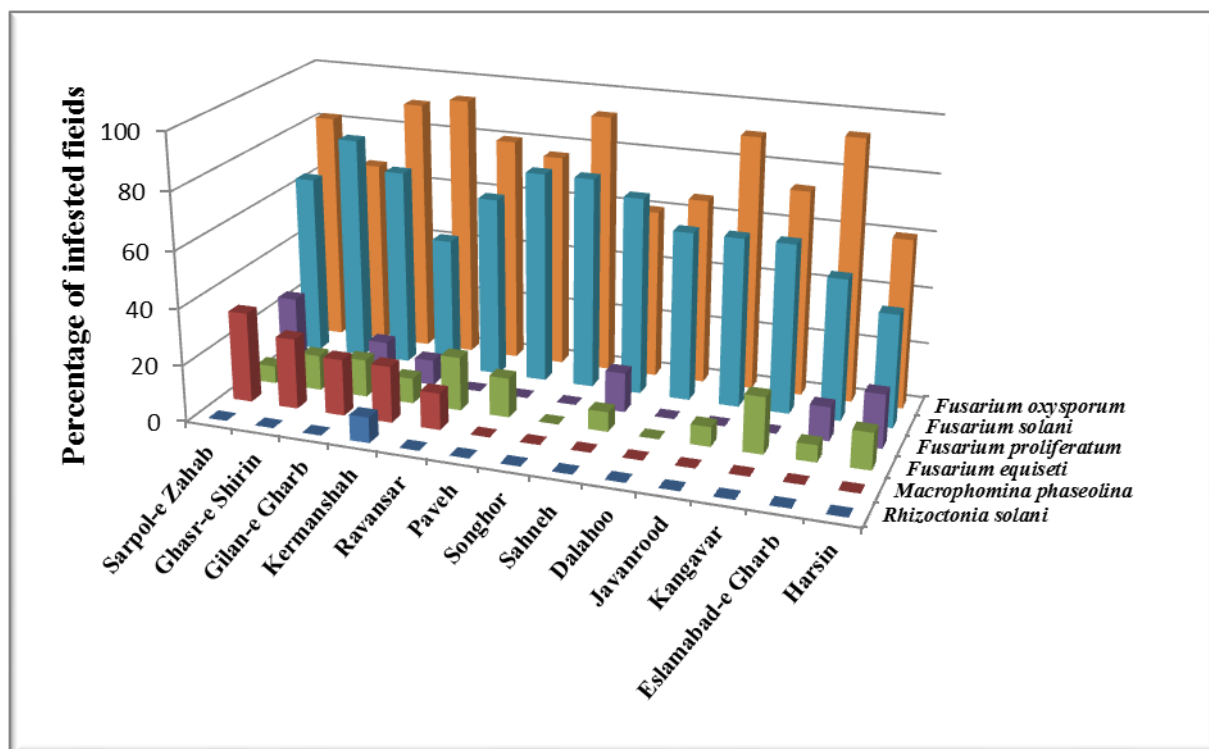


شکل ۱- ویژگی‌های ریخت‌شناختی جدایه‌های قارچی به دست آمده از نمونه‌های آلوده نخود. ماکروکنیدیوم‌ها (A) و میکروکنیدیوم‌های (B) گونه *Fusarium oxysporum*. اسپورودوخیوم (C)، ماکروکنیدیوم‌ها (D)، فیالید و سردروگی (E) گونه *Fusarium solani*. ماکروکنیدیوم‌ها (F) و کلامیدوسپورهای (G) گونه *Fusarium equiseti*. ماکروکنیدیوم‌ها (H) و فیالیدهای (I) گونه *Fusarium proliferatum*. پرگنه قارچ *Macrophomina phaseolina* (J). ریشه‌ها (K) و سلول‌های تسبیح مانند (L) قارچ *Rhizoctonia solani*. (مقیاس = ۱۰ میکرومتر).

Fig. 1. Morphological characteristics of fungal isolates obtained from infected chickpeas. Macroconidia (A) and Microconidia (B) of *Fusarium oxysporum*. Sporodochium (C), Macroconidia (D), Phialides and False head (E) of *Fusarium solani*. Macroconidia (F) and Chlamydospores (G) of *Fusarium equiseti*. Macroconidia (H) and Phialides (I) of *Fusarium proliferatum*. Colony of *Macrophomina phaseolina* (J). Hypha(K) and Moniloid cells(L) of *Rhizoctonia solani*. Scale bar = 10 μ m.



شکل ۲- فراوانی گونه‌های قارچی جداسازی شده از مزارع نخود آلوده به بیماری‌های زردی، پژمردگی و پوسیدگی ریشه.
Fig. 2. Prevalence of fungal species isolated from chickpea fields showing yellowing, Wilting and root rot symptoms.



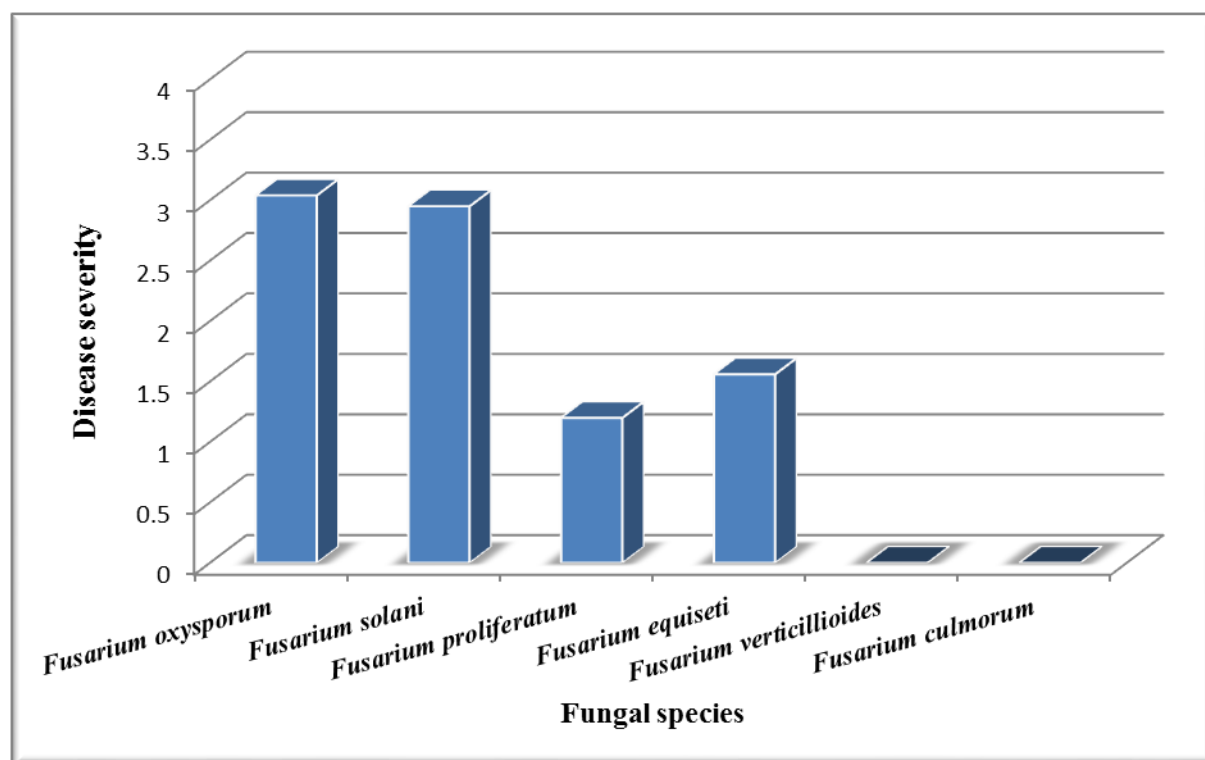
شکل ۳- پراکنش گونه‌های قارچی جداسازی شده از مزارع نخود آلوده به بیماری‌های زردی و پژمردگی
Fig. 3. Distribution of fungal species isolated from chickpea fields affected by wilt and yellows diseases

محدوتری داشت. در این میان، جدایه‌های *M. phaseolina* عمدتاً از مناطق گرمسیر استان جداسازی شدند (شکل ۳).

آزمون بیماری‌زایی و ارزیابی شدت بیماری‌زایی جدایه‌ها بر اساس نتایج آزمون بیماری‌زایی، به استثنای گونه‌های *F. culmorum* و *F. verticillioideis* سایر گونه‌های جداسازی شده بیماری‌زا شناخته شدند. همچنین ارزیابی شدت بیماری نشان داد که جدایه‌های *F. solani* و *F. oxysporum* از شدت بیماری‌زایی بیشتری برخوردار بوده و عوامل اصلی زردی و بوته‌میری نخود محسوب می‌شوند (شکل ۴).

از مجموع ۱۹۴ مزرعه مورد بازدید، قارچ *F. oxysporum* از نمونه‌های جمع‌آوری شده از ۱۵۱ مزرعه، *F. solani* از ۱۱۷ مزرعه، *F. proliferatum* از ۱۳ مزرعه، *F. equiseti* از ۲۰ مزرعه، *F. verticillioideis* از دو مزرعه، *Macrophomina phaseolina* از دو مزرعه و *Rhizoctonia solani* از دو مزرعه جداسازی گردید (شکل ۲).

قارچ‌های *F. solani* و *F. oxysporum* پراکنش وسیعی در سراسر استان داشتند و از تمامی شهرستان‌های مورد بازدید جداسازی شدند. اما پراکنش سایر گونه‌های قارچی گستره

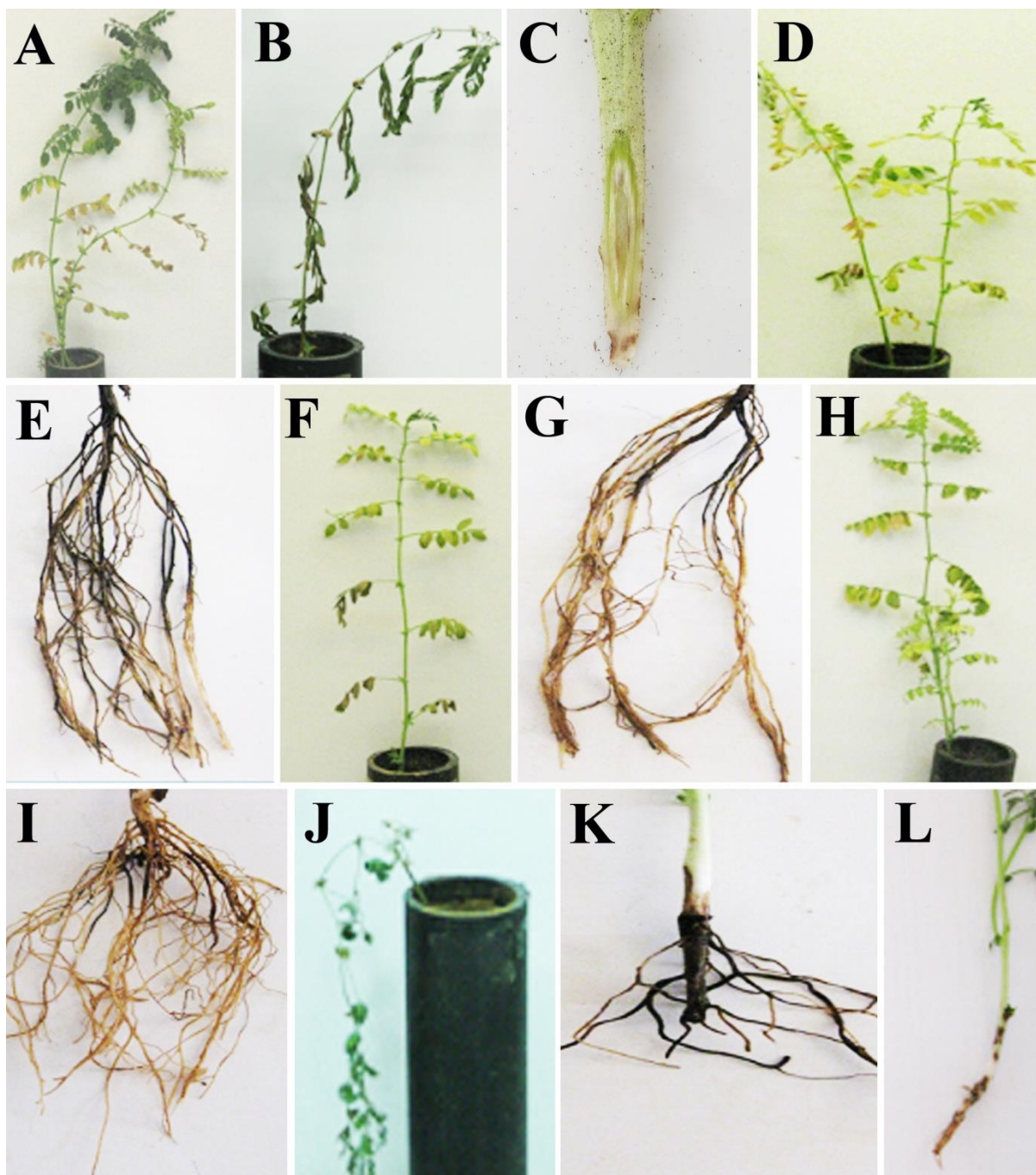


شکل ۴- شدت بیماری‌زایی گونه‌های فوزاریوم جداسازی شده از گیاهان نخود آلوده به زردی فوزاریومی نخود
Fig. 4. Disease severity of *Fusarium* Species Isolated from *Fusarium* yellows affected Chickpeas

ریشه مشاهده شد. بر خلاف انتظار، بروز تغییر رنگ آوندی که مشخصه اصلی جدایه‌های بیماری‌زای *F. oxysporum* قارچ است، فقط در تعداد معدودی از گیاهان مایه‌زنی شده مشاهده شد (شکل ۱، C).

در آزمون اثبات بیماری‌زایی و ارزیابی پرآزاری جدایه‌های *F. solani*، در مجموع ۸۳ جدایه مورد آزمون قرار گرفتند که از این تعداد، ۵۴ جدایه درجات مختلفی از پرآزاری نشان دادند. پوسیدگی ریشه‌های آلوده، سبب بروز نشانه‌های زردی و بافت مردگی در قسمت هوایی گیاهان آلوده شد (شکل ۵، D و E).

از بین ۱۵۱ جدایه منتخب *Fusarium oxysporum* جدا شده از نسوج آلوده نخود، ۱۱۲ جدایه در آزمون بیماری‌زایی، قادر به ایجاد بیماری در گیاهچه‌های نخود بودند. نشانه‌های بیماری در گیاهچه‌های بیمار متغیر بوده و درجات مختلفی از زردی، ریزش برگ‌چه‌ها، بافت مردگی و به ندرت پژمردگی در قسمت هوایی گیاهان مورد آزمایش مشاهده شد. نشانه‌های بیماری نخست در برگ‌های پایینی بروز یافته و رفته‌رفته تا قسمت‌های بالاتر پیشرفت نمود (شکل ۵، A و B)، در بررسی ریشه گیاهان آلوده، درجات مختلفی از پوسیدگی



شکل ۵- نشانه‌های بیماری ناشی از بیمارگرهای قارچی خاک‌زاد جدا شده از نخود. A-C. زردی، پژمردگی و تغییر رنگ آوندی ناشی از *Fusarium oxysporum*. D-E. زردی و پوسیدگی ریشه ناشی از *Fusarium solani*. F-G. زردی و پوسیدگی ریشه ناشی از *Fusarium equiseti*. H-I. زردی و پوسیدگی ریشه ناشی از *Fusarium proliferatum*. J-K. بوته‌میری و پوسیدگی ریشه ناشی از *Macrophomina phaseolina*. L. پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از *Rhizoctonia solani*.

Fig. 5. Disease symptoms caused by soil-born fungal pathogens isolated from chickpeas. A-C. Yellowing, wilt and discoloration of vascular tissues caused by *Fusarium oxysporum*. D-E. Yellowing and root rot caused by *Fusarium solani*. F-G. Yellowing and root rot caused by *Fusarium equiseti*. H-I. Yellowing and root rot caused by *Fusarium proliferatum*. J-K. Plant death and root rot caused by *Macrophomina phaseolina*. L. Root and collar rot caused by *Rhizoctonia solani*.

استان کرمانشاه هستند تا مناطق گرمسیری مانند شهرستان‌های سرپل‌ذهاب و قصرشیرین جداسازی شدند. در آزمون بیماری‌زایی، تعدادی از جدایه‌های منتخب *Fusarium oxysporum* قادر به ایجاد بیماری در گیاهچه‌های نخود نبودند. ناتوانی برخی از جدایه‌ها در ایجاد بیماری ممکن است ناشی از شرایط آزمون بیماری‌زایی یا به دلیل ناتوانی ذاتی و غیربیماری‌زا بودن جدایه‌های مذکور باشد. قارچ *F. oxysporum* گونه‌ای مرکب است که طیفی از قارچ‌های بیماری‌زا تا پوده‌زیست را در برمی‌گیرد؛ به گونه‌ای که برخی از جدایه‌های غیربیماری‌زا به منظور کنترل بیولوژیکی سایر عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kaur et al., 2011).

نشانه‌های بیماری در گیاهچه‌های بیمار که با جدایه‌های *F. oxysporum* مایه‌زنی شده بودند، متغیر بوده و درجات مختلفی از زردی، ریزش برگ‌چه‌ها، بافت‌مردگی و به ندرت پژمردگی در قسمت هوایی گیاهان مورد آزمایش مشاهده شد. در بررسی ریشه گیاهان آلوده، درجات مختلفی از پوسیدگی ریشه مشاهده شد. اما، بر خلاف انتظار، بروز تغییر رنگ آوندی که مشخصه اصلی جدایه‌های بیماری‌زای *F. oxysporum* قارچ است، فقط در تعداد معدودی از گیاهان مایه‌زنی شده مشاهده شد. از سویی دیگر، بروز پوسیدگی ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده نیز با نشانه‌های بیماری که از قارچ *F. oxysporum* انتظار می‌رود، سازگار نیست. مقایسه نشانه‌های بیماری ناشی از اغلب جدایه‌های گونه مرکب *F. oxysporum* در این مطالعه، با نشانه‌های بیماری ناشی از گونه *F. redolens* مطابقت دارد. بر اساس مطالعات مولکولی، مشخص شده است که برخی از جدایه‌های به‌دست آمده از نخود که براساس خصوصیات ریخت‌شناختی به عنوان *F. oxysporum* شناسایی شده‌اند، براساس نشانه‌های بیماری و توالی یابی DNA قابل تفکیک از این گونه بوده و به گونه *F. redolens* تعلق دارند (Jiménez-Fernández et al., 2011). با این حال، شناسایی دقیق این جدایه‌ها مستلزم ترکیبی از مطالعات مولکولی و بررسی‌های دقیق ریخت‌شناسی است.

با توجه به مرکب بودن *F. oxysporum* اتکا به ویژگی‌های ریخت‌شناختی برای شناسایی گونه‌های مرکب مانند *F. oxysporum*، ممکن است منجر به شناسایی اشتباه بیمارگر شود. این در حالی است که شناسایی دقیق بیمارگر برای مدیریت کارآمد بیماری بسیار مهم است. مطالعات ریخت‌شناختی گونه‌های *Fusarium* مبتنی بر تعداد محدودی از خصوصیات تاکسونومیک با تفاوت‌های جزئی است که

از مجموع ۲۰ جدایه *F. equiseti* که همگی در آزمون بیماری‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفتند، ۱۴ جدایه موجب ایجاد نشانه‌های زردی و پوسیدگی ریشه در گیاهچه‌های نخود شدند (شکل ۵، F و G). با این حال، میانگین آلودگی ریشه در جدایه‌های مذکور در قیاس با جدایه‌های *F. oxysporum* و *F. solani* شدت کمتری داشت و بر اساس شاخص ۰ تا ۴، معادل ۱/۵۶ بود (شکل ۴).

از مجموع ۱۳ جدایه به‌دست آمده *F. proliferatum* که همگی در آزمون بیماری‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفتند، ۹ جدایه موجب ایجاد نشانه‌های زردی و پوسیدگی ریشه در گیاهچه‌های نخود شدند (شکل ۵، H و I). با این حال، میانگین درجهٔ پرآزاری جدایه‌ها بیماری‌زا، بر اساس شاخص ۰ تا ۴، معادل ۱/۱۱ بود (شکل ۴).

سایر گونه‌های فوزاریوم شامل *F. verticillioide* و *F. culmorum* که از نسوج آلوده جداسازی شده بودند، در آزمون بیماری‌زایی، غیربیماری‌زا شناخته شدند. از آنجایی که گونه‌های مذکور بیمارگر ریشهٔ غلات محسوب می‌شوند، به نظر می‌رسد در مورد نخود، صرفاً به عنوان قارچ‌های همراه ریشه مطرح باشند. با توجه به گستردهٔ وسیع کشت غلات در استان و تناوب کشت غلات و نخود، فراوانی این گونه‌ها در خاک‌های استان دور از انتظار نیست.

در این مطالعه همچنین ۱۵ جدایه از *M. phaseolina* و دو جدایه *R. solani* از نسوج بیمار جداسازی شد که بیماری‌زایی آن‌ها به اثبات رسید (شکل ۵، K، J و L). جدایه‌های *M. phaseolina* عمدتاً از مزارع نخود در نواحی گرمسیر جداسازی شدند.

بحث

در این مطالعه، قارچ‌های *F. oxysporum* و *F. solani* چنان که در مطالعات سایر محققین به اثبات رسیده است، مهم‌ترین و رایج‌ترین عوامل ایجاد بیماری‌های ریشه و طوقه در نخود بودند (Westerlund et al., 1974; Mohammadi & Banihashemi, 2005; Nene et al., 2012; Jiménez-Díaz et al., 2015). گونه‌های مرکب *F. solani* و *F. oxysporum* از قارچ‌هایی هستند که در اغلب مناطق آب و هوایی فعالیت می‌کنند (Burgess et al., 1988). پس می‌توان انتظار داشت که در استان کرمانشاه که از تنوع اقلیمی گسترده‌ای برخوردار است، این گونه‌ها در اقلیم‌های مختلف حضور داشته باشند. در این مطالعه، هر دو گونه از شهرستان‌های کنگاور و سنقر که سردترین شهرستان‌های

در این مطالعه همچنین تعدادی جدایه از *M. phaseolina* و دو جدایه *R. solani* از نسوج بیمار جداسازی شد که بیماری‌زایی آن‌ها به اثبات رسید. جدایه‌های *M. phaseolina* عمدتاً از مزارع نخود در نواحی گرمسیر جداسازی شدند. با توجه به ماهیت بیمارگر که دمای بهینه رشد آن ۲۸ الی ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد و در شرایط تنش رطوبت موجب بروز خسارت می‌شود (Ndiaye, 2007)، کاملاً طبیعی است که وقوع بیماری و خسارت آن در شهرستان‌های گرمسیر استان کرمانشاه قابل توجه باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که گونه‌های فوزاریوم عامل اصلی ایجاد زردی و پوسیدگی ریشه نخود در استان کرمانشاه هستند. در این میان، گونه مرکب *F. oxysporum* رایج‌ترین و پرآزارترین گونه بیمارگر است. با این حال به استناد نتایج آزمون بیماری‌زایی، بیشتر جدایه‌های *F. oxysporum* که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند، برخلاف گزارش‌های پیشین به فرم مخصوص *F. oxysporum* f. sp. *ciceri* تعلق ندارند. با توجه به مرکب بودن *F. oxysporum* اتکا به ویژگی‌های ریخت‌شناختی برای شناسایی این بیمارگر، ممکن است به شناسایی نادرست منجر شود. این در حالی است که شناسایی دقیق بیمارگر برای مدیریت کارآمد بیماری بسیار مهم است. بنابراین به منظور تدوین درست اقدامات مدیریتی لازم است شناسایی دقیق این بیمارگر با استفاده از روش‌های مولکولی تأیید گردد. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که اولین گزارش از بیماری‌زایی *F. proliferatum* یک بیمارگر ضعیف ریشه نخود است. این اولین گزارش از بیماری‌زایی *F. proliferatum* بر روی نخود محسوب می‌شود.

اهمیت این صفات در گونه‌های مختلف فوزاریوم متغیر است. به علاوه این صفات به شرایط محیطی بسیار حساسند و تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. ناپایداری این صفات و اختلاط و درهم آمیختن مرزهای هر صفت در گونه‌های مختلف، امکان شناسایی صحیح را کاهش می‌دهد (Leslie et al., 2001).

در آزمون بیماری‌زایی، تعدادی از جدایه‌های *F. equiseti* و *F. proliferatum* موجب ایجاد نشانه‌های زردی و پوسیدگی ریشه در گیاهچه‌های نخود شدند. با این حال، میانگین آلودگی ریشه در جدایه‌های مذکور در قیاس با جدایه‌های *F. oxysporum* و *F. solani* شدت کمتری داشت. با این توصیف، گونه‌های مذکور در نخود بیمارگرهای کم‌اهمیتی محسوب می‌شوند. گونه *F. equiseti* یکی از گونه‌هایی است که معمولاً از نخودهای بیمار جدا می‌شود (Nene et al., 1996). بیماری‌زا بودن این گونه در مطالعات محمدی و بنی‌هاشمی نیز به اثبات رسیده است (Mohammadi & Banihashemi, 2005). اما گونه *F. proliferatum* هر چند پیش از این نیز از ریشه نخود جداسازی شده است (Mohammadi & Banihashemi, 2005)، اما این اولین گزارش از بیماری‌زایی این گونه روی نخود است.

سایر گونه‌های فوزاریوم شامل *F. verticillioides* و *F. culmorum* که از نسوج آلوده جداسازی شده بودند، در آزمون بیماری‌زایی، غیربیماری‌زا شناخته شدند. از آنجایی که گونه‌های مذکور بیمارگر ریشه غلات محسوب می‌شوند، به نظر می‌رسد در مورد نخود، صرفاً به عنوان قارچ‌های همراه ریشه مطرح باشند. با توجه به گسترده وسیع کشت غلات در استان و تناوب کشت غلات و نخود، فراوانی این گونه‌ها در خاک‌های استان دور از انتظار نیست.

منابع

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Abdeslah, H., Kazemian, A. and Rafiee, M. 2018. Agricultural Statistics 2017-2018: Volume 1, Field Crops, in: Agriculture, I. M. o. (Ed.). Iranian Ministry of Agriculture, Statistics, p. 117.
- Aoki, T. O'donnell, K. and Geiser, D.M. 2014. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. Journal of General Plant Pathology 80: 189-201.
- Aslam, M., Mahmood, I., Peoples, M., Schwenke, G. and Herridge, D. 2003. Contribution of chickpea nitrogen fixation to increased wheat production and soil organic fertility in rain-fed cropping. Biology and Fertility of Soils 38: 59-64.
- Bueno, C. Fischer, I. Rosa, D. Firmino, A. Harakava, R. Oliveira, C. and Furtado, E. 2014. *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae*: a new forma specialis causing collar rot in yellow passion fruit. Plant pathology 63: 382-389.
- Burgess, L.W.L., Summerell, C.M. and Brett, A. 1988. Laboratory Manual for *Fusarium* Research. University of Sydney.

6. Chung, W., Chen, L., Huang, J., Huang, H., and Chung, W. 2011. A new 'forma specialis' of *Fusarium solani* causing leaf yellowing of Phalaenopsis. *Plant pathology* 60: 244-252.
7. Chand, H. and Khirbat, S. 2009. Chickpea wilt and its management—A review. *Agricultural Reviews* 30: 1-12.
8. Fao. 2017. FAOSTAT, Statistical Database of the United Nation Food and Agriculture Organization (FAO) Statistical Division. Rome, Italy. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed Nov, 2019.
9. Fisher, N.L., Burgess, L., Tousoun, T. and Nelson, P.E. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. *Phytopathology* 72: 151-153.
10. Gordon, T. and Martyn, R. 1997. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology* 35: 111-128.
11. Jiménez-Díaz, R.M., Castillo, P., del Mar Jiménez-Gasco, M., Landa, B.B. and Navas-Cortés, J.A. 2015. *Fusarium* wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection* 73: 16-27.
12. Jiménez-Fernández, D., Navas-Cortés, J.A., Montes-Borrego, M., Jiménez-Díaz, R.M. and Landa, B.B. 2011. Molecular and pathogenic characterization of *Fusarium redolens*, a new causal agent of *Fusarium* yellows in chickpea. *Plant Disease* 95: 860-870.
13. Kaur, R., Kaur, J. and Singh, R.S. 2011. Nonpathogenic *Fusarium* as a biological control agent. *Plant Pathology Journal* 9: 79-91.
14. Kolattukdy, P. 1995. *Nectria haematococca*. Pathogenesis and Host Specificity in Plant Diseases: Histochemical, Biochemical, genetic and Molecular Bases, Vol. II Eukaryotes: 83-101.
15. Landa, B.B., Navas-Cortés, J.A., del Mar Jimenez-Gasco, M., Katan, J., Retig, B. and Jiménez-Díaz, R.M. 2006. Temperature response of chickpea cultivars to races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, causal agent of *Fusarium* wilt. *Plant Disease* 90: 365-374.
16. Leslie, J.F. and Summerell, B.A. 2008. *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.
17. Leslie, J.F., Zeller, K.A. and Summerell, B.A. 2001. Icebergs and species in populations of *Fusarium*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 59: 107-117.
18. Matuo, T. and Snyder, W.C. 1973. Use of morphology and mating populations in the identification of formae speciales in *Fusarium solani*. *Phytopathology* 63: 562-565.
19. Mohammadi, H. and Banihashemi, Z. 2005. Distribution, pathogenicity and survival of *Fusarium* spp. The causal agents of chickpea wilt and root rot in the Fars province of Iran. *Iranian Journal of plant pathology* 41: 688-708 (in Persian with English Summary).
20. Muehlbauer, F.J. and Sarker, A. 2017. Economic importance of chickpea: production, value, and world trade, pp. 5-12, *The chickpea genome*. Springer
21. Ndiaye, M. ۲۰۰۷. Ecology and management of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) on cowpea in the Sahel. Ph.D Thesis, Wageningen University, the Netherland. 114 pp.
22. Nene, Y., Reddy, M., Haware, M., Ghanekar, A., Amin, K., Pande, S. and Sharma, M. 2012. Field Diagnosis of Chickpea Diseases and their Control. Information Bulletin No. 28 (revised). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
23. Nene, Y., Sheila, V. and Sharma, S. 1996. A world list of chickpea and pigeonpea pathogens (5th edn). International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics: Andhra Pradesh, India.
24. O'Donnell, K., Cigelnik, E. and Nirenberg, H.I. 1998. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia* 90: 465-493.
25. Sneha, B., Burpee, L. and Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. APS press, Minnesota, USA, pp. 133.
26. Snyder, W.C. and Hansen, H. 1940. The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany* 27: 64-67.
27. Westerlund, F., Campbell, R. and Kimble, K. 1974. Fungal root rots and wilt of chickpea in California. *Phytopathology* 64: 432-436.



Etiology of root rot, yellows and wilt diseases of chickpea in Kermanshah province

Geraminasab¹, Bahman; Abbasi^{2*}, Saeed; Jamali³, Samad; Chehri⁴, Khosrow; and Younesi⁵, Hassan

1. MSc. in Plant Pathology, Department of Plant Protection, Razi University, Kermanshah; bahman_geraminasab@yahoo.com
2. Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Razi University, Kermanshah; abbasikhs@yahoo.com
3. Assistant Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Razi University, Kermanshah; jamali454@yahoo.com
4. Assistant Professor of Mycology Department of Biology, Razi University, Kermanshah; hchehri@gmail.com
5. Research Instructor of Plant Pathology, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah Province, Kermanshah; hunesi920@yahoo.com

The Dates:

Received: 10 October 2020; Revised: 19 February 2022
Accepted: 24 May 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Geraminasab, B., Abbasi, S., Jamali, S., Chehri, Kh., and Younesi, H. 2023. Etiology of root rot, yellows and wilt diseases of chickpea in Kermanshah province. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 63-74. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.89106

Introduction

Chickpea is a valuable and protein-rich pulse crop which is widely cultivated in more than 50 countries. Cultivation of chickpea in rotation with cereals can improve soil fertility through the process of symbiotic nitrogen fixation. Among the chickpea producing provinces in Iran, Kermanshah province has the first rank of chickpea production. Root rots and wilt have been considered the most devastating diseases limiting chickpea production in Kermanshah Province. However, the etiology of these diseases has not been thoroughly investigated. Therefore, the present study aimed to identify the fungal species causing wilt, yellowing and root rot in Kermanshah province, identify the dominant species and determine the prevalence of the disease in different regions of the province.

Materials and Methods

One hundred ninety-four chickpea fields, representative of the main planting areas throughout Kermanshah province, were surveyed during growing seasons 2011-2015. In each field, at least four diseased plant samples showing yellowing or wilting symptoms were collected, kept in paper bags, and transferred to the laboratory. 5 mm long pieces of root and stem of affected plants were prepared, surface sterilized and plated on Water Agar. The culture plates were incubated at a temperature of 25°C and examined on a daily basis. Pure cultures were obtained using either the hyphal-tip or single spore techniques. The isolates were then morphologically identified using available descriptions from the literature. Out of the abundant isolates, a total of 288 were selected for further investigation regarding their pathogenicity and aggressiveness. To prepare the inoculum, oat seeds were soaked in water for 24 hours and then transferred to 500 ml flasks. The flasks were autoclaved at a temperature of 121°C for 20 minutes, twice on two consecutive days. Each fungal isolate was cultured on five plates containing Potato Dextrose Agar (PDA) medium. Then, the autoclaved oat seeds were added to the plates. The plates were then incubated at 25°C for two weeks until the fungus completely covered the seeds surface. The pots (4 cm in diameter and 12 cm in height) were filled to a height of 6 cm with an autoclaved soil mixture (field soil / sand at a ratio of 2:1), then 2 ml of inoculum was applied to the soil surface, the inoculum was covered with one cm of autoclaved soil, the two seeds of chickpea

* Corresponding Author: abbasikhs@yahoo.com

cultivar, Bivani were placed on the soil surface. Finally, the seeds were covered with 2 cm of soil. In this test, three replicates were considered for each isolate. The control pots were mock inoculated with uninfested oat seeds. The pots were kept in the growth chamber for a maximum of five to six weeks at 25-28 ° C. The disease severity was rated according to a 0-4 scale.

Results and Discussion

Based on morphological characteristics, eight fungal species including *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. proliferatum*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* were identified. Based on the results of pathogenicity test, except for *F. verticillioides* and *F. culmorum* other species were identified as pathogenic. Among these, *F. oxysporum* and *F. solani* species complex were classified as the most common and most aggressive pathogens. *F. equiseti* and *F. proliferatum* were ranked as weakly aggressive pathogens. In this study, vascular discoloration, a major characteristic of the pathogenic isolates of *F. oxysporum*, was observed in only a few inoculated plants suggesting that most of the recovered isolates did not belong to *F. oxysporum* f. sp. *ciceri*. Disease symptoms triggered by most of the isolates of *F. oxysporum* species complex in this study are consistent with those of *F. redolens*. However, accurate identification of these isolates requires a combination of molecular protocols and detailed morphological studies.

Conclusion

Our results showed that *Fusarium* species are the main agent causing root rot, yellowing and wilt on chickpea in kermanshah province. Among these, *F. oxysporum* species complex was the most common and most aggressive species. However, contrary to previous reports, most of the *F. oxysporum* isolates examined in this study did not belong to *F. oxysporum* f. sp. *ciceri*. Since the accurate pathogen identification is crucial for efficient disease management, accurate identification of the pathogen needs to be confirmed using molecular protocols. We also concluded that *F. proliferatum* is a weak pathogen of chickpea root. This is the first report of pathogenicity of *F. proliferatum* on chickpeas.

Keywords: Fusariosis; *Fusarium*; *Macrophomina*; *Rhizoctonia*; Yellowing



اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه

هادی خاوری^۱، علی خورگامی^{۲*}، رضا میردريکوند^۳ و کاظم طالشی^۴

۱- دانشجوی دکتری، آگروتکنولوژی-فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، ایران؛

2006.khavari.hadi@gmail.com؛ شناسه اریکد: 0000-0002-3127-646X

۲- عضو هیئت علمی (دانشیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ Ali_khorgamy@yahoo.com

شناسه اریکد: 0000-0002-4213-9743

۳- عضو هیئت علمی (دانشیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ drikvand_r@yahoo.com

شناسه اریکد: 0000-0001-5702-6779

۴- عضو هیئت علمی (استادیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ kazem_taleshi@yahoo.com

شناسه اریکد: 0000-0003-4445-8059

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

خاوری، ه.، خورگامی، ع.، میردريکوند، ر. و طالشی، ک. ۱۴۰۲. اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۷۵-۹۱.

چکیده

امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. در این راستا آزمایشی با هدف بهبود سودآوری مزرعه و بازسازی نظام‌های زراعی متناسب با افزایش سلامت محصولات، بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰ در منطقه بیران شهر لرستان اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد) و ارقام لوبیاقرمز شامل (افق، دادفر، گلی و یاقوت) بودند. مقادیر مختلف مصرف نهاد در نظام‌های زراعی شامل مدیریت زراعی، مصرف کود و سم بود. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم، قطر ساقه، تعداد شاخه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، محتوای کلروفیل، تعداد غلاف، وزن دانه، عملکرد زیست توده و دانه و شاخص برداشت را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد (۳۰۵۴/۳۰ کیلوگرم در هکتار) و در نظام زراعی تلفیقی (۳۰۰۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار) هر دو در یک کلاس آماری به دست آمد. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۲۶/۰۲، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد. یافته‌ها نشان داد که نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُر‌نهاد، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد و متوسط نهاد به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برساند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی؛ تولید پایدار؛ شاخص برداشت؛ عملکرد دانه؛ کلروفیل برگ

مقدمه

در مقیاس جهانی، تقاضا برای محصولات کشاورزی هم‌زمان با رشد روزافزون جمعیت انسان‌ها در حال افزایش است. کشورهای با درآمد پایین و متوسط برای مقابله با چالش‌های

امنیت غذایی خود در تلاش هستند (Kumari et al., 2022). از طرفی، کشاورزی مدرن با هدف تولید حداکثری محصولات زراعی در جهت پاسخ به نیازهای جمعیت رو به رشد جهان و بدون اطمینان از اثرات آن بر محیط زیست در حال انجام است (Taylor et al., 2020). شیوه‌های کشاورزی متداول در سراسر جهان به استفاده گسترده از کودها و سموم شیمیایی

* نویسنده مسئول: Ali_khorgamy@yahoo.com

گیاه (PGPR) از جمله ریزوبیوم همزیست با لوبیا (*Rhizobium phaseoli*)، گروهی از ریزجانداران مؤثر، غیر بیماری‌زا، و مستعمره کننده ریشه هستند که در ریزوسفر گیاهان ساکن هستند و رشد و عملکرد گیاه را تقویت می‌کنند (Naseri, 2019; Khavari and Shakarami, 2019; Gupta and pandey, 2020). بیوچار یک ماده جامد است که از کربن شدن (تبدیل به ذغال شدن) زیست‌توده تولید می‌شود. منابع زیست‌توده شامل بقایای محصولات کشاورزی، ضایعات فرآوری مواد غذایی، زباله‌های جامد (زباله‌های خانگی، باقیمانده مواد غذایی و ...)، فضولات حیوانی (مواد دفع شده از حیوانات زنده) و فاضلاب‌های شهری است که تحت شرایط محدود اکسیژن در اثر حرارت تجزیه (پیرولیز) می‌شوند (Lee et al., 2020; Huang et al., 2019). دارای خصوصیات بی‌ظیری مانند سطح ویژه بزرگ، ظرفیت بافر pH، توانایی تبادل یونی و به عنوان یک جاذب چند منظوره کارآمد، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست در نظر گرفته می‌شود (Huang et al., 2020). علاوه بر این، بیوچار با بهبود خواص تبادل یونی، افزایش اسیدیته خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب، اثر مثبتی بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Ye et al., 2020). بیوچار می‌تواند به عنوان یک اصلاح کننده خاک و به طور بالقوه به عنوان یک کود نیز مورد استفاده قرار گیرد که موجب تحریک فعالیت میکروبی خاک و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌شود (El-Naggar et al., 2018). تولید ورمی کمپوست روشی برای تبدیل زباله‌های آلی به مواد قابل استفاده است که در آن از گونه‌های کرم‌خاکی (*Eisenia fetida*) برای تثبیت زباله‌های آلی استفاده می‌شود. ورمی کمپوست به دلیل داشتن ساختار متخلخل، ظرفیت ذخیره سازی بالای آب، داشتن مواد شبه هورمونی، تنظیم کننده‌های رشد گیاه و سطوح بالای عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و همچنین ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی، مس و منگنز، محیطی را در خاک تشکیل می‌دهد که از رشد گیاه حمایت می‌کند. همچنین ورمی کمپوست دارای مواد هیومیک است که موجب افزایش عملکرد و رشد گیاهان و در نتیجه افزایش تولیدات کشاورزی می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2018). در پژوهش‌های مزراعی متعددی نقش مفید و کارآمدی استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Razakatiana et al., 2020; Khavari and Shakarami, 2019) و کودهای آلی بیوچار (Kumari et al., 2022; Velez et al., 2018) و ورمی-کمپوست (Sharma et al., 2018; Belmeskine et al., 2018) در تولید حبوبات به‌ویژه لوبیا گزارش شده است. با

وابسته است (Wang et al., 2018). امروزه در تمامی نظام‌های زراعی، کاهش وابستگی به انرژی‌های یارانه‌ای (کودها و سموم شیمیایی) از اهداف اساسی به شمار می‌آید. بدیهی است، شناسایی پتانسیل‌های تولید در بوم نظام‌های زراعی مختلف بر پایه تحقیقات علمی کمک شایانی به افزایش بهره‌وری تولید خواهد نمود. از آنجایی که مصرف انرژی یکی از ضرورت‌های مهم در نظام‌های مختلف تولید (اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد، تلفیقی و پُر‌نهاد) به شمار می‌آید، معرفی یک سیستم کارآمد انرژی کمک بزرگی به چرخه اقتصاد کشاورزی خواهد کرد (Asgharipour et al., 2019). بنابراین، استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریت عناصر غذایی در بوم‌نظام‌های متنوع و نظام‌های مختلف تولید برای افزایش تولید غذا و بهبود سودآوری مزرعه در کنار بهبود کارایی منابع طبیعی بسیار مهم است (Antil and Raj, 2020). از طرفی استفاده ناکافی و نامتعادل از کودهای شیمیایی موجب کمبود گسترده عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و بور) مورد نیاز گیاهان زراعی و کاهش سلامت خاک در بسیاری از مناطق دنیا شده است (Yadav et al., 2018). امروزه، کوددهی متوازن به معنای استفاده منطقی از کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به گونه‌ای است که افزایش عملکرد محصول را تضمین کند. همچنین کیفیت محصولات تولیدی را افزایش دهد و موجب کاهش نسبت هزینه به سودآوری برای کشاورزان گردد و کمترین اثر نامطلوب را بر خاک و محیط زیست داشته باشد (Gogoi et al., 2018; Yadav et al., 2018). نظام‌های زراعی پایدار تضمین کننده ماندگاری عملکرد محصولات تولید شده برای جمعیت در حال توسعه حال و آینده بدون به خطر انداختن اجزای زیستی و فیزیکی محیط زیست است که در آن تولید در حال انجام است (Epule, 2019). یکی از مهم‌ترین ابزارهای دستیابی به این هدف، بکارگیری کودهای آلی با منشأ طبیعی و میکروارگانیسم‌های مؤثر در طی مسیر تولید محصولات زراعی است (Bhowmik and Das, 2018). در نتیجه حفظ بهره‌وری محصولات زراعی و افزایش سلامت خاک به صورت طولانی مدت تنها از طریق افزایش سهم منابع آلی و کودهای زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی امکان‌پذیر خواهد بود (Antil and Raj, 2020; Bhowmik and Das, 2018). با توجه به اهمیت تولید حبوبات در کشور، ارزیابی پاسخ این گیاهان نسبت به کاربرد کودهای زیستی و آلی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در راستای تولید پایدار این محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Khavari and Shakarami, 2019). کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (AMF) و ریزوباکتری‌های محرک رشد

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک Soil Texture	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه (درصد) Moistuer content at field capacity (%)	رس Clay	لای Silt	شن Sand	(mg.kg ⁻¹)							کربن آلی O.C	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)
					N	P	K	Fe	Mg	Zn	Cu				
لومی رسی Clay Loam	22.43	39.4	44.6	16	0.091	8.46	238	4.35	5.34	0.73	0.92	1.16	1.09	7.23	0-30
لومی رسی Clay Loam	19.23	31.65	48.72	19.63	0.015	4.51	187	2.62	5.11	0.69	0.83	0.68	0.86	7.11	30-60

توجه به بررسی‌های انجام شده، امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. بنابراین، هدف از این آزمایش کم-هزینه نمودن مصرف کودها و سموم شیمیایی از طریق مدیریت و بازسازی نظام‌های زراعی متداول در منطقه با کاربرد کودهای زیستی و آلی متناسب با افزایش سلامت محصولات تولید شده در مزرعه، در راستای بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز در کشور در شرایط مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران شهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۷ متر از سطح دریا، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک=C1، تلفیقی=C2، کم‌نهاده=C3، متوسط نهاده=C4، و پُر نهاده=C5) و ارقام مختلف لوبیاقرمز شامل (افق=G1، دادفر=G2، گلی=G3 و یاقوت=G4) بودند. مقادیر مختلف مصرف نهاده در نظام‌های زراعی شامل مصرف کود، سم و عملیات مدیریت زراعی در جدول ۳ ارائه شده است. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به کشت گیاه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) اختصاص داشت. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ قطعه تکثیر (پروپاگول) در هر گرم، از گونه‌های مختلف (*Glomus etunicatum*, *G. Intraradices*, *G. mossea*) با نام تجاری مایکوروت از شرکت زیست‌فناور پیش‌تاز واریان (دانش‌بنیان)، مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) با تراکم جمعیت 5×10^8 CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر از مؤسسه تحقیقت خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک)، بیوچار تهیه شده از چوب درخت انار (*Punica granatum* L.) از شرکت تعاونی-تولیدی فصل پنجم (فرح‌بخش)، ورمی‌کمپوست از شرکت نوآوران کشت‌وصنعت ساین (سبزینه‌کشت) و کود کامل ریزمغذی با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲)؛

و بذور ارقام لوبیاقرمز شامل رقم افق (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، زودرس، متوسط دوره رشد و نمو ۸۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در مناطق با سرمای زود هنگام پاییزه در کشور)، رقم دادفر (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Red Mexican، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۱ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در اقلیم معتدل و سرد کشور)، رقم گلی (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Red Mexican، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۹۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد، و رقم یاقوت (منشأ، خالص شده از توده‌های بومی ایران، کلاس تجاری بین المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، متوسط دوره رشد و نمو ۸۷ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از شرکت خدمات توسعه کشاورزی زنجان کشت خیرآباد تهیه گردید.

به‌منظور آماده‌سازی بستر کاشت، پس از برداشت محصول شبدر برسيم، زمین موردنظر توسط گاواهن برگردان‌دار در اواخر اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ شخم زده شد. پس از تسطیح زمین، واحدهای آزمایشی با ابعاد ۲/۵×۶ متر و جوی و پشته‌ها توسط نه‌رکن با عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. جهت جلوگیری از تداخل اثر تیمارها، فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا، آبیاری پیش از کاشت (خاک‌آب) انجام شد. پس از گذشت چهار روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۱۴ خرداد ۱۴۰۰ به روش هیرم‌کاری (نم‌کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول شش متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی-متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در عمق پنج تا هفت سانتی‌متری خاک کشت شدند. ماده تلقیح پودری مایکروروت (حاوی گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار) به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کوددهی نواری و طبق دستورالعمل شرکت سازنده

استفاده شد؛ به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص شده از ماده تلقیح در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد (در حدود ۰/۶۲۵ گرم به ازای هر بذر) و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. مایه‌زنی با مایه-تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا در سایه انجام گردید. به منظور مایه‌زنی بذر، قبل از کاشت میزان بذر مورد نیاز برای هر واحد آزمایشی محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم به نسبت ۵۰ میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و در نهایت بذرهای پس از گذشت مدت ۳۰ دقیقه با خشک شدن نسبی کشت شدند.

بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار و ورمی‌کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار استفاده شد، به این صورت که مقدار مشخص شده از این کودهای آلی برای تیمارهای مربوطه قبل از کاشت تا عمق ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. همچنین کود کامل ریز مغذی با غلظت دو در هزار به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. برای محاسبه نیاز آبی ارقام لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش از نرم افزار بهینه‌سازی و برنامه ریزی مصرف آب کشاورزی (OPTIWAT) استفاده شد. (حجم آب مصرفی برای لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش با میانگین ضریب گیاهی $kc(0/861)$ در شرایط مساعد زراعی (عدم تنش) در حدود ۱۴۳۱۲ تا ۱۹۷۳۵ متر مکعب برای روش آبیاری سطحی محاسبه شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاهچه‌ها در ۱۰ روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری با توجه به مراحل مختلف نمو بوته‌ها از ۷ روز (مراحل اولیه رشد) تا ۵ روز (از زمان شروع مرحله گلدهی به-طور تقریبی ۵۹ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت محصول) یک‌بار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ژونوتیپ‌های لوبیاقرمز با احتساب مرحله خاک‌آب (آبیاری قبل از کاشت) در حدود ۱۷۲۰۸/۶ مترمکعب در هکتار و میانگین تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد ۱۷ مرحله بود. روش اعمال تیمارها و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف شامل (عملیات تهیه زمین، میزان مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی؛ تعداد دفعات مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات گیاهی و فواصل زمانی آبیاری) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات بیوجار، ورمی کمپوست و کود کامل ریزمغذی مورد استفاده در آزمایش
Table 2. Characteristics of Biochar, Vermicompost and Totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری	محتوا											
Commercial name	Content											
بیوجار Biochar	ماده آلی (درصد) O.M (%)	نسبت کربن / نیتروژن C/N	کربن آلی (درصد) O.C (%)	اسیدیته pH	اسیدیته O.C (%)	منگنز Mg (%)	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	نیترژون N (%)	فسفر (%) P	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	خاکستر ash (%)
	13.89	10.20	8.06	8.2	8.2	5.77	0.2	0.79	0.14	0.17	4.26	24.6
ورمی کمپوست Vermicompost	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	8.67	8.23		نیترژون (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	0.55		
		2.44					0.473	0.24				
	عناصر غذایی کم مصرف (پی پی ام) Micro Nutrients (PPM)											
	عناصر غذایی پر مصرف (درصد) Macro Nutrients %											
NutriPad 20-20-20	آمینو اسید Amino Acid	روی Zn	مولیبدن Mo	منیزیم Mn	آهن Fe	مس Cu	بور B	پتاسیم K	فسفر P	نیترژون N		
	8000	900	50	300	1200	300	200	20	20	20		

جدول ۳- میزان نهاده‌های مصرفی و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف

Table 3. Amount of Consumed inputs and cropping management in different cropping systems

		پر نهاده High input	متوسط نهاده Medium input	کم نهاده Low input	تلفیقی Integrated	اکولوژیک Ecological
عملیات خاک‌ورزی Land preparation operations	شخم (تعداد) Plow (No.)	2	1	1	1	1
	دیسک (تعداد) Disk (No.)	2	2	1	1	-
	لولر (تعداد) Leveler (No.)	2	1	-	1	-
	نهرکن (تعداد) Furrow (No.)	1	1	1	1	1
کود شیمیایی Chemical fertilizer	نیتروژن (از منبع اوره ۴۶ درصد) N (kg.ha ⁻¹)	300	150	100	150	-
	فسفر (سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد) P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	200	100	50	100	-
	پتاسیم (سولفات پتاسیم گرانوله ۵۰ درصد) K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	150	100	50	100	-
	محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی (غلظت دو در هزار) Totalize fertilizer (foliar spray 2% per 1000 lit)	3	2	1	2	-
کود زیستی Biological fertilizer	میکوریزا آربسکولار (کیلوگرم در هکتار) Arbuscular mycorrhizal (kg.ha)	-	-	-	250	250
	ریزوبیوم (میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر) Rhizobium (50 ml per 100 gr seed)	-	-	-	50	50
کود آلی Organic fertilizer	بیوچار (تن در هکتار) Biochar (ton.ha)	-	-	-	10	10
	ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost	-	-	-	15	15
مبارزه با علف‌های هرز Weeds control	شیمیایی (علف‌کش) Chemical (herbicide)	2	2	1	1	-
	مکانیکی (وجین دستی) mechanical (weeding by hand)	-	1	2	1	3
مبارزه با آفات Pests Control	شیمیایی (آفت‌کش) Chemical (pesticide)	3	2	1	1	-
مبارزه با بیماری‌ها Fungicide	شیمیایی (قارچ‌کش) Chemical (Fungicide)	2	2	1	1	-
دور آبیاری Irrigation	فاصله به روز Intervals in day	5	6	7	6	7

با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502) اندازه‌گیری شد. وزن ۱۰۰ دانه با استفاده از تعداد ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای حاصل از عملکرد دانه محاسبه گردید. به این صورت که پس از توزین جداگانه هر نمونه (با دقت ۰/۰۱ گرم)، میانگین حسابی این اعداد به عنوان وزن ۱۰۰ دانه برای هر تیمار ثبت شد. برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضربدر عدد ۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح آماری پنج

در پایان فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی همه ارقام، برداشت محصول با در نظر گرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها به صورت کف‌بر در سطح چهار متر مربع انجام شد و پس از خشک‌شدن کامل بوته‌ها در شرایط نور طبیعی مزرعه، عملکرد زیست‌توده و دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) اندازه‌گیری شد. قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و تعداد غلاف در بوته با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته (۶۰ سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. محتوای کلروفیل برگ (SPAD) نیز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها

درصد با گزاره LSMEANS برش‌دهی اثر متقابل در ویژگی-
هایی که اثر برهمکنش آنها معنی‌دار بود، انجام شد. برای
محاسبه ضرایب همبستگی به روش پیرسون بین صفات از نرم-
افزار SPSS 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel
2016 استفاده شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم لوبیا بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 4. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits of bean

منابع تغییر Source Of Variation	درجه آزادی Degree Of Freedom	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leafs number
تکرار Block	2	0.370 ^{ns}	0.375 ^{ns}	74.80 ^{ns}	117.66 ^{ns}
نظام‌های زراعی C	4	1.93 ^{**}	7.59 ^{**}	2683.68 ^{**}	4138.04 ^{**}
رقم G	3	0.299 ^{ns}	8.74 ^{**}	913.29 ^{**}	990.06 ^{**}
نظام‌های زراعی×رقم C×G	19	0.787 ^{**}	4.02 ^{**}	863.56 ^{**}	1040.58 ^{**}
خطا Error	40	0.298	1.58	46.87	36.65
ضریب تغییرات (درصد) V (%).C	-	10.06	13.3	14.91	16.95

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

ns, nonsignificant; *, significant at $P \leq 0.05$ and **, significant at $P \leq 0.01$.

نتایج و بحث

درصد افزایش نشان داد. این رقم در نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاد و پُر‌نهاد نیز نسبت به سایر ارقام بیشترین تعداد شاخه جانبی را به خود اختصاص داد (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که ارقام لوبیاقرمز دارای تفاوت رشدی متفاوتی در نظام‌های زراعی مورد بررسی می‌باشند، به این صورت که بیشترین میانگین ارتفاع بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که ارتفاع بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۸/۷۹، ۱۵/۵۴ و ۲۵/۸۲ درصد افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به نتایج، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی-دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که نظام‌های زراعی مختلف توانایی متفاوتی در تولید تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز داشت. به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک مشاهده شد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم، بیشترین میانگین قطر ساقه در بوته لوبیاقرمز رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن به ترتیب در ارقام یاقوت، افق، دادفر و گلی (همه در یک کلاس آماری) در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد (جدول ۵). قطر ساقه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۱۵/۷۱، ۷۳/۸۱ و ۴۳/۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد شاخه در بوته ارقام لوبیاقرمز در نظام‌های زراعی مورد بررسی دارای تفاوت معنی-داری است، به‌طوری‌که رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد بیشترین و رقم دادفر در نظام زراعی کم‌نهاد کمترین میانگین تعداد شاخه در بوته را تولید نمودند (جدول ۵). تعداد شاخه در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۳۲/۵۶، ۵۸/۵۱ و ۶۹/۸۱

نشان داد که تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۹/۸۷، ۹/۱۵ و ۱۰/۷۵ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل برگ (اسپاد) معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم (جدول ۷) نشان داد که بیشترین میانگین محتوای کلروفیل برگ مربوط به ارقام دادفر و یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده (هر دو در یک کلاس آماری) و کمترین میانگین محتوای کلروفیل برگ در رقم افق در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد. ارقام مورد بررسی به لحاظ محتوای کلروفیل برگ نسبت به نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل برگ در رقم دادفر به ترتیب به میزان ۵/۹۳ و ۱/۷۳ درصد و رقم یاقوت ۵/۴۵ و ۱۲/۶۸ درصد نسبت به ارقام افق و گلی در نظام زراعی پُر نهاده افزایش نشان داد (جدول ۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه

میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده و کمترین میانگین آن در رقم دادفر در نظام زراعی متوسط نهاده به‌دست آمد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۴۹/۱۶ و ۴۴/۳۸ درصد افزایش داشت (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی را نسبت به تولید غلاف در بوته ارقام لوبیاقرمز نشان دادند به‌طوری‌که تعداد غلاف در بوته رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۴۴/۹۰، ۱/۰۸، ۴۸/۷۵ و ۲۲/۹۵ درصد افزایش نشان داد. تعداد غلاف در بوته در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۶۴/۵۰، ۳۵/۲۳، ۳۷/۳۴ و ۱۷/۵۲ درصد افزایش یافت. تعداد غلاف در بوته رقم دادفر در نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام‌های زراعی تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۴/۲۶، ۸/۶۴، ۴۳/۸۷ و ۳۱/۴۴ درصد افزایش نشان داد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی
Table 5. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار Treatment	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leafs number
C ₁ G ₁	2.13 ^c	4.03 ^d	75.62 ⁱ	91.00 ^{ij}
C ₁ G ₂	2.28 ^c	4.88 ^{b-d}	106.33 ^{c-e}	94.33 ^{ij}
C ₁ G ₃	2.29 ^c	4.59 ^{b-d}	73.71 ⁱ	89.00 ^j
C ₁ G ₄	2.09 ^c	5.29 ^{b-d}	88.64 ^{f-h}	101.00 ^{hi}
C ₂ G ₁	2.87 ^{bc}	5.84 ^{a-d}	97.42 ^{ef}	115.33 ^{fg}
C ₂ G ₂	3.09 ^{a-c}	6.72 ^{a-c}	110.50 ^{cd}	128.00 ^{b-e}
C ₂ G ₃	3.42 ^{ab}	6.96 ^{ab}	98.14 ^{d-f}	123.00 ^{d-f}
C ₂ G ₄	3.07 ^{a-c}	6.77 ^{a-c}	99.45 ^{d-f}	138.66 ^b
C ₃ G ₁	2.68 ^{bc}	4.33 ^{cd}	84.04 ^{g-i}	91.33 ^{ij}
C ₃ G ₂	3.03 ^{bc}	3.88 ^d	93.37 ^{fg}	100.66 ^{hi}
C ₃ G ₃	2.33 ^c	5.33 ^{b-d}	79.70 ^{hi}	95.00 ^{ij}
C ₃ G ₄	2.61 ^{bc}	5.88 ^{a-d}	76.12 ^{hi}	111.00 ^{gh}
C ₄ G ₁	2.66 ^{bc}	4.09 ^d	77.41 ^{hi}	115.00 ^{fg}
C ₄ G ₂	2.72 ^{bc}	4.48 ^{b-d}	109.75 ^{c-e}	124.33 ^{d-f}
C ₄ G ₃	2.18 ^c	5.80 ^{a-d}	92.56 ^{fg}	117.66 ^{e-g}
C ₄ G ₄	2.89 ^{bc}	6.76 ^{a-c}	93.46 ^{fg}	131.66 ^{b-d}
C ₅ G ₁	3.50 ^{ab}	6.11 ^{a-d}	123.83 ^{ab}	125.66 ^{c-f}
C ₅ G ₂	2.33 ^c	5.11 ^{b-d}	116.60 ^{bc}	138.00 ^b
C ₅ G ₃	2.83 ^{bc}	4.77 ^{b-d}	107.07 ^{c-e}	136.00 ^{bc}
C ₅ G ₄	4.05 ^a	8.10 ^a	134.72 ^a	150.63 ^a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی برهمکنش).

C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C₁، تلفیقی C₂، کم‌نهاده C₃، متوسط نهاده C₄ و پُر نهاده C₅) و G ارقام لوبیاقرمز (افق G₁، دادفر G₂، گلی G₃ و یاقوت G₄).

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at P≤0.05

Cropping systems C (Ecological G₁, Integrated G₂, Low input G₃, Medium input G₄ and High input G₅) and red bean Genotypes (Ofogh G₁, Dadfar G₂, Goli G₃ and Yaghot G₄)

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 6. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits

منابع تغییر Source Of Variation	درجه آزادی Degree Of Freedom	محتوای کلروفیل (اسپاد) Chlorophyll Content (SPAD)	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Block	2	4.68 ^{ns}	32.26 ^{ns}	47.25 ^{ns}	389212.22 ^{ns}	23484.06 ^{ns}	14.37 ^{ns}
نظام‌های زراعی C	4	79.13 ^{**}	56.88 [*]	47.30 ^{ns}	7246585.60 ^{**}	1752438.108 ^{**}	194.23 ^{**}
رقم G	3	33.89 ^{**}	143.33 ^{**}	482.04 ^{**}	2313732.42 ^{**}	718229.17 ^{**}	228.53 ^{**}
نظام‌های زراعی×رقم C×G	12	24.15 ^{**}	47.74 ^{**}	102.71 ^{**}	2673438.72 ^{**}	531657.34 ^{**}	91.27 ^{**}
خطا Error	38	2.13	18.17	34.27	410637.53	34303.57	10.08
ضریب تغییرات (درصد) V (%)C	-	13.16	12.60	11.71	10.25	8.40	8.95

ns, nonsignificant; *, significant at $P \leq 0.05$ and **, significant at $P \leq 0.01$.

های متفاوتی را نشان دادند به‌طوری‌که بیشترین عملکرد زیست‌توده به ترتیب در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی، ارقام یاقوت و افق در نظام زراعی پُر نهاده به دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۷). عملکرد زیست‌توده در رقم دادفر نسبت به ارقام افق، گلی و یاقوت در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۴۲/۷۰، ۴۴/۱۰ و ۲۸/۷۸ درصد افزایش یافت. کمترین میانگین عملکرد زیست‌توده در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد (جدول ۷). در بین ارقام مورد بررسی نیز بیشترین عملکرد زیست‌توده در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی تلفیقی و رقم افق در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به سایر نظام‌های زراعی به‌دست آمد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی به لحاظ افزایش عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی دارند، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت به ترتیب در نظام زراعی پُر نهاده و تلفیقی به‌دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد؛ و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان

تعداد غلاف در بوته رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۰/۰۷، ۴۲/۳۹، ۳۵/۶۵ و ۲۱/۹۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی کم‌نهاده و کمترین میانگین آن در رقم افق در نظام زراعی متوسط نهاده به دست آمد (جدول ۷). نظام‌های زراعی مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی تولید وزن دانه بیشتر، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند. در یک رتبه‌بندی به لحاظ تولید وزن دانه بیشتر در نظام‌های زراعی به ترتیب می‌توان رقم یاقوت در نظام زراعی کم‌نهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی اکولوژیک و رقم افق در نظام زراعی پُر نهاده را عنوان نمود (جدول ۷). وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی کم‌نهاده به ترتیب به میزان ۶۰/۲۸، ۳۷/۸۶ و ۴۷/۰۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ تولید زیست‌توده در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ-

در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۳۷/۲۸، ۶۸/۹۶، ۴۳/۰۷ و ۱۸/۳۹ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۴۶، ۴۴/۴۵، ۲۷/۸۲ و ۲/۷۰ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام-های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۵/۰۴، ۳۹/۹۱، ۳۵/۹۴ و ۰/۷۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷).

۲۶/۰۲ و ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). همچنین کمترین میانگین عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی کم نهاده به‌دست آمد، که در مقایسه با ارقام دادفر، گلی و یاقوت در نظام زراعی کم نهاده به ترتیب در حدود ۷/۴۲، ۴/۰۳ و ۳/۸۵ درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید اقتصادی متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند، به‌طوری‌که عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۳۱/۲۹، ۲۷/۹۹ و ۷۱/۸۶ و ۳۲/۸۹ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی
Table 7. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار Treatment	محتوای کلروفیل (اسپاد) Chlorophyll Content (SPAD)	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن صد دانه (گرم) 100 seed Weight (gr)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
C ₁ G ₁	38.83 ^l	19.33 ^{b-d}	26.65 ^e	5120.66 ^{fg}	2081.00 ^{de}
C ₁ G ₂	42.60 ^h	18.10 ^{b-d}	35.49 ^{a-e}	6201.58 ^{c-f}	2083.00 ^{de}
C ₁ G ₃	44.36 ^{gh}	13.86 ^d	39.50 ^{a-d}	4842.67 ^g	1880.00 ^{ef}
C ₁ G ₄	44.30 ^{gh}	19.33 ^{b-d}	41.55 ^{a-c}	5409.76 ^{e-g}	2326.30 ^{b-d}
C ₂ G ₁	44.53 ^{f-h}	23.21 ^{a-c}	26.35 ^e	5477.33 ^{e-g}	2394.00 ^{b-d}
C ₂ G ₂	47.23 ^{c-f}	17.36 ^{cd}	31.05 ^{c-e}	7816.28 ^a	2655.23 ^{de}
C ₂ G ₃	45.90 ^{d-g}	22.80 ^{a-c}	33.13 ^{b-e}	7077.56 ^{a-c}	2581.00 ^{bc}
C ₂ G ₄	49.33 ^{a-c}	25.84 ^{ab}	44.49 ^{ab}	6069.32 ^{c-g}	3007.33 ^a
C ₃ G ₁	43.83 ^{gh}	16.30 ^{cd}	28.53 ^{de}	5989.00 ^{c-g}	1711.49 ^f
C ₃ G ₂	45.26 ^{e-h}	16.66 ^{cd}	33.17 ^{b-e}	5775.00 ^{d-g}	1838.00 ^{ef}
C ₃ G ₃	45.23 ^{e-h}	16.86 ^{cd}	31.10 ^{c-e}	6219.18 ^{c-f}	1780.00 ^{ef}
C ₃ G ₄	46.30 ^{d-g}	18.83 ^{b-d}	45.73 ^a	4986.00 ^{fg}	1777.66 ^{ef}
C ₄ G ₁	45.86 ^{d-g}	17.11 ^{cd}	24.59 ^e	5416.23 ^{e-g}	1761.33 ^{ef}
C ₄ G ₂	47.20 ^{c-f}	12.58 ^d	29.21 ^{de}	6726.46 ^{a-d}	2077.66 ^{de}
C ₄ G ₃	45.23 ^{e-h}	16.60 ^{cd}	34.30 ^{b-e}	5881.00 ^{c-g}	1804.35 ^{ef}
C ₄ G ₄	48.60 ^{a-d}	22.78 ^{a-c}	35.23 ^{a-e}	6417.00 ^{c-e}	2298.00 ^{cd}
C ₅ G ₁	47.70 ^{b-e}	19.03 ^{b-d}	32.50 ^{c-e}	7715.38 ^a	2376.00 ^{b-d}
C ₅ G ₂	50.53 ^a	13.77 ^d	33.79 ^{b-e}	7601.00 ^{ab}	2585.00 ^{bc}
C ₅ G ₃	49.67 ^{a-c}	19.40 ^{b-d}	35.66 ^{a-e}	6467.00 ^{b-e}	2180.66 ^d
C ₅ G ₄	50.30 ^{ab}	28.01 ^a	39.86 ^{a-d}	7733.00 ^a	3054.30 ^a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش).

C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C₁، تلفیقی C₂، کم‌نهاده C₃، متوسط نهاده C₄ و پُر نهاده C₅) و G ارقام لوبیاقرمز (افق G₁، دادفر G₂، گلی G₃ و یاقوت G₄)

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at P<0.05

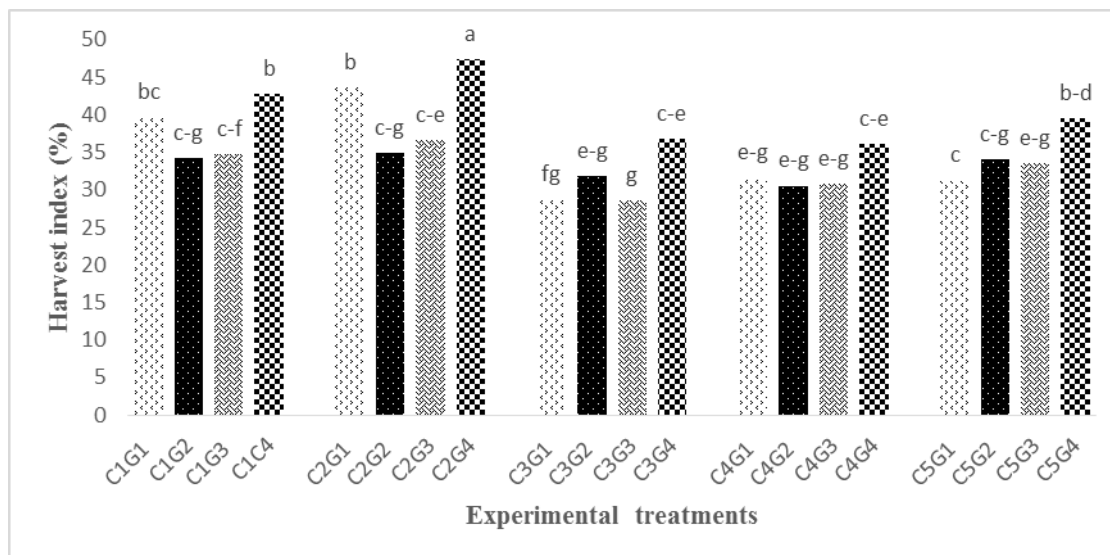
Cropping syetems C (Ecological G₁, Integrated G₂, Low input G₃, Medium input G₄ and High input G₅) and red bean Genotypes (Ofogh G₁, Dadfar G₂, Goli G₃ and Yaghot G₄)

۲۹/۳۴ درصد افزایش یافت (شکل ۱). نظام‌های زراعی توانایی رشد شاخص برداشت متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند. به‌طوری‌که شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۰/۸۱، ۲۹/۰۶، ۳۱/۴۲ و ۲۰/۱۶ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۵/۴۹، ۲۸/۵۳، ۱۹/۰۵ و ۹/۲۶ درصد افزایش یافت. شاخص برداشت در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ شاخص برداشت در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را نشان می‌دهند به‌طوری‌که بیشترین افزایش شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی و کمترین میانگین شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی کم نهاده مشاهده شد. شاخص برداشت در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۸/۶۴، ۳۵/۷۴ و

زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۹/۷۸، ۵۱/۸۹، ۳۸/۲۷ و ۳۹/۶۹ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱).

اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۲/۲۸، ۹/۹۰، ۱۴/۴۴ و ۷/۶۳ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم بر شاخص برداشت

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش) C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C1، تلفیقی C2، کم‌نهاد C3، متوسط نهاد C4 و پُر‌نهاد C5) و G ارقام لوبیاقرمز (افق G1، دادفر G2، گلی G3 و یاقوت G4)

Fig 1. Mean comparison of interaction effect of cropping systems and Genotypes on Harvest index

Means with the same letters don't have significant difference, using Slicing method, ($p \leq 0.05$).

Cropping systems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

منابع کودهای زیستی و آلی قابل دسترس برای کشاورزان افزایش معنی‌داری از خود نشان دادند.

کاربرد کودهای زیستی حاوی میکوریزا از طریق رشد بهتر ریشه‌ها و شاخسار، سبب تعادل بین نمو رویشی و زایشی ارقام لوبیاقرمز می‌شود و با بهبود ویژگی‌های اجزای عملکرد، می‌تواند عملکرد اقتصادی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Khavari and shakarami, 2018). تلقیح با ریزوبیوم می‌تواند تا حدی نیاز نیتروژن مورد نیاز برای رشد طبیعی و بهره‌وری بالای لوبیا را تأمین کند به‌طوری که شاهد افزایش گره‌سازی، زیست‌توده، تثبیت نیتروژن و اثر بخشی همزیستی گیاهان میزبان بر عملکرد اقتصادی از ویژگی‌های آن است (Karoline Fiori et al., 2021). کاربرد بیوجار به‌طور بالقوه می‌تواند تولید محصول را افزایش دهد. این خاصیت به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی موجود در بیوجار نسبت داده می‌شود (Sun et al., 2019). کاربرد بیوجار و ورمی‌کمپوست به تنهایی می‌تواند ظرفیت نگهداری کود در خاک را برای بهبود سرعت فتوسنتز در مرحله گل‌دهی افزایش دهد و در نتیجه موجب افزایش عملکرد اقتصادی محصول شود

نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُر‌نهاد، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد و متوسط نهاد به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برساند. از طرفی نظام زراعی اکولوژیک نیز توانست با بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی کودهای زیستی و آلی با حذف کامل نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاد و متوسط نهاد عملکرد مطلوبی را تولید کند، اما نسبت به نظام‌های زراعی پُر‌نهاد و تلفیقی کاهش تولید اقتصادی را نشان داد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که نظام زراعی تلفیقی با مصرف بهینه نهاده‌های شیمیایی و کودهای زیستی و آلی، موجب بهبود توسعه ریشه، اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش شاخص برداشت و تولید اقتصادی ارقام لوبیاقرمز می‌شود. در این آزمایش قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، محتوای کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته و عملکرد زیست‌توده که از مهم‌ترین صفات اثر گذار برای افزایش توانایی تولید اقتصادی در ارقام لوبیاقرمز بودند (جدول ۸) به واسطه بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های شیمیایی و بازسازی نظام زراعی تلفیقی بر اساس

Razakatiana *et al.*, 2020; De Souza Buzo *et al.*, 2022) و کودهای آلی بیوجار (Kumari *et al.*, 2022; Velez *et al.*, 2018) و ورمی کمپوست (Belmeskine *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2018) در زراعت حبوبات به‌ویژه ارقام لوبیاقرمز گزارش شده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

(Sun *et al.*, 2020). ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد (خاک اصلاح نشده) تعداد گره، ارتفاع بوته، وزن برگ، کلروفیل، کارتنوئید و عملکرد اقتصادی لوبیا را افزایش می‌دهد (Belmeskine *et al.*, 2020). در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Seyahjani Abbasi *et al.*, 2020; Khavari and Shakarami, 2018; Recchia *et al.*, 2018;

جدول ۸- ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مورد بررسی در ارقام لوبیاقرمز
Table 8. Pearson correlation coefficient of measured traits in Red Bean genotypes

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
تعداد گره فعال در ریشه											
1. Number of active nodule on root	1										
قطر ساقه	0.419 **	1									
2. Stem diameter											
تعداد شاخه جانبی	0.608 **	0.616 **	1								
3. Branch No. per plant											
ارتفاع بوته	0.519 **	0.469 **	0.394 **	1							
4. Plant height											
تعداد برگ	0.781 *	0.522 *	0.506 **	0.699 **	1						
5. Leafs number											
محتوای کلروفیل (اسپاد)	0.620 **	0.416 **	0.382 **	0.564 ns	0.790 **	1					
6. Chlorophyll Content (SPAD)											
تعداد غلاف در بوته	0.459 **	0.238 ns	0.375 **	0.221 ns	0.313 **	0.080 ns	1				
7. Pod No. per plant											
وزن صد دانه	0.368 **	0.020 ns	0.201 ns	0.076 ns	0.216 ns	0.183 ns	0.241 ns	1			
8. 100 seed weight											
عملکرد زیست توده	0.458 **	0.377 **	0.362 **	0.713 **	0.522 **	0.540 **	0.048 ns	0.512 ns	1		
9. Biological yield											
عملکرد دانه	0.795 **	0.449 **	0.579 **	0.651 **	0.682 **	0.484 **	0.429 **	0.240 ns	0.637 **	1	
10. Seed yield											
شاخص برداشت	0.470 **	0.129 ns	0.316 **	0.063 ns	0.279 *	0.995 **	0.513 **	0.484 **	-0.269 *	0.554 **	1
11. Harvest index											

ns, nonsignificant; *, significant at $P \leq 0.05$ and **, significant at $P \leq 0.01$.

چنین، افزایش شاخص برداشت در همه ارقام نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند نقش مفیدی در تقویت کارایی توزیع و انتقال مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) تولید شده در بین اندام-های گیاه به ویژه اندام‌های تولید کننده عملکرد اقتصادی داشته باشد که این امر نشان دهنده توانایی بیشتر نظام‌زراعی تلفیقی برای تولید پایدار لوبیاقرمز متناسب با اهداف آزمایش در جهت بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و افزایش سلامت محصول تولید شده در مزرعه است. اگرچه نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام زراعی پُر نهاده از نظر تولید اقتصادی سودآور نبود اما توانست عملکرد زیست‌توده، دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاده و متوسط

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند علاوه بر کاهش معنی‌دار مصرف نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) موجب افزایش تولید پایدار محصول ارقام لوبیاقرمز در مقایسه با نظام-های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده گردد. کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و استفاده از کودهای زیستی و آلی با عرضه عناصر ریزمغذی مکمل، موجب افزایش بهره‌وری ارقام لوبیاقرمز در نظام زراعی تلفیقی شد. که به‌طور مثبت و معنی‌داری ویژگی‌های رویشی و اقتصادی را افزایش داد که در نتیجه محصول نهایی ما می‌تواند دارای مقبولیت اقتصادی و زیست‌محیطی برای کشاورزان و مصرف‌کنندگان آن باشد. هم-

شوند، که در نتیجه به کاهش هزینه‌های تولید اقتصادی و زیست‌محیطی محصول لوبیاقرمز کمک کنند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) به عنوان منبع اخذ سویه باکتری ریزوبیوم، جناب آقای مهندس محمدحسین فرحبخش (مدیر عامل شرکت تعاونی-تولیدی فصل پنجم) برای تهیه بیوپار و همچنین جناب آقای دکتر فرهاد رجالی (دانشیار و عضو هیئت‌علمی محترم مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور) که بارانمایی‌های ارزنده خود در تهیه کود زیستی میکوریزا و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، قدردانی می‌نماییم.

نهاد (متکی بر استفاده از نهاده‌های شیمیایی)، تولید کند که نشان‌دهنده پتانسیل سود طولانی مدت با کاربرد کودهای زیستی و آلی در این نظام زراعی است. بنابراین نیاز به ارزیابی نظام‌های زراعی برای طولانی مدت و همچنین نرخ بازدهی اقتصادی محصولات زراعی وجود دارد. در نتیجه پیش‌بینی می‌شود که نتایج این مطالعه می‌تواند برای شکل‌دادن به روش‌های مدیریتی جدید برای بهبود تولید محصول لوبیاقرمز مفید باشد و می‌تواند استفاده بیش از حد کودها و سموم شیمیایی را کاهش دهد، با این مفهوم که تنها اقتصادی بودن محصول تولیدی دارای اهمیت نمی‌باشد و روش‌های مدیریت زراعی باید در جهت منافع اجتماعی و زیست‌محیطی بر اساس منابع موجود و قابل دسترس برای کشاورزان، بهینه‌سازی و بازسازی

منابع

1. Antil, R.S., Raj, D. 2020. Integrated Nutrient Management for Sustainable Crop Production and Improving Soil Health. In: Meena, R. (eds) Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_3.
2. Belmeskine, H., Ait Ouameur, W., Dilmli, N., and Aouabed, A. 2020. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. *Heliyon* 6(8): e04679. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679>.
3. Belmeskine, H., Ouameura, W.A., Dilmia, N., and Aouabed, A. 2018. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. *Heliyon* 6(8): 04679. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679>.
4. Bhowmik, S.N., and Das, A. 2018. Biofertilizers: a sustainable approach for pulse production. In: Meena RS et al, (Eds.) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_14.
5. De Souza Buzoa, F., Satin Mortinho, E., Lobo Santana, T.L., Militão Garcia, I., Monteiro de Carvalho, C.L., and Minhoto Teixeira Filho, M.C. 2022. Bean nutrition and development in the function of reduced phosphorus doses and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus. *Journal of plant nutrition* 45(13): 1942-1952. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043372>.
6. El-Naggar, A., Lee, S.S., Awad, Y.M., Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., Rinklebe, J., Tsang, D.C.W., and Ok, Y.S. 2018. Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. *Geoderma* 332, 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.017>.
7. Epule, T.E. 2019. Contribution of organic farming towards global food security: an overview. In: Chandran S, Unni MR, Thomus S (eds) Organic farming: global perspectives and methods. Publishing series in food science, technology and nutrition. Wood head Publishing, Cambridge, pp 1-16. ISBN: 9780128132739.
8. Gogoi, N., Baruah, K.K., and Meena, R.S. 2018. Grain legumes: impact on soil health and agroecosystem. In: Meena et al (eds) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_16.
9. Gupta, Sh., and Pandey, S. 2020. Enhanced salinity tolerance in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) plants using twin ACC deaminase producing rhizobacterial inoculation. *Rhizosphere Journal* 6: 100241. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100241>.
10. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2018. Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer. *Journal of Integrative Agriculture* 17(11): 2426-2437. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61874-4.

11. Huang, Y., Lee, X., Grattieri, M., Yuan, M., Cai, R., Macazo, F.C., and Minter, S.D., 2020. Modified biochar for phosphate adsorption in environmentally relevant conditions. *Chemical Engineering Journal* 380, 122375. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122375>.
12. Karoline Fioria, A., Oliveira Gutuzzo, G.de., Wilson dos Santos Sanzovo, A., Souza Andrade, D.de, Martinez de Oliveira, A.L., and Pains Rodrigues, E. 2021. Effects of *Rhizobium tropici* azide-resistant mutants on growth, nitrogen nutrition and nodulation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rhizosphere* 18: 100355. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100355>.
13. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2018. Interaction between fungi and plant growth-promoting Rhizobacteria and their role on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research* 9(2): 178-190. DOI: 10.22067/ijpr. v9i2.62663. In Persian with English Summary.
14. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2019. Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with *Rhizobium phaseoli*. *Iranian Journal of Pulses Research* 10(2): 132-148. DOI: 10.22067/ijpr. v10i2.70590. (In Persian with English Summary).
15. Kumari, S., Kumar, V., Kothari, R., and Kumar, P. 2022. Effect of supplementing biochar obtained from different wastes on biochemical and yield response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.): An experimental study. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 43: 102432. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102432>.
16. Lee, J., Sarmah, A.K., and Kwon, E.E. 2019. Chapter 1-production and formation of biochar. In: Ok, Y.S., Tsang, D.C.W., Bolan, N., Novak, J.M. (Eds.), *Biochar from Biomass and Waste*. Elsevier, pp. 3–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811729-3.00001-7>.
17. Naseri, B., 2019. Legume root rot control through soil management for sustainable agriculture. In: Meena, R.S., Kumar, S., Bohra, J.S., Jat, M.L. (Eds.), *Sustainable Management of Soil and Environment*. Springer Singapore, Singapore, pp. 217–258. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8832-3_7.
18. Razakatiana, A.T.E., Trap, J., Baohanta, R.H., Raherimandimby, M., Roux, C.Le., Duponnois, R., Ramanankierana, H., and Becquer, T. 2020. Benefits of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on *Pharsalus vulgaris* planted in a low-fertility tropical soil. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology* 83: 150685. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150685>.
19. Recchia, G.H., Konzen, E.R., Cassieri, F., Caldas, D.G.G., and Tsai, S.M. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Leads to Differential Regulation of Drought-Responsive Genes in Tissue-Specific Root Cells of Common Bean. *Frontiers in Microbiology* 9. doi:10.3389/fmicb.2018.01339.
20. Seyahjani Abbasi, E., Yarnia, M., Farahvash, F., Khorshidi Benam, M.B., and Asadi Rahmani., H. 2020. Influence of Rhizobium, Pseudomonas and Mycorrhiza on Some Physiological Traits of Red Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under different irrigation conditions. *Legume Research - An International Journal* 43(1): 83-86. DOI: 10.18805/LR-454.
21. Shahgholi, H., Asgharipour, M.R., Khamari, I., and Ghadiri, A. 2019. Evaluation of energy budget of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in different cropping systems. *Iranian Journal of Pulses Research* 10(1): 126-140. DOI: 10.22067/ijpr. v10i1.63255. In Persian with English Summary.
22. Sharma, A., Sharma, R.P., Katoch, V., and Sharma, G.D. 2018. Influence of vermicompost and split applied nitrogen on growth, yield, nutrient uptake and soil fertility in pole type french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in an Acid Alfisol. *Legume Research* 41(1): 126-131. DOI: 10.18805/lr. v0iOF.9107.
23. Sun, H., Zhang, H., Shi, W., Zhou, M., and Xiaofang, Ma. 2019. Effect of biochar on nitrogen use efficiency, grain yield and amino acid content of wheat cultivated on saline soil. *Plant, Soil and Environment* 65(2): 83–89. <https://doi.org/10.17221/525/2018-PSE>.
24. Sun, Y., Zhang, N., Yan, J., and Zhang, S. 2020. Effects of soft rock and biochar applications on millet (*Setaria italica* L.) crop performance in sandy soil. *Agronomy* 10(5): 669; <https://doi.org/10.3390/agronomy10050669>.
25. Taylor, B.N., Simms, E.L., and Komatsu, K.J. 2020. More than a functional group: diversity within the legume–rhizobia mutualism and its relationship with ecosystem function. *Diversity* 12(2): 50. <https://doi.org/10.3390/d12020050>.
26. Velez, T.I., Moonilall, N.I., Reed, S., Jayachandran, K., and Scinto, L.J. 2018. Impact of melaleuca quinquenervia biochar on *Phaseolus vulgaris* growth, soil nutrients, and microbial gas flux. *Journal of Environmental Quality* 47: 1487–1495. doi:10.2134/jeq2017.12.0484.
27. Wang, J., Andersen, S.U., and Ratet, P. 2018. Editorial: Molecular and Cellular Mechanisms of the Legume-Rhizobia Symbiosis. *Frontiers in Plant Science* 9: 1839. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01839>.

28. Yadav, G.S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Meena, R.S., Saha, P., Singh, R., Datta, M. 2018. Energy budget and carbon footprint in a no-till and mulch based rice–mustard cropping system. *Journal of Cleaner Production* 191:144–157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.173>.
29. Ye, L., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Lehmann, J., Singh, B., and Sabir, M., 2020. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. *Soil Use and Management* 36:(1), 2–18. <https://doi.org/10.1111/sum.12546>.



The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions

Khavari¹, Hadi; Khourgami^{2*}, Ali; Mir Drikvand³, Reza; and Taleshi⁴, Kazem

1. PhD. Student in Agrotechnology-Physiology of Crop Plants, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; 2006.khavari.hadi@gmail.com; ORCID: 0002-3127-646X-0000
2. Associate Professor, Academic Staff of the Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; Ali_khorgamy@yahoo.com; ORCID: 0002-4213-9743-0000
3. Associate Professor, Academic Staff of the Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; drikvand_r@yahoo.com; ORCID: 0001-5702-6779-0000
4. Assistant Professor, Academic Staff of Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; kazem_taleshi@yahoo.com; ORCID: 0003-0003-4445-8059

The Dates:

Received: 27 August 2022; **Revised:** 13 November 2022
Accepted: 30 November 2022; **Available Online:** 22 June 2023

How to cite this article:

Khavari, H., Khourgami, A., Mir Drikvand, R., and Taleshi, K. 2023. The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 75-91. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1044

Introduction

On a global scale, the demand for agricultural products is increasing at the same time as the human population is growing. Low and middle income countries are struggling to deal with their food security challenges. From one side, Modern agriculture is being done with the aim of producing maximum crops to meet the needs of the world's growing population and without ensuring its effects on the environment. Conventional agricultural practices around the world depend on the extensive use of chemical fertilizers and pesticides. nowadays, in all cropping systems, reducing dependence on subsidized energy (fertilizers and chemical pesticides) is one of the main goals. Therefore, it is very important to use the best management practices of nutrients in diverse ecosystems and different production systems to increase food production and improve farm profitability along with improving the efficiency of natural resources. Sustainable cropping systems ensure the long-term performance of the products produced for the developing population now and in the future without compromising the biological and physical components of the environment in which the production is taking place. One of the most important tools to achieve this goal is the use of organic fertilizers of natural origin and effective microorganisms during the production of crops. As a result, it will be possible to maintain crop productivity and increase soil health in the long term only by increasing the share of organic resources and biological fertilizers in agricultural ecosystems. In several field researches, the beneficial role and efficiency of using mycorrhizal and rhizobium biofertilizers and biochar and vermicompost organic fertilizers in the production of legumes, especially Red beans, have been reported.

Materials and Methods

This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2021 at the experimental field of beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (48° 29' E, 33° 40' N and 1657m above the sea level). Before conducting the experiment to determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 and 30-60 cm depth of soil. During this experiment effects of tow factors were studied: different cropping systems included (ecological, integrated, low input, medium input and high input) and different

* Corresponding Author: Ali_khorgamy@yahoo.com

variety of red beans (Ofogh, Dadfar, Goli and Yaghot). Arbuscular mycorrhizal inoculum was used at the rate of 250 kg. ha⁻¹. Inoculation with rhizobium inoculum in the shade. Rhizobium inoculum was added at the rate of 50 ml for each kilogram of seeds. Biochar was used at the rate of 10 tons per hectare and vermicompost at the rate of 15 tons per hectare. Seed yield (with 10-14% moisture) was measured. The number of stem diameter, number of branches per plant, plant height, number of leaves per plant, and number of pods per plant were determined by randomly selecting 10 plants (60 cm long) from each experimental unit and Chlorophyll content of the leaf was estimated by using chlorophyll meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta.

Results and Discussion

The results showed that the main effect of cropping systems on the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased. The main effect of variety the number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, pod number, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased too. and the interaction effects of cropping systems and variety, the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index of red bean variety were significantly increased. The highest seed yield was obtained in Yaghot variety in high input cropping system (3054.30 kg/ha⁻¹) and Yaghot variety in integrated cropping system (3007.33 kg/ha⁻¹), both in the same statistical class. The grain yield in Yaqut cultivar increased by 27.56, 18.14 and 40.09 percent, respectively, compared to Ofogh, Dadfar and Goli cultivars in the high-input cropping system. And in the integrated cropping system, it showed an increase of 26.02, 13.25 and 16.50 percent, respectively.

Conclusion

Obtained results of this experiment showed that the integrated cropping system was able to bring the agricultural characteristics of red bean variety to the highest level in comparison with the ecological, low-input and medium-input cropping systems, in order to increase economic production, on par with the high-input cropping system. As a result, it is predicted that the results of this study can be useful for shaping new management methods to improve red bean crop production.

Keywords: Food security; Grain yield; Harvest index; Leaf chlorophyll; Sustainable production



بررسی تنوع ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik.) تحت تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده

جعفر نباتی^{۱*}، احمد نظامی^۲، سیده محبوبه میرمیران^۳، محمد محمدی^۴ و علیرضا حسن‌فرد^۵

۱- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

۲- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir

۳- استادیار پژوهشی، فیزیولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران؛ mmirmiran@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ m.mohammadi7698@gmail.com

۵- دکتری علوم علف‌های هرز، گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ alireza.hasanfard@yahoo.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

نباتی، ج.، نظامی، ا.، میرمیران، س.م.، محمدی، م. و حسن‌فرد، ع.ر. ۱۴۰۲. بررسی تنوع ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik.) تحت تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۹۲-۱۱۱.

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی صفات مؤثر در تحمل به یخ‌زدگی ژنوتیپ‌های عدس، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل‌شده در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. عوامل مورد مطالعه شامل ۱۸ ژنوتیپ عدس در چهار دمای یخ‌زدگی (صفر، ۱۵-، ۱۸- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد) بودند. نتایج نشان داد که کاهش دما به ۱۸- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش درصد بقاء در بیشتر ژنوتیپ‌ها شد. بیشترین درصد بقاء در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ MLC11 مشاهده شد. هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه قادر به تحمل دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نبودند. در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد ژنوتیپ‌های MLC13، MLC17، MLC70، MLC409 و MLC454 دارای بقای بالای ۸۰ درصد بودند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که عامل اول ۳۱/۱۲ درصد از تغییرات را با کلروفیل a، کاروتنوئیدها، نسبت Cha/Chb، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH و عامل دوم ۱۸/۲۸ درصد از تغییرات را با کلروفیل b، پراکسیداز، ارتفاع بوته و زیست‌توده توجیه می‌کند. با توجه به این صفات ژنوتیپ‌های MLC8، MLC13، MLC17، MLC38، MLC84، MLC286 و MLC334 به عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل بالا به تنش می‌باشند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و مقایسه میانگین گروه‌ها نشان داد که تمامی صفات به جز کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، محتوای نسبی آب برگ، کاتالاز و پتانسیل اسمزی در گروه اول (MLC8، MLC11، MLC33، MLC47، MLC70، MLC84، MLC409، MLC454 و MLC472) نسبت به میانگین کل برتری داشتند. بنابراین از این ژنوتیپ‌ها به دلیل برتری از نظر بقاء می‌توان در مطالعات تکمیلی تحمل به یخ‌زدگی در شرایط مزرعه در مناطق سرد استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی؛ پرولین؛ تجزیه خوشه‌ای؛ کاتالاز؛ کربوهیدرات‌های محلول

مقدمه

جهان دارد. دانه عدس منبع غنی از پروتئین، کربوهیدرات و مواد معدنی مانند آهن و روی است (Grusak and Coyne, 2009). عدس گیاهی است دیم و نسبتاً مقاوم به خشکی (Sinha et al., 2018)، اما با افزایش شدت خشکی عملکرد آن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. از جمله راه‌کارهای

عدس (*Lens culinaris* Medik.) یکی از حبوبات مهم است که نقش قابل توجهی در امنیت غذایی و تغذیه در سراسر

* نویسنده مسئول: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

ترکیب‌های فنلی در مواجهه با آن تفاوت وجود دارد. خوسرمایی سبب افزایش ۱۳/۳ درصدی محتوای فنل در مقایسه با شاهد شد. در صورتی که در شرایط عدم خوسرمایی تولید ترکیب‌های فنلی ۲۹ درصد کمتر از شاهد بود (Khaledian et al., 2015). در بروز تنش‌های شدید حذف ناکارآمد ROS ها منجر به پراکسیداسیون چربی‌های غشاء و آسیب به اندام‌های فتوسنتز کننده مانند تیلاکوئیدها می‌شود (Banerjee and Roychoudhury, 2018). بین ژنوتیپ‌های عدس از لحاظ تحمل به تنش‌های محیطی مانند سرما و همچنین ویژگی‌های بیوشیمیایی، مورفولوژیکی و عملکردی تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شده است (Nabati et al., 2020a, b)؛ بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که برای تطبیق خود با تنش و افزایش تحمل به سرما از تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی استفاده کرده و درصد بقاء و عملکرد خود را در سطح مطلوبی حفظ می‌نمایند، دارای اهمیت می‌باشد.

غشاهای سلولی اهداف اصلی آسیب انجماد ناشی از تشکیل یخ خارج سلولی هستند. تشکیل یخ خارج سلولی منجر به از دست دادن آب سلول‌ها، آب کشیدگی و انقباض سلولی شده و در نتیجه یکپارچگی غشای سلول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تغییر سیالیت غشاء به عنوان پیام‌رسانی از درک سرما در سلول شناخته می‌شود. زیرا تغییرات سیالیت منجر به باز شدن کانال‌های Ca^{+2} شده و تغییر در غلظت این یون سبب ایجاد آبشارهای پیام‌دهی مانند فعال شدن مسیر MAPKs و CRPK1 می‌شود و در نهایت تغییرات گسترده‌ای را در سطح رونویسی ایجاد می‌کند (Guo et al., 2018). فعال شدن این مسیرها سبب انتقال پیام سرما به هسته و فعال شدن مسیر بیان ژن CBF در سلول می‌شود (Liu et al., 2017). علاوه بر این کاهش دما از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌ها سبب فعال شدن مسیر دیاسیل گلیسرول کیناز (DAGK) می‌شود که از آسیب غشا جلوگیری می‌کند (Tan et al., 2018). کربوهیدرات‌ها به‌طور مستقیم بر حفظ پایداری غشای سلول در شرایط تنش سرما موثرند. کربوهیدرات‌هایی نظیر ساکاروز در تعامل با فسفات موجود در گروه‌های لیپید، سبب کاهش نفوذپذیری غشا می‌شوند (Sami et al., 2016).

تنش سرما کارایی فتوسنتزی گیاه را به دلیل خسارت به دستگاه فتوسنتزی تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این شرایط سنتز رنگ‌دانه‌های کمکی نظیر کاروتنوئیدها و زانتوفیل جهت حفاظت از کلروپلاست در گیاه تحریک می‌شود (Banerjee and Roychoudhury, 2019). کاهش دما سبب کاهش سنتز کلروفیل و جلوگیری از تجمع آن در گیاهچه‌های برنج (Oryza sativa L.) شد. این کاهش در نتیجه مهار فعالیت آنزیم‌های

کاهش اثرات تنش خشکی تطبیق فصل رشد با بارندگی‌های فصلی است؛ بنابراین کشت پاییزه گیاهان از جمله عدس می‌تواند در کاهش اثرات تنش خشکی موثر باشد. از طرفی حساسیت به سرما استفاده از عدس را به عنوان محصول پاییزه-زمستانه در مناطق مرتفع معتدل محدود می‌کند. مطالعاتی انجام شده جهت شناسایی ژرم پلاسما متحمل به سرما حاکی از امکان کشت عدس در پاییز است (Asghar et al., 2021). با این حال، ژنتیک مقاومت در زمستان در عدس به خوبی شناخته نشده است. شناسایی عوامل ژنتیکی که به بقاء در زمستان کمک می‌کند، برای کشت زمستانه عدس بسیار مهم است.

دمای پایین پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان را به‌طور قابل توجهی محدود کرده و تغییراتی در فتوسنتز، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، سنتز پلی‌آمین‌ها، حذف گونه‌های فعال اکسیژن، تاخوردگی پروتئین، پایداری ساختار سلول و تراوایی غشاء ایجاد می‌کند (Kosova et al., 2018). قرار گرفتن گیاهان در دمای پایین اما بدون یخ‌زدگی تحت عنوان فرآیند خوسرمایی، در نهایت منجر به افزایش تحمل به سرما می‌شود (Furtauer et al., 2019). خوسرمایی با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و مولکولی نظیر تولید اسمولیت‌های تنظیم‌کننده اسمزی، تجمع آن‌تی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نظیر پرولین، گلایسین بتائین، قندها، پلی‌فنول، گلوکاتینون و آن‌تی‌اکسیدان‌های آنزیمی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز سبب حذف گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در اثر تنش سرما می‌شود (Banerjee and Roychoudhury, 2018). این تغییرات سبب فعال شدن مسیرهای بیان ژن شده که یکی از این مسیرها، مسیر فنل پروپانویید می‌باشد. گیاهان از طریق فعال شدن مسیر فنیل پروپانویید، افزایش فعالیت آنزیم‌های آن‌تی‌اکسیدانی و تنظیم بیان ژن با سرما مقابله می‌کنند. در گیاهان خوسرما شده، آنزیم‌های اکسیدانی نظیر آسکوربات پراکسیداز و ترکیب‌های فنلی نقش مهمی در تحمل به سرما و جلوگیری از کاهش رشد آن ایفا می‌کنند (Paldi et al., 2014). تحت این شرایط افزایش در بیان ژن‌های فنیل آلانین آمینولیز، سناملیل الکل دهیدروژناز و کالاکاس در ژنوتیپ‌های مقاوم به سرمای نخود (Cicer arietinum L.) و ژن CBF1 در یونجه (Medicago sativa L.) مشاهده شده است (Zhou et al., 2018; Khaledian et al., 2015). بنابراین اندازه‌گیری این آنزیم‌ها در شرایط تنش سرما می‌تواند به عنوان شاخصی جهت ارزیابی تحمل به سرما مورد استفاده قرار گیرد (Ali and McNear, 2014). بین ارقام نخود از لحاظ تحمل به سرما و تولید

اصلی در تولید پراکسید هیدروژن در شرایط تنش سرما باشد (Valizadeh-Kamran *et al.*, 2017).

با توجه به اهمیت کشت پاییزه در مناطق سرد و مرتفع جهت استفاده از بارندگی‌های فصلی و همچنین با توجه به تنوع بین ژنوتیپ‌های عدس از لحاظ تحمل به سرما و اهمیت گیاه عدس به عنوان یک منبع دارای ارزش غذایی بالا، این بررسی به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به سرمای عدس انجام شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و کاشت: این پژوهش در پاییزه و زمستان ۱۳۹۸ در شرایط کنترل شده پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ۱۸ ژنوتیپ منتخب متحمل به سرمای عدس (Nabati *et al.*, 2020b) (جدول ۱) و چهار دمای یخ‌زدگی شامل صفر، ۱۵-، ۱۸- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد بودند.

بیوسنتزکننده کلروفیل، نظیر اسید آمینولولینیک (ALA) و جلوگیری از تبدیل پروتوکلروفیلید (Pchlide) به کلروفیل صورت گرفت (Zhao *et al.*, 2020). میزان مالون‌دی‌آلدئید نشان دهنده میزان تخریب غشاهای سلولی است. این ترکیب تحت تاثیر تخریب و پراکسیده شدن غشای سلولی آزاد می‌شود. افزایش در محتوای مالون‌دی‌آلدئید و کاهش در سنتز کلروفیل در نتیجه تیمار سرما مشاهده شده که این امر می‌تواند نشان دهنده خسارت تنش در گیاهچه‌های یونجه باشد (Zhou *et al.*, 2018). کاهش دما سبب افزایش گونه‌های فعال اکسیژن نظیر پراکسید هیدروژن و افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید شد که این افزایش در ارقام حساس بیشتر از ارقام متحمل بود. افزایش پراکسیداسیون لیپدهای غشاء، سبب افزایش نشت الکترولیت‌ها و کاهش پایداری غشای سلولی می‌شود. کاهش دما، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز را به دنبال داشت. افزایش در فعالیت کاتالاز بیشتر از پراکسیداز بود که این امر می‌تواند به دلیل فعالیت کاتالاز به عنوان بازدارنده

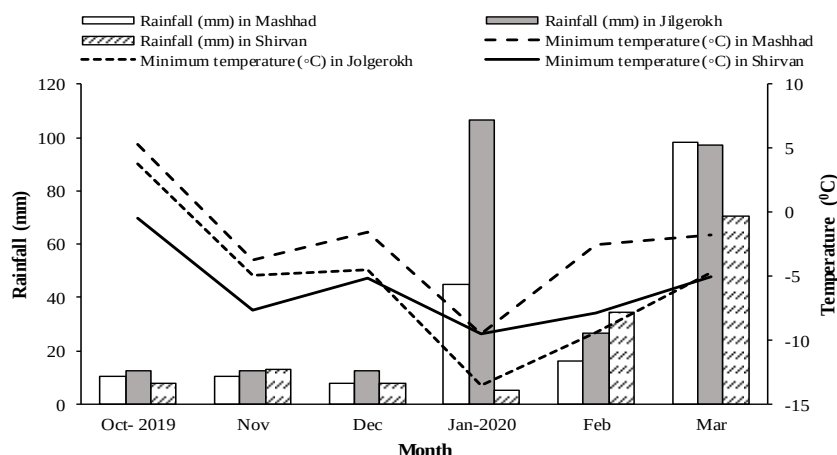
جدول ۱- ژنوتیپ‌های عدس مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Used lentil genotypes in experiment

شماره	ژنوتیپ	منشاء	شماره	ژنوتیپ	منشاء
No.	Genotype	Origin	No.	Genotype	Origin
1.	MLC8 ¹	Iran	10.	MLC103	Icarda(ILL5698)
2.	MLC11	Iran	11.	MLC286	Iran
3.	MLC13	Iran	12.	MLC303	Iran
4.	MLC17	Iran	13.	MLC334	Iran
5.	MLC33	Iran	14.	MLC407	Iran
6.	MLC38	Iran	15.	MLC409	Iran
7.	MLC47	Iran	16.	MLC454	Iran
8.	MLC70	Icarda(ILL7681)	17.	MLC469	Iran
9.	MLC84	Icarda(ILL7723)	18.	MLC472	Iran

MLC: کلکسیون عدس پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ILL: عدس لگوم بین‌المللی

MLC: Mashhad Lentil Collection, ILL: International Legume Lentil.



شکل ۱- بارندگی و متوسط دمای حداقل ماهانه در طول فصل رشد ژنوتیپ‌های عدس در شرایط کنترل شده در سال ۱۳۹۸

Fig. 1. Monthly rainfall and minimum temperature during lentil genotypes growing season under controlled condition in 2019

داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار، Minitab16 و برای تجزیه خوشه‌ای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دوبعدی از نرم‌افزارهای SPSS19 و STATISTICA استفاده گردید. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام شده، از تجزیه واریانس چند متغیره، تجزیه تابع تشخیص، استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات موردبررسی انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد بقاء تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ‌های عدس و دماهای یخ‌زدگی قرار گرفت (جدول ۲). تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد از بقای ۱۰۰ درصدی برخوردار بودند. کاهش دما به ۱۵- و سپس به ۱۸- درجه سانتی‌گراد در تمامی ژنوتیپ‌ها سبب کاهش درصد بقاء شد. تعداد ۱۴ ژنوتیپ (۷۸ درصد از ژنوتیپ‌ها) در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد و دو ژنوتیپ (MLC11 و MLC47) در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد از بقاء بالای ۵۰ درصد برخوردار بودند که این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالای ژنوتیپ‌ها در تحمل دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد است. کمترین کاهش درصد بقاء در نتیجه کاهش ۱۸ درجه‌ای دما (۱۳ درصد) در ژنوتیپ MLC11 مشاهده شد. از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دو ژنوتیپ MLC38 و MLC472 قادر به تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نبودند. از طرفی رسیدن دما به ۲۰- درجه سانتی‌گراد سبب مرگ تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد (جدول ۲). به عبارتی آستانه تحمل به یخ‌زدگی بیشتر ژنوتیپ‌ها در حفظ بالاترین بقای خود، کمتر از ۱۸- درجه سانتی‌گراد است.

در بین ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه از نظر غلظت کلروفیل‌های a، b، نسبت کلروفیل a به b و کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تنها ژنوتیپ‌ها از لحاظ غلظت کاروتنوئیدها با یکدیگر متفاوت بودند و تفاوت ۲/۶ برابری بین بیشترین (MLC8) و کمترین (MLC103) غلظت کاروتنوئیدها مشاهده شد (جدول ۳). محتوای کلروفیل برگ از عوامل موثر در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک در گیاه می‌باشد. تخریب کلروفیل‌ها در نتیجه پیری و بروز تنش‌های محیطی مانند تنش دمای پایین و از طریق مسیر فتوفوربید آلفا اکسیژناز (PAO/phylobilin) صورت می‌گیرد (Kuai et al., 2018). دمای پایین سبب کند شدن بازسازی

بذور پس از ضدعفونی در دهه دوم مهرماه به تعداد ۱۰ عدد در عمق یک سانتی‌متری گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر حاوی ۲۵ درصد شن و ۷۵ درصد خاک مزرعه کشت شدند. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یکبار انجام شد و به منظور اعمال خوسرمایی گیاهان در شرایط طبیعی (شکل ۱) تا مرحله گیاهچه‌ای رشد کردند.

اعمال تیمار یخ‌زدگی: گلدان‌ها ۲۴ ساعت قبل از اعمال تنش یخ‌زدگی آبیاری شده و سپس برای اعمال دماهای یخ‌زدگی در اواسط بهمن‌ماه به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در ابتدای آزمایش پنج درجه سانتی‌گراد بود و پس از قرار دادن نمونه‌ها با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت دما کاهش یافت (Murry et al., 1988). به منظور ایجاد هستک یخ در گیاه و اجتناب از بروز پدیده فرا سرما، در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد، پاشش باکتری‌های ایجادکننده هستک یخ^۱ (INAB) روی گیاه انجام شد (Wisniewski et al., 2002). به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط، گیاهچه‌ها در هر تیمار دمایی به مدت یک ساعت نگهداری و سپس به مدت یک شب در اتاقک سرد با دمای ۲±۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

قبل از قرارگیری نمونه‌ها در معرض دماهای یخ‌زدگی، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (Dere et al., 1998)، مهار فعالیت رادیکال DPPH (Abe et al., 1998)، محتوای آنتوسیانین (Wanger, 1979)، فنل کل (Singleton and Rossi, 1965)، کربوهیدرات‌های محلول (Dubois et al., 1951)، مالون‌دی‌آلدئید (Heath and Parker, 1968)، پرولین (Bates et al., 1973)، فعالیت کاتالاز (Velikova et al., 2000)، پراکسیداز (Sreenivasulu et al., 1999)، محتوای نسبی آب برگ (Smart and Bingham, 1974) (RWC) و پتانسیل اسمزی با استفاده از دستگاه اسمومتر مدل OM802.D Wogel اندازه‌گیری شد.

سه هفته پس از انتقال نمونه‌ها به گلخانه، درصد بقاء و باز یافت نمونه‌ها (SU%) ارزیابی شد. درصد بقاء گیاهان از طریق شمارش تعداد بوته زنده قبل (B) و پس از تنش یخ‌زدگی (A) در هر گلدان محاسبه شد (معادله ۱).

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{SU\%} = \frac{A}{B} \times 100$$

هم‌زمان ارتفاع بوته و وزن خشک گیاهان (۴۸ ساعت پس از قرار گرفتن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه واریانس داده‌های درصدی تبدیل زاویه‌ای انجام شد و برای آزمون نرمال بودن

پروتئین D1 در مرکز واکنش فتوسیستم II، کاهش کارایی کمپلکس تجزیه آب و اختلال در زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II می‌شود. تعادل بین تخریب و سنتز مجدد پروتئین D1 به میزان فعالیت بازدارندگی نوری فتوسیستم II وابسته است که تنش سرما با تاثیر منفی بر بازسازی آن سبب کاهش بازده کوانتومی فتوسیستم II می‌شود (Gururani et al., 2020).

کاهش دما تاثیر منفی بر رانندگی فتوسیستم II، کاهش کارایی کمپلکس تجزیه آب و اختلال در زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II می‌شود. تعادل بین تخریب و سنتز مجدد پروتئین D1 به میزان فعالیت بازدارندگی نوری فتوسیستم II وابسته است که تنش سرما با تاثیر منفی بر بازسازی آن سبب کاهش بازده کوانتومی فتوسیستم II می‌شود (Gururani et al., 2020).

جدول ۲- تاثیر دمای یخ‌زدگی بر درصد بقاء ژنوتیپ‌های عدس در شرایط کنترل‌شده

Table 2. Effect of freezing temperature on survival percentage of lentil genotypes under controlled conditions

ژنوتیپ	درصد بقاء Survival percentage			
	دمای یخ‌زدگی Freezing temperature (°C)			
	0	-15	-18	-20
¹ MLC8	100	70.0	30.7	0.00
MLC11	100	70.3	86.7	0.00
MLC13	100	81.7	7.00	0.00
MLC17	100	86.7	12.7	0.00
MLC33	100	71.3	16.7	0.00
MLC38	100	30.0	0.00	0.00
MLC47	100	68.3	67.0	0.00
MLC70	100	83.3	12.7	0.00
MLC84	100	20.7	21.0	0.00
MLC103	100	20.3	6.33	0.00
MLC286	100	69.0	22.3	0.00
MLC303	100	65.3	14.3	0.00
MLC334	100	59.7	28.0	0.00
MLC407	100	78.3	26.7	0.00
MLC409	100	90.3	34.7	0.00
MLC454	100	86.0	23.3	0.00
MLC469	100	16.3	26.3	0.00
MLC472	100	74.7	0.00	0.00
LSD _(0.05)	20.6			
S.O.V	df	Mean squares		
ژنوتیپ Genotype (G)	17	929**		
دما Temperature (T)	3	104525**		
دما × ژنوتیپ G × T	51	763**		
خطا Error	144	162		
C.V (%)	-	27.1		

۱- MLC: کلکسیون عدس مشهد. LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection. LSD: Least significant difference, at level of 0.05. **: Significant ($P \leq 0.01$), C.V: Coefficient Variation.

اکسید شود و به این طریق سبب کاهش گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در شرایط تنش سرما می‌شوند (Banerjee and Roychoudhury, 2016). هرچند در این بررسی همبستگی معنی‌داری بین درصد بقاء با غلظت کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئیدها و کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی مشاهده نشد (جدول ۷)، اما در سایر مطالعات مشاهده شد که علاوه بر وجود تنوع بین گونه‌ها و حتی واریته‌های یک گونه مشابه از لحاظ محتوای کاروتنوئیدها (Zhang et al., 2015)، ژنوتیپ‌هایی که در مواجهه با شرایط تنش قادر به حفظ رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و به عبارتی حفظ توان فتوسنتزی خود باشند، از بقاء و عملکرد مناسب‌تری برخوردار خواهند بود.

کاروتنوئیدها بعد از کلروفیل‌ها فراوان‌ترین رنگ‌دانه فتوسنتزی موجود در طبیعت هستند که در فرآیندهای بیولوژیکی نظیر فتوسنتز، رشد و نمو (Esteban et al., 2015)، پایداری غشای تیلاکوئید، سنتز هورمون‌های گیاهی ABA و استریگولاکتون، حذف گونه‌های فعال اکسیژن و تحمل به تنش‌های محیطی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Jia et al., 2017). کاروتنوئیدها از طریق چرخه گزانتوفیل سبب مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می‌شوند. همچنین پلی‌پیتیدهای برداشت کننده نور را از گزند مولکول‌های اکسیژن فعال حفاظت نموده و می‌تواند مستقیماً اکسیژن فعال را خاموش یا غیرفعال کرده و یا به‌وسیله آن

جدول ۳- محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های عدس قبل از اعمال یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده

Table 3. Photosynthesis pigments contents in lentil genotypes before freezing stress under controlled condition

ژنوتیپ	کلروفیل a (میلی گرم بر وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a/b	کل رنگ‌دانه‌ها (میلی گرم بر گرم وزن تر)
Genotype	Cha (mg.gfw ⁻¹)	Chb (mg.gfw ⁻¹)	Carotenoids (mg.gfw ⁻¹)	Cha/Chb	Total pigment (mg.gfw ⁻¹)
¹ MLC8	0.564 ^a	0.264 ^{ab}	0.179 ^a	2.13 ^{ab}	1.007 ^a
MLC11	0.451 ^{a-c}	0.236 ^{a-c}	0.129 ^{a-d}	1.90 ^{a-c}	0.818 ^{a-c}
MLC13	0.457 ^{a-c}	0.256 ^{a-c}	0.138 ^{a-d}	1.78 ^{b-c}	0.851 ^{a-c}
MLC17	0.551 ^{ab}	0.261 ^{a-c}	0.170 ^{ab}	2.11 ^{ab}	0.981 ^a
MLC33	0.434 ^{a-c}	0.262 ^{a-c}	0.141 ^{a-d}	1.66 ^{bc}	0.836 ^{a-c}
MLC38	0.510 ^{a-c}	0.252 ^{a-c}	0.167 ^{ab}	2.02 ^{a-c}	0.929 ^{a-c}
MLC47	0.375 ^{a-c}	0.219 ^{bc}	0.096 ^{b-d}	1.71 ^{bc}	0.690 ^{a-c}
MLC70	0.501 ^{a-c}	0.244 ^{a-c}	0.129 ^{a-d}	2.05 ^{a-c}	0.875 ^{a-c}
MLC84	0.489 ^{a-c}	0.246 ^{a-c}	0.139 ^{a-d}	1.98 ^{a-c}	0.875 ^{a-c}
MLC103	0.344 ^c	0.251 ^{a-c}	0.068 ^d	1.36 ^c	0.664 ^{bc}
MLC286	0.463 ^{a-c}	0.256 ^{a-c}	0.119 ^{a-d}	1.81 ^{bc}	0.838 ^{a-c}
MLC303	0.329 ^c	0.216 ^c	0.087 ^{cd}	1.52 ^{bc}	0.632 ^c
MLC334	0.503 ^{a-c}	0.269 ^a	0.127 ^{a-d}	1.86 ^{a-c}	0.899 ^{a-c}
MLC407	0.509 ^{a-c}	0.234 ^{a-c}	0.139 ^{a-d}	2.16 ^{ab}	0.881 ^{a-c}
MLC409	0.399 ^{a-c}	0.260 ^{a-c}	0.098 ^{b-d}	1.53 ^{bc}	0.757 ^{a-c}
MLC454	0.583 ^a	0.231 ^{a-c}	0.150 ^{a-c}	2.52 ^a	0.964 ^{ab}
MLC469	0.389 ^{a-c}	0.225 ^{a-c}	0.098 ^{b-d}	1.73 ^{bc}	0.712 ^{a-c}
MLC472	0.443 ^{a-c}	0.241 ^{a-c}	0.112 ^{a-d}	1.83 ^{bc}	0.796 ^{a-c}
S.O.V منابع تغییر	df درجه آزادی	Mean squares میانگین مربعات			
ژنوتیپ Genotype (G)	17	0.016**	0.001**	0.046**	0.231**
خطا Error	36	0.004	0.0002	0.023	0.046
C.V (%)	-	14.2	5.7	19.7	11.5

۱- MLC: کلکسیون عدس مشهد. LSD حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection. LSD: Least significant difference, at level of 0.05. **: Significant (P≤ 0.01), C.V: Coefficient Variation.

MLC472 و کمترین (ژنوتیپ MLC8) محتوای آنتوسیانین مشاهده شد (جدول ۴). در این مطالعه نیز بین محتوای آنتوسیانین و فعالیت پراکسیداز همبستگی مثبت و معنی‌دار (* $r^2=0.58$) وجود داشت (جدول ۷). همچنین این دو صفت همراه با پرولین در جزو اول تجزیه به مولفه‌های اصلی قرار گرفتند (شکل ۳). از طرفی بررسی درصد بقا در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد در این دو ژنوتیپ نشان داد که هر دو از بقای بالای ۷۰ درصد برخوردار بودند. اما ژنوتیپ MLC472 از ۳۶ درصد محتوای پرولین بیشتر و ۲/۹ برابر پراکسیداز بالاتری در مقایسه با ژنوتیپ MLC8 برخوردار بود. به عبارتی ژنوتیپ MLC472 از توانایی آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقابله با تنش برخوردار بود.

آنتوسیانین یکی از مهم‌ترین رنگ‌دانه‌های گیاهی و متعلق به خانواده فلاونوئیدها می‌باشد. این ترکیب‌ها به دلیل ماهیت عمومی کمبود الکترون، میل ترکیبی بالایی جهت واکنش با اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد دارند. به عبارتی ساختار خاص این ترکیب‌ها سبب بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش تحمل گیاه در برابر تنش می‌شود. تحت شرایط دمای پایین، بیان ژن‌های مرتبط با سنتز آنتوسیانین افزایش یافته و تجمع آن

بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. دامنه تغییرات مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH از ۵۵۸/۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC103 تا ۱۱۲/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC469 متغیر بود (جدول ۴). با وجود اینکه ارتباط مثبت و معنی‌داری بین این صفت با درصد بقاء گیاهچه‌های عدس مشاهده نشد، اما ارتباط این صفت با ارتفاع بوته در طی دوره بازیابی مثبت و معنی‌دار (* $r^2=0.52$) بود (جدول ۷). اندازه‌گیری مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH، روشی ساده و ارزان جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی محسوب می‌شود (Sirivibulkov et al., 2018). کاهش دما سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهچه‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در مقایسه با شاهد شد. بیشترین میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH نیز در قرارگیری گیاهان به مدت ۱۲ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به دست آمد که افزایش ۳۵ درصدی در مقایسه با شاهد داشت (Rezaie et al., 2020).

محتوای آنتوسیانین تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ‌های عدس قرار گرفت. تفاوت ۳/۷ برابری بین بیشترین (ژنوتیپ

سبب بهبود تحمل گیاه در برابر تنش می‌شود (Naing *et al.*, 2018). در مسیر سنتز آنتوسیانین، چالکون سنتاز (CHS)، چالکون ایزومراز (CHI)، فلاون ۳-هیدروکسیلاز (F3H)، دهیدروفلانونول ۴-رداکتاز (DFR) و آنتوسیانین سنتاز (ANS)، آنزیم‌های اصلی در بیوسنتز این ماده محسوب می‌شوند (Liu *et al.*, 2018).

جدول ۴- مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH، آنتوسیانین، فنل کل و کربوهیدرات‌های محلول ژنوتیپ‌های عدس قبل از اعمال یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده

Table 4. DPPH, anthocyanin, total phenol and soluble carbohydrates in lentil genotypes before freezing stress under controlled condition

ژنوتیپ	مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH			
	محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	فنل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	آنتوسیانین (میلی مول بر گرم وزن تر)	مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی گرم بر گرم وزن تر)
Genotype	Soluble carbohydrates (mg.gfw ⁻¹)	Phenol (mg.gfw ⁻¹)	Anthocyanin (mmol.gfw ⁻¹)	DPPH (mg.gfw ⁻¹)
¹ MLC8	1.79 ^c	126 ^{a-c}	0.685 ^e	1.01 ^{ab}
MLC11	1.80 ^c	125 ^{a-c}	1.29 ^{b-e}	1.07 ^a
MLC13	3.28 ^a	144 ^{ab}	1.22 ^{be}	0.931 ^{ab}
MLC17	1.83 ^c	116 ^{a-c}	1.42 ^{b-e}	0.750 ^{ab}
MLC33	2.22 ^{bc}	113 ^{a-c}	2.11 ^{ab}	0.803 ^{ab}
MLC38	1.57 ^c	109 ^{a-c}	1.65 ^{a-e}	0.780 ^{ab}
MLC47	1.99 ^c	155 ^a	1.66 ^{a-e}	0.762 ^{ab}
MLC70	1.98 ^c	151 ^{ab}	1.44 ^{b-e}	1.08 ^a
MLC84	2.12 ^c	135 ^{ab}	2.05 ^{ab}	0.917 ^{ab}
MLC103	3.25 ^{ab}	68.9 ^c	0.908 ^{d-e}	0.558 ^b
MLC286	2.00 ^c	126 ^{a-c}	1.40 ^{b-e}	0.942 ^{ab}
MLC303	1.91 ^c	88.1 ^{bc}	2.04 ^{ab}	0.666 ^{ab}
MLC334	2.23 ^{bc}	142 ^{ab}	1.83 ^{a-d}	1.05 ^a
MLC407	2.10 ^c	149 ^{ab}	0.935 ^{c-e}	1.09 ^a
MLC409	3.58 ^a	160 ^a	1.97 ^{a-c}	0.999 ^{ab}
MLC454	2.05 ^c	112 ^{a-c}	1.49 ^{a-e}	1.04 ^a
MLC469	1.67 ^c	148 ^{ab}	1.57 ^{a-e}	1.12 ^a
MLC472	1.75 ^c	137 ^{ab}	2.52 ^a	1.05 ^a
df				
S.O.V منابع تغییر				
Genotype	17	0.089**	0.669**	1724**
Error	36	0.031	0.105	382
C.V (%)	-	15.9	20.7	15.3
Mean squares				
Genotype	17	0.089**	0.669**	1724**
Error	36	0.031	0.105	382
C.V (%)	-	15.9	20.7	15.3

۱- MLC: کلکسیون عدس مشهد. LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection, LSD: Least significant difference, at level of 0.05. **: Significant ($P \leq 0.01$), C.V: Coefficient Variation.

سرما هستند، در مقایسه با تیپ دسی مشاهده شده است (Khaledian *et al.*, 2015)؛ بنابراین اندازه‌گیری محتوای ترکیب‌های فنلی می‌تواند به‌عنوان روشی جهت تعیین توانایی گیاهان در حذف گونه‌های فعال اکسیژن و مقابله با تنش محسوب شود. در مطالعه حاضر کاهش دما از صفر به ۱۵- درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MLC409 و MLC103 سبب کاهش ۱۰ و ۸۰ درصدی بقاء شد. همچنین ژنوتیپ MLC409 علاوه بر تولید فنل بالاتر از ۷۹ درصد مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH بالاتری نیز در مقایسه با ژنوتیپ MLC103 برخوردار بود که این امر نشان دهنده توانایی بالاتر ژنوتیپ MLC409، در مهار گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در شرایط تنش با بهره‌مندی از یک سیستم آنتی‌اکسیدانی قوی است (جدول‌های ۲ و ۴).

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر فنل کل تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. وجود تفاوت ۲/۳ برابری بین بیشترین (MLC409) و کمترین (MLC103) میزان فنل در ژنوتیپ‌های عدس نشان‌دهنده تنوع موجود در بین آن‌ها از لحاظ تجمع ترکیب‌های فنلی بود (جدول ۴). رابطه مثبت و معنی‌دار بین میزان فنل با مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH ($r^2 = 0.72$) مشاهده شد (جدول ۷).

ترکیب‌های فنلی متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که تحت تاثیر تنش‌های محیطی از طریق مسیرهای پنتوزفسفات، اسید شیکمیک و فنیل پروپانویید در بافت‌های گیاه سنتز شده و تجمع می‌یابند (Lin *et al.*, 2016). این ترکیب‌ها نقش مهمی در جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و حذف گونه‌های فعال اکسیژن دارند. تحت تنش سرما، افزایش محتوای ترکیب‌های فنلی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی که متحمل به

انجام تنظیم اسمزی، سبب حذف گونه‌های فعال اکسیژن و محافظت از ساختار غشاهای سلولی شده و به این طریق اثرات منفی تنش بر گیاه را کاهش دهند (جدول‌های ۲ و ۴). نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در محتوای مالون‌دی‌آلدئید بین ژنوتیپ‌های عدس بود. تفاوت ۵/۶ برابری بین بیشترین (ژنوتیپ MLC454) و کمترین (ژنوتیپ MLC17) مقدار آن مشاهده شد (جدول ۵). علی‌رغم اینکه مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان محصول پراکسیداسیون لیپیدها و شاخصی جهت تعیین خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو محسوب شده و وجود مقادیر بالای آن نشان دهنده خسارت بیشتر به غشاهای سلولی و حساسیت بیشتر گیاه به تنش می‌باشد (Lei et al., 2019)، در مطالعه حاضر ژنوتیپ MLC454 که از بیشترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید برخوردار بود، اما توانست بقای خود را در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد حفظ نماید.

بین ژنوتیپ‌های عدس از لحاظ محتوای کربوهیدرات‌های محلول تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. دامنه تغییرات این صفت بین ۱/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC38 تا ۳/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC409 متغیر بود (جدول ۴).

کاهش سرعت فتوسنتز و کارایی کوانتومی فتوسیستم II با افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش سرما همراه بوده که این امر مربوط به نقش کربوهیدرات‌های محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی در افزایش تحمل به تنش می‌باشد (Hajihashemi et al., 2018). در ژنوتیپ MLC38 کاهش دما از صفر به ۱۵- درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش حدود ۷۰ درصدی بقاء شد، در صورتی‌که تنها ۱۰ درصد کاهش بقاء در ژنوتیپ MLC409 مشاهده شد. همچنین ژنوتیپ MLC38 قادر به تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نیز نبود. به عبارتی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش قادرند از طریق تولید اسمولیت‌های سازگار نظیر کربوهیدرات‌های محلول و

جدول ۵- مالون‌دی‌آلدئید، پرولین، کاتالاز، پراکسیداز، محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل اسمزی در ژنوتیپ‌های عدس قبل از اعمال یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده

Table 5. MDA, proline, catalase, peroxidase, relative water content, and osmotic potential in lentil genotypes before freezing stress under controlled condition.

Freezing stress under controlled condition							
ژنوتیپ	مالون دی آلدئید (نانو مول بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاتالاز (واحد در دقیقه در گرم وزن تر)	پراکسیداز (واحد در دقیقه در گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	پتانسیل اسمزی (مگا پاسکال)	
Genotype	MDA (nmol gfw ⁻¹)	Proline (mg.gfw ⁻¹)	Catalase (unit min gfw ⁻¹)	Peroxidase (unit min gfw ⁻¹)	RWC (%)	Osmotic potential (MPa)	
¹ MLC8	112 ^{c-f}	3.52 ^{bc}	1047 ^{e-g}	4.10 ^{bc}	72.3 ^{a-c}	-2.22 ^b	
MLC11	155 ^{a-c}	5.26 ^{a-c}	1688 ^{d-g}	4.69 ^{bc}	86.3 ^a	-2.49 ^{ab}	
MLC13	81.9 ^{d-g}	4.08 ^{a-c}	2660 ^{b-d}	3.67 ^{bc}	87.0 ^a	-2.03 ^{bc}	
MLC17	39.3 ^g	3.60 ^{bc}	2051 ^{c-g}	4.15 ^{bc}	83.6 ^{ab}	-1.84 ^{bc}	
MLC33	120 ^{c-e}	3.74 ^{bc}	827 ^g	5.94 ^b	71.0 ^{a-c}	-2.42 ^b	
MLC38	126 ^{b-d}	2.84 ^c	2195 ^{c-f}	3.28 ^{bc}	79.3 ^{ab}	-2.76 ^{ab}	
MLC47	63.6 ^{d-g}	4.16 ^{a-c}	1348 ^{d-g}	4.59 ^{bc}	71.8 ^{a-c}	-2.43 ^b	
MLC70	93.2 ^{c-g}	6.13 ^{ab}	1000 ^{f-g}	3.52 ^{bc}	67.2 ^{a-c}	-2.16 ^{bc}	
MLC84	123 ^{cd}	3.90 ^{a-c}	1062 ^{e-g}	4.29 ^{bc}	69.1 ^{a-c}	-2.36 ^b	
MLC103	45.8 ^{fg}	5.40 ^{a-c}	3932 ^b	5.22 ^{bc}	53.3 ^c	-2.62 ^{ab}	
MLC286	71.5 ^{d-g}	5.87 ^{a-c}	5777 ^a	3.78 ^{bc}	65.2 ^{bc}	-3.21 ^a	
MLC303	53.1 ^{e-g}	7.02 ^a	2252 ^{c-f}	9.72 ^a	74.0 ^{ab}	-1.86 ^{bc}	
MLC334	116 ^{c-e}	5.69 ^{a-c}	2344 ^{c-e}	5.09 ^{bc}	72.2 ^{a-c}	-3.13 ^a	
MLC407	117 ^{c-e}	5.34 ^{a-c}	3256 ^{bc}	2.61 ^c	76.0 ^{ab}	-2.58 ^{ab}	
MLC409	193 ^{ab}	5.10 ^{a-c}	1730 ^{d-g}	4.33 ^{bc}	64.8 ^{bc}	-2.47 ^{ab}	
MLC454	219 ^a	2.93 ^{bc}	1296 ^{e-g}	6.04 ^b	64.3 ^{bc}	-2.13 ^{bc}	
MLC469	130 ^{b-d}	3.60 ^{bc}	2210 ^{c-f}	9.77 ^a	71.2 ^{a-c}	-1.60 ^c	
MLC472	127 ^{b-d}	4.78 ^{a-c}	1396 ^{d-g}	11.9 ^a	82.2 ^{ab}	-2.48 ^{ab}	
LSD(0.05)	34.9	1.65	678	1.57		0.862	
S.O.V	df	Mean squares مربعات میانگین					
ژنوتیپGenotyp	17	6894**	4.17**	4527808**	19.1**	223**	0.521*
e							
خطاError	36	445	0.989	167387	0.895	35.57	0.271
C.V (%)	-	19.1	21.6	19.3	17.6	15.6	21.9

۱- MLC: کلکسیون عدس مشهد. LSD حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، C.V: ضریب تغییرات.

MLC: Mashhad Lentil Collection. LSD: Least significant difference, at level of 0.05. **: Significant (P ≤ 0.01), C.V: Coefficient Variation.

دامنه تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز بین ۸۲۷ واحد در دقیقه در گرم ماده خشک در ژنوتیپ MLC33 تا ۵۷۷۷ واحد در دقیقه در گرم ماده خشک در ژنوتیپ MLC286 متغیر بود. درخصوص آنزیم پراکسیداز نیز تفاوت ۴/۶ برابری بین بیشترین (ژنوتیپ MLC472) و کمترین (ژنوتیپ MLC407) میزان فعالیت آن مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز مشاهده شد که با وجود اینکه زنده ماندن هر دو ژنوتیپ MLC33 و MLC286 در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، اما ژنوتیپ MLC286 از میزان پراکسیداسیون لیپید کمتر و محتوای پرولین، مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH و فنل بالاتری در مقایسه با ژنوتیپ MLC33 برخوردار بود (جدول‌های ۴ و ۵). این امر حاکی از قوی‌تر بودن توان سیستم آنتی‌اکسیدانی این ژنوتیپ در مقابله با تنش است.

نتایج بررسی تنوع ژنوتیپ‌ها در فعالیت پراکسیداز نشان داد که علی‌رغم بالاتر بودن فعالیت آنزیم پراکسیداز در ژنوتیپ MLC472 در مقایسه با ژنوتیپ MLC407، اما ژنوتیپ MLC472 قادر به تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نبوده و همچنین از محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH، فنل، پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کمتری در مقایسه با ژنوتیپ MLC407 برخوردار بود.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و پراکسیدازها از مهم‌ترین آنزیم‌های محافظت کننده گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو و جاروب کننده گونه‌های فعال اکسیژن محسوب می‌شوند. آنزیم کاتالاز در پراکسی‌زوم فعالیت داشته و از طریق تبدیل پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن عمل می‌کند (Jovanovic et al., 2018). افزایش در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز تحت شرایط تنش دمایی در مقایسه با شاهد مشاهده شده است که می‌تواند نشان دهنده قرارگیری گیاه تحت تنش شدید و تولید گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Soengas et al., 2018). بروز تنش‌های شدید سبب برهم خوردن تعادل بین تولید و حذف گونه‌های فعال اکسیژن شده و تجمع آن‌ها سبب بروز خسارت سلولی، مرگ برنامه‌ریزی شده سلول و در نهایت کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Raja et al., 2017).

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. ۵۶ درصد از ژنوتیپ‌ها (۱۰ ژنوتیپ) از محتوای نسبی آب برگ بالای ۷۰ درصد برخوردار بودند (جدول ۵). محتوای نسبی آب برگ، یک ویژگی فیزیولوژیکی محسوب می‌شود که حفظ آن سبب حفظ و تداوم فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه خواهد بود. بنابراین محتوای نسبی

احتمالاً این ژنوتیپ با بالاتر بودن مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH توانسته است با تولید مالون‌دی‌آلدئید و پراکسیداسیون اسیدهای چرب مقابله کرده و توانایی گیاه را جهت حفظ بقاء در دماهای ۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد افزایش دهد. افزایش ۳۹ درصدی در مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در این ژنوتیپ در مقایسه با ژنوتیپ MLC17 نیز موید این مطلب می‌باشد (جدول‌های ۲، ۴ و ۵).

دامنه تغییرات تنظیم کننده اسمزی پرولین بین ۲/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC38 تا ۷/۰۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ژنوتیپ MLC303 متغیر بود (جدول ۵). در این بررسی بین میزان پرولین تجمع یافته در طی خوسرمایی در ژنوتیپ‌ها با درصد بقاء و صفات مربوط به رشد مجدد گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

به‌طور کلی تجمع اسمولیت‌های تنظیم‌کننده اسمزی نظیر پرولین، گلیسین بتائین و آمینواسیدها نشان دهنده واکنش معمول گیاه به تنش‌های مختلف زیستی نظیر سرما می‌باشد. این ترکیب‌ها از طریق حفظ پایداری ساختار سلول سبب کاهش خسارت ناشی از تنش می‌شوند (Liu et al., 2013). پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی، به‌عنوان چپرون شیمیایی سبب حفظ ساختار پروتئین‌ها و ممانعت از تغییر شکل آن‌ها در شرایط تنش می‌شود. ساخت پرولین در کلروپلاست و سیتوپلاسم و تخریب آن در میتوکندری صورت می‌گیرد. بیوسنتز پرولین از دو مسیر اورنیتین و گلوتامات در گیاهان انجام می‌شود. تجمع آن در کلروپلاست به دلیل القای فعالیت آنزیم‌های دلتا-۱-پرولین-۵-کربوکسیلات سنتاز (P5CS) و پرولین-۵-کربوکسیلات ردوکتاز (P5CR) و ممانعت از فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده پرولین مانند پرولین دهیدروژناز (P5CDH) و پرولین-۵-کربوکسیلات دهیدروژناز (PRODH) صورت می‌گیرد (Szepesi and Szollosi, 2018).

در این مطالعه کاهش دما به ۱۵- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ۷۰ درصدی بقاء در ژنوتیپ MLC38 شد، درحالی‌که در این دما تنها ۳۵ درصد کاهش بقاء در ژنوتیپ MLC303 مشاهده شد. همچنین ژنوتیپ MLC38 قادر به تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نبود. بررسی سایر صفات نیز نشان دهنده بالاتر بودن محتوای آنتوسیانین و کربوهیدرات‌های محلول و کمتر بودن میزان مالون‌دی‌آلدئید در ژنوتیپ MLC303 در مقایسه با ژنوتیپ MLC38 بود (جدول‌های ۲، ۴ و ۵). به‌عبارتی ژنوتیپ MLC303 از توانایی بیشتری در تولید آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی و افزایش تحمل در برابر سرما برخوردار می‌باشد.

۳۱ درصدی بقاء در این ژنوتیپ شد. در صورتی که در ژنوتیپ MLC469، کاهش ۸۴ درصدی در بقای آن مشاهده شد. همچنین بالاتر بودن محتوای پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ MLC286 (جدول‌های ۲، ۴ و ۵) نیز می‌تواند تاییدی بر توانایی بیشتر این ژنوتیپ در حفظ بقاء در شرایط تنش باشد.

ارتفاع بوته تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و دماهای یخ‌زدگی قرار گرفت (جدول ۶). کاهش دما به ۲۰- درجه سانتی‌گراد سبب مرگ تمامی ژنوتیپ‌ها شد و بوته زنده‌ای برای ثبت ارتفاع بوته وجود نداشت. کاهش دما از صفر به ۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ارتفاع بوته در بیشتر ژنوتیپ‌ها شد. با وجود اینکه کمترین کاهش ارتفاع بوته در نتیجه کاهش ۱۸ درجه‌ای دما در ژنوتیپ MLC11 (کاهش ۲۲ درصد) مشاهده شد، اما در این ژنوتیپ بین ارتفاع بوته در دمای صفر با دماهای ۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

آب برگ بالاتر نشان دهنده توانایی بیشتر یک ژنوتیپ در حفظ مقادیر بالاتر آب برگ‌ها در مقابله با تنش است. در این بررسی تنها بین محتوای آب نسبی برگ با وزن خشک بوته در پایان دوره بازیافت همبستگی مشاهده شد (جدول ۷). به عبارتی محتوای آب نسبی بالاتر سبب بهبود صفات مربوط به رشد مجدد گیاه بعد از اعمال تنش می‌شود.

میزان پتانسیل اسمزی از ۱/۶۰- مگا پاسکال در ژنوتیپ MLC469 تا ۳/۲۱- مگا پاسکال در MLC286 متغیر بود (جدول ۵). گیاهان متحمل می‌توانند با تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین سبب کاهش پتانسیل آب، حفظ غشای سلول و جاروب گونه‌های فعال اکسیژن شده و به این طریق میزان تحمل گیاه به تنش را افزایش دهند. هرچند رابطه مثبت و معنی‌داری بین میزان کربوهیدرات‌های محلول و پتانسیل اسمزی مشاهده نشد (جدول ۷). پایین‌تر بودن پتانسیل اسمزی در ژنوتیپ MLC286 نشان دهنده بیشتر بودن توانایی آن در مقابله با تنش بود. کاهش دما به ۱۵- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش

جدول ۶- تأثیر دمای یخ‌زدگی بر ارتفاع و وزن خشک ژنوتیپ‌های عدس پس از اعمال یخ‌زدگی در شرایط کنترل‌شده
Table 6. Effect of freezing temperature on plant height and dry weight of lentil genotypes after freezing under controlled conditions

ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)				زیست‌توده (میلی گرم در بوته) Biomass (mg.plant ⁻¹)			
	دمای یخ‌زدگی (°C) Freezing temperature (°C)				دمای یخ‌زدگی (°C) Freezing temperature (°C)			
Genotype	0	-15	-18	-20	0	-15	-18	-20
¹ MLC8	19.8 ^a	13.4 ^{a-h}	3.83 ^{j-p}	0.00 ^p	204 ^{b-j}	144 ^{h-p}	45 ^{r-w}	0.00 ^w
MLC11	20.5 ^a	17.5 ^{a-c}	16.8 ^{a-d}	0.00 ^p	293 ^a	232 ^{a-g}	124 ^{h-r}	0.00 ^w
MLC13	15.0 ^{a-g}	14.7 ^{a-g}	1.11 ^{o-p}	0.00 ^p	119 ^{j-s}	199 ^{c-k}	22.7 ^{u-w}	0.00 ^w
MLC17	16.0 ^{a-f}	11.8 ^{b-i}	1.33 ^{np}	0.00 ^p	286 ^{a-c}	270 ^{a-d}	10.7 ^{v-w}	0.00 ^w
MLC33	15.1 ^{a-g}	11.2 ^{c-j}	2.00 ^{m-p}	0.00 ^p	150 ^{g-o}	146 ^{g-p}	22.7 ^{u-w}	0.00 ^w
MLC38	8.33 ^{g-o}	5.33 ^{i-p}	0.00 ^p	0.00 ^p	73.5 ^{n-w}	32.7 ^{s-w}	0.00 ^w	0.00 ^w
MLC47	16.4 ^{a-e}	14.7 ^{a-h}	9.22 ^{e-m}	0.00 ^p	178 ^{e-m}	154 ^{g-n}	179 ^{e-m}	0.00 ^w
MLC70	18.7 ^{ab}	16.0 ^{a-f}	1.33 ^{np}	0.00 ^p	168 ^{f-m}	193 ^{d-l}	11.7 ^{v-w}	0.00 ^w
MLC84	16.2 ^{a-e}	5.06 ^{i-p}	3.96 ^{j-p}	0.00 ^p	158 ^{g-n}	42.0 ^{f-w}	39.7 ^{e-w}	0.00 ^w
MLC103	11.9 ^{b-i}	5.31 ^{i-p}	1.50 ^{np}	0.00 ^p	110 ^{j-t}	20.3 ^{v-w}	16.0 ^{v-w}	0.00 ^w
MLC286	14.7 ^{a-h}	8.61 ^{f-n}	4.50 ^{i-p}	0.00 ^p	110 ^{j-u}	132 ^{i-q}	28.0 ^{t-w}	0.00 ^w
MLC303	11.7 ^{b-i}	13.8 ^{a-h}	1.00 ^{o-p}	0.00 ^p	162 ^{g-m}	162 ^{g-m}	13.0 ^{v-w}	0.00 ^w
MLC334	15.5 ^{a-g}	10.7 ^{c-k}	4.10 ^{j-p}	0.00 ^p	250 ^{a-f}	116 ^{k-s}	65.0 ^{a-w}	0.00 ^w
MLC407	14.7 ^{a-h}	15.8 ^{a-f}	3.39 ^{k-p}	0.00 ^p	218 ^{a-i}	158 ^{g-n}	40.0 ^{f-w}	0.00 ^w
MLC409	9.83 ^{d-l}	9.67 ^{d-l}	4.67 ^{i-p}	0.00 ^p	50.0 ^{q-w}	94.0 ^{m-v}	55.3 ^{q-w}	0.00 ^w
MLC454	17.3 ^{a-c}	14.2 ^{a-h}	3.61 ^{k-p}	0.00 ^p	215 ^{a-i}	291 ^{ab}	52.7 ^{q-w}	0.00 ^w
MLC469	17.5 ^{a-c}	7.21 ^{h-p}	2.89 ^{i-p}	0.00 ^p	222 ^{a-h}	49 ^{q-w}	61.7 ^{p-w}	0.00 ^w
MLC472	17.4 ^{a-c}	15.7 ^{a-g}	0.00 ^p	0.00 ^p	256 ^{a-e}	225 ^{a-h}	0.00 ^w	0.00 ^w
LSD _(0.05)		3.35				39.1		
S.O.V	منابع تغییر	df	درجه آزادی		Mean squares	میانگین مربعات		
ژنوتیپ Genotype (G)	17		58.6**		16437**			
دما Temperature (T)	3		2711**		386884**			
G×T	51		22.8**		7831**			
Error	144		4.30		586			
C.V (%)	-		27.0		26.1			

۱- MLC: کلکسیون عدس مشهد. LSD حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، C.V: ضریب تغییرات.
MLC: Mashhad Lentil Collection. LSD: Least significant difference, at level of 0.05. **: Significant ($P \leq 0.01$), C.V: Coefficient Variation.

در هفت ژنوتیپ (MLC8، MLC17، MLC84، MLC103، MLC286، MLC334 و MLC469) کاهش دما از صفر به ۱۵- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد و در سایر ژنوتیپ‌ها تفاوتی از لحاظ ارتفاع بوته بین دماهای صفر و ۱۵- درجه سانتی‌گراد وجود نداشت. به عبارتی این ژنوتیپ‌ها از توانایی مناسبی جهت حفظ و یا افزایش ارتفاع خود در دوره بازیافت برخوردار بودند. بیشترین کاهش ارتفاع بوته در نتیجه کاهش دما از صفر به ۱۸- درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ MLC70 و به میزان ۱۴/۱ برابر مشاهده شد (جدول ۶).

برهمکنش دما و ژنوتیپ بر میزان زیست‌توده در پایان دوره بازیافت معنی‌دار بود کاهش دما به ۱۸- درجه سانتی‌گراد به جز در دو ژنوتیپ MLC47 و MLC409 در سایر ژنوتیپ‌ها سبب کاهش میزان زیست‌توده شد. بیشترین درصد کاهش وزن خشک نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد (کاهش ۱۴/۴ برابری) نیز مانند ارتفاع بوته متعلق به ژنوتیپ MLC70 بود (جدول ۵). تولید ماده خشک در گیاه در طی دوران بازیافت به توانایی آن به مقابله با تنش سرما بستگی دارد؛ بنابراین هر ژنوتیپی که بتواند در مقابله با تنش از بقای بالاتری برخوردار باشد، از رشد مجدد مناسب‌تری در انتهای فصل رشد برخوردار خواهد بود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد بقاء با ارتفاع بوته ($r^2=0/80^{**}$) و زیست‌توده ($r^2=0/70^{**}$) در پایان دوره بازیافت نیز نشان دهنده این مطلب می‌باشد (جدول ۶). تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست‌ها تحت تنش، سبب کاهش محتوای کلروفیل و تحریک بازدارندگی نوری و کاهش فتوسنتز می‌شود که در نتیجه آن میزان وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (Soengas et al., 2018).

تجزیه به عامل‌ها: ضرایب عامل‌ها بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که عامل اول حدود ۳۱/۱۲ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل محتوای کلروفیل a، محتوای کاروتنوئیدها، نسبت Cha/Chb، محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH با بار منفی بود. عامل دوم حدود ۱۸/۲۸ درصد تغییرات را توجیه کرد که شامل محتوای کلروفیل b با بار منفی و فعالیت آنزیم پراکسیداز، ارتفاع بوته و زیست‌توده با بار مثبت بود. عامل سوم ۱۲/۲۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل درصد بقاء، محتوای پروتئین و فعالیت آنزیم کاتالاز با بار مثبت بود. عامل چهارم ۹/۸۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد که محتوای آنتوسیانین، محتوای فنول کل و محتوای مالون‌دی‌آلدئید با بار مثبت بیشترین تأثیر را در این عامل داشت. عامل پنجم ۶/۴۸ درصد

از تغییرات را توجیه کرد که شامل کربوهیدرات‌های محلول با بار مثبت و پتانسیل اسمزی با بار منفی بود. عامل ششم ۶/۲۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل محتوای نسبی آب برگ با بار منفی بود (جدول ۸).

با توجه به اینکه دو عامل اصلی اول و دوم بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند (۴۹/۴۰ درصد) و صفات محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b، نسبت Cha/Chb، محتوای کاروتنوئیدها، محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH فعالیت آنزیم پراکسیداز، ارتفاع بوته و زیست‌توده بیشترین تأثیر را در این دو عامل داشتند از این صفات برای به دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد (شکل ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های MLC8، MLC13، MLC17، MLC38، MLC84، MLC286 و MLC334 از نظر عامل‌های اول و دوم به‌عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل بالا به تنش معرفی شدند (شکل ۲).

تجزیه خوشه‌ای: به‌منظور تعیین میزان قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای صفات موردبررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از فاصله اقلیدسی انجام شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عدس، نشان‌دهنده قرارگیری آن‌ها در چهار گروه مجزا بود. به ترتیب ۹، ۶، ۲ و ۱ ژنوتیپ در گروه‌های اول تا چهارم قرار گرفتند (شکل ۳).

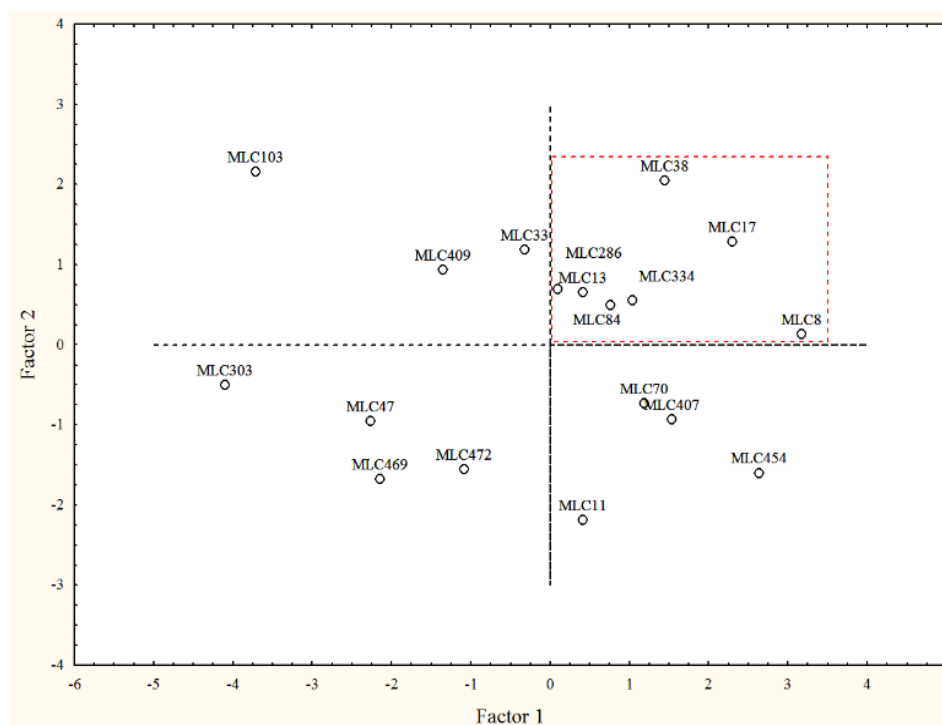
به‌منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده گردید (جدول ۹). نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت تابع تشخیص، در تمام گروه‌ها ۱۰۰ درصد بود.

نتایج تجزیه تابع تشخیص کانونیکی نشان داد که متغیر اول کانونیک که مقادیر ویژه بالاتری داشت، در مجموع ۹۹/۲ درصد واریانس موجود را تبیین کرد و که می‌تواند به‌عنوان معیاری مطمئن جهت انتساب ارقام جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۱۰). همبستگی کانونیکی بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک ($R=0/99^{**}$) نشان‌دهنده این است که متغیر کانونیک تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را به‌خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۱۰).

در معادله اول ضرایب استاندارد شده کانونیکی فعالیت آنزیم کاتالاز از تشخیص کانونیکی قابل‌توجه‌ای برخوردار است (جدول ۱۰). این نتایج نشان می‌دهد که این صفت بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند.

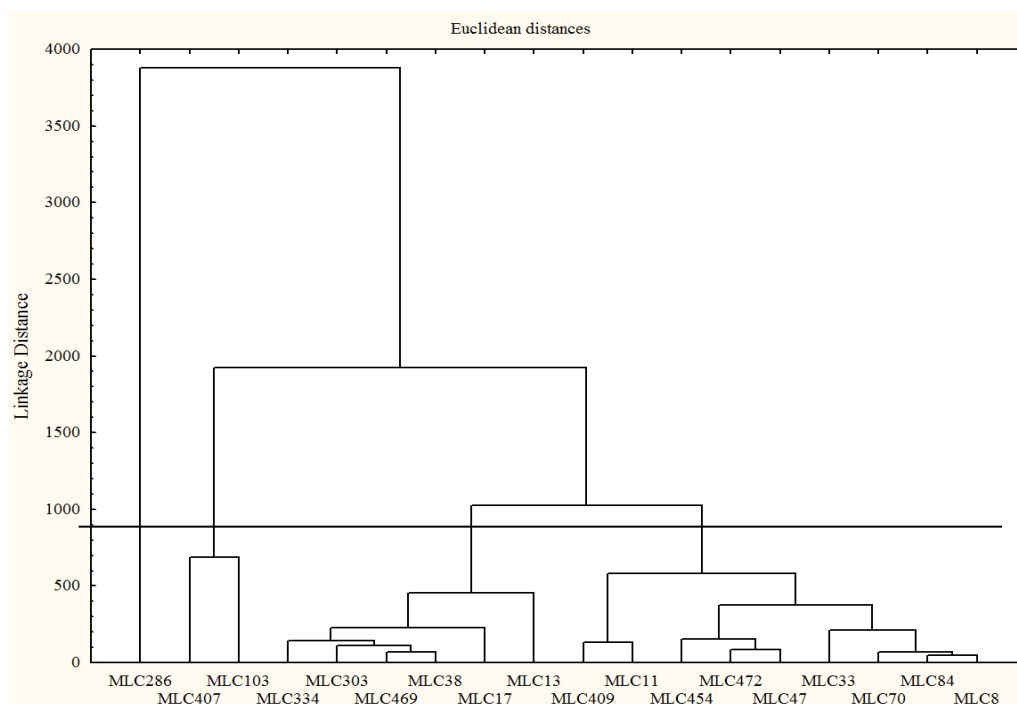
جدول ۸- تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش یخ زدگی
Table 8. Factor analysis for lentil genotypes under freezing stress

Traits	صفات	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	عامل ششم Factor 6
Survival	بقا	-0.442	0.482	<u>0.599</u>	-0.072	0.194	-0.135
Cha	کلروفیل a	<u>-0.892</u>	-0.376	-0.058	-0.024	-0.109	0.088
Chb	کلروفیل b	-0.194	<u>-0.700</u>	0.200	0.227	0.018	-0.457
Carotenoids	کاروتنوئیدها	<u>-0.850</u>	-0.398	-0.212	-0.128	-0.004	-0.168
Cha/Chb	کلروفیل a/b	<u>-0.891</u>	-0.110	-0.137	-0.092	-0.115	0.310
Total pigment	کل رنگ‌دانه‌ها	<u>-0.864</u>	-0.466	-0.067	-0.018	-0.072	-0.054
DPPH	مهار فعالیت رادیکال آزاد	<u>-0.613</u>	0.304	0.246	0.460	-0.215	0.217
Anthocyanin	آنتوسیانین	0.212	0.377	-0.401	<u>0.497</u>	-0.325	-0.404
Phenol	فنول کل	-0.402	0.309	0.338	<u>0.501</u>	0.027	-0.163
Soluble carbohydrates	کربوهیدرات‌های محلول	0.424	-0.258	0.414	0.358	<u>0.551</u>	-0.113
MDA	مالون‌دی‌آلدئید	-0.450	0.159	-0.042	<u>0.697</u>	0.057	0.318
Proline	پروлін	0.488	0.258	<u>0.549</u>	-0.115	-0.332	-0.029
Catalase	کاتالاز	0.419	-0.382	<u>0.434</u>	-0.257	-0.377	0.187
Peroxidase	پراکسیداز	0.332	<u>0.603</u>	-0.512	0.108	-0.260	0.021
RWC	محتوای نسبی آب برگ	-0.464	0.296	-0.121	-0.254	-0.086	<u>-0.603</u>
Osmotic potential	پتانسیل اسمزی	0.075	-0.415	0.509	0.203	<u>-0.556</u>	-0.093
Plant height	ارتفاع بوته	-0.512	<u>0.636</u>	0.425	-0.233	0.065	0.017
Dry weight	زیست‌توده	-0.581	<u>0.613</u>	0.152	-0.344	-0.010	-0.045
Eigenvalue	مقادیر ویژه	5.60	3.29	2.21	1.78	1.17	1.12
Cumulative %	درصد سهم تجمعی	31.12	49.40	61.67	71.54	78.02	84.27



شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های عدس بر اساس دو عامل اصلی اول و دوم MLC: کلکسیون بذر عدس مشهد

Fig. 2. Distribution of lentil genotypes on the basis of the first and the second components. MLC: Mashhad Lentil Collection



شکل ۳- گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات مورد مطالعه تحت شرایط کنترل شده. MLC: کلکسیون بذر عدس مشهد

Fig. 3. Cluster grouping of lentil genotypes based on studied characteristic under controlled conditions (B). MLC: Mashhad Lentil Collection

جدول ۹- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط کنترل شده

Table 9. The results of discriminant function for clustering validity of lentil genotypes under controlled conditions

Group	Group Membership اعضای گروه				جمع کل Total
	1	2	3	4	
مجموع Total	1	9	0	0	9
	2	0	6	0	6
	3	0	0	2	2
	4	0	0	0	1
درصد Percentage	1	100	0	0	100
	2	0	100	0	100
	3	0	0	100	100
	4	0	0	0	100

۱۰۰٪ گروه‌ها به درستی گروه‌بندی شدند

100% of original grouped cases correctly classified.

اول و دوم فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد ژنوتیپ‌های جدید و به‌گزینی برای تحمل به یخ‌زدگی استفاده کرد. در گروه‌های تعیین شده برای هر یک از صفات مورد مطالعه به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد (جدول ۱۰). بر اساس نتایج تجزیه واریانس تنها از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای نسب آب برگ بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱۱).

در ادامه از متغیر کانونیکی معنی‌دار اول برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد (شکل ۵). با توجه به شکل (۵) ژنوتیپ‌های عدس در چهار گروه گروه‌بندی شدند و در هر گروه تنوع ژنتیکی درون‌گروهی کمی نسبت به تنوع ژنتیکی بین‌گروهی مشاهده شد.

همان‌طور که در کل مشاهده می‌شود کمترین فاصله بین گروه‌های اول و دوم و بیشترین فاصله بین گروه‌های اول و چهارم مشاهده گردید (شکل ۴). درواقع ژنوتیپ‌های هر گروه فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند. با توجه به اینکه گروه‌های

جدول ۱۰- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های عدس

Table 10. Standardized canonical discriminant function coefficients measured groups in lentil genotypes under salinity stress

Traits	صفات	متغیرهای کانونیکی (Canonical varieties)		
		1	2	3
Survival	بقا	-0.942	0.562	0.469*
Cha	کلروفیل a	-9.438	1.433	-1.293*
Chb	کلروفیل b	6.074	2.138	1.162*
Cartenoieds	کاروتنوئیدها	3.075	2.283*	-0.208
Cha/Chb	کلروفیل a/b	7.050	2.272*	-0.497
Total pigment	کل رنگ‌دانه‌ها	0.955	-6.942	0.711*
DPPH	مهار فعالیت رادیکال آزاد	-5.070	2.206	-0.366*
Antocyanin	آنتوسیانین	-7.331	2.447*	0.166
Phenol	فنول کل	5.736	-1.492	0.633*
Soluble Carbohydrate	کربوهیدرات‌های محلول	-3.145	0.222*	-1.029
MDA	مالون‌دی‌آلدئید	2.108	-1.789	0.199*
Proline	پروлін	3.877	-1.218*	0.186
Catalase	کاتالاز	3.447*	0.110	0.045
Peroxidase	پراکسیداز	5.247	-0.794*	-0.040
Eigenvalue	ویژه مقادیر	227	1.229	0.689
Cumulative %	تجمعی سهم درصد	99.2	99.7	100
Canonical Correlation	کانونیکی همبستگی	0.998**	0.743*	0.639*

*: بالاترین همبستگی مشاهده شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی

*: Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

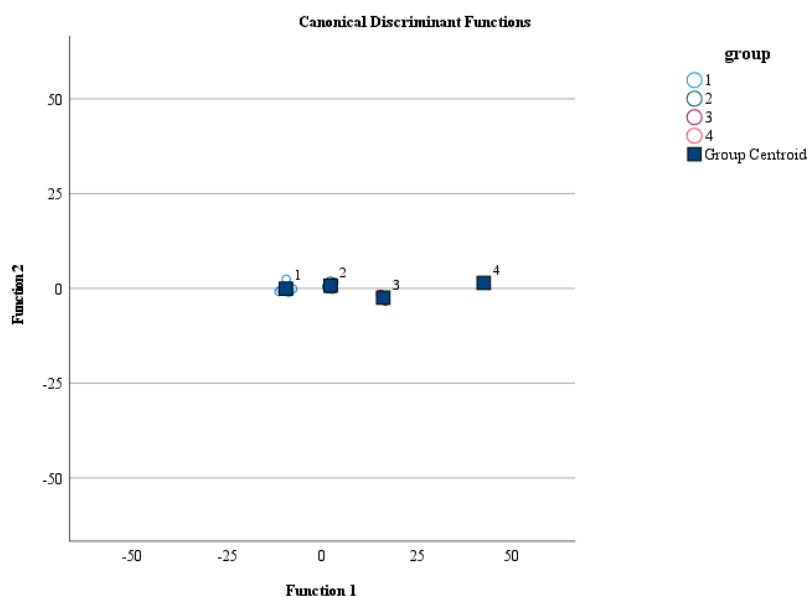
جدول ۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه عدس در شرایط کنترل شده

Table 11. Analysis of variance (mean square) based on measured groups in lentil genotypes under controlled conditions

Traits	صفات	Between Groups	Within Groups
		بین گروه‌ها	داخل گروه‌ها
df	درجه آزادی	3	14
Survival	بقا	98.0 ^{ns}	73.0 ^{ns}
Cha	کلروفیل a	0.001 ^{ns}	0.005 ^{ns}
Chb	کلروفیل b	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}
Cartenoieds	کاروتنوئیدها	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Cha/Chb	کلروفیل a/b	0.015 ^{ns}	0.047 ^{ns}
Total pigment	کل رنگ‌دانه‌ها	0.004 ^{ns}	0.011 ^{ns}
DPPH	مهار فعالیت رادیکال آزاد	0.017 ^{ns}	0.032 ^{ns}
Antocyanin	آنتوسیانین	0.339 ^{ns}	0.198 ^{ns}
Phenol	فنول کل	403 ^{ns}	611 ^{ns}
Soluble Carbohydrate	کربوهیدرات‌های محلول	0.196 ^{ns}	0.369 ^{ns}
MDA	مالون‌دی‌آلدئید	3483 ^{ns}	2045 ^{ns}
Prolin	پروлін	1.094 ^{ns}	1.451 ^{ns}
Catalase	کاتالاز	8148805**	86652**
Peroxidase	پراکسیداز	2.96 ^{ns}	7.11 ^{ns}
RWC	محتوای نسبی آب برگ	182**	49.3**
Osmotic Potential	پتانسیل اسمزی	0.327 ^{ns}	0.141 ^{ns}
Plant Height	ارتفاع بوته	6.65 ^{ns}	4.50 ^{ns}
Dry Weight	زیست‌توده	935 ^{ns}	1463 ^{ns}

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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



شکل ۵- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار در شرایط کنترل شده.

Fig. 5. Cluster grouping of lentil genotypes based on significant canonical variable under controlled conditions.

جدول ۱۲- میانگین و انحراف از میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های عدس تحت شرایط کنترل شده

Table 12. Mean and deviation from mean of groups in cluster analysis for traits in Lentil genotypes under controlled conditions

Traits	Group گروه							
	1		2		3		4	
	MLC8, MLC84, MLC70, MLC33, MLC47, MLC472, MLC454, MLC11, MLC409		MLC13, MLC17, MLC38, MLC469, MLC303, MLC334		MLC103, MLC407		MLC286	
صفات	S	T	S	T	S	T	S	T
A	50.8	3.84	42.8	-4.09	41.5	-5.47	47.8	0.907
B	0.465	0.008	0.453	-0.003	0.426	-0.030	0.463	0.006
C	0.253	0.004	0.242	-0.007	0.248	-0.001	0.256	0.007
D	0.130	0.002	0.134	0.006	0.104	-0.024	0.119	-0.009
E	1.87	0.028	1.85	0.009	1.71	-0.135	1.81	-0.037
F	0.853	0.020	0.820	-0.012	0.778	-0.055	0.838	0.005
G	0.958	0.048	0.861	-0.049	0.827	-0.083	0.942	0.032
H	1.69	0.125	1.62	0.054	0.922	-0.645	1.40	-0.165
I	135	6.693	125	-3.33	109	-19.2	126	-1.93
J	2.14	-0.031	2.08	-0.092	2.67	0.500	2.00	-0.170
K	134	23.6	90.9	-19.4	81.3	-28.9	71.5	-38.7
L	4.39	-0.217	4.47	-0.139	5.37	0.761	5.87	1.26
M	1266	-849	2285	170	3594	1479	5777	3662
N	5.49	0.116	5.95	0.576	3.92	-1.46	3.78	-1.59
O	70.6	-0.333	76.8	5.82	61.0	-9.96	59.0	-12.0
P	2.35	-0.025	2.20	-0.175	2.60	0.221	3.21	0.832
Q	8.72	1.05	6.59	-1.09	6.58	-1.10	6.94	-0.731
R	103	10.8	88.1	-4.56	70.3	-22.3	67.5	-25.2

MLC: کلکسیون عدس مشهد، A: بقا (%). B: کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)، C: کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)، D: کاروتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر)، E: نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، F: کل رنگ‌دانه‌ها (میلی گرم بر گرم وزن تر)، G: مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (میلی گرم بر گرم وزن تر)، H: آنتوسیانین (میلی مول بر گرم وزن تر)، I: فنول کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)، J: کربوهیدرات‌های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)، K: مالون‌دی‌آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)، L: پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)، M: کاتالاز (واحد در دقیقه در گرم وزن تر)، N: پراکسیداز (واحد در دقیقه در گرم وزن تر)، P: محتوای نسبی آب برگ (%). Q: پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال)، R: زیست‌توده (میلی گرم در بوته)، S: میانگین گروه، T: اختلاف از میانگین.

MLC: Mashhad Lentil Collection, A: Survival (%), B: Chlorophyll a (mg.gfw⁻¹), C: Chlorophyll b (mg.gfw⁻¹), D: Carotenoids (mg.gfw⁻¹), E: Cha/Chb, F: Total pigments (mg.gfw⁻¹), G: DPPH (mg.gfw⁻¹), H: Anthocyanin (mmol.gfw⁻¹), I: Phenol (mg.gfw⁻¹), J: Soluble carbohydrates (mg.gfw⁻¹), K: MDA (nm.gfw⁻¹), L: Proline (mg.gfw⁻¹), M: Catalase (unit min gfw⁻¹), N: Peroxidase (unit min gfw⁻¹), O: RWC (%), P: Osmotic potential (MPa), Q: Plant height (cm), R: Dry weight (mg.plant⁻¹) S: Group mean, T: Deviation from mean.

نتیجه‌گیری

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ درصد بقاء، رشد مجدد و صفات آنتی‌اکسیدانی تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. نتایج خوشه‌بندی و مقایسه میانگین گروه‌ها نیز نشان دهنده تحمل به سرمای مناسب‌تر در ژنوتیپ‌های متعلق به گروه اول بود. ژنوتیپ‌های متعلق به گروه اول در بیشتر صفات مورد مطالعه از برتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های متعلق به گروه دوم و سوم از میانگین درصد بقای کمتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند، که نشان دهنده پرا حساسیت بیشتر آن‌ها به تنش بود. با توجه به اجرای این پژوهش در شرایط کنترل شده و برتر بودن بیشتر صفات به‌ویژه درصد بقاء در ژنوتیپ‌های متعلق به گروه اول شامل MLC8، MLC409، MLC84، MLC70، MLC47، MLC33، MLC11 و MLC454 انجام مطالعات تکمیلی روی این ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه توصیه می‌شود.

مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که تمامی صفات به جز محتوای کربوهیدرات‌های محلول، محتوای پرولین، محتوای نسبی آب برگ، فعالیت آنزیم کاتالاز و پتانسیل اسمزی در گروه اول نسبت به میانگین کل برتری داشت. ژنوتیپ‌های متعلق به گروه اول شامل MLC8، MLC11، MLC33، MLC47، MLC70، MLC84، MLC409 و MLC454 بودند از این ژنوتیپ‌ها به دلیل برتری از نظر درصد بقاء می‌توان در مطالعات تکمیلی استفاده نمود (جدول ۱۲). نتایج حاصل از درصد بقاء نیز نشان دهنده تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در این ژنوتیپ‌ها می‌باشد (جدول‌های ۲ و ۱۲).

منابع

1. Abe, N., Murata, T., and Hirota, A. 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 62 (4): 61-662.
2. Ali, M.B., and McNear, D.H. 2014. Induced transcriptional profiling of phenylpropanoid pathway genes increased flavonoid and lignin content in *Arabidopsis* leaves in response to microbial products. *BMC Plant Biology* 14(1): 84.
3. Asghar, M.J., Hameed, A., Rizwan, M., Shahid, M., and Atif, R.M. 2021. Lentil wild genetic resource: A potential source of genetic improvement for biotic and abiotic stress tolerance. In: *Wild Germplasm for Genetic Improvement in Crop Plants*. Academic Press. p. 321-341.
4. Banerjee, A., and Roychoudhury, A. 2016. Plant responses to light stress: oxidative damages, photoprotection and role of phytohormones. In: G.J. Ahammed, J.Q. Yu, (Eds.). *Plant Hormones Under Challenging Environmental Factors*. Dordrecht, Netherlands: Springer. p. 181-213.
5. Banerjee, A., and Roychoudhury, A. 2018. Abiotic stress, generation of reactive oxygen species, and their consequences: an overview. In: V.P. Singh, S. Singh, D. Tripathi, *et al.* (Eds.). *Revisiting the Role of Reactive Oxygen Species (ROS) in Plants: ROS Boon or Bane for Plants?*. USA: Wiley. p. 23-50
6. Banerjee, A., and Roychoudhury, A. 2019. Cold stress and photosynthesis. *Photosynthesis, Productivity and Environmental Stress*, USA: Wiley.
7. Bates, L. S., Waldren, R. P., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39 (1): 205-207.
8. Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., and Mittler, R. 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *Plant Journal* 90 (5): 856-867.
9. Dere, S., Gines, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany* 22 (1): 13-17.
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1951. A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature* 168, 167.
11. Esteban, R., Moran, J.F., Becerril, J.M., and Garcia-Plazaola, J.I. 2015. Versatility of carotenoids: an integrated view on diversity, evolution, functional roles and environmental interactions. *Environmental and Experimental Botany* 119: 63-75.
12. Furtauer, L., Weiszmann, J., Weckwerth, W., and Nagele, T. 2019. Dynamics of plant metabolism during cold acclimation. *International Journal of Molecular Science* 20, 5411. 1-15.

13. Grusak, M.A. and Coyne, C.J. 2009. Variation for seed minerals and protein concentrations in diverse germplasm of lentil. In North America Pulse Improvement Association, 20th Biennial Meeting October 2009. USA p. 11.
14. Guo, X., Liu, D., and Chong, K. 2018. Cold signaling in plants: Insights into mechanisms and regulation. *Journal of Integrative Plant Biology* 60(9): 745-756.
15. Gururani, M. A., Venkatesh, J., and Tran, L.S.P. 2015. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. *Molecular Plant* 8(9): 1304-1320.
16. Hajhashemi, S., Noedoost, F., Geuns, J.M., Djalovic, I., and Siddique, K.H. 2018. Effects of cold stress on photosynthetic traits, carbohydrates, morphology and anatomy in nine cultivars of *Stevia rebaudiana*. *Frontiers in Plant Science* 9: 1430.
17. Heath, R.L., and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 125 (1): 189-198.
18. Jia, K., Baz, L., and Al-Babili, S. 2017. From carotenoids to strigolactones. *Journal of Experimental Botany* 69 (9): 2189-2204.
19. Jovanovic, S.V., Kukavica, B., Vidovic, M., Morina, F., and Menckho, L. 2018. Class III peroxidases: Functions, localization and redox regulation of isoenzymes. In *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*; Gupta, D., Palma, J., Corpas, F., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, p. 269-300.
20. Khaledian, Y., Maali-Amiri, R., and Talei, A. 2015. Phenylpropanoid and antioxidant changes in chickpea plants during cold stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 62 (6): 772-778.
21. Kosova, K., Vitamvas, P., Urban, M.O., Prasil, I.T., and Renaut, J. 2018. Plant abiotic stress proteomics: The major factors determining alterations in cellular proteome. *Frontiers in Plant Science* 9, 122.
22. Kuai, B., Chen, J., and Hortensteiner, S. 2018. The biochemistry and molecular biology of chlorophyll breakdown. *Journal of Experimental Botany* 69 (4): 751-767.
23. Lei, Y., Shah, T., Yong, Ch., Yan, L., Xue-kun, Zh., and Xi-ling, Z. 2019. Physiological and molecular responses to cold stress in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Integrative Agriculture* 18 (12): 2742-2752.
24. Lin, D., Kong, R., Chen, L., Wang, Y., Wu, L., Xu, J., Piao, Zh., Lee, G., and Dong, Y. 2020. Chloroplast development at low temperature requires the pseudouridine synthase gene *TCD3* in rice. *Scientific Reports* 10: 8515. 1-12.
25. Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., and Li, X. 2016. An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. *Molecules* 21, 1374.
26. Liu, W., Yu, K., He, T., Li, F., Zhang, D., and Liu, J. 2013. The low temperature induced physiological responses of *Avena nuda* L., a cold-tolerant plant species. *The Scientific World Journal* 1-7.
27. Liu, Y., Tikunov, Y., Schouten, R.E., Marcelis, L.F.M., Visser, R.G.F., and Bovy, A. 2018. Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in solanaceous vegetables: a review. *Frontiers in Chemistry* 6: 52.
28. Liu, Z., Jia, Y., Ding, Y., Shi, Y., Li, Z., Guo, Y., Gong, Z., and Yang, S. 2017. Plasma membrane CRPK1-mediated phosphorylation of 14-3-3 proteins induces their nuclear import to fine-tune CBF signaling during cold response. *Molecular Cell* 66 (1): 117-128.
29. Murray, G.A., Eser, D., Gusta, L.V. and Eteve, G., 1988. Winterhardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. In *World Crops: Cool Season Food Legumes* p. 831-843. Springer, Dordrecht.
30. Nabati, J., Nezami, A., Mirmiran, S.M., Hasanfard, A., Hojjat, S.S., and Bagheri, A. 2020b. Freezing tolerance in some lentil genotypes under controlled conditions. *Seed and Plant Journal*. 36 (2): 183-205. [In Persian with English Summary]
31. Nabati, J., Nezami, A., Mirmiran, S.M., and Hojjat, S.S. 2020a. Evaluation of freezing tolerance of selected lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes in field conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 51 (3): 89-101. (In Persian with English Summary).
32. Naing, A.H., Ai, T.N., Lim, K.B., Lee, I.J., and Kim, C.K. 2018. Overexpression of *Rosea1* from snapdragon enhances anthocyanin accumulation and abiotic stress tolerance in transgenic tobacco. *Frontiers in Plant Science* 9: 1070.
33. Paldi, K., Racz, I., Szigeti, Z., and Rudnoy, S. 2014. S-methylmethionine alleviates the cold stress by protection of the photosynthetic apparatus and stimulation of the phenylpropanoid pathway. *Biologia Plantarum* 58 (1): 189-194.
34. Raja, V., Majeed, U., Kang, H., Andrabi, K.I., and John, R. 2017. Abiotic stress: Interplay between ROS, hormones and MAPKs. *Environmental and Experimental Botany* 137: 142-157.
35. Rezaie, R., Abdollahi Mandoulakani, B., and Fattahi, M. 2020. Cold stress changes antioxidant defense system, phenylpropanoid contents and expression of genes involved in their biosynthesis in *Ocimum basilicum* L. *Scientific Reports* 10: 5290. 1-10.

36. Sami, F., Yusuf, M., Faizan, M., Faraz, A., and Hayat, S. 2016. Role of sugars under abiotic stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 109: 54-61.
37. Singleton, V.L., and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144-158.
38. Sinha, R., Pal, A.K., and Singh, A.K. 2018. Physiological, biochemical and molecular responses of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes under drought stress. *Indian Journal of Plant Physiology* 23(4): 772-784.
39. Sirivibulkovit, K., Nouanthavong, S., and Sameenoi, Y. 2018. Paper-based DPPH assay for antioxidant activity analysis. *Analytical Sciences*. 34: 795-800.
40. Smart, R. E., and Bingham, G. E. 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology* 53: 258-260.
41. Soengas, P., M.Rodrigues, V., Velasco, P., and Caetea, M. E. 2018. Effect of temperature stress on antioxidant defenses in brassica oleracea. *ACS Omega* 3: 5237-5243.
42. Sreenivasulu, N., Ramanjulu, S., Ramachandra-Kini, K., Prakash, H., Shekar-Shetty, H., Savithri, H., and Sudhakar, C. 1999. Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. *Plant Science* 141(1): 1-9.
43. Szepesi, A., and Szollosi, R. 2018. Mechanism of Proline Biosynthesis and Role of Proline Metabolism Enzymes Under Environmental Stress in Plants. *Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress*, Academic Press p. 337-353.
44. Tan, W.J., Yang, Y.C., Zhou, Y., Huang, L.P., Xu, L., Chen, Q.F., Yu, L.J., and Xiao, S. 2018. Diacylglycerol acyltransferase and Diacylglycerol kinase modulate triacylglycerol and phosphatidic acid production in the plant response to freezing stress. *Plant Physiology* 177 (3): 1303-1318.
45. Valizadeh-Kamran, R., Toorchi, M., Mogadam, M., Mohammadi, H., and Pessarakli, M. 2017. Effects of freeze and cold stress on certain physiological and biochemical traits in sensitive and tolerant barley (*Hordeum vulgare*) genotypes. *Journal of Plant Nutrition* 41 (1): 102-111.
46. Velikova, V., Yordanov, I., and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151(1): 59-66.
47. Wanger, G.J. 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin's in protoplast. *Plant Physiology* 64: 88-93.
48. Wisniewski, M., Glenn, D.M., and Fuller, M.P. 2002. Use of a hydrophobic particle film as a barrier to extrinsic ice nucleation in tomato plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127(3): 358-364.
49. Zhang, B., Liu, C., Wang, Y., Yao, X., Wang, F., and Wu, J. 2015. Disruption of a CAROTENOID CLEAVAGE DIOXYGENASE 4 gene converts flower colour from white to yellow in *Brassica* species. *New Phytologist* 206 (4): 1513-1526.
50. Zhao, Y., Han, Q., Ding, Ch., Huang, Y., Liao, J., Chen, T., Feng, Sh., Zhou, L., Zhang, Zh., Chen, Y., Yuan, Sh., and Yuan, M. 2020. Effect of low temperature on chlorophyll biosynthesis and chloroplast biogenesis of rice seedlings during greening. *International Journal of Molecular Science* 21: 1-22.
51. Zhou, Q., Luo, D., Chai, X., Wu, Y., Wang, Y., Nan, Zh., Yang, Q., Liu, W., and Liu, Zh. 2018. Multiple regulatory networks are activated during cold stress in *Medicago sativa* L. *International Journal of Molecular Science* 19: 3169. 1-18.



Evaluation of diversity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes under freezing stress in controlled conditions

Nabati^{1*}, Jafar; Nezami², Ahmad; Mirmiran³, Seyyede Mahboobeh; Mohammadi⁴, Mohammad; Hasanfard⁵, Alireza

1. Assistant Professor, Crop Physiology, Department of Legume, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir
2. Professor, Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nezami@um.ac.ir
3. Assistant Professor, Crop Physiology, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran; mmirmiran@yahoo.com
4. MSc. in Seed Technology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad; m.mohammadi7698@gmail.com
5. PhD. in Weed Science, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; alireza.hasanfard@yahoo.com

The Dates:

Received: 15 August 2022; Revised: 4 November 2022
Accepted: 5 December 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Nabati, J., Nezami, A., Mirmiran, S.M., Mohammadi, M., Hasanfard, A.R. 2023. Evaluation of diversity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes under freezing stress in controlled conditions. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 00-00. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1042

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is an important legume that plays a significant role in food security and human nutrition in the world. Lentils provide protein and fiber, as well as many vitamins and minerals, such as iron, zinc, folate, and magnesium. Lentil is a moderately drought tolerant crop, but the yield is drastically reduced with increased drought stress. One of the simplest ways to reduce the effects of drought stress is regulate plant growth period to avoid moisture stress; termed as drought escape; therefore, autumn planting can be effective in reducing the effects of drought stress in lentile. On the other hand, cold and freezing are the most important factor limiting lentil cultivation in autumn planting. Considering the importance of autumn planting in cold and highlands areas to use the seasonal rainfall in lentile crop and also due to the diversity among lentil genotypes for cold tolerance and the importance of lentil as a source of high nutritional value, this study was conducted to identify cold tolerant lentils genotypes.

Materials and Methods

This research was carried out in order to investigate the effective traits in freezing tolerance of lentil genotypes, as factorial based on Completely Randomized Design with three replications under controlled conditions at Ferdowsi University of Mashhad in 2020. The studied factors included 18 lentil genotypes at four freezing temperatures (0, -15, -18 and -20 °C). The pots were irrigated 24 hours before the freezing stress and then transferred to the thermogradient freezer to apply the treatments in mid-February. The freezer temperature at the beginning of the experiment was 5 °C and after placing the samples with slope of 2 °C per hour the temperature decreased. In order to create ice nucleation in the plant and to avoid the supercooling phenomenon, at 3 °C, Ice nucleation active bacteria (INAB) were sprayed on the plant. In order to balance the ambient temperature, seedlings were kept in each temperature treatment for one hour and then overnight in a cold room at 5 °C. Before exposing the plant to freezing stress, photosynthetic pigments, DPPH radical activity, anthocyanin, total phenol, soluble carbohydrates, malondialdehyde (MDA), proline content, catalase activity, peroxidase activity, and the relative water content (RWC) of the osmotic potential were measured. Three weeks after transferring the samples to the greenhouse, the survival percentage of the samples were

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

evaluated. Plant survival percentage was calculated by counting the number of live plants before and after frost stress in each pot.

Results and Discussion

The results showed that lowering the temperature to -18 and -20°C reduced the survival rate in most genotypes. The highest survival percentage was observed in MLC11 genotype at -18°C. None of the studied genotypes could withstand temperatures of -20°C. At -15°C, MLC13, MLC17, MLC70, MLC409 and MLC454 genotypes had a survival of over 80%. Factor analysis showed that the first factor accounted for 31.12% of the changes with chlorophyll a, carotenoids, Cha to Chb ratio, total photosynthetic pigments and inhibition of DPPH free radical activity and the second factor accounted for 18.28% of the changes with chlorophyll b, peroxidase, plant height and biomass justifies. Due to these traits, MLC8, MLC13, MLC17, MLC38, MLC84, MLC286 and MLC334 genotypes are considered as high stress tolerance genotypes. Analysis of genotype clusters and comparison of group means showed that all traits except soluble carbohydrates, proline, relative leaf water content, catalase and osmotic potential in the first group (MLC8, MLC11, MLC33, MLC47, MLC70, MLC84, MLC4, MLC409, MLC409) They were superior to the total average.

Conclusion

Significant variations were observed among the genotypes studied in terms of survival rate, regrowth, and antioxidant traits. Clustering and mean comparison analysis revealed that genotypes in the first group exhibited superior cold tolerance. These genotypes outperformed the overall average in most of the examined traits. On the other hand, genotypes in the second and third groups had lower mean survival rates compared to the overall mean, indicating their higher sensitivity to stress. The first group included genotypes MLC8, MLC11, MLC33, MLC47, MLC70, MLC84, MLC409, MLC454, and MLC472. Further investigations of these genotypes under field conditions are recommended to explore their potential and performance.

Keywords: Catalase; Cluster analysis; Osmotic potential; Proline; Soluble carbohydrates



واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط با تریتیاله

به کودهای زیستی و شیمیایی تحت شرایط تنش آبی

آیدا رشیدی پور^۱، وحید براتی^{۲*} و احسان بیژن زاده^۳

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز؛

aidarashidipur@gmail.com؛ شناسه ارکید: 0000-0001-6049-3554

^۲ - استادیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز؛ v.barati@shirazu.ac.ir

شناسه ارکید: 0000-0002-0600-8359

^۳ - دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز؛ bijanzd@shirazu.ac.ir

شناسه ارکید: 0000-0003-2076-2048

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۱۶، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

رشیدی پور، آ.، براتی، و. و بیژن زاده، ا. ۱۴۰۲. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط با تریتیاله به کودهای زیستی و شیمیایی تحت شرایط تنش آبی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴ (۱): ۱۱۲-۱۳۲.

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت خالص و مخلوط با تریتیاله (*X Triticosecale* Wittmack) تحت شرایط تنش آبی، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب - دانشگاه شیراز در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارها در دو سطح آبیاری [مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله گل‌دهی] به عنوان عامل اصلی و سه منبع کودی [شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)، تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار + ۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلورسینس و آزوسپیریوم براسیلنس)، زیستی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلورسینس (*Pseudomonas fluorescens*) و آزوسپیریوم براسیلنس (*Azospirillum brasilense*)] و سه نوع کشت [کشت خالص نخود، کشت خالص تریتیاله، کشت مخلوط تریتیاله نخود (۱:۱)] به عنوان عوامل فرعی بودند که به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در شرایط تنش آبی، عملکرد و اجزای عملکرد نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن کاهش کمتری نشان داد. تنش آبی در مرحله پس از گلدهی منجر به کاهش وزن دانه، تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت نخود شد. تنش آبی عملکرد دانه نخود را در همه تیمارها کاهش داد، اما این کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بود. کمترین کاهش عملکرد در تیمار کود زیستی به میزان ۲۷ درصد مشاهده شد. تنش آبی همچنین عملکرد دانه نخود را در تیمار مخلوط نسبت به خالص به مقدار کمتری کاست (به ترتیب ۲۴ و ۵۵ درصد). بنابراین، استفاده از کود زیستی در شرایط کمبود آب در مرحله‌ی پس از گلدهی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: زیست توده؛ شاخص برداشت؛ کشاورزی پایدار؛ کم‌نهاد

مقدمه

(Moradi, 2021) و در دهه‌های آینده، به طور متوسط کاهش ۳۵ درصدی بارندگی را تجربه خواهد کرد (Daneshvar et al., 2019). بنابراین، تنش آبی یکی از عمده‌ترین مشکلات کشاورزی است که بر رشد، توسعه و بهره‌وری گیاهان اثر می‌گذارد (Kour et al., 2020) و عامل اصلی کاهش عملکرد

ایران به دلیل قرار داشتن در کمربند خشک کره زمین، همواره با تنش‌های آبی مواجه بوده است (Mokhtari &

* نویسنده مسئول: v.barati@shirazu.ac.ir

نیتروژنه و فسفره و همچنین کاهش بروز تنش آب بواسطه‌ی افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک مطرح است (Risse et al., 2006). پورموسوی و همکاران (Pour Musavi et al., 2007) در پژوهشی بر روی گیاه سویا نتیجه گرفتند که با افزایش کاربرد کود دامی در شرایط مواجهه مزرعه با تنش آبی، گیاه به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تنش کمتری را تجربه می‌کند. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2018) در پژوهشی نشان دادند، کاربرد کود دامی به مقدار ۳۰ تن بر هکتار، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز را ۱۵ درصد نسبت به شاهد (بدون کاربرد کود دامی) افزایش داد، که دلیل آنرا بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بیان کردند.

به منظور کاهش مصرف کود نیتروژن و همچنین کاهش اثرات نامطلوب تنش آبی استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار از جمله کشت مخلوط، در سیستم‌های کشاورزی با منابع محدود و کم‌نهاد توصیه شده است (Dai et al., 2019). کشت مخلوط غلات و حبوبات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا با جذب نیتروژن موجود در اتمسفر، بخشی از نیاز غذایی گیاهان را پاسخ می‌دهد (Hauggaard-Nielsen et al., 2009). علاوه بر این، غلات و حبوبات از نظر مورفولوژیکی و نحوه قرارگیری ریشه‌ها در خاک متفاوت هستند (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2005; Li et al., 2014)؛ که این تفاوت می‌تواند منجر به کاهش رقابت برای دستیابی به آب و مواد غذایی در کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی و در نتیجه کاهش اثرات تنش کمبود آب و عناصر غذایی خاک شود. بعلاوه، استفاده بهینه از آب و عناصر غذایی خاک و نیتروژن اتمسفری در کشت مخلوط غلات و حبوبات، این نوع کشت منجر به کاهش اثرات مخرب زیست محیطی نسبت به مزارع پر نهاده امروزی می‌شود (Pelzer et al., 2012). نتایج حاصل از پژوهش اسکندری و کاظمی (Eskandari & Kazemi, 2020) نیز نشان داد، کشت مخلوط گندم و باقلا منجر به افزایش ۵۹ درصدی بهره‌وری آب نسبت به کشت خالص شد.

با توجه به کمبود اطلاعات در مورد کشت مخلوط تربیتیکاله و نخود در مناطق گرم و خشک جنوب ایران و نقش باکتری‌های آزوسپیریوم و سودوموناس، کاربرد کود دامی و کشت مخلوط در کاهش اثرات مخرب تنش آبی، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سامانه‌های مختلفی کودی (شیمیایی، تلفیقی و زیستی) در کشت خالص نخود و کشت مخلوط نخود و تربیتیکاله، در شرایط تنش آبی پس از گلدهی بر عملکرد و

اجزای عملکرد در تولید گیاهان زراعی، نسبت به سایر تنش‌های غیر زیستی است (Wang et al., 2019). از سوی دیگر، کشاورزی رایج با کاهش تنوع زیستی و اختلال در اکوسیستم‌های طبیعی و منابع موجود در آن از جمله آب و خاک، محیط زیست را به مخاطره انداخته است (Gliessman, 2001).

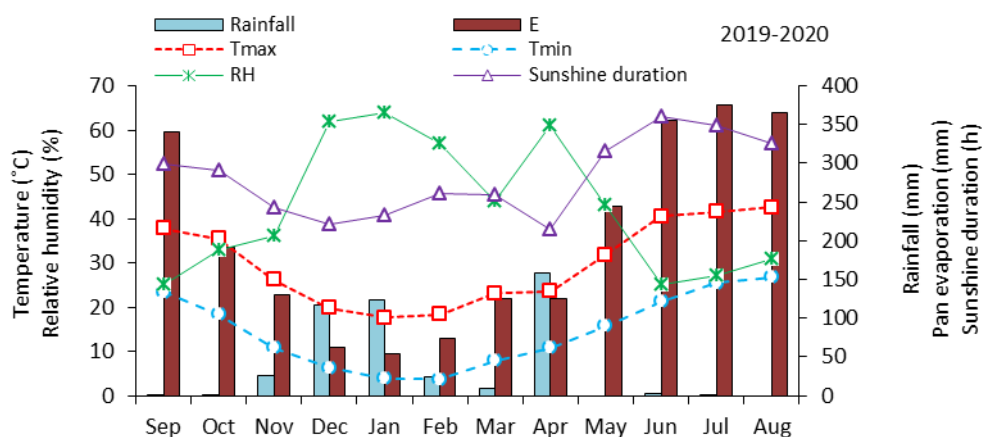
کشاورزی زیستی به عنوان یک راه حل برای مشکلات مذکور، به کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی (Niggli, 2015) و کاهش مصرف آب در مزرعه (Yin et al., 2020) کمک می‌کند. باکتری آزوسپیریوم *براسیلنس* (*Azospirillum brasilense*) یکی از باکتری‌های هوازی و آزادزی است که توانایی تثبیت نیتروژن را دارد (Vurukonda et al., 2016). میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفر از جمله باکتری سودوموناس *فلورسنس* (*Pseudomonas fluorescens*) می‌توانند فسفر نامحلول در خاک را با مکانیسم‌های مختلفی از جمله ترشح اسیدهای آلی، تولید آنزیم و ترشح سیدروفور حل کنند و با تشکیل کمپلکس‌هایی، فسفر را برای جذب در دسترس گیاه قرار دهند (Rawat et al., 2021). باکتری‌های آزوسپیریوم و سودوموناس با تولید سیتوکینین، به افزایش رشد طولی و عرضی ریشه گیاه کمک می‌کنند (Nieto et al., 2006; Aloni et al., 2006; Arkhipova et al., 1989) و به همین دلیل، کارایی استفاده از آب را بالا خواهند برد (Pereira et al., 2020). نیازی و همکاران (Niazi et al., 2020) نشان دادند که کاربرد باکتری آزوسپیریوم در خاک سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه جو (*Hordeum Vulgare* L.) شد. این امر می‌تواند سبب دوام سطح برگ و فتوسنتز بیشتر در دوره پر شدن دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه شود. همچنین، در پژوهشی بر روی نخود به صورت تک کشتی نشان داده شد که تلقیح بذر نخود با باکتری آزوسپیریوم *براسیلنس* منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و عملکرد دانه شد (Burdman et al., 1996). پژوهش دیگری روی گیاه عدس نشان داد که تلقیح بذر این گیاه با باکتری سودوموناس *فلورسنس*، افزایش صفاتی از جمله، تعداد غلاف در بوته، وزن دانه و شاخص برداشت را در پی داشته است (Erdemci, 2020). رضاپوریان و همکاران (Rezapoorian et al., 2020) نیز گزارش کردند که تلقیح توام بذر ماش با باکتری‌های آزوسپیریوم *براسیلنس*، سودوموناس *فلورسنس* و قارچ میکوریزا روی ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه ماش تاثیر مثبت و معنی‌دار داشت.

استفاده از مواد آلی از جمله کود حیوانی نیز به عنوان راه حل دیگری به منظور کاهش استفاده از کودهای شیمیایی

اجزای عملکرد دانه نخود در شرایط گرم و نیمه خشک جنوب استان فارس (داراب) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب - دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی ۵۴° و ۳۰' شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸° و ۵۰' شمالی و با ارتفاع ۱۸۰ متری از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا شد. داراب با میانگین بارش بلند مدت



شکل ۱- بارندگی ماهیانه، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنایی، میانگین کمینه و بیشینه دمای هوا و رطوبت نسبی در طول سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹.

Fig. 1. Monthly rainfall, pan evaporation (E), sunshine duration, mean minimum and maximum air temperatures (Tmin and Tmax, respectively) and relative humidity (RH) during 2019- 2020 growing season

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm depth

ویژگی	واحد	مقدار	ویژگی	واحد	مقدار
Characteristic	Unit	Amount	Characteristic	Unit	Amount
شن	%	38.23	نیتروژن کل	%	0.09
Sand	%	38.23	Total N	%	0.09
سیلت	%	45.10	پتاسیم قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	340
Silt	%	45.10	Available K	mg.kg ⁻¹	340
رس	%	16.67	فسفر قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	10.67
Clay	%	16.67	Available P	mg.kg ⁻¹	10.67
کربن آلی	%	0.93	آهن قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	6.01
O.C.	%	0.93	Available Fe	mg.kg ⁻¹	6.01
ماده آلی	%	1.57	منگنز قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	15.88
O.M.	%	1.57	Available Mn	mg.kg ⁻¹	15.88
قابلیت هدایت الکتریکی	dS.m ⁻¹	1.07	مس قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	1.54
EC	dS.m ⁻¹	1.07	Available Cu	mg.kg ⁻¹	1.54
پ هاش	----	7.49	روی قابل استفاده	mg.kg ⁻¹	0.63
pH	----	7.49	Available Zn	mg.kg ⁻¹	0.63

قبل از عملیات کاشت، ضدعفونی بذر با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد و پس از آن بذر با آب مقطر سترون شستشو و خشک شدند. سپس، به مدت ۳۰ ثانیه بذر در محلول شکر ۲۰ درصد قرار گرفتند، تا تمام سطح بذر به صورت یکنواخت چسبناک شود. تلقیح بذرهای تربیتیکاله و نخود در شرایط آزمایشگاهی و بعد از گندزدایی انجام شد. مایه تلقیح باکتری‌های *آزوسپیریوم براسیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* (۲۰ گرم از هر باکتری در ازای هر کیلوگرم بذر، حاوی 10^8 سلول باکتری در هر گرم) به بذرهای چسبناک اضافه شده و بعد از ۴۵ ثانیه تکان دادن ظرف محتوی بذر و باکتری، بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی پهن شدند تا در سایه خشک شوند (Niazi et al., 2021).

عملیات کاشت بذر بر اساس مقدار توصیه شده برای نخود (۴۰ بوته بر مترمربع) و تربیتیکاله (۲۵۰ بوته بر مترمربع) در تاریخ ۸ دی ماه انجام و پس از آن آبیاری کرت‌ها به صورت یکنواخت صورت گرفت. در تیمار کاربرد کود شیمیایی، کود نیتروژن در سه مرحله رشدی، توسعه برگ‌ها (کد BBCH ۱۵)، ساقه‌دهی (کد BBCH ۲۳) و گلدهی (کد BBCH ۶۱) (Meier, 2001) به مقدار مساوی به کرت‌ها اضافه و بعد از آن آبیاری انجام شد. همچنین، در تیمارهای کود زیستی و تلفیقی، علاوه بر تلقیح بذر، باکتری *آزوسپیریوم براسیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* در دو مرحله گیاهچه‌ای و رشد سریع، به صورت سرک همراه با آب آبیاری و به مقدار ۱۰ گرم از هر باکتری برای هر کرت استفاده شد.

در کرت‌های آبیاری مطلوب، محتوای رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد. به این منظور، از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک، در فواصل ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری با متی از خاک انجام شد و بعد از وزن کردن، خاک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد درون آن قرار گرفت تا خشک شود. با کم کردن وزن خاک خشک (پس از قرار دادن در آن) از وزن خاک مرطوب (قبل از قرار دادن در آن)، رطوبت خاک به دست آمد (Alizadeh, 2001). زمانی که میانگین رطوبت خاک در نقاط اندازه‌گیری شده به کمتر از ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس رسید، آبیاری کرت‌ها انجام شد و رطوبت زمین در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری به ظرفیت مزرعه رسانده شد (Barati & Ghadiri, 2016).

برای آبیاری کرت‌ها مقدار آب مورد نیاز از طریق معادله ۱ محاسبه و مقدار آب استفاده شده برای هر کرت از روش حجمی - زمانی (Grimes et al., 1987) اندازه‌گیری شد. زمان

تیمارها شامل دو سطح آبیاری ۱- مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله گلدهی [به عنوان عامل اصلی و عوامل فرعی شامل سه منبع کودی ۱- شیمیایی: کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به صورت اوره + ۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار به صورت سوپرفسفات تریپل)، ۲- تلفیقی: کود شیمیایی نیتروژن و فسفر به اندازه نصف نیاز گیاه (۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار + ۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار) + کود گوسفندی به اندازه نصف نیاز گیاه (۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار) + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریوم براسیلنس*، ۳- زیستی: کود گوسفندی کامل (۴۰ تن بر هکتار) + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریوم براسیلنس*] و دو نوع کشت ۱- کشت خالص نخود، ۳- کشت مخلوط نخود و تربیتیکاله (۱:۱) بود که به صورت فاکتوریل در هر تکرار قرار گرفتند.

عملیات خاکورزی با گاو آهن برگردان دار و دیسک، و بعد از آن کرت بندی در ابعاد ۳/۵×۲ متر انجام شد. دو هفته قبل از کاشت، کود دامی (گوسفندی) به مقدار (۴۰ و ۲۰ تن بر هکتار) به کرت‌های مربوطه اضافه و با خاک مزرعه مخلوط شد. پس از آن آبیاری کرت‌ها به منظور پوسیدگی کود دامی انجام گرفت. کود دامی مورد استفاده دارای ۳۲/۳۱ درصد ماده آلی، پ هاش ۷/۹۷، قابلیت هدایت الکتریکی ۸/۲۱ دسی‌زیمنس بر متر، نیتروژن کل ۱/۵۱ درصد، فسفر قابل دسترس ۲۵/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۵۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس قابل دسترس ۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، منگنز قابل دسترس ۲۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی قابل دسترس ۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و آهن قابل دسترس ۲۷۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. با توجه به نتایج آزمون خاک مزرعه، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل با توجه به تیمارها به میزان ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم بر هکتار یک روز قبل از کاشت به صورت نواری و زیر ردیف‌های کشت به کرت‌های مربوطه اضافه شد. بذر نخود (رقم منصور) (مناسب برای کشت در مناطق دیم معتدل و نیمه گرمسیری کشور) و بذر تربیتیکاله (رقم هاشمی) (رقم زودرس مناسب برای کاشت در اراضی کم بازده) از موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند و بر روی ۶ خط کاشت به طول ۳ متر و با فاصله ۲۵ سانتی‌متری کاشته شدند. باکتری‌های *آزوسپیریوم براسیلنس* (*Azospirillum brasilense*) و *سودوموناس فلورسنس* (*Pseudomonas fluorescens*) نیز از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

جدول ۲ میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در این پژوهش را نشان می‌دهد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت بر عملکرد دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب، تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، اما بیشترین عملکرد نخود در تیمار تک کشتی (۳۲۶۷ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). در مقابل، نخود در شرایط تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب رطوبتی رفتار متفاوتی را نشان داد، به این صورت که بین تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در تیمار تنش آبی، بیشترین عملکرد نخود (۲۴۱۶ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار کشت مخلوط به‌دست آمد که به‌طور معنی‌دار و به میزان ۶۶ درصد بیشتر از عملکرد نخود در شرایط کشت خالص بود (جدول ۳). بررسی این برهم‌کنش از منظری دیگر، نشان داد که تنش آبی منجر به کاهش ۵۵ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه نخود نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص و مخلوط شد (جدول ۳) که این موضوع برتری کشت مخلوط نخود را نسبت به کشت خالص آن در شرایط تنش آبی نشان می‌دهد. در شرایط کشت خالص، به دلیل قرارگرفتن ریشه‌ها در عمق یکسانی از پروفایل خاک، رقابت بر سر آب و مواد غذایی موجود در خاک شدید بوده و کاهش بیشتر عملکرد در شرایط تنش را سبب می‌شود. اما، زمانی که به صورت مخلوط با تریتیکاله کشت می‌شود، به دلیل عمق متفاوت سیستم ریشه‌ای غلات و حبوبات، گیاهان از آب و عناصر غذایی خاک به‌طور کارآمدتری استفاده می‌کنند، تنش‌های محیطی از جمله تنش آبی را بهتر تحمل کرده و به عملکرد بهتری دست پیدا می‌کنند (Mazaheri, 1997).

مورد نیاز برای آبیاری کرت‌ها با توجه به دبی آب خروجی از لوله‌های تعبیه شده برای آبیاری به‌دست آمد. در کرت‌های مربوط به تیمار تنش آبی، آبیاری تا انتهای مرحله‌ی گلدهی انجام شد.

$$D = \sum_{i=1}^n (\theta_{fci} - \theta_i) \Delta Z_i \quad (1)$$

در معادله‌ی بالا، D: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، i: یک لایه، n: تعداد لایه‌های خاک، θ_{fci} : محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب)، θ_i : محتوای حجمی رطوبت خاک (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب) در i امین لایه خاک، ΔZ_i : ضخامت هر لایه (میلی‌متر).

در تاریخ ۱۴ خرداد، پس از مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، به‌منظور تعیین عملکرد دانه از وسط هر کرت دو ردیف به طول ۲ متر از سطح خاک بریده شد (۵۰ سانتی‌متر ابتدا و انتهای هر ردیف و همچنین دو ردیف کناری هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه-ای در نظر گرفته شد). لازم به ذکر است که به‌منظور یکسان بودن سطح برداشت در کشت مخلوط و خالص، مساحتی مساوی در شرایط کشت خالص و مخلوط برداشت شد. نمونه برداری جهت تعیین اجزای عملکرد از پنج بوته در قسمت مرکزی کرت‌ها انجام شد. پس از برداشت، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، میانگین وزن دانه، عملکرد زیست‌توده اندازه‌گیری و شاخص برداشت نخود محاسبه شد (معادله ۲). مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از طریق نسبت برابری زمین با استفاده از معادله ۳ و ۴ برای نخود و کل کشت مخلوط محاسبه شد (Mohavieh Asadi et al., 2019).

$$HI = \left(\frac{GY}{BY} \right) \times 100 \quad (2)$$

در این معادله، HI: شاخص برداشت، GY: عملکرد دانه و BY: عملکرد زیست‌توده است.

معادله (۳)

$$LER_{chickpea} = \left(\frac{Y_{ct}}{Y_{cc}} \right) LER_{triticales} = \left(\frac{Y_{tc}}{Y_{tt}} \right)$$

معادله (۴)

$$LER_{total} = LER_{triticales} + LER_{chickpea}$$

در این معادلات، $LER_{chickpea}$: نسبت برابری زمین نخود، $LER_{triticales}$: نسبت برابری زمین تریتیکاله، LER_{total} : نسبت برابری زمین کل، Y_{tc} : عملکرد تریتیکاله در کشت مخلوط، Y_{tt} : عملکرد تریتیکاله در کشت خالص، Y_{ct} : عملکرد نخود در کشت مخلوط و Y_{cc} : عملکرد نخود در کشت خالص می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری، الگوی کاشت و سامانه کودی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه نخو.

Table 2. Analysis of variance for the effect of irrigation regime, cropping system and fertilizer system on pod No. plant⁻¹, grain No. pod⁻¹, grain weight, biological yield, harvest index and grain yield of chickpea

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of squares					
		غلاف در بوته	دانه در غلاف	وزن دانه	عملکرد زیست‌توده	شاخص برداشت	عملکرد دانه
S.O.V	df	Pod No. plant ⁻¹	Grain No. pod ⁻¹	Grain weight	Biological yield	Harvest index	Grain yield
تکرار Replication	2	91.79**	0.15**	20.42 ^{ns}	632400.41 ^{ns}	26.22 ^{ns}	16774 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (Ir)	1	534.91*	0.49 ^{ns}	4540.51*	29981265.81*	919.10 ^{ns}	1505520*
خطای (الف) Error (a)	2	14.45	0.02	122.13	743992.71	61.00	247458
الگوی کاشت Cropping system (Cs)	1	88.89*	0.07 ^{ns}	180.9 ^{ns}	500674.17 ^{ns}	378.30**	1764912**
سامانه کودی Fertilizer system (Fs)	2	19.63 ^{ns}	0.31**	1636.3**	2868324.83**	1061.30**	5315787**
Ir × Cs	1	151.16**	0.00002 ^{ns}	265.14 ^{ns}	2864274.17**	294.12**	2404050**
Ir × Fs	2	7.06 ^{ns}	0.14**	636.04**	690479.03 ^{ns}	259.84**	758100**
Cs × Fs	2	23.87 ^{ns}	0.03 ^{ns}	320.41*	1288717.09*	62.81**	1044909**
Ir × Cs × Fs	2	23.87 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	18.97 ^{ns}	202426.94 ^{ns}	1.21 ^{ns}	14493 ^{ns}
خطای (ب) Error (b)	20	13.86	0.01	75.16	238852.82	8.57	29690
ضریب تغییرات (درصد) CV ^e (%)		14.21	11.63	4.14	8.42	6.82	6.67

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: غیرمعنی‌داری، E: ضریب تغییرات

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: Non significant; E: Coefficient of variation

جدول ۳- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه نخود

Table 3. Effects of Ir × Cs interaction on pod No. plant⁻¹, biological yield, harvest index and grain yield of chickpea

Ir × Cs		تعداد غلاف در بوته Pod No. plant ⁻¹	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)
مطلوب Normal	کشت خالص	*30.5 ^a	6872 ^a	47.6 ^a	3266 ^a
	کشت مخلوط	29.5 ^{ab}	6543 ^a	48.3 ^a	3193 ^a
	Intercropping				
تنش آبی Water stress	کشت خالص	18.7 ^c	4504 ^c	31.8 ^c	1456 ^c
	کشت مخلوط	25.9 ^b	5304 ^b	44.0 ^b	2416 ^b
	Intercropping				

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

(جدول ۴). در شرایط تنش آبی بیشترین عملکرد دانه نخود در تیمار زیستی (۲۴۷۷ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار تلفیقی نشان نداد (جدول ۴). همچنین، بررسی بیشتر این برهمکنش نشان داد که تنش آبی منجر به کاهش ۶۸، ۳۱ و ۲۷ درصدی عملکرد نخود به‌ترتیب در تیمارهای شیمیایی، تلفیقی و زیستی شد (جدول ۴).

برهم‌کنش رژیم آبیاری × سامانه کودی بر عملکرد دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر دو رژیم آبیاری، نخود رفتار مشابهی را در تیمارهای کودی نشان داد. در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین عملکرد دانه نخود در تیمار کود تلفیقی به‌میزان (۳۵۴۴ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار زیستی نداشت.

جدول ۴- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × سامانه کودی بر تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه نخود

Table 4. Effects of Ir × Fs interaction on grain No. pod⁻¹, grain weight, biological yield, harvest index and grain yield of chickpea

Ir × Fs		تعداد دانه در غلاف Grain No. pod ⁻¹	وزن دانه (میلی گرم) Grain weight (mg)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)
مطلوب Normal	شیمیایی [£] Chemical	*1.20 ^a	215.5 ^b	6435 ^a	42.5 ^c	2748 ^b
	تلفیقی ^{££} Integrated	1.30 ^a	222.8 ^a	6999 ^a	50.7 ^a	3543 ^a
	زیستی [¥] Organic	1.29 ^a	223.4 ^a	6689 ^a	50.8 ^a	3397 ^a
	تنش آبی Water stress					
تنش آبی Water stress	شیمیایی [£] Chemical	0.71 ^b	176.3 ^d	4083 ^c	21.7 ^d	882 ^d
	تلفیقی ^{££} Integrated	1.19 ^a	209.6 ^c	5402 ^b	44.9 ^{bc}	2449 ^c
	زیستی [¥] Organic	1.18 ^a	208.6 ^c	5227 ^b	47.1 ^b	2477 ^c

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: کود شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)، ££: کود تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با بکتری‌های سودوموناس فلورسنتس و آزوسپیریلوم براسیلنس)، ¥: کود زیستی (۴۰ تن بر هکتار کود گوسفندی، تلقیح با بکتری‌های سودوموناس فلورسنتس و آزوسپیریلوم براسیلنس)

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. £: Chemical (50 kg P ha⁻¹ and 150 kg N ha⁻¹), ££: Integrated (25 kg P ha⁻¹, 75 kg N ha⁻¹ and 20 tons ha⁻¹ of sheep manure + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*), ¥: Organic (40 tons ha⁻¹ of sheep manure + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*)

خالص، در شرایط کشت مخلوط نیز مشاهده شد. در تیمار کشت مخلوط، بیشترین عملکرد دانه نخود در سامانه کودی تلفیقی (۳۴۲۰ کیلوگرم بر هکتار) به دست آمد. این در حالی بود که با عملکرد نخود در تیمار زیستی (۳۲۹۴ کیلوگرم بر هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت. اما، تیمار تلفیقی و زیستی عملکرد دانه نخود را نسبت به تیمار کود شیمیایی به طور معنی‌دار و به ترتیب به میزان ۵۰ و ۴۸/۵ درصد افزایش دادند (جدول ۵). کاهش بیشتر عملکرد دانه بواسطه کود شیمیایی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به استفاده بیشتر از کود نیتروژن توسط گیاه تریتیکاله و برتری آن نسبت به گیاه نخود نسبت داد.

گیاه نخود، همزیست با باکتری رایزوبیوم (*Rhizobium*) است و در شرایطی که این باکتری در خاک حضور داشته باشند، نیاز این گیاه به کود نیتروژن به مقدار زیادی برطرف می‌شود و تنها به مقدار کمی کود نیتروژن در ابتدای فصل رشد و قبل از تشکیل گره‌های تثبیت کننده نیتروژن نیاز دارد. نخود در هر فصل رشد می‌تواند تا ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را تثبیت کند، اگرچه در اکثر موارد، بین ۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش شده است. (Rupela & Saxena, 1987; Herridge et al., 1995; Marcellos et al., 1998; Pilbeam et al., 1998; Carranca et al., 1999; Kumar & Abbo, 2001). بنابراین، استفاده از تیمار تلفیقی (کود

با توجه به این که کمترین کاهش عملکرد نخود ۲۷ درصد در شرایط تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب، در تیمار کود زیستی مشاهده شد، می‌توان نتیجه گرفت که حضور باکتری‌های آزوسپیریلوم براسیلنس و سودوموناس فلورسنتس به عنوان باکتری‌های محرک رشد در تیمار زیستی، سبب تحریک رشد ریشه‌ها و بنابراین جذب بیشتر آب در شرایط تنش آبی و کاهش پیامدهای مخرب تنش آبی از جمله محدودیت عملکرد دانه شده است. از طرفی وجود کود دامی در تیمار زیستی به واسطه ایجاد تخلخل بیشتر و در نتیجه ایجاد شرایط هوازی برای فعالیت این باکتری‌ها و همچنین به عنوان منبع کربوهیدرات برای آنها سبب افزایش اثرات مثبت باکتری‌ها در رشد ریشه‌ها شده است. علاوه بر این، کود دامی به عنوان ماده آلی سبب افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک شده و اثرات تنش آبی را برای گیاه و باکتری‌ها کاهش می‌دهد (Singh et al., 2011).

برهم‌کنش الگوی کشت × سامانه کودی بر عملکرد دانه نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). این برهم‌کنش نشان داد، در کشت خالص اگرچه عملکرد دانه نخود در سامانه‌های کود تلفیقی و زیستی (به ترتیب ۲۵۷۲ و ۲۵۸۱ کیلوگرم بر هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵)، اما، بطور معنی‌دار و به میزان ۲۵ درصد، عملکرد دانه نخود را نسبت به تیمار کود شیمیایی افزودند. روندی مشابه کشت

شیمیایی و کود دامی به اندازه نصف نیاز گیاه + تلقیح با باکتری) و زیستی (کود دامی + تلقیح با باکتری) در شرایط کشت خالص و مخلوط می‌تواند عناصر مورد نیاز از جمله

نیترژن و فسفر را به‌طور آهسته و در تمام طول فصل رشد در اختیار گیاه نخود قرار دهد (Barker, 2016).

جدول ۵- اثر برهمکنش الگوی کاشت × سامانه کودی بر وزن دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه نخود
Table 5. Effect of Cs × Fs interaction on grain weight, biological yield, harvest index and grain yield of chickpea

Cs × Fs	وزن دانه (میلی گرم) Grain weight (mg)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم بر هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)
کشت خالص Sole cropping				
شیمیایی [£] Chemical	199.7 ^d	5502 ^{cd}	31.5 ^c	1932 ^c
تلفیقی ^{££} Integrated	211.0 ^{bc}	5804 ^{bc}	43.4 ^b	2572 ^b
زیستی [¥] Organic	210.8 ^c	5758 ^{bc}	44.2 ^b	2581 ^b
کشت مخلوط Inter cropping				
شیمیایی [£] Chemical	192.2 ^d	5016 ^d	32.7 ^c	1698 ^d
تلفیقی ^{££} Integrated	221.5 ^a	6597 ^a	52.2 ^a	3420 ^a
زیستی [¥] Organic	221.3 ^{ab}	6158 ^{ab}	53.7 ^a	3294 ^a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: کود شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیترژن بر هکتار)، ££: کود تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار، ۷۵ کیلوگرم نیترژن بر هکتار و ۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *Sودوموناس فلورسکس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)، ¥: کود زیستی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *Sودوموناس فلورسکس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. £: Chemical (50 kg P ha⁻¹ and 150 kg N ha⁻¹), ££: Integrated (25 kg P ha⁻¹, 75 kg N ha⁻¹ and 20 tons ha⁻¹ of sheep manure + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*), ¥: Organic (40 tons sheep manure ha⁻¹ + inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*)

نخود در کشت خالص و کاهش ۱۳ درصدی در کشت مخلوط نخود، نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول ۳). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین تعداد غلاف در بوته در کشت خالص (۳۰/۵ عدد) به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته در کشت مخلوط نداشت. در مقابل، در شرایط تنش آبی بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کشت مخلوط (۲۶ عدد) مشاهده شد که به‌طور معنی‌دار و به میزان ۳۷ درصد بیشتر از تعداد غلاف در کشت خالص آن (۱۹ عدد) بود (جدول ۳).

در پژوهش احمدوند و حاجی نیا (Ahmadvand & Hajinia, 2015) تعداد غلاف در بوته‌ی سویا در کشت مخلوط با ارزن نسبت به کشت خالص سویا ۹/۸ درصد افزایش نشان داد که آنها دلیل آنرا سطح بالای رقابت درون گونه‌ای در شرایط کشت خالص و کاهش رقابت بین گونه‌ای در شرایط کشت مخلوط گزارش کردند. به‌نظر می‌رسد که فضای مناسب و سایه‌انداز غیریکنواخت در کشت مخلوط نسبت به خالص، سبب استفاده بهینه از عوامل محیطی توسط گیاهان شده و افزایش تعداد غلاف در بوته نخود در کشت مخلوط را به همراه داشته است (Ahmadvand & Hajinia, 2015).

این در حالی است که استفاده از سطوح بالای کود شیمیایی نیترژن، علاوه بر اینکه مانع از تشکیل گره‌های تثبیت کننده نیترژن می‌شود (Mazaheri, 1998)، تغذیه متعادلی از عناصر غذایی را برای گیاه فراهم نمی‌آورد. رضایی چپانه و همکاران (Rezaei chiyaneh et al., 2019) نیز در پژوهشی بر روی کشت مخلوط نخود و جو نشان دادند، بیشترین عملکرد دانه نخود در کشت خالص و مخلوط در تیمارهای کودی تلفیقی (شیمیایی + زیستی) به‌دست آمد که بیشتر از عملکرد دانه‌ی حاصل از کاربرد کود شیمیایی به صورت کامل بود. براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش سعیدی و همکاران (Saeidi et al., 2018) نیز، کاربرد تلفیقی (کود زیستی به‌همراه ۶۰ درصد کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل) در کشت مخلوط گلرنگ و باقلا، عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت.

تعداد غلاف در بوته

برهم‌کنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته نخود معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش آبی منجر به کاهش ۳۹ درصدی تعداد غلاف در بوته

مواد پرورده در حین گلدھی باعث باروری بیشتر تخمک‌ها و در نتیجه افزایش تعداد دانه در غلاف خواهد شد. همچنین، تداوم جذب آب و عناصر غذایی در دوره پر شدن دانه بواسطه‌ی فراهمی بیشتر مواد پرورده سبب کاهش سقط جنین و نهایتاً افزایش میانگین تعداد دانه در غلاف خواهد شد. حضور مواد آلی در این تیمارها نیز سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شده و به کاهش شدت تنش و افزایش فتوسنتز گیاه کمک خواهد کرد. از طرفی مواد آلی موجود در کود دامی به عنوان ماده غذایی برای باکتری‌ها بوده و سبب افزایش فعالیت آنها می‌شود (Barker, 2016).

وزن دانه

برهم‌کنش رژیم آبیاری $\times$ سامانه کودی در سطح احتمال یک درصد بر وزن دانه نخود معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن دانه (۲۲۳/۴ میلی‌گرم) در شرایط آبیاری مطلوب و سامانه‌های کودی زیستی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کود تلفیقی نداشت و کمترین مقدار آن (۱۷۶/۳ میلی‌گرم) در تیمار تنش آبی و کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۴).

تنش آبی وزن دانه نخود را به میزان ۶، ۶ و ۱۸ درصد به‌ترتیب در سامانه‌های کودی زیستی، تلفیقی و شیمیایی، نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد (جدول ۴). در پژوهش خالق‌نژاد و جباری (Khalegh nezhad & Jabari, 2015) بیشترین وزن دانه نخود در شرایط آبیاری مطلوب در تیمار کود ریزوبیومی (*Mesorhizobium ciceri*) (SWRI-17) مشاهده شد. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2018) نیز بیشترین وزن دانه نخود را در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* به‌دست آوردند. در آزمایش حاضر، کاهش کمتر وزن دانه به واسطه‌ی تنش آبی در شرایط کود زیستی و تلفیقی (۶ و ۶ درصد) نسبت به کاربرد کود شیمیایی (۱۸ درصد) را می‌توان به تحریک رشد ریشه‌ها توسط باکتری‌های محرک رشد و بنابراین، کاهش سطح تنش به واسطه‌ی افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین به توانایی بیشتر تثبیت نیتروژن اتمسفری، نسبت داد (Rezaei et al., 2015). همچنین، در کنار اثرات مثبت باکتری‌ها، حضور بیشتر آب در خاک بواسطه‌ی مواد آلی سبب افزایش دوام سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد پرورده در دوره‌ی پر شدن دانه شده و افزایش وزن دانه را سبب شده است. جهان و همکاران (Jahan et al., 2013) نیز در مطالعه‌ای بر روی گیاه کنجد مشاهده کردند که کاربرد کود زیستی در شرایط تنش آبی سبب افزایش رشد ریشه و جذب آب و بنابراین افزایش سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی در مراحل قبل از گلدھی شد. همچنین، آنها دریافتند که کاربرد

رقابت درون گونه‌ای در کشت خالص نخود، بیشتر از رقابت بین گونه‌ای غلات و حبوبات در شرایط کشت مخلوط است (Bedoussac & Justes, 2011). از جمله عواملی که می‌توانند در افزایش رقابت درون گونه‌ای بوته‌های نخود موثر باشند، قرار گرفتن ریشه‌ها در عمق یکسان است، که باعث می‌شود گیاهان آب و مواد غذایی موجود در نیم‌رخ یکسانی از خاک را به‌طور یکنواخت استفاده کرده و با کمبود آب و مواد غذایی به ویژه در دوره تنش آبی روبه‌رو شوند، که این موضوع ریزش گل‌ها و در نهایت کاهش تعداد غلاف در بوته را نیز به دنبال خواهد داشت. در مقابل، زمانی که تریپتیکاله و نخود به صورت مخلوط در کنار هم کاشته شوند، نخود به دلیل داشتن ریشه‌های عمیق‌تر نسبت به تریپتیکاله، از آب موجود در لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک استفاده می‌کند و بنابراین، رقابت کمتری برای آب موجود در لایه‌های سطحی نیم‌رخ خاک با تریپتیکاله رخ می‌دهد و کمتر به اثرات منفی تنش آبی دچار می‌شود (Mazaheri, 1998).

تعداد دانه در غلاف

برهم‌کنش رژیم آبیاری $\times$ سامانه کودی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در غلاف نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش آبی منجر به کاهش ۹، ۹ و ۴۱ درصدی تعداد دانه در غلاف نسبت به آبیاری مطلوب، به‌ترتیب در سامانه‌های کودی زیستی، تلفیقی و شیمیایی شد. بیشترین تعداد دانه در غلاف نخود، در شرایط آبیاری مطلوب و سامانه‌های کود تلفیقی (۱/۳) و کمترین مقدار آن، در شرایط تنش آبی با کاربرد کود شیمیایی (۰/۷۱) مشاهده شد (جدول ۴). در یکی از پژوهش‌های اخیر نیز بیشترین تعداد دانه در غلاف نخود فرنگی، در تیمار تلقیح کودهای زیستی (*آزوتوباکتر*+*آزوسپیریوم*+*مایکوریزا*) و تیمار آبیاری مطلوب به‌دست آمد (Ghasembagloo et al., 2021). در آزمایش حاضر، کاهش کمتر تعداد دانه در غلاف در تیمارهای زیستی و تلفیقی نسبت به تیمار کود شیمیایی بواسطه تنش آبی را می‌توان به حضور باکتری‌های *آزوسپیریوم*، *براسیلینس* و *سودوموناس فلورسنس* در تیمار زیستی و تلفیقی و همچنین کود دامی به عنوان ماده آلی نسبت داد.

به نظر می‌رسد که این باکتری‌ها با تولید هورمون‌های رشد سبب افزایش توسعه‌ی ریشه می‌شوند (Wallace et al., 2017) و بنابراین با جذب بیشتر آب، اثرات منفی ناشی از تنش آبی کاهش یافته و جذب عناصر غذایی نیز بیشتر می‌شود. در چنین شرایطی، دوام کلروفیل و سطح برگ به‌دلیل تداوم جذب آب و نیتروژن افزایش یافته و فتوسنتز بیشتر می‌شود. افزایش

کودهای زیستی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها را در مرحله پس از گلدهی افزود و نهایتاً وزن دانه افزایش یافت. برهم‌کنش الگوی کاشت × سامانه کودی بر وزن دانه نخود در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کشت مخلوط نخود منجر به کاهش ۳/۸ درصدی وزن دانه در سامانه کودی شیمیایی نسبت به کشت خالص آن شد. اما در سامانه‌های کودی زیستی و تلفیقی افزایش ۵ درصدی وزن دانه، در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین مقدار وزن دانه در کشت مخلوط نخود و سامانه‌های تلفیقی (۲۲۱ میلی گرم) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سامانه کود زیستی نداشت و کمترین مقدار آن (۱۹۲ میلی گرم) در کشت مخلوط نخود و کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۵).

افزایش وزن دانه نخود با کاربرد سامانه‌های تلفیقی و زیستی و کاهش آن با کود شیمیایی در کشت مخلوط نسبت به خالص را می‌توان با افزایش درصد جذب نور توسط نخود مخلوط در شرایط کاربرد کود زیستی و تلفیقی و کاهش میزان دریافت نور با کاربرد کود شیمیایی در ارتباط دانست. زیرا، کاربرد کود شیمیایی در شرایط کشت مخلوط سبب برتری رقابتی غلات از جمله تریتیکاله خواهد شد و در این شرایط بوته‌های نخود به دلیل سایه اندازی بوته‌های تریتیکاله فتوسنتز کمتری انجام داده و وزن دانه‌ها نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابند. اما، در تیمارهای زیستی و تلفیقی به دلیل دسترسی آهسته‌تر به نیتروژن، تولید زیست‌توده تریتیکاله محدود می‌شود و به دنبال آن رقابت بوته‌های نخود با تریتیکاله بر سر منابع به ویژه نور کمتر از کشت خالص نخود شده و با افزایش مقدار فتوسنتز نخود، وزن دانه‌های آن افزایش می‌یابند. مطابق با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) بیشترین وزن دانه نخود را در تیمار کشت مخلوط با جو به‌دست آوردند. رضایی چپانه و همکاران (Rezaei chiyaneh et al., 2019) گزارش کردند که بیشترین وزن دانه نخود در تیمارهای کود زیستی و تلفیقی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. سالاری و همکاران (Salari et al., 2020) نیز بیشترین وزن دانه نخود را در تیمار کود زیستی و کشت مخلوط با گلرنگ به‌دست آوردند.

عملکرد زیست‌توده

برهم‌کنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش آبی باعث کاهش ۳۵ و ۱۹ درصدی عملکرد زیست‌توده نخود، به ترتیب در کشت خالص و کشت مخلوط نسبت به

آبیاری مطلوب شد. در تیمار آبیاری مطلوب، بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود، در کشت خالص (۶۸۷۲ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد، در حالی که با عملکرد زیست‌توده نخود در کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). این برتری جزئی کشت خالص نسبت به مخلوط را می‌توان به بیشتر بودن رقابت بین گونه‌ای بوته‌های نخود و تریتیکاله نسبت به رقابت درون گونه‌ای بوته‌های نخود بر سر نور نسبت داد. همچنین، کمترین مقدار عملکرد زیست‌توده در کشت خالص نخود (۴۵۰۸ کیلوگرم بر هکتار) در شرایط تنش آبی مشاهده شد (جدول ۳). در تایید این نتیجه از آزمایش حاضر، اسکندری و کاظمی (Eskandari & Kazemi, 2020) مشاهده کردند که در کشت مخلوط باقلا/ گندم، بیشترین عملکرد زیست‌توده باقلا در تیمار کشت مخلوط با آبیاری مطلوب و کمترین عملکرد زیست‌توده باقلا در تیمار کشت خالص تحت تنش آبی به‌دست آمد. در آزمایش حاضر، کاهش کمتر عملکرد زیست‌توده بواسطه تنش آبی در شرایط کشت مخلوط (۱۹ درصد) در مقایسه با کشت خالص (۳۵ درصد) را می‌توان به تفاوت عمق ریشه‌ها در شرایط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نسبت داد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت، با اینکه نخود در کشت مخلوط با تریتیکاله، رقابت‌کننده ضعیف‌تری است (Monti et al., 2016). به علت وجود سیستم ریشه‌ای متفاوت نخود و تریتیکاله، رقابت کمتری بر سر آب و احتمالاً عناصر غذایی در پروفایل خاک در شرایط کشت مخلوط رخ داده است. به همین دلیل بوته‌های نخود در شرایط تنش آبی در کشت مخلوط کمتر با اثرات محدود‌کننده کمبود آب روبرو شده و توانسته‌اند به مدت طولانی‌تری دوام سطح برگ خود را حفظ و به فتوسنتز ادامه دهند و سبب افزایش عملکرد زیست‌توده نسبت به کشت خالص شوند.

برهم‌کنش رژیم آبیاری × سامانه کودی بر عملکرد زیست‌توده نخود معنی‌دار شد ($P \leq 0.0789$) (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود، در سامانه‌های کود تلفیقی (۶۹۹۹ کیلوگرم بر هکتار) مشاهده شد که با سامانه کود زیستی و شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در تیمار تنش آبی، بیشترین عملکرد زیست‌توده در سامانه کودی تلفیقی (۵۴۰۲ کیلوگرم بر هکتار) مشاهده شد که با تیمار کود زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت، اما به‌طور معنی‌داری بیشتر از عملکرد زیست‌توده در شرایط استفاده از سامانه کود شیمیایی بود (جدول ۴).

در پژوهش خالقی‌نژاد و جباری (Khalegh nezhad & Jabari, 2015) بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود در تیمار ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (PGPR+ SWRI-3 +

SWRI-17) تحت آبیاری مطلوب، مشاهده شد و کمترین مقدار نیز، در تیمار کود شیمیایی نیتروژن تحت تنش آبی به‌دست آمد. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که باکتری *آزوسپیریلوم* از طریق افزایش رشد ریشه و تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن (Hamaoui et al., 2001) باعث افزایش تولید زیست‌توده شده و به بهتر شدن روابط آبی و کاهش تلفات آب کمک می‌کند (Sandhya et al., 2010). رضایی چپانه و همکاران (Rezaei chianeh et al., 2015) نیز نشان دادند که تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر قابل دسترس ساختن و افزایش جذب عناصر غذایی، توانسته سبب افزایش عملکرد زیست‌توده در تیمارهای کود زیستی و تلفیقی گردد.

در آزمایش حاضر، تنش آبی منجر به کاهش ۲۲، ۲۳ و ۳۷ درصدی عملکرد زیست‌توده نخود در سامانه‌های کودی زیستی، تلفیقی و شیمیایی نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول ۴). با توجه به اینکه کمترین درصد کاهش عملکرد زیست‌توده نخود در شرایط تنش آبی، در سامانه‌های کود تلفیقی و زیستی مشاهده شد، می‌توان نتیجه گرفت که باکتری‌های *آزوسپیریلوم* *براسیلینس* و *سودوموناس فلورسنس* در این سامانه‌ها سبب کاهش اثرات منفی تنش آبی شدند و اثرات مثبت آنها در کنار افزایش قابلیت نگهداری بیشتر آب با کاربرد کود دامی در این تیمارها سبب کاهش کمتر عملکرد زیست‌توده نخود در شرایط تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب شد.

برهم‌کنش الگوی کاشت × سامانه کودی بر عملکرد زیست‌توده نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود، در تیمار کشت مخلوط با کاربرد کود تلفیقی (۶۵۹۷ کیلوگرم بر هکتار) مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا، نتایج به‌دست آمده از پژوهشی (Bechtaoui et al., 2019) نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های (*Rahnella aquatilis* + *Pseudomonas* sp.) و PGPR و کشت مخلوط گندم/ باقلا منجر به بهبود زیست‌توده گیاهی در مقایسه با سایر تیمارهای کشت شده و شاهد شد.

در پژوهشی بر روی کشت مخلوط نخود/ جو بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود در تیمار کود تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی NP+ کود زیستی از تو بارور ۱ و فسفات بارور ۲) به‌دست آمد (Rezaei chianeh et al., 2019). کاربرد توام کودهای آلی و زیستی (مانند شرایط آزمایش حاضر) نسبت به مصرف جداگانه آنها، به دلیل تامین متعادل عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های خاک، شرایط را برای افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، فراهم کرده و می‌تواند سبب افزایش عملکرد زیست‌توده نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر شود (Zaidi et al., 2003). در آزمایش حاضر، عملکرد زیست‌توده نخود در

شرایط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در شرایط کود شیمیایی کاهش (۸/۸ درصد) یافت. اما، با کاربرد کود زیستی و تلفیقی به ترتیب به مقدار ۶/۹ و ۱۳/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۵). این کاهش بیشتر عملکرد زیست‌توده در تیمار کود شیمیایی نسبت به تلفیقی و زیستی در شرایط کشت مخلوط نسب به خالص را می‌توان به افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط با تریتیکاله و غالبیت این گیاه بر نخود نسبت داد. زیرا، همانطور که سایر پژوهشگران (Fujita et al., 1992) نیز مشاهده کرده‌اند، در اثر کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن رشد رویشی تریتیکاله افزایش بیشتری پیدا کرده و سایه اندازی تریتیکاله بر روی نخود، منجر به کاهش فتوسنتز و بنابراین کاهش تثبیت نیتروژن و در نهایت رشد رویشی نخود شده، عملکرد زیست‌توده نخود را کاهش داده است. در مقابل، در شرایط استفاده از کود زیستی و تلفیقی به علت دسترسی آهسته‌تر تریتیکاله به نیتروژن، این گیاه برتری رقابتی خود را از دست داده است و بنابراین عملکرد زیست‌توده نخود نسبت به کشت خالص افزایش یافته است.

شاخص برداشت

برهم‌کنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت نخود معنی‌دار شد (جدول ۲). در شرایط تنش آبی، شاخص برداشت نخود در تیمار کشت خالص و کشت مخلوط نسبت به شرایط آبیاری مطلوب به ترتیب به مقدار ۳۳ و ۹ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۳). کاهش کمتر شاخص برداشت بواسطه تنش آبی در شرایط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای بر سر منابع محدود کننده‌ی اساسی مانند آب نسبت داد. به نظر می‌رسد، اشغال عمیق‌تر پروفایل خاک توسط ریشه‌های نخود نسبت به عمق کمتر و سطحی ریشه‌های تریتیکاله سبب جذب آب از لایه‌های متفاوتی از خاک شده و میزان رقابت نسبت به کشت خالص کاهش یافته است. دسترسی بیشتر به آب در طول دوره پر شدن دانه سبب افزایش دوام سطح برگ و میزان فتوسنتز شده و وزن دانه و در نهایت شاخص برداشت را افزایش می‌دهد.

در همین راستا، یافته‌های نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) نیز در مورد کشت مخلوط نخود/ جو و باقلا/ جو، نتایج آزمایش حاضر را تایید می‌کند. در آزمایش حاضر، در شرایط مطلوب، بیشترین شاخص برداشت (۴۸/۴ درصد) در کشت مخلوط نخود بدست آمد که با شرایط کشت خالص تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش آبی نیز بیشترین شاخص برداشت (۳۱/۸ درصد) در کشت مخلوط به

مجدد مواد پرورده را افزوده و سبب کاهش کمتر وزن هزار دانه و نهایتاً شاخص برداشت در شرایط تنش آبی شده است (Jahan et al., 2013 Barati & Ghadiri., 2016).

در مقابل، در شرایط استفاده از کود شیمیایی، این اثرات تسهیل کننده برای دسترسی به آب که در سامانه‌های زیستی و تلفیقی مطرح است، وجود ندارد. از طرفی، کودهای شیمیایی با افزایش نسبت اندام‌های هوایی به ریشه (Barker, 2016) سبب افزایش تعرق گیاه و کاهش محتوای آب در نیم رخ خاک می‌شوند. از اینرو، دسترسی کمتر به آب در مراحل پایانی دوره پر شدن دانه به ویژه در مناطق خشک رخ می‌دهد. بنابراین، استفاده از کودهای شیمیایی سبب افزایش شدت تنش آبی شده و به دنبال آن کاهش بیشتر فتوسنتز و انتقال مجدد و بنابراین وزن دانه و شاخص برداشت نسبت به شرایط استفاده از سامانه‌های زیستی می‌شود. یافته‌های برخی دیگر از پژوهشگران در مورد گیاه جو (Niazi ardakani et al., 2021 Barati & Ghadiri., 2016) و تریپیکاله (Barati et al., 2022) این تفسیر را تایید می‌نماید.

برهم‌کنش الگوی کاشت × سامانه کودی بر شاخص برداشت نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در کشت مخلوط نخود با کاربرد کود زیستی (۵۳/۷ درصد) و کمترین مقدار آن با کاربرد کود شیمیایی در کشت مخلوط نخود (۳۱/۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). در پژوهش دیگری (Neugschwandtner & Kaul, 2014) نیز که بر روی کشت مخلوط نخود/ جو دوسر انجام شد، بیشترین میزان شاخص برداشت نخود در کشت مخلوط با جو دوسر و در تیمار عدم مصرف نیتروژن بدست آمد. در آزمایش حاضر، در کشت مخلوط، شاخص برداشت نخود با کاربرد کود شیمیایی نسبت به سامانه‌های کود زیستی و تلفیقی به‌ترتیب ۴۱ و ۴۰ درصد کاهش داشت. در مقابل، این کاهش در شرایط مشابه در کشت خالص به‌ترتیب ۲۶ و ۲۵ درصد بود (جدول ۵). تغذیه متعادل عناصر غذایی در شرایط استفاده از کود زیستی و تلفیقی (Sujatha et al., 2008) نسبت به کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر در شرایط کشت خالص می‌تواند دلیل کاهش عملکرد زیست‌توده نخود در شرایط استفاده از کود شیمیایی باشد. کاهش بیشتر شاخص برداشت با کاربرد کود شیمیایی نسبت به سامانه‌های کود زیستی در شرایط کشت مخلوط نسبت به خالص نشان دهنده افزایش رقابت بین گونه-ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای با کاربرد کود شیمیایی در مقایسه با کود زیستی و تلفیقی است. همچنین، در پژوهشی بر روی کشت مخلوط نخود و یولاف، کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن منجر به کاهش شاخص برداشت در نخود شد

دست آمد که به طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بود (جدول ۳). همچنین، احمدوند و حاجی نیا (Ahmadvand & Hajinia, 2015) نیز استدلال کردند که در کشت مخلوط تریپیکاله و نخود به صورت ردیفی، به دلیل عدم استقرار گیاهان مشابه در ردیف‌های مجاور، کمترین رقابت درون گونه‌ای بوجود می‌آید. در صورتی که رقابت برای استفاده از منابع محیطی زیاد باشد، شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. زیرا، گیاه انرژی تثبیت شده خود را صرف تولید اندام‌های رویشی برای بر طرف کردن اثر رقابتی کرده و در نتیجه انرژی کمتری به تولید بخش اقتصادی گیاه اختصاص داده می‌شود (Abbasi, 2006).

برهم‌کنش رژیم آبیاری × سامانه کودی در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت نخود معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت در شرایط آبیاری مطلوب و با استفاده از کود زیستی (۵۰/۸ درصد) به‌دست آمد که با سامانه کودی تلفیقی (۵۰/۷ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین آن (۲۱/۷ درصد) در شرایط تنش آبی و استفاده از کود شیمیایی حاصل شد (جدول ۴). قاسم بگلو و همکاران (Ghasembagloo et al., 2021) بیشترین شاخص برداشت نخود فرنگی را در تیمار کود زیستی (ازتوباکتر+ /زوسپیریوم+ مایکوریزا) تحت آبیاری مطلوب مشاهده کردند. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2018) نیز بیشترین شاخص برداشت نخود را در تیمار کود تلفیقی (باکتری /زوسپیریوم+ ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن) گزارش کردند. در پژوهش دیگری (Neugschwandtner & Kaul, 2014)، کمترین شاخص برداشت نخود با کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد. در آزمایش حاضر، تنش آبی منجر به کاهش ۱۱۰۷ و ۴۹ درصدی شاخص برداشت به ترتیب در سامانه‌های کودی زیستی، تلفیقی و شیمیایی نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول ۴). خالق‌نژاد و جباری (Khalegh nezhad & Jabari, 2015) نیز کمترین کاهش عملکرد نخود در شرایط تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب را در تیمار کود زیستی (PGPR+ SWRI-3 + SWRI-) مشاهده کردند.

کاهش کمتر شاخص برداشت در شرایط استفاده از سامانه‌های زیستی و تلفیقی در مطالعه حاضر را می‌توان به اثرات مطلوب باکتری‌های محرک رشد و وجود مواد آلی در این دو سامانه مربوط دانست. تحریک رشد بیشتر ریشه بوسیلهی باکتری‌های محرک رشد (Macik et al., 2020) و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک بواسطه‌ی حضور مواد آلی (Risse et al., 2006) در این دو تیمار سبب دسترسی بیشتر بوته‌ها به آب در شرایط تنش آبی شده است. این امر طول دوره پر شدن دانه‌ها را افزایش داده و از اینرو مقدار فتوسنتز و انتقال

ترتیب در جزء مربوطه و کل سامانه مخلوط است. در تمام تیمارهای آزمایش حاضر، LER کل بالاتر از یک بود که بیانگر مطلوب بودن سامانه کشت مخلوط تریتیکاله/ نخود می‌باشد (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس شاخص برابری زمین نشان داد، شاخص برابری زمین نخود و کل به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۶). بیشترین نسبت برابری زمین در تیمارهای مربوط به تنش آبی مشاهده شد (جدول ۷). تنش آبی سبب افزایش نسبت برابری زمین نخود و کل به‌ترتیب به میزان ۶۵ و ۵۱ درصد نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی شد (جدول ۷). هم‌رند با نتایج آزمایش حاضر، سایر پژوهشگران نیز، در کشت مخلوط جو/ نخود (Mohavieh Asadi *et al.*, 2019) و جو/ باقلا (Niksirat *et al.*, 2018) نتایج مشابهی را به‌دست آوردند.

(Neugschwandtner & Kaul, 2014). برخی دیگر از پژوهشگران نیز نشان داده اند که با کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن، زیست توده غلات افزایش بیشتری می‌یابد (Pelzer *et al.*, 2014) و سایه اندازی بر روی حبوبات منجر به کاهش نور دریافتی و کاهش سطح فتوسنتز کننده شده و بنابراین در نهایت کاهش وزن دانه و شاخص برداشت رخ می‌دهد (Neugschwandtner & Kaul, 2014).

نسبت برابری زمین

شاخص نسبت برابری زمین (LER) یکی از شاخص‌هایی است که مزایای کشت مخلوط را نشان می‌دهد (Fetene, 2003). و به‌طور گسترده‌ای کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط را توصیف می‌کند (Mead & Willey, 1980). این شاخص از حاصل جمع دو جزء تشکیل شده است (معادله ۴). اگر عدد حاصل از هر جزء و حاصل جمع دو جزء به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۱ باشد، نشان دهنده برتری کشت مخلوط به

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و سامانه کودی بر نسبت برابری زمین کل و جزء مربوط به نخود در کشت مخلوط نخود با تریتیکاله

Table 6. Analysis of variance for the effect of irrigation regime and fertilizer system on LER _{chickpea} and LER _{total} in chickpea-triticale intercropping			
میانگین مربعات			
Mean of squares			
نسبت برابری زمین (LER)			
منابع تغییر	درجه آزادی	نخود	کل
S.O.V	df	chickpea	Total
تکرار (R)	2	0.0006 ^{ns}	0.0081 ^{ns}
Replication			
رژیم‌های آبیاری (Ir)	1	0.4802 ^{**}	1.4000 ^{**}
Irrigation regimes			
خطای (الف)	2	0.0091	0.0016
Error (a)			
سامانه کودی	2	0.0381 ^{**}	0.0247 ^{ns}
Fertilizer system (Fs)			
Ir × Fs	2	0.0024 ^{ns}	0.0089 ^{ns}
خطای (ب)	8	0.0018	0.0141
Error (b)			
ضریب تغییرات (درصد)		6.55	8.85
CV [€] (%)			

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد. ns: غیرمعنی‌داری.

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: Non significant; €: Coefficient of variation

معنی‌دار و به ترتیب به مقدار ۲۷ و ۲۱ درصد بیشتر از سامانه کود شیمیایی بود (جدول ۷). نسبت برابری زمین رابطه مستقیمی با عملکرد محصول در کشت مخلوط دارد. بنابراین، برتری نسبت برابری زمین نخود در تیمارهای تلفیقی و زیستی

شاخص برابری زمین در نخود تحت تاثیر سامانه کودی نیز قرار گرفت (جدول ۶). شاخص برابری زمین نخود در تیمارهای کود تلفیقی و زیستی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، اما، این شاخص در سامانه‌های کودی مذکور به‌طور

را می‌توان با بیشتر بودن عملکرد نخود در کشت مخلوط و کاربرد این سامانه‌ها نسبت به کود شیمیایی در ارتباط دانست. در همین راستا، در پژوهشی بر روی کشت مخلوط غلات/ ماشک، با کاربرد کود زیستی افزایش نسبت برابری زمین ماشک مشاهده شد (Mariotti *et al.*, 2006).

جدول ۷- اثرات رژیم آبیاری و سامانه کودی بر نسبت برابری زمین نخود و کل
Table 7. Effects of irrigation regime and fertilizer system on LER_{chickpea} and LER_{total}

LER _{total}		
میانگین مربعات Mean of squares		
نسبت برابری زمین (LER)		
تیمار Treatment	نخود chickpea	کل Total
رژیم آبیاری Irrigation regime (Ir)		
مطلوب Normal	0.49 ^b	1.07 ^b
تنش آبی Water stress	0.81 ^a	1.62 ^a
سامانه کودی Fertilizer system (Fs)		
شیمیایی Chemical	0.56 ^b	1.28 ^a
تلفیقی Integrated	0.71 ^a	1.41 ^a
زیستی Organic	0.68 ^a	1.35 ^a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. ‡: کود شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)، ‡‡: کود تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلورسینس و آزوسپیریلوم براسیلنس)، ‡‡‡: کود زیستی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار، تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلورسینس و آزوسپیریلوم براسیلنس).

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. ‡: Chemical (50 kg P ha⁻¹ and 150 kg N ha⁻¹), ‡‡: Integrated (25 kg P ha⁻¹, 75 kg N ha⁻¹ and 20 tons ha⁻¹ of sheep manure + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*), ‡‡‡: Organic (40 tons sheep manure ha⁻¹ + inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*)

کود شیمیایی بر نسبت برابری زمین حبوبات تاثیر منفی داشت (Pelzer *et al.*, 2014). بر اساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش محسن آبادی و همکاران (Mohsen Abadi *et al.*, 2008) بالاترین میزان نسبت برابری زمین در تیمار عدم کاربرد نیتروژن مشاهده شد. همچنین، همروند با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، در کشت مخلوط لوبیا چیتی/ خردل سیاه (Raei *et al.*, 2020) و کشت مخلوط گلرنگ/ باقلا (Saeidi *et al.*, 2018) بیشترین نسبت برابری زمین حبوبات در تیمار کود تلفیقی (شیمیایی + زیستی) حاصل شد. علاوه بر موارد مطرح شده در بالا، می‌توان گفت که جو نسبت به نخود و باقلا سریع‌تر جوانه می‌زند و در طول فصل رشد بر روی نخود و باقلا سایه‌اندازی دارد، که این سبب یک برتری در جذب نور برای جو محسوب شده و با افزایش مقدار فتوسنتز، برتری گیاه جو را از نظر عملکرد سبب می‌شود.

گیاهان زراعی که با تراکم بالا کشت می‌شوند (مانند غلات) به مقادیر نیتروژن بیشتری احتیاج دارند که از خاک برداشت می‌کنند (Barker, 2016). زمانی که در کشت مخلوط تریتیکاله با نخود، از سطوح بالای کود نیتروژن استفاده شود، تریتیکاله از نیتروژن قابل دسترس استفاده بیشتری نموده و با افزایش زیست‌توده، از طریق سایه‌اندازی بر روی نخود، عملکرد آن را کاهش داده و به‌دنبال آن، نسبت برابری زمین نخود نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن، نسبت برابری زمین نخود کاهش یابد. نیک سیرت و همکاران (Niksirat *et al.*, 2017) نیز نتیجه گرفتند، که رقابت اصلی بین رقم‌های جو با نخود و باقلا بر سر جذب نور می‌باشد و به وسیله‌ی مقدار سایه‌اندازی گونه‌های رقیب تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در تحقیقاتی که بر روی کشت مخلوط گندم یا جو با حبوبات انجام شد، نیتروژن به صورت

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش آبی پس از گلدهی منجر به کاهش عملکرد دانه نخود و اجزایی از عملکرد شد که در این مرحله تشکیل شدند. اما، این کاهش در بین تیمارهای مختلف متفاوت بود. برهم‌کنش رژیم آبیاری × سامانه کودی نشان داد، بیشترین کاهش عملکرد دانه در سامانه کودی شیمیایی (۶۸ درصد) و کمترین آن در تیمار کود زیستی (۲۷ درصد) مشاهده شد. برهم‌کنش رژیم آبیاری × الگوی کاشت نیز نشان داد، بیشترین و کمترین کاهش عملکرد دانه بواسطه تنش آبی به ترتیب در تیمار کشت خالص (۵۵ درصد) و مخلوط نخود (۲۴ درصد) مشاهده شد. همچنین، در شرایط تنش آبی، نسبت برابری زمین نخود و کل به‌ترتیب به میزان

منابع

۶۵ و ۵۱ درصد نسبت به شرایط آبیاری مطلوب افزایش پیدا کرد. زمانی که دو گونه گیاهی در کشت مخلوط کنار هم قرار می‌گیرند، از منابع محیطی به طور متفاوتی استفاده می‌کنند و با اشغال آشیان‌های اکولوژیک متفاوت، رقابت کمتری برای جذب آب، مواد غذایی و نور با یکدیگر ایجاد می‌کنند، که این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک-کشتی می‌شود. بنابراین، در صورتی که کشاورزان مناطق گرم و نیمه خشک به‌دلیل کمبود منابع آب، قصد قطع آبیاری پس از گلدهی در گیاه نخود را داشته باشند، کشت مخلوط نخود با تریتیکاله و کاربرد کود زیستی به‌عنوان جایگزین بوم سازگار برای کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر می‌تواند سبب کاهش کمتر عملکرد دانه در این شرایط شود.

- Abbasi, A.K.R, Hejazi, A.E., Akbari, G.A., Kafi, M. and Zand, E., 2006. Study on different densities in chickpea and cumin emphasized on weed control in Mashhad. Iranian journal in crop field research 4(1): 83-94. (In Persian).
- Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary).
- Alizadeh, A. 2001. Soil-water-plant relationship. Emam Reza University, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Aloni, R.; Aloni, E.; Langhans, M.; Ullrich, C.I. 2006. Role of cytokinin and auxin in shaping root architecture: Regulating vascular differentiation, lateral root initiation, root apical dominance and root gravitropism. Annals of Botany 97: 883-893. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl027>
- Arkhipova, T.N., Veselov, S.U., Melentiev, A.I., Martynenko, E.V., Kudoyarova, G.R. 2005. Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants. Plant and Soil 272: 201-209. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-5047-x>
- Asadi, G., Ahmadzadeh Ghavidel, R., Puryazdi, M. T., Ghorbani, R., and Khorramdel, S. 2018. Effect of plant density and manure application rate on yield and yield components of various common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal Pulses Research 9(1): 12-28. <https://dx.doi.org/10.22067/ijpr.v9i1.50242> . (In persian with English summary)
- Barati, V. and Bijanzadeh, E., 2020. Triticale forage crop quality as affected by water stress and nitrogen biofertilizer in an arid climate. Iran Agricultural Research 39(2): 57-68. <https://dx.doi.org/10.22099/IAR.2021.38134.1404>
- Barati, V., and Ghadiri, H. 2016. Effects of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Grain Protein Content of Two Barley Cultivars. Isfahan University of Technology- Journal of Crop Production and Processing 6(20): 191-207. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.20.191>. (In Persian with English Summary).
- Barati, V., Bijanzadeh, E., Emam, Y., and Pessarakli, M. 2022. Nitrogen nutrition effects on triticale photosynthesis and assimilate translocation under late-season water stress conditions. Journal of Plant Nutrition 45(3): 439-456. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1943677>
- Barker, A.V. 2016. Science and Technology of Organic Farming. Emam Reza University, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Bechtaoui, N., El Alaoui, A., Raklami, A., Benidire, L., Tahiri, A. I., and Oufdou, K. 2019. Impact of intercropping and co-inoculation with strains of plant growth-promoting rhizobacteria on phosphorus and nitrogen concentrations and yield of durum wheat (*Triticum durum*) and faba bean (*Vicia faba*). Crop and Pasture Science 70(8): 649-658. <https://doi.org/10.1071/CP19067>
- Bedoussac, L., and E. Justes. 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat–winter pea intercrops. Field Crops Research 124(1): 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.05.025>

13. Bedoussac, L., Justes, E., 2010. The efficiency of a durum wheat winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant and Soil* 330(1): 19-35. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0082-2>
14. Burdman, S., Saric, S., Kigel, J., and Okon, Y. 1996. Field Inoculation of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Chick Pea (*Cicer arietinum* L.) with Azospirillum brasilense Strain Cd. *Symbiosis* 21: 41-48.
15. Bybee-Finley, K.; Ryan, M. 2018. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture* 8(6): 80. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>
16. Carranca, C., De Varennes, A., and Rolston, D. 1999. Biological nitrogen fixation by fababean, pea and chickpea, under field conditions, estimated by the 15N isotope dilution technique. *European Journal of Agronomy* 10(1): 49-56. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(98\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(98)00049-5)
17. Dai, J., Qiu, W., Wang, N., Wang, T., Nakanishi, H., and Zuo, Y. 2019. From Leguminosae/Gramineae intercropping systems to see benefits of intercropping on iron nutrition. *Frontiers in plant science* 10: 605. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00605>
18. Daneshvar, M.R.M., Ebrahimi, M., and Nejadsoleymani, H. 2019. An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research* 8(1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
19. Emam, Y. 2017. Cereal production. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).
20. Erdemci, İ. 2020. Effect of Pseudomonas Fluorescent Rhizobacteria on Growth and Seed Quality in Lentil (*Lens Culinaris* Medik.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51(14): 1852-1858. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1798987>
21. Eskandari, H., and Kazemi, K. 2020. Response of grain yield and water use efficiency of wheat and faba bean to partial root-zone irrigation in intercropping. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 13(3): 777-792. <https://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2267.1579> . (In Persian with English Summary).
22. Fetene, M. 2003. Intra-and inter-specific competition between seedlings of Acacia etbaica and a perennial grass (Hyparrhenia hirta). *Journal of Arid Environments* 55(3): 441-451. [https://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00052-1](https://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00052-1)
23. Fujita, K., Ofosu-Budu, K. G., and Ogata, S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant and soil* 141(1): 155-175. <https://doi.org/10.1007/BF00011315>
24. Ghasembagloo, M., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2021. The Effect of Biofertilizers on Grain Yield and Yield Components of Pea (*Pisum sativum* L.) under Different Levels of Irrigation. *Journal of agricultural science and sustainable production* 31(3):169-180. <https://dx.doi.org/10.22034/saps.2021.43011.2583>. (In Persian with English Summary).
25. Gliessman, S.R. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
26. Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. *Agricultural Water Management* 12(4): 293-304. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(87\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0378-3774(87)90004-7)
27. Hamaoui, B., Abbadi, J.M., Burdman, S., Rashid, A., Sarig, S. and Okon, Y. 2001. Effects of inoculation with Azospirillum brasilense on chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. *Agronomy* 21(6-7): 553-560. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886133>
28. Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2005. Facilitative root interactions in intercrops. In *Root physiology: from gene to function*. Springer, Dordrecht 274: 237-250. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-1305-1>
29. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂ fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* 113(1): 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.009>
30. Herridge, D.F., Marcellos, H., Felton, W.L., Turner, G.L., and Peoples, M.B. 1995. Chickpea increases soil-N fertility in cereal systems through nitrate sparing and N₂ fixation. *Soil Biology and Biochemistry* 27(4-5): 545-551. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)98630-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)98630-7)
31. Jahan, M., Aryaee, M., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of Sesamum indicum L. with application of cover crops of Lathyrus sp. and Persian clover (Trifolium resopinatum L.). *Journal of agroecology* 5(1): 85. (In Persian with English Summary).

32. Khalegh nezhad, V. and Jabari, F. 2015. Effect of Seed Inoculation with Rhizobium and Plant Growth Enhancing Rhizobacteria (PGRP) on Yield and Yield Components of Chickpea in Faryab and Rainfed Conditions. Journal crop improvment 957-972. (In Persian).
33. Kour, D., Rana, K. L., Kaur, T., Sheikh, I., Yadav, A. N., Kumar, V., and Saxena, A. K. 2020. Microbe-mediated alleviation of drought stress and acquisition of phosphorus in great millet (*Sorghum bicolor* L.) by drought-adaptive and phosphorus-solubilizing microbes. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 23: 101501. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101501>
34. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. Advance in agronomy 72: 107-138. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)72012-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)72012-3)
35. Li, H., Ma, Q., Li, H., Zhang, F., Rengel, Z., and Shen, J. 2014. Root morphological responses to localized nutrient supply differ among crop species with contrasting root traits. Plant and Soil 376(1): 151-163. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1965-9>
36. Macik, M., Gryta, A., and Frac, M. 2020. Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. Advances in agronomy 162: 31-87. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>
37. Marcellos, H., Felton, W.L., and Herridge, D.F. 1998. Chickpea in wheat-based cropping systems of northern New South Wales I. N₂ fixation and influence on soil nitrate and water. Australian Journal of Agricultural Research 49(3): 391-400. <https://doi.org/10.1071/A97066>
38. Mariotti, M., Masoni, A., Ercoli, L., and Arduini, I. 2006. Forage potential of winter cereal/legume intercrops in organic farming. Italian Journal of Agronomy 1(3): 403-412. <https://doi.org/10.4081/ija.2006.403>
39. Mazaheri, D., 1998. Intercropping. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian).
40. Mead, R., Willey, R. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16(3): 217-228. <https://doi.org/10.1017/S0014479700010978>
41. Meier, U. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 141.
42. Mirzaei, A., Naseri, R., Torab Miri, S.M., Soleymani Fard, A. and Fathi, A. 2018. Reaspose of Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars to the Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Nitrogen Chemical Fertilizer under Rainfed Conditions. Journal of Crop Ecophysiology 11(4): 775-790.
43. Mohavieh Asadi, N., Bijanzadeh, E., and Behpouri, A. 2019. Evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late season low water stress. Journal of Agroecology 11(3): 1169- 1182. <https://doi.org/10.22067/jag.v11i3.79532> . (In persian with English Summary).
44. Mohsen Abadi, Gh. R, Jahansooz, M., Chayichi, M., Rahmatian Mashhadi, R., Liaghat, A., and Savabeghi Firoozabadi, G. 2008. Evaluation of barley-vetch intercropping at different levels of nitrogen rates. International Journal of Agricultural Science and Technology 10(1): 23-31. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2008.10.1.3.5> .(In Persian).
45. Mokhtari Hashi, H. and Moradi, A. 2021. Environmental Consequences of the Water Crisis in Iran. Political Spatial Planning 3(2): 117-131.
46. Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G., and Pristeri, A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crops Research 196: 379-388. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.017>
47. Moradi, M., Siadat, A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki, A., and Mirzaei, A. 2011. Effect of application of bio-fertilizer and phosphorous fertilizers on quantities and qualitative traits of spring wheat. Journal of Crop Ecophysiology 5(18): 51-66. (In Persian).
48. Neugschwandtner, R.W., and Kaul, H.P. 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. Field Crops Research 155: 159-163. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.010>
49. Niazi Ardakani, M., Barati, V. and Bijanzadeh, E. 2020. Physiological and biochemical characteristics of barley as affected by biofertilizer, crop residues and water stress. Journal of Plant Process and Function, 9(36): 279-298. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1399.9.36.23.6>. (In Persian with English Summary)
50. Niazi Ardakani, M., Barati, V., Bijanzadeh, E. 2021. Effect of application of nitrogen-fixing bacteria and plant residues on re-transfer of cultivated materials and barley yield under post-flowering moisture stress

- conditions. Environmental stresses in crop sciences 14(1): 47-62. <https://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2500.1656> . (In Persian).
51. Nieto, K.F.; Frankenberger Jr, W.T. 1989. Biosynthesis of cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Soil Biol. Bio chemistry 21(7): 967-972. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(89\)90089-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(89)90089-8)
 52. Niggli, U., Plagge, J., Reese, S., Fertl, T., Schmid, O., Brändli, U., Bärtschi, D., Pöpsel, G., Hermanowski, R., Hohenester, H. and Grabmann, G. 2015. Towards modern sustainable agriculture with organic farming as the leading model. A discussion document on Organic 3: 36.
 53. Niksirat, H., Bijanzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of late season drought stress and different combination of intercropping with barley on yield and yield components of chickpea and faba bean. Iranian Journal Pulses Research, 9(1), pp.177-191. <https://dx.doi.org/10.22067/ijpr.v9i1.56037>. (In Persian with English Summary).
 54. Niksirat, S.H., Bijanzadeh, E., and Behpour, A. 2017. Effect of cutting off irrigation on yield and advantage indices of barley intercropped with legumes. Plant Eco physiology 10(34): 46-58. <https://doi.org/10.22067/jag.v10i2.55828> . (In Persian with English Summary).
 55. Pelzer, E., Bazot, M., Makowski, D., Corre-Hellou, G., Naudin, C., Al Rifai, M., Baranger, E., Bedoussac, L., Biarnès, V., Boucheny, P. and Carrouée, B., 2012. Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. European Journal of Agronomy 40: 39-53. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.010>
 56. Pelzer, E., Hombert, N., Jeuffroy, M.H., and Makowski, D. 2014. Meta-analysis of the effect of nitrogen fertilization on annual cereal-legume intercrop production. Agronomy Journal 106(5): 1775-1786. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0590>
 57. Pereira, S.I.A., Abreu, D., Moreira, H., Vega, A. and Castro, P.M.L., 2020. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and nutrient use efficiency in maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Heliyon 6(10): e05106. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05106>
 58. Pilbeam, C.J., Wood, M., Harris, H.C., and Tuladhar, J. 1998. Productivity and nitrogen use of three different wheat-based rotations in North West Syria. Australian journal of Agricultural research 49(3): 451-458. <https://doi.org/10.1071/A97015>
 59. Pour Musavi, M., Ghalavi, Daneshiyan, J.M., Ghanbari, N., Basirian, A. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max*). Journal of Agriculture Science Natural Resource 14(4): 125-134. (In Persian with English Summary).
 60. Raei, Y., Sayyadi Ahmadabad, M., Ghassemi-Golezani, K., and Ghassemi, S. 2020. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and black mustard (*Brassica nigra* L.) intercropping. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 30(3): 21-40. (In Persian).
 61. Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D. and Shankhdhar, S.C. 2021. Phosphate-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(1): 49-68. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>
 62. Rezaei-Chiyaneh, E., Rasouli, Y., Jalilian, J., and Ghodsi, M. 2019. Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condition. Journal of Agroecology 11(1): 69-85. <https://doi.org/10.22067/v11i1.71201> . (In Persian with English Summary).
 63. Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Ghiyasi, M., and Amirnia, R. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. Research in Field Crops 3(1): 55-69. (In Persian).
 64. Rezapoorian, F., Galeshi, S., Zeinali, E., and Torabi, B. 2020. The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata* L.). Iranian Journal Pulses Research 11(1): 134-151. <https://dx.doi.org/10.22067/ijpr.v11i1.73888> . (In Persian with English Summary).
 65. Risse, L.M., Cabrera, M.L., Franzluebbers, A.J., Gaskin, J.W., Gilley, J.E., Killorn, R., Radcliffe, D.E., Tollner, W.E. and Zhang, H. 2006. Land application of manure for beneficial reuse. 283. <https://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/65>
 66. Rupela, O.P., and Saxena, M.C. 1987. Nodulation and nitrogen fixation in chickpea. The chickpea 191-206.
 67. Saeidi, M.R., Raei, Y., Amini, R., Taghizadeh, A., and Pasban Eslam, B. 2018. Evaluation of Yield and Protein Content of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Intercropping with Faba bean (*Vicia faba* L.)

- under Biological and Chemical Fertilizers. Agricultural knowledge and sustainable production 28(4): 247-260. (In Persian with English Summary).
68. Salari, F., Khalesro, S., Heidari, G. and Ghobari, H. 2020. Comparison of quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in replacement and additive intercropping systems. Iranian Journal of Field Crop Science, 51(3): 129-138. <https://dx.doi.org/10.22059/ijfcs.2019.269888.654549> . (In Persian with English Summary).
69. Sandhya, V., Ali, S.K.Z., Grover, M., Reddy, G., and Venkateswarlu, B. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regulation 62(1): 21-30. <https://doi.org/10.1007/s10725-010-9479-4>
70. Siczek, A., Frac, M., Kalembsa, S., and Kalembsa, D. 2018. Soil microbial activity of faba bean (*Vicia faba* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) rhizosphere during growing season. Applied Soil Ecology 130: 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.05.012>
71. Singh, J.S., Pandey, V.C., and Singh, D.P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, ecosystems and environment 140(3-4): 339-353. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.017>
72. Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalath, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. Karnataka Journal of agricultural science 21(3): 334-338.
73. Thilakarathna, M.S., McElroy, M.S., Chapagain, T., Papadopoulos, Y.A., Raizada, M.N. 2016. Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. Agronomy for Sustainable Development. 36(4): 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0396-4>
74. Vurukonda, S.S.K.P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., SkZ, A. 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiology Research 184: 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>
75. Wallace, J., Frick, B.L., Telford, L., and Martens, J.T. 2017. Organic Field Crop Handbook. Canadian Organic Growers, Ottawa, Ontario, Canada. 422p.
76. Wang, B., Liu, C., Zhang, D., He, C., Zhang, J., and Li, Z. 2019. Effects of maize organ-specific drought stress response on yields from transcriptome analysis. BMC Plant Biology 19(1): 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1941-5>
77. Willey, R.W. 1979. Intercropping—Its importance and research needs. I. Competition and Yield Advantages. Field Crop Abstracts 32: 1-10, II. Agronomy and research approaches. In Field Crop Abstracts 32: 73-85.
78. Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Guo, Y. and Coulter, J.A. 2020. Water utilization in intercropping: A review. Agricultural Water Management 241: 106335. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106335>
79. Zaidi, A., M. Saghir Khan and Amil. M. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal Agronomy 19(1): 15-21. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00015-1)



Reaction of chickpea grain yield and its components in triticale-chickpea intercropping to chemical and bio fertilizers under water stress conditions

Rashidipour¹, Ida; Barati^{2*}, Vahid; and Bijanzadeh³, Ehsan

1. MSc. Student, Agro-Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz; aidarashidipour@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6049-3554
2. Assistant Professor of Agro-Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz; v.barati@shirazu.ac.ir; ORCID: 0000-0002-0600-8359
3. Associate Professor of Agro-Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz; bijanzd@shirazu.ac.ir; ORCID: 0000-0003-2076-2048

The Dates:

Received: 20 July 2022; Revised: 7 December 2022
Accepted: 29 December 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Rashidipour, I., Barati, V., and Bijanzadeh, E. 2023. Reaction of chickpea grain yield and its components in triticale-chickpea intercropping to chemical and bio fertilizers under water stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 112-132. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2207-1040

Introduction

Water stress and nitrogen (N) excess or deficiency are the major problems and the main cause of yield and yield components reduction as compared to other non-biological stresses (Barati & Bijanzadeh, 2020) in crop productions of arid areas. Organic farming is proposed as a solution for above problems. This farming system reduce using of chemical inputs and irrigation water use. The utilization of free aerobic bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, in organic farming practices offers the potential to reduce the need for nitrogen fertilizer by harnessing the ability of these bacteria to stabilize atmospheric nitrogen (N₂). Similarly, the application of *Pseudomonas fluorescens* can enhance the availability of soluble phosphorus in the soil, benefiting plant growth and nutrient uptake. In addition, intercropping is recommended as a strategy to enhance biodiversity in organic farming systems. This approach can alleviate water and nutrient stresses by reducing competition among plants for these resources in the soil. However, there is a lack of information regarding the interaction between organic fertilizer and the triticale-chickpea intercropping system in mitigating the detrimental effects of water stress on chickpea. To address this knowledge gap, the present study was conducted in the arid region of Darab, located in the Fars province of southern Iran. Therefore, this study was aimed to investigate the interaction effect of different fertilizer systems (chemical, Integrated and biological) and different irrigation regimes on the yield and yield components of chickpea in sole and intercropping of chickpea-triticale, in an arid area of southern Iran (Fars province - Darab).

Materials and Methods

This experiment was performed as a split factorial on a randomized complete block design with three replications in the research farm of Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources - Shiraz University in the 2019-2020 growing season. Experimental treatments included two levels of irrigation (Ir) [Normal (IR_N): irrigation based on the plant water requirement and water stress (WS): irrigation based on the plant water requirement up to the flowering stage] as the main factor. Sub-factors included three sources of fertilizer system (Fs) [Chemical: 50 kg P ha⁻¹ + 150 kg N ha⁻¹, Integrated: 25 kg P ha⁻¹ + 75 kg N ha⁻¹ + 20 tons manure sheep ha⁻¹ + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*, Bio: 40 tons manure sheep ha⁻¹ + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*] and two types

* Corresponding Author: v.barati@shirazu.ac.ir

of cropping system (Cs) [monoculture of chickpea and intercropping of triticale-chickpea (1:1)]. Grain yield and its components of chickpea was measured and harvest index (%) were calculated. Data were analyzed using SAS 9.1 software and the means were separated by least significant difference (LSD) test at 5% probability level.

Results and Discussion

The $I_r \times F_s$ interaction showed that the water stress significantly reduced grain yield of chickpea. However, it's the highest and lowest reduction was obtained in the chemical and bio fertilizer treatments by 68% and 27%, respectively. In a similar study, the lowest reduction in chickpea yield under water stress compared to normal irrigation was obtained in bio fertilizer treatment (Khalegh nezhad & Jabari, 2015). The $I_r \times C_s$ interaction also showed significant effect on the grain yield. The impact of water stress on grain yield varied depending on the cropping system, with the highest reduction observed in monocropped chickpea (55%) and the lowest reduction in intercropped chickpea (24%). This interaction also revealed that both intercropped and sole chickpea experienced decreases in yield and yield components under water stress, but the severity of the reduction was greater in sole cropping. Analysis of chickpea yield components, such as the number of pods per plant, biomass yield, and harvest index, showed similar trends as observed in grain yield under the $I_r \times C_s$ interaction. The $I_r \times F_s$ interaction had differing effects on the number of seeds per pod and seed weight, with water stress leading to a decrease in these traits. Similar to the behavior of grain yield, the least reduction in these traits under water stress was observed in the Bio and integrated fertilizer systems. Water stress increased the LER of pea and total LER by 65% and 51%, respectively, as compared to the IR_N conditions.

Conclusion

The results of this study showed that the water stress after flowering stage of chickpea led to a decrease in grain yield and its components that have been formed at this stage. If farmers intend to cut off irrigation after the flowering stage in chickpea due to the lack of water resources, it is suggested to use of chickpea-triticale intercropping system and the bio or integrated fertilizers that are as environmentally friendly alternatives to chemical fertilizers for increasing chickpea grain yield.

Keywords: Biological yield; Harvest index; Low input; Sustainable agriculture



بهینه‌سازی ویژگی‌های عملکردی امولسیون و کف ایزوله پروتئینی عدس رقم کیمیا

مژگان اسدبیگی^۱، نفیسه زمین‌دار^{۲*} و محمد گلی^۳

۱- کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع غذایی و شیمی مواد غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران؛
mojganassad@gmail.com

۲- دانشیار علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران؛
n.zamindar@khuif.ac.ir؛ شناسه اراکید: ۴۲۸۲-۹۰۹۸-۰۰۰۱-۰۰۰۰

۳- دانشیار علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران؛
mgolifood@yahoo.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

اسدبیگی، م.، زمین‌دار، ن.، و گلی، م. ۱۴۰۲. بهینه‌سازی ویژگی‌های عملکردی امولسیون و کف ایزوله پروتئینی عدس رقم کیمیا. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴ (۱): ۱۳۳-۱۴۵.

چکیده

در پژوهش حاضر تأثیر سه متغیر مستقل دما (۴-۳۰) درجه سانتی‌گراد، زمان (۲۰-۶۰) دقیقه و pH (۵-۸) بر روی میزان استخراج پروتئین عدس کیمیا، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و خصوصیات عملکردی پروتئین عدس استخراج‌شده شامل ظرفیت و پایداری امولسیون، ظرفیت تشکیل و پایداری کف در طی ۲۰ اجرای استاندارد با استفاده از روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی و شش تکرار در نقطه مرکزی، مورد ارزیابی قرار گرفت. حداکثر بازده پروتئین با شرایط بهینه‌ی دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲۰ دقیقه و مقدار pH ۸/۶ به‌دست آمد. بیشترین پایداری کف پس از گذشت ۳۰ دقیقه از تشکیل کف در pH برابر با ۸/۵ مشاهده شد و در pH برابر ۱۰ ظرفیت امولسیون‌کنندگی بیشترین مقدار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که ایزوله پروتئین عدس رقم کیمیا قابلیت استفاده به‌عنوان جزئی از فرمولاسیون غذایی را دارد که ارزش غذایی و ویژگی‌های عملکردی محصول را افزایش می‌دهد. علاوه بر این می‌توان ایزوله پروتئین عدس را یک پروتئین طبیعی با کیفیت بالا در نظر گرفت و به‌عنوان ماده مغذی یا ماده اصلی غذاهای مفید برای سلامتی بشر استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی؛ پایداری امولسیون؛ پروتئین عدس؛ ظرفیت تشکیل کف

مقدمه

حبوبات بخش مهمی از رژیم غذایی انسان بوده که کلیه تأثیرات مفید تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی را بر سلامت انسان فراهم می‌کنند. حبوبات غنی از پروتئین، کربوهیدرات‌ها و فیبرهای غذایی و سایر اجزای فعال زیستی بوده و چربی کمی دارند، که به حفظ وزن بدن کمک کرده و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی را کاهش می‌دهند و مصرف آنها در سراسر جهان گسترش می‌یابد. علاوه بر این، حبوبات همچنین سرشار از ویتامین‌های فولات، تیامین (b1)، ریبوفلاوین (b2) و نیاسین (b3) و مواد معدنی (پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و آهن) هستند. بدلیل پروتئین زیاد و کم هزینه بودن، از حبوبات به

عنوان «گوشت افراد فقیر» یاد می‌شود (Venkidasamy et al., 2019).

عدس (*Lens culinaris*)، مقادیر قابل توجهی از مواد مغذی ضروری را برای زندگی سالم فراهم می‌کند. عدس یک منبع غذایی غنی از کربوهیدرات‌ها با قابلیت هضم پایین است (همچنین به‌عنوان کربوهیدرات‌های پری بیوتیک شناخته می‌شود) که رشد و فعالیت باکتری‌های روده بزرگ را تحریک می‌کند. این باکتری‌های مفید اسیدهای چرب کوتاه زنجیره‌ای تولید که منبع انرژی کولونوسیت‌ها را فراهم می‌کنند، که منجر به کاهش چاقی و بیماری‌های غیر واگیر مربوط می‌شود. به همین ترتیب، محصولات غنی شده با کربوهیدرات‌های پری بیوتیک در حال تبدیل شدن به محبوب‌ترین غذاهای تقویت

* نویسنده مسئول: n.zamindar@khuif.ac.ir

جمله ظرفیت امولسیون کنندگی، ظرفیت تولید کف در تشکیل و تولید سیستم‌های مختلف غذایی و بررسی تأثیر برخی از عوامل مانند زمان، pH و دمای استخراج با استفاده از روش سطح پاسخ بر ویژگی‌های ایزوله پروتئین عدس رقم کیمیا برای معرفی و ارائه منبع جدیدی از پروتئین حبوبات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماده اولیه مورد استفاده در این پژوهش دانه عدس سبز رقم کیمیا بوده که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه تهیه شده است. دانه‌ها عاری از هرگونه خرابی و آفات بوده و از هرنوع ناخالصی و مواد خارجی پاک شده‌اند. سپس با استفاده از آسیاب برقی بصورت آرد در آمده و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تهیه پودرهای استون

برای حذف ترکیبات فنلی و لیپیدها، از پودرهای استون به‌عنوان منابع عصاره پروتئین استفاده شد. برای تهیه پودرهای استون، ابتدا ۵۰ گرم نمونه عدس خشک آسیاب شده در مخلوط کن بمدت ۳ دقیقه با ۲۰۰ میلی لیتر استون همگن شد. سپس دوغاب به‌دست آمده به وسیله پمپ خلاء، کیف بوختر و کاغذ صافی فیلتر شد. رسوب باقیمانده روی کاغذ صافی جمع‌آوری و سپس همگن‌سازی با ۲۰۰ میلی لیتر استون و فیلتراسیون دو بار دیگر برای باقیمانده جمع‌آوری شده تکرار شد. درنهایت پودر به‌دست آمده، در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد تا در استخراج مورد استفاده قرار گیرد (Arcan & Yemenicioglu, 2007).

استخراج پروتئین

برای به‌دست آوردن ایزوله پروتئین خام، ۲۰ گرم پودر استون تولید شده در ۲۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه با ۱۰۰ بار هم زدن با میله شیشه‌ای معلق شد. سپس بمدت ۳۰ دقیقه بر روی استیرر قرار گرفت. دراین مرحله pH اولیه مخلوط با استفاده از یک مول بر لیتر سود (NaOH) مطابق جدول RSM تنظیم شد. سپس مخلوط مطابق جدول RSM با ۹۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع رویی جمع‌آوری و با یک مول بر لیتر اسید استیک به pH ۴/۵ تنظیم شد. سپس مخلوط دوباره طبق جدول RSM با ۹۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس رسوب به‌دست آمده با میزان کمی آب دیونیزه معلق و سپس pH رسوب با یک مول بر لیتر سود روی ۷ تنظیم شد و درون پتری دیش ریخته و به مدت ۲۴ ساعت درون دستگاه خشک کن انجمادی در دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و

کننده سلامتی در رژیم‌های غذایی انسان هستند (Costa et al., 2006; Niroshan et al., 2017).

خصوصیات عملکردی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی که ممکن است رفتار پروتئین‌ها را در سیستم‌های غذایی در هنگام پردازش، ذخیره‌سازی، تهیه و مصرف تعدیل کند. خواصی مانند حلالیت پروتئین (PS)، ظرفیت جذب آب و روغن (WAC و FAC)، ظرفیت کف (FC) و پایداری کف (FS)، فعالیت امولسیون و تشکیل ژل، به تعامل پروتئین‌ها با سایر مولکول‌ها مانند کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، نمک‌ها، مواد فرار و آب مربوط می‌شود (Barac et al., 2015; Boye et al., 2010; Day, 2013; Shevkani et al., 2015).

(Ee-San Tan et al., 2014) بهینه سازی عملکرد استخراج پروتئین از لوبیا چیتی با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار دادند. حداکثر عملکرد پروتئین ۵۴/۸ میلی گرم در گرم با شرایط مطلوب دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۱ ساعت و نسبت بافر به نمونه ۲۰ میلی لیتر در گرم به‌دست آمد. خواص دیگر مانند اطلاعات ساختاری، ظرفیت ژل، ظرفیت نگهداری آب و روغن، پایداری امولسیون و همچنین قابلیت هضم نیز گزارش شد.

(Menjxia Du et al., 2017) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، ویژگی‌های عملکردی و ترکیب آمینو اسید ایزوله پروتئین ماش (MPI) را تعیین و برای کشف پتانسیل آن در صنایع غذایی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که پروتئین استخراج شده دارای قابلیت حلالیت خوب، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت جذب روغن، امولسیفایر و کف کردن است. MPI همچنین ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت جذب روغن را مشابه با ایزوله پروتئین سویا موجود در بازار نشان داد. (Yejun Deng et al., 2019) بیان کردند ایزوله

پروتئین بذر گشنیز چینی (CPI) با استفاده از استخراج آبی و روش بارش ایزوالکتریک استخراج شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که CPI حاوی کلیه اسیدهای آمینه ضروری به استثنای متیونین و دارای ظرفیت امولسیون بالا، پایداری کف، ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت جذب روغن و همچنین ظرفیت تشکیل ژل برجسته ای است.

منابع تجاری پروتئین عدس در صنایع غذایی محدود بوده در حالیکه تولید آن در کشور و جهان قابل توجه است. تاکنون نیز بهینه سازی پروتئین ارقام عدس ایرانی انجام نگرفته است. به همین منظور در این پژوهش، استخراج و بهینه سازی پروتئین عدس رقم کیمیا و ارزیابی خواص عملکردی آن از

هفت تنظیم شد. محلول‌های پروتئینی در دمای اتاق آماده شدند، محلول‌ها سپس در دستگاه هموژنایزر اولتراتوراکس با سرعت ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱ دقیقه همگن شدند تا کف ایجاد شود (Aydemir & Yemenicioglu, 2013). ظرفیت کف‌دهی با اندازه‌گیری حجم کف تشکیل شده در همان لحظه تشکیل کف (زمان صفر) بصورت میلی لیتر تعیین شد. پایداری کف با اندازه‌گیری حجم کف در دقیقه ۳۰ و ۱۸۰ تشکیل کف تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

بمنظور مدل‌سازی و بهینه‌یابی شرایط استخراج پروتئین از دانه عدس سبز رقم کیمیا تأثیر متغیرهای مستقل شامل pH، مدت زمان سانتریفیوژ و دما از روش سطح پاسخ (RSM) و نرم افزار دیزاین اکسپرت استفاده شد. بدین منظور، طرح مرکب مرکزی و ۶ تکرار در نقطه مرکزی طی ۲۰ اجرا برای بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی و عملکردی ایزوله پروتئین عدس سبز مورد استفاده قرار گرفت. بازده استخراج پروتئین عدس رقم کیمیا با پیش‌بینی مدل توسط آزمون T-student در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

بررسی آماری بهینه‌سازی شرایط فرایندی با روش سطح پاسخ جدول (۱) مقادیر واقعی و کددار متغیرهای مستقل مورد استفاده برای طراحی تجربی استخراج عدس رقم کیمیا را نشان می‌دهد.

سرانجام در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد ذخیره سازی تا اینکه برای توصیف خصوصیات عملکردی آنها استفاده شد (Aydemir & Yemenicioglu, 2013).

ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون

برای تهیه امولسیون، ۰/۰۹ گرم پروتئین استخراج شده عدس با ۹ گرم آب مخلوط شد تا محلول شفاف به‌دست آید و قسمت اعظم پروتئین در آب حل شده باشد. امولسیون روغن در آب با افزودن ۱ میلی لیتر روغن به ۹ میلی لیتر محلول ایزوله ۱٪ با تنظیم pH به ۷ با استفاده از یک مول بر لیتر سود (NaOH) تهیه شد. سپس نمونه توسط میله شیشه‌ای هم زده شد و با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس با سرعت ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای اتاق به مدت یک دقیقه هموژن گردید (Papalamprou, E, M et al., 2009).

امولسیون‌ها بلافاصله پس از هموژن شدن، برای ۵ دقیقه در دمای اتاق با ۹۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند. ظرفیت امولسیون کنندگی از تقسیم حجم امولسیون به حجم کل محلول قبل از امولسیون به‌دست می‌آید. ظرفیت امولسیون کنندگی از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

امولسیون تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس با ۹۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شد. ثبات امولسیون از تقسیم حجم نهایی امولسیون به حجم اولیه محلول قبل از امولسیون شدن به‌دست آمد. ثبات امولسیون از رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

ظرفیت کف کنندگی و پایداری کف

۲۵۰ میلی گرم پروتئین با ۲۵ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد و pH آن با یک مول بر لیتر سود (NaOH) روی

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{ارتفاع کل محتویات در لوله} / \text{ارتفاع لایه امولسیون شده در لوله} = \text{ظرفیت امولسیون کنندگی}$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{حجم اولیه امولسیون} / \text{حجم نهایی امولسیون} = \text{ثبات امولسیون کنندگی}$$

جدول ۱- مقادیر واقعی و کددار متغیرهای مستقل مورد استفاده برای طراحی تجربی

Table 1. The real and coded values of independent variables for experimental design

Independent variables	Coded values		
متغیرهای مستقل	مقادیر کددار		
	-1	0	1
Extraction time (min) (زمان استخراج (دقیقه)	20	40	60
Extraction Temperature (°C) (دمای استخراج (درجه سانتی‌گراد)	4	17	30
pH پی‌اچ	8.5	9.25	10

ارزیابی راندمان استخراج پروتئین

طبق نتایج آنالیز واریانس متغیرهای pH و زمان تأثیر معنی‌داری بر روی میزان استخراج پروتئین عدس نداشتند ($P>0.05$). در حالی که دما تأثیر معنی‌داری بر روی استخراج پروتئین داشت ($P<0.05$). با توجه به نتایج، با افزایش دما از ۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد میزان استخراج پروتئین عدس، افزایش پیدا کرد. به طوری که بیشترین میزان استخراج پروتئین عدس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است، اما افزایش زمان و pH بر روی استخراج پروتئین عدس قابل توجه و معنی‌دار نبود ($P>0.05$). Menjxia Du et al., (2017). اثرات سه پارامتر استخراج، نسبت ماده به محلول، مقدار pH اولیه و دمای استخراج بر تولید پروتئین ماش مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بازده پروتئین تجربی در شرایط مختلف آزمایش از ۶۳/۵۱٪ تا ۷۷/۳۲٪ متغیر بود. به نظر می‌رسد تولید پروتئین با توجه به شرایط استخراج داده شده، متفاوت باشد.

ارزیابی پارامتر پاسخ ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون ایزوله عدس

خواص امولسیون کنندگی پروتئین‌ها نشان دهنده مهمترین ویژگی عملکردی آنها به عنوان ترکیبات چند منظوره برای کاربردهای مختلف غذایی است. امولسیفایرها ترکیباتی با قابلیت تشکیل لایه‌های رابط (امولسیون) بین مایعات غیر قابل امتزاج هستند. پروتئین‌ها بدلیل ماهیت آمفیپاتیک می‌توانند به عنوان امولسیفایر در تولید مواد غذایی صنعتی استفاده شوند (Barac et al., 2015; Liang & Tang, 2013; Porras-) (Saavedra et al., 2013).

هنگامیکه پروتئین برای کاربرد به عنوان امولسیفایر/ تثبیت کننده در نظر گرفته شده باشد، ویژگی‌های امولسیون کننده و سطحی از خواص عملکردی مهم پروتئین‌ها هستند. خواص امولسیون کنندگی پروتئین تحت تأثیر سرعت جذب در سطح مشترک روغن-آب، مقدار پروتئین جذب شده، بازآرایی ساختاری پروتئین در سطح مشترک، میزان کاهش کشش سطحی و تشکیل یک لایه منسجم است (Damodaran, 1994).

طبق نتایج آنالیز واریانس برای ارزیابی پارامتر پاسخ ظرفیت امولسیون کنندگی، F-Value مدل درجه دوم برابر با ۹۳/۳۱ و در نتیجه مدل معنادار است. این پارامتر برای مقایسه واریانس مدل با واریانس باقیمانده می‌باشد. اگر واریانس‌ها به یکدیگر نزدیک باشند، این نسبت به ۱ نزدیک خواهد بود. مقدار بالای این پارامتر برای مدل نشان دهنده کارایی مدل است.

مقدار p-value کم تر از ۰/۰۵ بوده و بنابراین تأثیر معناداری بر مدل دارد. مقدار F-value مربوط به Lack of Fit در این مدل برابر با ۰/۶۷۷۱ بوده و بیانگر آن است که عدم برازش معنادار نیست. عبارت دیگر مدل داده‌های تجربی را برازش می‌کند ($p\text{-value}<0.05$). مقدار R-Squared برابر با ۰/۹۵۸۷ و نشان می‌دهد که این عدد کاملاً به ۱ نزدیک می‌باشد و بیانگر تطبیق زیاد نتایج مدل با نتایج تجربی است. Adeq Precision نسبت سیگنال به نویز را اندازه‌گیری کرده و محدوده مقادیر پیش‌بینی شده را در نقاط طراحی با میانگین خطای پیش‌بینی مقایسه می‌کند. این پارامتر بیانگر کارایی مدل برای پیش‌بینی پاسخ است. نسبت بزرگتر از چهار مطلوب می‌باشد که در این مدل عدد ۲۱/۸۱ بیانگر سیگنال کافی است. مقدار Pre R-Squared برابر با ۰/۸۵۱۲ و Adj R-Squared برابر با ۰/۹۲۸۷ بوده که هر چقدر این دو مقدار بهم نزدیک‌تر باشند، نشان دهنده دقت خوب مدل است.

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی ظرفیت امولسیون کنندگی

در شکل (۱) (a)، اثر متقابل تأثیر متغیرهای زمان و pH بر روی ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین عدس نشان داده شده است. بر اساس آنالیز واریانس، متغیرهای دما و زمان تأثیر معنی‌داری بر روی ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین عدس نداشتند ($P>0.05$) و متغیر pH دارای تأثیر معنا داری می‌باشد ($P<0.05$).

با توجه به نمودار، مشاهده می‌شود که در دمای ثابت ۴ درجه سانتی‌گراد، با افزایش pH ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین عدس افزایش یافت. علاوه بر این، با افزایش زمان ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین عدس کمی افزایش پیدا کرد بطوری که در pH برابر ۹/۷ تا ۱۰، و زمان ۵۲ تا ۶۰ دقیقه پروتئین عدس بیشترین ظرفیت امولسیون کنندگی را داشت.

Deng et al., (2019) ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون ایزوله پروتئین دانه به را در pHهای مختلف ارزیابی و گزارش کردند که با افزایش pH از ۲ به ۴، ظرفیت امولسیون کنندگی به سرعت کاهش یافت و کمترین ظرفیت امولسیون کنندگی در pH برابر ۴ در نزدیکی نقطه ایزوالکتریک دیده شد. با این حال با افزایش pH از ۵ به ۱۰، ظرفیت امولسیون کنندگی به طور متوالی افزایش پیدا کرد و در pH برابر ۱۰ به بالاترین مقدار خود رسید. در مطالعه‌ای دیگر، Rahmati et al., (2017) در بررسی ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین سه ژنوتیپ مختلف لوبیا نشان دادند که ظرفیت امولسیون کنندگی وابسته به نوع پروتئین و pH می‌باشد. پروتئین به‌دست آمده از هر سه ژنوتیپ مختلف لوبیا

امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس از اثر متقابل متغیرهای دما و زمان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، مشاهده می‌شود که در pH ثابت برابر ۸/۵، افزایش دما کمی موجب افزایش ظرفیت امولسیون و افزایش زمان باعث کاهش ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس می‌شود.

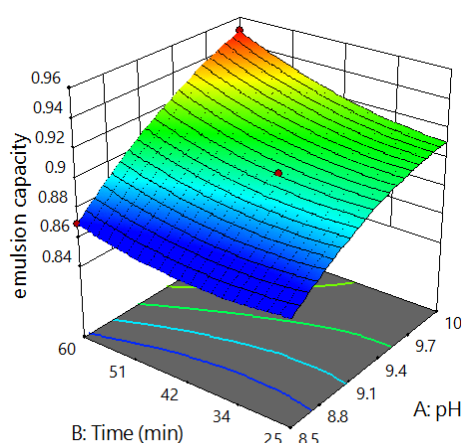
با توجه به موارد عنوان شده، ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس مطابق رابطه (۳) به دست می‌آید:

که در این رابطه Y ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس، A نماد pH، B زمان سانتیفریوژ و C دمای سانتیفریوژ می‌باشد.

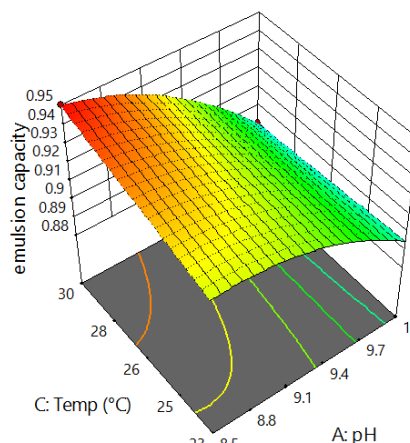
$$= 0.9010 + (0.005 \times A) - (0.003 \times B) + (0.002 \times C) + (0.0087 \times A \times B) - (0.0263 \times A \times C) - (0.0138 \times B \times C) - (0.01 \times A^2) + (0.01 \times B^2)$$

حداقل ظرفیت امولسیون‌کنندگی را در pH برابر با ۵ نشان دادند. بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی در pH های ۵ و ۷ برای پروتئین لوبیا پاچ باقلا به دست آمد که می‌تواند بدلیل حلالیت بیشتر این پروتئین در این دو pH باشد.

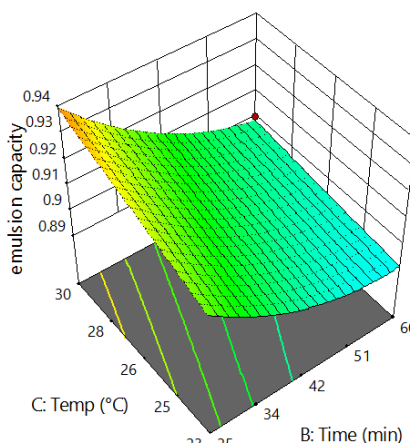
با توجه به شکل (۱) (b)، مشخص است که در زمان ثابت ۲۰ دقیقه، با افزایش دما ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس افزایش پیدا کرد و افزایش pH ظرفیت امولسیون‌کنندگی را کاهش داد بطوریکه در pH برابر ۸/۵، و دماهای ۲۶ تا ۳۰ پروتئین عدس بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی را داشت. شکل (۱) (c)، نتایج مربوط به تأثیرپذیری ظرفیت رابطه (۳)



(a)



(b)



(c)

شکل ۱- نمودار سه بعدی اثر متقابل زمان و pH (a)، دما و pH (b)، زمان و دما (c) بر روی ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس

Fig. 1. The interaction of time and pH (a), the interaction of temperature and pH (b), the interaction of time and temperature (c) on the emulsion capacity of lentil protein

طبق نتایج آنالیز واریانس برای ارزیابی پارامتر پاسخ پایداری امولسیون کنندگی، مشاهده می‌گردد که F-Value برابر با ۷۹/۱۰ است، در نتیجه مدل معنادار است. مقدار p -value کم تر از ۰/۰۵ است (۰/۰۰۱)، بنابراین تأثیر معناداری بر مدل دارد. مقدار F-value مربوط به Lack of Fit برابر با ۰/۴۹۸۶ است. بیانگر آن است که عدم برازش معنادار نیست. عبارت دیگر مدل داده‌های تجربی را برازش می‌کند ($P < 0.05$). مقدار R-Squared برابر با ۰/۹۶۵۸ و بیانگر تطبیق زیاد نتایج مدل با نتایج تجربی است. Adeq Precision در این مدل عدد ۳۹/۳۸ بیانگر سیگنال کافی است. مقدار Pre R-Squared برابر با ۰/۹۳۸۱ و Adj R-Squared برابر با ۰/۹۵۳۶ است.

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی پایداری امولسیون

نتایج اندازه‌گیری پایداری امولسیون در شکل (۲) آورده شده است. نتایج نشان داد که تغییرات دما، زمان و pH تأثیر معنی‌داری بر روی پایداری امولسیون پروتئین عدس داشتند ($P < 0.05$). همانطور که در شکل (۲) (a)، مشخص است تأثیر متغیرهای زمان و pH بر روی شاخص پایداری امولسیون ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش pH و قلیائیت محیط و همچنین افزایش زمان از ۲۰ تا ۶۰ دقیقه، میزان پایداری امولسیون پروتئین عدس کاهش پیدا کرده است. شکل (۲) (b)، تأثیر دما و pH بر روی پایداری امولسیون پروتئین رابطه

$$Y = 0.865 - (0.012 \times A) + (0.013 \times B) + (0.016 \times A \times B) - (0.038 \times A \times C) + (0.008 \times B \times C)$$

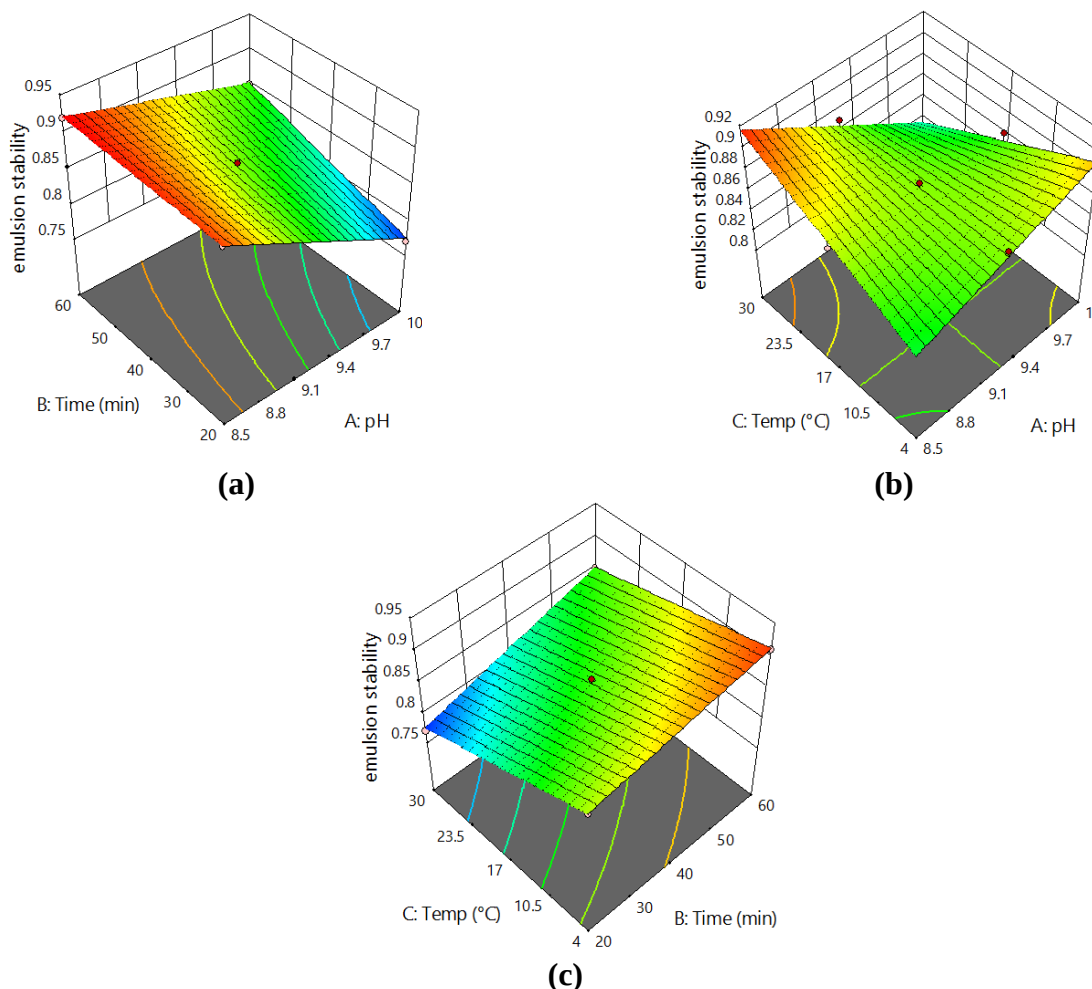
(۴)

طبق نتایج آنالیز واریانس برای ارزیابی پارامتر پاسخ ظرفیت کف‌کنندگی، F-Value مدل درجه دوم برابر با ۲۷/۰۱ است که بیانگر این است مدل معنادار است. مقدار p -value مربوط به آثار متقابل کمتر از ۰/۰۵ است (۰/۰۰۱)، بنابراین تأثیر معناداری بر مدل دارد. مقدار F-value مربوط به Lack of Fit در این مدل برابر با ۲۸/۹۵ است. به عبارت دیگر مدل داده‌های تجربی را برازش می‌کند. مقدار R-Squared برابر با ۰/۹۰۶۱ نشان می‌دهد که این عدد کاملاً به ۱ نزدیک بوده و بیانگر تطبیق زیاد نتایج مدل با نتایج تجربی است. Adeq Precision در این مدل عدد ۱۹/۶۵ بیانگر سیگنال کافی است. مقدار Pre R-Squared برابر با ۰/۷۵۷۱ و Adj R-Squared برابر با ۰/۸۷۲۵ است.

که در این رابطه Y پایداری امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس، A نماد pH، B زمان سانتریفیوژ و C دمای سانتریفیوژ می‌باشد.

ارزیابی پارامتر پاسخ ظرفیت کف‌کنندگی

ظرفیت کف‌کنندگی براساس توانایی پروتئین در کاهش تنش سطحی، انعطاف‌پذیری مولکولی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (خواص آبدوستی، بار و توزیع آن و خواص هیدرودینامیکی) تعیین می‌شود. افزایش غلظت نمونه، واکنش‌های پروتئین-پروتئین را تشدید می‌کند که موجب افزایش ویسکوزیته شده و تشکیل یک فیلم پروتئینی چند لایه متصل به سطح آن را تسهیل می‌کند. همچنین افزایش در غلظت نمونه می‌تواند منجر به تولید فیلم‌های ضخیم‌تر شود (Adebawale & Lawal, 2004).



شکل ۲- نمودار سه بعدی اثر متقابل زمان و pH (a)، دما و pH (b)، دما و زمان (c) بر روی پایداری امولسیون پروتئین عدس

Fig. 2. The interaction of time and pH (a), the interaction of temperature and pH (b), the interaction of time and temperature (c) on the emulsion stability of lentil protein

pH بر روی ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که با افزایش دما، ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس تغییر پیدا نکرده است. در حالی که افزایش pH منجر به کاهش ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس شد ($P < 0.05$). در پژوهشی مشابه، Samaei *et al.*, (2018)، در ارزیابی ویژگی‌های عملکردی پروتئین باقلای هیدرولیز شده به روش هیدرولیز ترکیبی بیان کردند که ظرفیت کف‌کنندگی ایزوله پروتئین باقلا در pH های مختلف با افزایش pH از ۴ به ۸ افزایش پیدا کرد. بیشترین کف‌کنندگی پروتئین باقلا در pH برابر ۸ مشاهده شد و در pH برابر با ۱۰ در تمامی نمونه‌ها کف‌کنندگی کاهش پیدا کرد. با توجه به موارد عنوان شده، ظرفیت تشکیل کف مطابق رابطه (۵) به‌دست می‌آید:

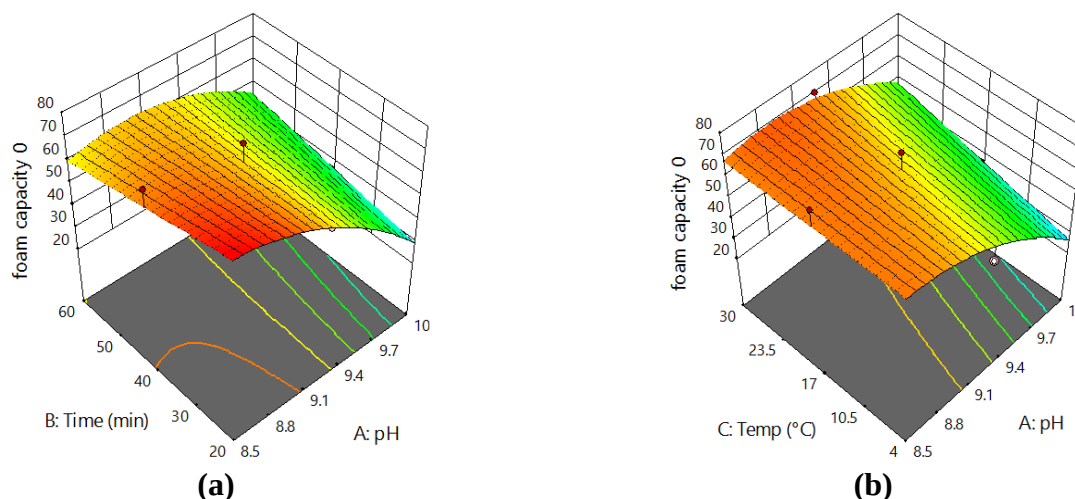
نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی ظرفیت کف‌کنندگی

شکل (۳) نتایج مربوط به اندازه‌گیری ظرفیت کف‌دهی پروتئین هیدرولیز شده عدس در لحظه صفر یا همان لحظه تشکیل کف را نشان می‌دهد. بر اساس آنالیز واریانس، متغیرهای pH و دما تأثیر معنی‌داری بر روی ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس داشتند ($P < 0.05$) و زمان معنی‌دار نبوده است ($P > 0.05$).

در شکل (۳) (a)، اثر متغیرهای زمان و pH بر روی ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس ارزیابی شده است. با توجه به شکل، مشخص است که با افزایش pH، ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین عدس کاهش پیدا کرده است. همچنین با افزایش زمان از ۲۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه، ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین کمی کاهش پیدا کرده است. شکل (۳) (b)، نیز تأثیر تغییرات دما و

$$Y = 62.20 - (15.30 \times A) + (5.10 \times C) + (7.88 \times A \times B) + (5.38 \times A \times C) - (9.70 \times A^2) \quad (5) \text{ رابطه}$$

که در این رابطه Y ظرفیت تشکیل کف، A نماد pH، B زمان سانتیفریوژ و C دمای سانتیفریوژ می‌باشد.



شکل ۳- نمودار سه بعدی اثر متقابل زمان و pH (a)، دما و pH (b) بر روی ظرفیت کف‌دهی پروتئین عدس در لحظه صفر (لحظه تشکیل کف)

Fig. 3. The interaction of time and pH (a), the interaction of temperature and pH (b) on the foaming capacity at zero moment

آنالیز واریانس، متغیرهای pH و دما تأثیر معنی داری بر روی پایداری کف پروتئین عدس در ۳۰ دقیقه داشتند ($P < 0.05$). با توجه به شکل (۴) (a)، با افزایش pH، حجم کف و پایداری آن کاهش پیدا کرده است ($P < 0.05$). بطوریکه بیشترین پایداری کف پس از گذشت ۳۰ دقیقه از تشکیل کف، در pH برابر با ۸/۵ مشاهده شد و با افزایش pH، از ۸/۵ به ۱۰ حجم کف و پایداری آن به طور معنی داری کاهش پیدا کرده است ($P < 0.05$). همچنین با گذشت زمان، ابتدا پایداری کف کاهش یافت اما با افزایش بیشتر زمان شاخص پایداری کف کمی افزایش پیدا کرد که با توجه به نتایج آنالیز آماری، این تغییرات غیر معنی دار بود ($P > 0.05$). شکل (۴) (b)، تأثیر دما و زمان بر روی پایداری کف پروتئین عدس پس از گذشت ۳۰ دقیقه از تشکیل کف را نشان می‌دهد. نتایج شکل حاکی از آن است که افزایش زمان تأثیری بر روی پایداری کف پروتئین عدس نداشت اما با افزایش دما، پایداری کف کمی افزایش پیدا کرد. مشابه با نتایج پژوهش حاضر، (Samaei et al., 2018)، گزارش نمودند که بیشترین پایداری کف در pH برابر ۸ مشاهده گردید و با افزایش pH تا مقدار ۱۰، پایداری کف کاهش پیدا کرد. این محققین بیان کردند که ایزوله‌ی پروتئین باقلا در pH برابر ۴، پس از زمان ۶۰ دقیقه فاقد کف بود. با

ارزیابی پارامتر پاسخ پایداری کف

پایداری کف مدت زمانی است که کف تولیدی بر اثر عواملی مانند نیروی جاذبه و تنش‌های مکانیکی به ۵۰ درصد حجم اولیه خود کاهش یابد (Cherry & McWatters, 1981).

طبق نتایج آنالیز واریانس برای ارزیابی پارامتر پاسخ پایداری کف، F-Value مدل درجه دوم برابر با ۳۸/۴۱ بوده که بیانگر معنا دار بودن مدل است. مقدار p-value مربوط به آثار متقابل کم تر از ۰/۰۵ است، بنابراین تأثیر معناداری بر مدل دارد. مقدار F-value مربوط به Lack of Fit در این مدل برابر با ۱/۲۶ است. بعبارت دیگر مدل داده‌های تجربی را برازش می‌کند. مقدار R-Squared برابر با ۰/۹۵۷۳ نشان می‌دهد و بیانگر تطبیق زیاد نتایج مدل با نتایج تجربی است. Adeq Precision در این مدل عدد ۲۱/۵۰ بیانگر سیگنال کافی است. مقدار Pre R-Squared برابر با ۰/۸۷۸۶ و Adj R-Squared برابر با ۰/۹۳۲۳ است.

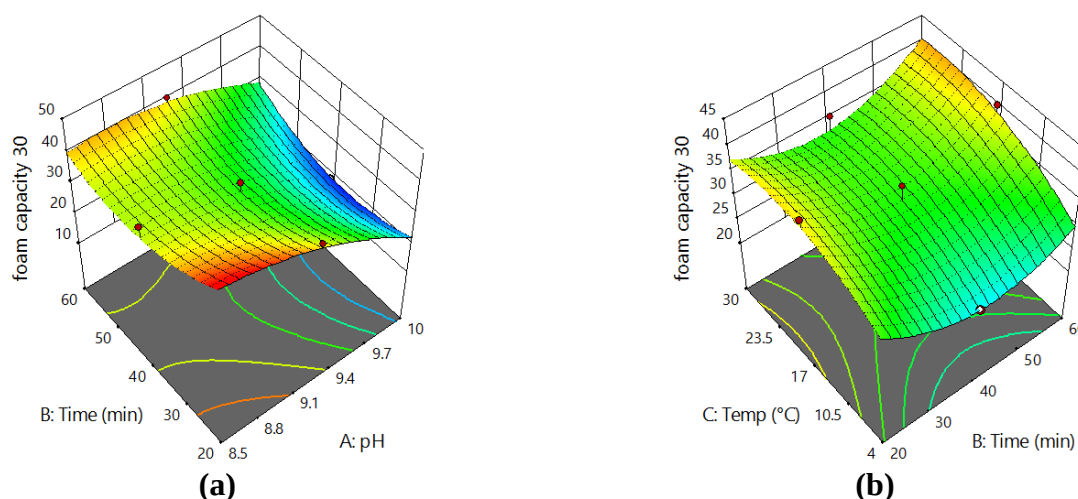
نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی پایداری کف

پایداری کف پروتئین عدس، با اندازه‌گیری حجم کف تولید شده پس از گذشت ۳۰ دقیقه از تشکیل کف ارزیابی شد که نتایج مربوط به آن در شکل (۴) ارائه شده است. بر اساس

توجه به موارد عنوان شده، پایداری کف پروتئین عدس پس از گذشت ۳۰ دقیقه مطابق رابطه (۶) به دست می‌آید:

$$Y = 32.20 - (8.90 \times A) + (3.70 \times C) + (3.38 \times A \times C) + (1.63 \times B \times C) - (4.50 \times A^2) + (6.50 \times B^2) - (3.50 \times C^2) \quad (6)$$

که در این رابطه Y پایداری کف پروتئین عدس پس از گذشت ۳۰ دقیقه، A نماد pH، B زمان سانتریفیوژ و C دمای سانتریفیوژ می‌باشد.



شکل ۴- نمودار سه بعدی اثر متقابل زمان و pH (a)، زمان و دما (b) بر روی پایداری کف پروتئین عدس پس از گذشت ۳۰ دقیقه
Fig. 4. The interaction of time and pH (a), the interaction of time and temperature (b) on the stability of lentil protein foam after 30 minutes of foam formation

بهینه‌سازی و استخراج پروتئین عدس رقم کیمیا با توجه به معیارهای تعیین شده توسط نرم افزار انجام شد و داده‌های پیش‌بینی شده برای نمونه بهینه مطابق جدول (۲) در شرایط دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲۰ دقیقه و مقدار pH ۸/۶ به دست آمد. داده‌های پیش‌بینی شده با داده‌های آزمایشگاهی به وسیله آزمون T-student مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج تفاوت آماری نداشتند که بیانگر دقت مناسب مدل می‌باشد ($P < 0.05$).

بهینه‌سازی پارامترهای پاسخ

پس از آنالیز واریانس داده‌ها به منظور بهینه‌سازی عددی برای یافتن یک فرایند بهینه، متغیرهای مستقل بر اساس تمامی آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی بهینه شد. پروتئین مطلوب دارای بیشترین میزان راندمان، خصوصیات امولسیون-کنندگی و کف‌کنندگی است. لذا با در نظر گرفتن این موارد به یافتن نقطه بهینه پرداخته شد.

جدول ۲- شرایط پیشنهادی نرم افزار برای بهینه‌سازی فرایند استخراج

Table 2. Predicted optimal conditions

شماره Number	pH	زمان (دقیقه) Time (min)	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature	استخراج پروتئین protein extraction	ظرفیت کف در زمان ۰ (میلی لیتر) foam capacity 0	ظرفیت کف در زمان ۳۰ دقیقه (میلی لیتر) foam capacity 30 (mL)	ظرفیت امولسیون emulsion capacity (v/v)	پایداری امولسیون emulsion stability (v/v)	مطلوبیت Desirability	
1	8.621	20.000	30.000	2.312	75.406	44.406	0.948	0.899	0.904	Selected

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، بهینه‌سازی شرایط فرایند استخراج و ارزیابی خصوصیات عملکردی پروتئین عدس رقم کیمیا با استفاده از روش RSM انجام و پارامترهای pH، زمان و دمای استخراج به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شده است. نتایج نشان داد که مدل آماری درجه دوم با دقت بالایی بمنظور پیش بینی پارامترهای پاسخ، قابل استفاده بوده و همچنین نتایج بهینه‌سازی و پیش‌بینی مدل با نتایج تجربی همخوانی مناسبی دارد. مهمترین نتایج این تحقیق عبارتست از:

- میزان pH بر روی ظرفیت و پایداری امولسیون پروتئین عدس تأثیر معنی‌داری داشته و با افزایش pH، پایداری امولسیون پروتئین عدس کمی افزایش یافت. در حالیکه افزایش pH، منجر به کاهش ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف شد.
- با افزایش دما ظرفیت کف‌کنندگی، پایداری کف و پایداری امولسیون پروتئین عدس افزایش پیدا کرد. همچنین، افزایش دما تأثیر معنی‌داری بر روی ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس نداشت.
- ارزیابی تأثیر متغیر مستقل زمان بر روی ویژگی‌های پروتئین عدس نیز نشان داد که با افزایش زمان میزان

ظرفیت کف‌کنندگی، پایداری کف و پایداری امولسیون پروتئین عدس کاهش پیدا کردند. همچنین، افزایش زمان تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین عدس نداشت.

- مقدار بالای پروتئین دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نمی‌باشد و می‌توان گفت سایر ترکیبات موجود در نمونه مانند کربوهیدرات و چربی بر کیفیت پروتئین از موارد اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشد.

نتایج این پژوهش می‌تواند راهی موثر بر استفاده از این ماده به‌عنوان منبعی فراوان و در دسترس از پروتئین و سایر ترکیبات مغذی مناسب در فرآورده‌های صنایع غذایی باشد. همچنین می‌توان ترکیبات با ارزش ضروری را از این منابع استخراج و به‌عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی در محصولاتی همچون سوسیس و کالباس استفاده نمود. نتایج به‌دست آمده‌ی پژوهش حاضر حاکی از آن بود که با توجه به خصوصیات عملکردی خوب و مناسب پروتئین عدس، از آن می‌توان به‌عنوان عنصری در بهبود ویژگی‌های مواد غذایی استفاده کرد و پتانسیل مناسبی برای استفاده در فرمولاسیون ترکیب‌های غذایی جدید دارد.

منابع

1. Adebawale, K.O., and Lawal, O.S. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucun bean (*Mucuna pruriens*) flours. Food Research International 37(4): 355-365.
2. Arcan, I., and Yemenicioglu, A. 2007. Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans. Food Chemistry 103(2): 301-312.
3. Aydemir, L. Y., & Yemenicioğlu, A. 2013. Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives. LWT-Food Science and Technology 50(2): 686-694.
4. Barać, M. B., Pešić, M.B., Stanojević, S.P., Kostić, A. Z., and Čabrilo, S.B. 2015. Techno-Functional properties of pea (*Pisum sativum*) protein isolates - a Review. Acta Periodica Technologica, 46: 1-18.
5. Baskar Venkidasamy, Dhivya Selvaraj., Arti Shivraj Nile., Sathishkumar Ramalingam., Guoyin Kaia., Shivraj Hariram Nile, 2019. Indian pulses: A review on nutritional, functional and biochemical properties with future perspectives. Trends in Food Science & Technology 88 (2019): 228-242.
6. Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. 2010. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. Food Research International 43(2): 537-546.
7. Cherry, J. P., and McWatters, K. H. 1981. Whippability and aeration. In Cherry, J. P. (Ed.), Protein functionality in foods, ACS symposium series (Vol. 147: pp. 217-242). Washington, DC: American Chemical Society.
8. Damodaran S. 1994. Structure-function relationship of food proteins. In: Hettiarachchy N S, Ziegler G R, eds., Protein Functionality in Food Systems. Marcel Dekker, New York. pp.1-37.
9. Day, L. 2013. Proteins from land plants - potential resources for human nutrition and food security. Trends in Food Science & Technology 32: 25-42.
10. de Almeida Costa, G. E., da Silva Queiroz-Monici, K., Reis, S. M. P. M., & de Oliveira, A. C. 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. Food chemistry 94(3): 327-330.

11. Deng, Y., Huang, L., Zhang, C., Xie, P., Cheng, J., Wang, X., and Li, S. 2019. Physicochemical and functional properties of Chinese quince seed protein isolate. Food Chemistry, 283: 539-548.
12. Ee-San, T., Ying-Yuan, N., Chee-Yuen, G. 2014. A comparative study of physicochemical characteristics and functionalities of pinto bean protein isolate (PBPI) against the soybean protein isolate (SPI) after the extraction optimization. Food Chemistry 152: 447-455.
13. Liang, H. N., & Tang, C. H. 2013. pH-dependent emulsifying properties of pea [*Pisum sativum* (L.)] proteins. Food Hydrocolloids 33(2): 309-319.
14. Mengxia, D., Jianhua, X., Bin, G., Xin, X., Wei, T., Xuan, L., Chang, L., Mingyong, X. 2017. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. Food Hydrocolloids (2017): 1-10.
15. Niroshan Siva., Dil Thavarajah., Casey R. Johnson., Susan Duckett., Elliot D. Jesch., Pushparajah Thavarajah. 2017. Can lentil (*Lens culinaris* Medikus) reduce the risk of obesity. Journal of Functional Foods 38: 706-715.
16. Papalamprou, E. M., Doxastakis, G. I., & Kiosseoglou, V. 2010. Chickpea protein isolates obtained by wet extraction as emulsifying agents. Journal of the Science of Food and Agriculture 90(2): 304-313.
17. Porras-Saavedra, J., Guemez-Vera, N., Montañez-Soto, J. L., Fernández-Martínez, M. C., & Yañez-Fernández, J. 2013. Comparative study of functional properties of protein isolates obtained from three *Lupinus* species. Advanced in Bioresearch 4(4): 106-116.
18. Rahmati, N. F., Koocheki, A., Varidi, M., Kadkhodaei, R. 2017. Structural and functional properties of three genotypes of common bean proteins (*Phaseolus vulgaris*). Iranian Food Science and Technology Research Journal. 13: 79-91. (In Persian).
19. Samaei, S. P., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A. Alami, M. 2018. Investigation of functional and antioxidant properties of Faba bean protein hydrolysates using combined hydrolysis. Iranian Food Science and Technology Research Journal 12(2): 25-38. (In Persian).
20. Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S., & Singh, N. 2015. Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. LWT-Food Science and Technology 63(2): 927-933.
21. Yejun D, Lixin H, Caihong Z, Pujun X, Jiang C X W, Shouhai L. 2019. Physicochemical and functional properties of Chinese quince seed protein isolate. Food Chemistry 283: 539-548.



Optimizing the functional properties of the emulsion and foam kimia lentil protein isolate

Assadbeigi¹, Mojgan; Zamindar^{2*}, Nafiseh; and Goli³, Mohammad

1. MSc. in Food Science and Industry and in Food Chemistry, Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran; mojganassad@gmail.com
2. Associate Professor, Food Science and Industry, Faculty member, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran; n.zamindar@khuif.ac.ir
3. Associate Professor, Food Science and Industry, Faculty Member, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran; mgolifood@yahoo.com

The Dates:

Received: 7 October 2022; Revised: 15 November 2022
Accepted: 10 January 2023; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Assadbeigi, M., Zamindar, N., and Goli, M. 2023. Optimizing the functional properties of the emulsion and foam kimia lentil protein isolate. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 00-00. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2207-1041

Introduction

In this study, the influence of three independent variables, namely temperature (ranging from 4 to 30 degrees Celsius), time (ranging from 20 to 60 minutes), and pH (ranging from 8.50 to 10), on the extraction of Kimia lentil protein, as well as the physical, chemical, and functional properties of the extracted protein, including emulsion capacity, emulsion stability, foam formation capacity, and foam stability, were evaluated. The response surface method, specifically the central composite design with 6 repetitions at the central point, was employed to conduct 20 standardized experiments. The maximum protein yield was achieved under the optimal conditions of a temperature of 30°C, a time of 20 minutes, and a pH value of 8.6. The highest foam stability was observed after 30 minutes of foam formation at a pH of 8.5, while the highest emulsifying capacity was observed at a pH of 10. The results of this research demonstrated that the lentil protein isolate from the Kimia variety can be effectively incorporated into food formulations, enhancing their nutritional value and functional characteristics. The lentil protein isolate is considered a high-quality natural protein and can serve as a valuable ingredient for improving the health benefits of food products or as a nutrient source on its own.

Materials and Methods

The raw material used in this research, including green lentil seeds of Kimia cultivar, was prepared from Kermanshah Agricultural Research Center. In order to model and optimize the conditions for protein extraction from green lentil seeds, the effect of independent variables including pH, centrifuge time and temperature, the response surface method (RSM) and Design Expert software were used. For this purpose, a central composite design with 5 levels and 6 replications at the central point during 20 performances was used to investigate the physicochemical and functional properties of green lentil protein isolate. The efficiency of lentil protein extraction was compared with the model predicted by t-student test at the probability level of 0.05.

Results and Discussion

The variables, temperature and time had no significant effect on the emulsifying capacity of lentil protein ($p > 0.05$) and the variable pH has a significant effect ($p < 0.05$). At a constant temperature of 4 degrees, the emulsifying capacity of lentil protein increases with increasing pH found. In addition, with the increase in time, the emulsifying capacity of lentil protein increased slightly, so that at pH 9.7 to 10, and the time from 52 to 60 minutes, lentil protein had the highest emulsifying capacity. The results of the study revealed that temperature, time, and pH exerted a significant effect on the stability of lentil protein emulsion

* Corresponding Author: n.zamindar@khuif.ac.ir

($p < 0.05$). Specifically, the stability of the emulsion decreased as the pH and alkalinity of the environment increased, and as the time extended from 20 to 60 minutes. At a constant time of 40 minutes, increasing the temperature from 4 to 30 °C and raising the pH from 8.5 to 10 led to an increase in emulsion stability. While the stability of the emulsion showed slight improvement over time, temperature variations had minimal impact on its stability. The analysis of variance demonstrated that both pH and temperature had a significant effect on the foaming capacity of lentil protein ($p < 0.05$), while time did not exhibit significant influence ($p > 0.05$). Increasing the pH resulted in a decrease in the foaming capacity of lentil protein. Additionally, there was a slight decline in foaming capacity as the time increased from 20 to 60 minutes. Interestingly, the foaming capacity did not show any notable changes with variations in temperature. Regarding the stability of lentil protein foam after 30 minutes, the analysis of variance indicated significant effects of pH and temperature ($p < 0.05$). As the pH increased, the volume and stability of the foam decreased. The maximum stability of the foam after 30 minutes of foam formation was observed at a pH of 8.5. The stability of the foam was not affected by changes in time, but a slight increase in foam stability was observed with higher temperatures.

Conclusion

In this study, optimization of extraction process conditions and evaluation of functional properties of lentil protein of Kimia variety was done using RSM method. The parameters of pH, time and temperature of extraction were selected as independent variables. The results showed that the quadratic statistical model can be used with high accuracy to predict the response parameters, and the optimization and prediction results of the model are in good agreement with the experimental results. The pH had a significant effect on the capacity and stability of the lentil protein emulsion, while the increase in pH led to a decrease in the foaming capacity and foam stability. With increasing temperature, foaming capacity, foam stability and emulsion stability increased. Also, increasing the temperature had no significant effect on the emulsifying capacity of lentil protein. The evaluation of the independent variable effect of time on the characteristics of lentil protein also showed that with the increase of time, the amount of foaming capacity, foam stability and emulsion stability of lentil protein decreased. Also, increasing the time did not have a significant effect on the emulsifying capacity of lentil protein. The presence of high protein content alone does not solely account for the improved functional characteristics observed. It is important to consider other compounds present in the sample, such as carbohydrates and fats, as they also influence the quality and functional properties of the protein. These factors collectively contribute to determining the overall functional characteristics of the lentil protein. The findings of this study highlight the potential of lentil protein as a readily available and abundant source of protein, along with other beneficial nutritional compounds, for use in the food industry. The results offer valuable insights into utilizing lentil protein to enhance the properties of food products and indicate its promising potential for formulating innovative food compositions. In summary, the research outcomes emphasize the favorable and appropriate functional characteristics of lentil protein, making it a valuable ingredient for improving food properties. This underscores the feasibility of incorporating lentil protein into food formulations to enhance their overall quality and nutritional profile.

Keywords: Emulsion stability; Foam capacity; Lentil protein; Optimization



ارزیابی اثر کم آبیاری و علف کش بر اجزای عملکردی و بهره‌وری مصرف آب در لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)

سیدحسین ناظر کاخکی^{۱*}، سمیرا واحدی^۲ و مسعود کامل^۳

۱- محقق بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

مشهد، ایران؛ shnkakhki@yahoo.com؛ شناسه اراکید: 0000-0002-1641-2216

۲- محقق، دکترای آبیاری و زهکشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران؛ Samva4s@gmail.com؛ شناسه اراکید: 0000-0002-1090-0315

۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ساری، ایران؛ masoud.kamel@yahoo.com؛ شناسه اراکید: 0000-0002-3853-680X

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲، انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

ناظر کاخکی، س.ح.، واحدی، س.، و کامل، م. ۱۴۰۲. ارزیابی اثر کم آبیاری و علف کش بر اجزای عملکردی و بهره‌وری مصرف آب در لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴ (۱): ۱۵۹-۱۴۶.

چکیده

بهبود تولید محصولات کشاورزی از طریق افزایش بهره‌وری با اتخاذ روش‌های مدیریتی امکان پذیر است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و علف کش‌ها بر بهره‌وری مصرف آب لوبیاچیتی آزمایش به صورت کرت‌های نوری خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۲۴ تیمار به اجرا درآمد. کرت‌های عمودی با سه فاکتور شامل دور آبیاری ۴، ۹ و ۱۲ روز یکبار و کرت‌های افقی شامل ۶ نوع علف کش (تریفلورالین، ایمازتاپیر، تریفلورالین+بنتازون، ایمازتاپیر+بنتازون، ایمازتاپیر+سیتوگیت، بنتازون+هالوکسی فوپ متیل)، وجین دستی و شاهد بدون کنترل بود. نتایج نشان داد افزایش طول دور آبیاری از ۴ روز به ۹ و ۱۲ روز سبب کاهش رشد رویشی لوبیاچیتی شد که این امر باعث افزایش توانایی علف‌های هرز برای رقابت با محصول زراعی گردید، اما کاربرد علف کش‌های ایمازتاپیر و تریفلورالین به صورت پیش‌رویشی و سم‌پاشی مجدد علف کش بنتازون (پس‌رویشی) تا حد زیادی این نقیصه را برطرف کرد و مانع از رشد و نمو مجدد علف‌های هرز شد. بیشترین میزان بهره‌وری آب لوبیا با میانگین ۰/۸۷ مربوط به دور آبیاری ۹ روز یکبار بود و کم‌ترین میزان بهره‌وری آن با ۰/۵۱ مربوط به تیمار دور آبیاری ۴ روز یکبار بود. در نهایت بیشترین میزان بهره‌وری آب لوبیا مربوط به تیمار وجین دستی، ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) + بنتازون (پس‌رویشی) و ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت بود و کمترین میزان این شاخص مربوط به تیمار شاهد با علف‌هرز بود. به‌طور کلی برای غلبه بر کم آبی و افزایش بهره‌وری از منابع آبی بهتر است در محصول لوبیا از روش کم آبیاری استفاده نمود و دور آبیاری را از ۴ روز به ۹ روز افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی؛ دور آبیاری؛ علف کش؛ مدیریت زراعی

مقدمه

(2000) نشان می‌دهد که دو رویکرد برای افزایش شاخص بهره‌وری مصرف آب (WP)^۲ محصول وجود دارد. اولین مورد با استفاده از فناوری‌هایی است که نسبت آبی را که در اثر زهکشی، رواناب یا نشت از دست می‌رود، افزایش می‌دهد. رویکرد دوم افزایش ظرفیت محصول برای تولید زیست‌توده و عملکرد در واحد آب تعرق شده است (Li et al., 2017). مدیریت منابع آب باید بخش جدایی ناپذیر و کلیدی از

اثر بخشی بهره‌وری و توسعه پایدار کشاورزی به دسترسی منابع طبیعی و همچنین کارایی شیوه‌های مدیریت در اراضی کشاورزی بستگی دارد. افزایش راندمان مصرف آب برای مدیریت تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که چشم‌انداز کمی برای گسترش منابع آبی وجود دارد یا اصلاً وجود ندارد، راهکاری موثر است (Boutraa, 2010). Wallace

(NDS⁶)، تنش خشکی متوسط (MDS⁷) و خشکی شدید موجب کاهش عملکرد دانه به دلیل کم آبیاری گردید. همچنین کم آبیاری اثرات یکسانی بر راندمان مصرف آب و بهره‌وری آب ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نداشت (Karimzadeh, 2019). رقابت علف‌های هرز در لوبیا به عنوان یکی از موانع اصلی تولید در نظر گرفته می‌شود که عملکرد آن را کاهش می‌دهد. عملکرد لوبیا در رقابت با علف‌های هرز ممکن است تا ۷۰ درصد کاهش یابد (Malik et al., 1993). مدیریت نهاده‌های مصرفی مانند آب و عناصر غذایی در حضور علف‌های هرز از اهمیت بسیاری برخوردار است، همچنین ارزیابی پاسخ گیاهان زراعی و علف‌های هرز در شرایط فراهمی آن‌ها، در شناخت بهتر اثرات متقابل بین آن‌ها و انتخاب روش مدیریتی مناسب برای کنترل علف‌های هرز مفید خواهد بود (Blackshaw, 2004). مطالعه رقابت علف‌های هرز یک‌ساله در مزرعه لوبیا نشان داد که علف‌های هرز یک‌ساله عملکرد لوبیا را از میانگین ۳۱۳۳ کیلوگرم در هکتار به ۱۰۰۸ کیلوگرم در هکتار تقلیل و حدود ۶۸ درصد کاهش دادند (Parker, 2003).

افزایش تولید و سهولت برداشت لوبیا به نحو چشمگیری تحت تأثیر تداخل علف‌های هرز قرار می‌گیرد. براساس برخی آزمایش‌ها، علف‌های هرز قادرند تا ۷۰ درصد (Malik et al., 1993) و بیش از ۷۵ درصد محصول لوبیا را کاهش دهند (Blackshaw, 1993). واکنش ارقام لوبیا در رقابت با علف‌های هرز و میزان کاهش عملکرد آن‌ها یکسان نیست و از ۲۲ درصد در رقم ناز تا ۶۱ درصد در رقم چیتی محلی خمین متغیر است و میانگین کاهش عملکرد در تمام ژنوتیپ‌ها ۴۷ درصد بود (Lak et al., 2013). از طرفی گزارش شده است که تنش کمبود آب، کارایی علف‌کش‌ها را کاهش می‌دهد (Venuprasad et al., 2007). انتظار می‌رود با افزایش دور آبیاری (آبیاری محدود) در لوبیا نه تنها از میزان مصرف آب کاسته شود، بلکه تراکم و ماده خشک علف‌های هرز نیز کاهش یابد. بدین منظور این پروژه جهت بررسی اثر کم آبیاری بر جمعیت علف‌های هرز و مقایسه اثر انواع علف‌کش‌های رایج در زراعت لوبیاچیتی در دوره‌های مختلف آبیاری بر میزان کنترل علف‌های هرز و افزایش میزان عملکرد بررسی شد.

برنامه‌ریزی توسعه و نیز برنامه‌های راهبردی کشور باشد. لازم است بر مبنای میزان منابع آب در دسترس، میزان تقاضا و مصرف آن، راهبردها و برنامه‌های عملیاتی خاصی برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب موجود طراحی و اجرا شود و در شیوه‌های موجود آبیاری با اعمال روش‌های مدیریتی همچون کم آبیاری تجدید نظر شود. هدف کم آبیاری افزایش کارایی مصرف آب با حذف رویدادهای آبیاری است که تأثیر کمی بر عملکرد دارند. باین حال، این کاربرد می‌تواند مزایای دیگری نیز در رابطه با کاهش شسته شدن نیترات، کاهش انرژی مصرفی در طول آبیاری‌ها، به حداکثر رساندن رقابت‌پذیری بخش کشاورزی و کنترل علف‌های هرز را داشته باشد (Abd El-Wahed et al., 2017). باین حال باید اثرات و سطوح مختلف کم آبیاری در دوره‌های مختلف رشدی محصولات مختلف بررسی گردد. در این راستا با توجه به اهمیت و وسعت کشت لوبیا در استان‌های مختلف کشور از جمله استان زنجان مطالعه در شاخه‌های مختلف این محصول ضروری است (MJA, 2021). از طرفی بین سطح زیر کشت و عملکرد آن در استان شکاف زیادی وجود دارد که نیازمند، بهبود تولید محصولات از طریق افزایش عملکرد و بهره‌وری با اتخاذ روش‌های مدیریتی زراعی است. اثرات کم آبیاری و پوشش باقیمانده سطحی بر عملکرد لوبیا و کارایی مصرف آب آبیاری در منطقه دیم کشت لوبیا نشان داد کاهش ۲۵ درصدی آب آبیاری به‌طور متوسط باعث افزایش راندمان مصرف آب آبیاری تا ۲۶ درصد و تنها باعث کاهش ۶ درصدی عملکرد نسبت به روش آبیاری کامل است. باین حال، اعمال تنها ۵۰ درصد نیاز تبخیر و تعرق محصول (ETc¹)، به‌طور متوسط منجر به کاهش قابل توجه ۳۰ درصدی عملکرد شد (Yonts et al., 2018). واکنش هشت رقم لوبیاچیتی به کم آبیاری در حالت خاک‌ورزی معمولی (CT²) در مقابل خاک‌ورزی نواری (ST³) و با اعمال اثر کم آبیاری حدود ۳۰ روز پس از سبز شدن گیاه، با کاهش آبیاری به میزان ۴۸ درصد (کم آبیاری (DI⁴)) در مقایسه با جایگزینی کامل تبخیر و تعرق تخمینی (FI⁵=آبیاری کامل) به نیمی از کرت‌ها نشان داد که کم آبیاری عملکرد دانه لوبیا را به ترتیب ۴۸ و ۴۶ درصد در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ کاهش داد (Boydston et al., 2018). اثرات کم آبیاری بر عملکرد، فیزیولوژی و بیوشیمی دو ژنوتیپ لوبیا تحت تنش غیر خشکی

1. Crop evapotranspiration
2. Conventional tillage
3. Strip tillage
4. Deficit irrigation
5. Full irrigation

6. Non-drought stress
7. Moderate drought stress

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر دور آبیاری بر جمعیت علف‌های هرز در زراعت لوبیا به صورت کرت‌های نواری بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۲۴ تیمار در سال زراعی ۹۸-۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد استان زنجان به اجرا درآمد. لازم به ذکر است روش کشت به صورت خشکه کاری و روش آبیاری به صورت آبیاری سطحی جوی و پشته‌ای بود و میزان آب آبیاری با استفاده از اطلاعات هواشناسی مستخرج از ایستگاه سینوپتیک موجود در مرکز تحقیقات خیرآباد و محاسبه تبخیر و تعرق روزانه و نیاز آبتی تعیین گردید. ایستگاه خیرآباد از لحاظ شاخص دوماستن اصلاح شده دارای آب و هوای نیمه خشک سرد است (Zanjani jam & Sofi, 2005). برای اعمال کم آبیاری سطوح مختلف آب (۳۰، ۴۵ و ۱۰۰ درصد) را با تغییر دور آبیاری اعمال شد. در آبیاری کامل (تیمار ۱۰۰ درصد) با دور آبیاری ۴ روز، مقدار آب محاسبه و با استفاده از اطلاعات دبی چاه موجود در مزرعه و نصب پارشال فلوم حجم آب ورودی به هر کرت کنترل و ساعت آبیاری دقیق محاسبه شد. با ثابت در نظر گرفتن این حجم آب برای دور آبیاری ۹ و ۱۲ روز، آبیاری انجام گرفت و درصد کاهش آبیاری از کاهش میزان نیاز آبی به تعداد روزهای دور آبیاری محاسبه گردید. الگوی تیمارهای کرت‌های عمودی با سه فاکتور شامل: دور آبیاری بهینه (۴ روز یکبار) محدود (۹ روز یکبار) و محدودتر (۱۲ روز یکبار) بودند. کرت‌های افقی با هشت فاکتور عبارتند از روش‌های کنترل علف‌های هرز که با اعمال ۶ ترکیب متفاوت علف کش شامل: تریفلورالین (ترفان ۴۸٪ EC)، ۳ لیتر در هکتار (پیش کاشت مخلوط با خاک) (یک الی دو روز قبل از کشت)، ایمازتاپیر (پرسویت ۱۰٪ SL)، ۱ لیتر (پیش‌رویشی)، تریفلورالین ۳ لیتر (پیش کاشت مخلوط با خاک) + بنتازون ۳ لیتر (پس‌رویشی)، ایمازتاپیر ۱ لیتر (پیش‌رویشی) + بنتازون (بازاگران ۴۸٪ EC)، ۳ لیتر (پس‌رویشی)، ایمازتاپیر ۱ لیتر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت ۰/۵ درصد، بنتازون ۳ لیتر + علفکش هالوکسی‌فوپ‌متیل (گلانت‌سوپر ۱۰/۸٪ EC) ۱ لیتر در هکتار بصورت سمپاشی (پس‌رویشی)، وجین دستی (بدون علف هرز) و شاهد بدون کنترل (با علف هرز) بود.

عملیات تهیه بستر کاشت شامل شخم با گاوآهن برگردان دار، دیسک زنی برای خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین با ماله بود. برای اجرای طرح ۱۰ روز قبل از کاشت اقدام به آماده‌سازی زمین شد؛ پس از تهیه بستر کاشت اقدام به کشت و سمپاشی زمین شد. هر کرت دارای ۶ پشته به فاصله ۶۰ سانتی متری و به طول ۱۰ متر بود، بر روی هر پشته دو ردیف کشت گردید که فاصله بین ردیف‌های کاشت ۳۰

سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. بین تکرارها زه آب و فاصله کافی جهت عدم انتقال آب کرت دیگر در نظر گرفته شد. برای یکنواختی در رشد لوبیا همه کرت‌ها آبیاری شدند، پس از اولین آبیاری تیمارهای دور آبیاری اعمال شد. به علت آلودگی بالای منطقه (قطعه مورد آزمایش) به علف هرز آزمایش در شرایط آلودگی طبیعی به علف‌های هرز اجرا شد. لوبیای انتخابی، چیتی رقم کوشا و تراکم لوبیا ۴۰ بوته در مترمربع بود. سمپاشی بر مبنای تیمارهای ذکر شده در زمان تعیین شده در تیمارها صورت گرفت. سمپاشی با استفاده از سمپاش پستی ماتابی با نازل شریای کالیبره شده بر اساس پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار انجام شد. به منظور اندازه‌گیری صفات عملکردی لوبیا: با انتخاب ۱۰ بوته- ارتفاع، وزن تک بوته، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف از هر کرت آزمایش در مرحله رسیدگی ثبت و یادداشت شد. اندازه‌گیری ماده خشک، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا بر اساس برداشت ۶ ردیف میانی هر کرت با حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت انجام گردید. شاخص برداشت با محاسبه درصد نسبت بین عملکرد بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد.

برای تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش پنمن مانیتث فائو ۵۶ با مبنای فیزیکی که تلفیقی از روابط موازنه انرژی و انتقال جرم با در نظر گرفتن مقاومت آئرونامیک و مقاومت سطحی است، استفاده شد (Allen et al., 1998) (رابطه ۱).

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma [890 / (T + 273)] U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_0 : تبخیر - تعرق مرجع (میلی متر در روز)، R_n : تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع بر روز)، G : فشار گرمای خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)، T : میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متری درجه سلسیوس، U_2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، e_s : فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_a : فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)؛ $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ : شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) و γ : ضریب سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشند. برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل از نرم افزار CropWat استفاده شد. پس از محاسبه تبخیر-تعرق مرجع ET_0 و ضریب گیاهی K_c (نشریه شماره ۵۶ FAO) تبخیر تعرق استاندارد از رابطه (۲) تعیین گردد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

جدول ۱ - محاسبه نیاز آبی لوبیا و حجم آب مصرفی در آبیاری جویچه‌ای با راندمان ۵۰ درصد

Table 1. Calculation of bean water requirement and volume of water consumption in furrow irrigation with 50% efficiency

ماه	دهه	KC* crop coefficients	ETC crop evapotranspiration	بارندگی موثر (میلی متر) Effective rainfall (mm)	Irreq (mm)	حجم آب آبیاری تیمار ۱۰۰ درصد (مترمکعب) volume of irrigation water (T: 100%) (m ³)	حجم آب آبیاری تیمار ۴۵ درصد (مترمکعب) volume of irrigation water (T: 45%) (m ³)	حجم آب آبیاری تیمار ۳۰ درصد (مترمکعب) volume of irrigation water (T: 30%) (m ³)
Month	Decade							
خرداد	1	0.46	4.99	0.00	4.99	74.84	33.26	24.95
May(-)	2	0.46	27.06	0.00	27.06	405.91	18.40	135.30
(June	3	0.46	28.83	0.00	28.83	432.56	192.21	144.14
تیر	1	0.55	33.43	4.04	29.39	44.89	195.95	146.96
June(-)	2	0.70	45.13	0.00	45.13	676.95	3.87	225.65
(July	3	0.84	57.82	0.00	57.82	867.28	385.46	289.9
مرداد	1	0.99	69.26	0.00	69.26	1038.96	461.76	346.32
July(-)	2	1.04	67.11	0.00	67.11	1006.63	447.39	335.54
(August	3	1.04	63.29	0.00	63.29	949.32	421.92	316.44
شهریور	1	1.04	63.75	0.00	63.75	956.28	425.1	318.76
August(-)	2	1.03	55.54	0.00	55.54	833.12	37.27	277.71
September	3	0.91	40.40	0.00	40.40	606.3	269.35	202.1
(r	1	0.71	27.74	0.00	27.74	416.13	184.95	138.71
)								
September	2	0.60	1.97	0.00	1.97	29.60	13.16	9.87
r-								
(October								
جمع			586.32	4.04	582.29	8734.39	3881.95	2911.46
Sum								

*: KC: ضریب گیاهی لوبیا، ETC: تبخیر و تعرق در گیاه لوبیا و Irreq: نیاز آبی گیاه لوبیا

*: KC: plant coefficient of bean, ETC: evaporation and transpiration in bean and Irreq: water requirement of bean

WUE = بهره‌وری مصرف آب در تولید لوبیا (کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی)
CY = عملکرد لوبیا (کیلوگرم در هکتار در سال)
CW = حجم آب مصرفی در تولید لوبیا (مترمکعب در هکتار در سال)

در نهایت با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS9.1 و SPSS20 تجزیه و تحلیل نهایی داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

در زمان اجرای تحقیق و طی مراحل مختلف نمونه‌برداری ۱۲ گونه علف هرز شناسایی گردید. در این تحقیق مشخص شد که علاوه بر علف‌کش‌ها، دور آبیاری نیز بر تراکم و ماده خشک علف‌های هرز تاثیر گذار است. اعمال دور کم آبیاری ۱۲ و ۹ روز سبب کاهش حدود ۳ و ۲۰ درصدی در مرحله ظهور

در نهایت به صورت روزانه با در نظر گرفتن دور آبیاری کامل (۴ روز)، راندمان آبیاری، بارندگی مؤثر و نیاز آبتشویی (اندازه‌گیری شوری آب آبیاری و عصاره اشباع خاک)، نیاز آبی (Irreq) محاسبه گردید (اجزا محاسباتی با توجه به اطلاعات منطقه در جدول ۱ آورده شده است).

شاخص بهره‌وری مصرف آب از نسبت مقدار عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) به دست آمد؛ به عبارت دیگر شاخص بهره‌وری مصرف آب در تولید لوبیا از رابطه ۳ به دست آمد:

$$WUE = \frac{CY}{CW} \quad (3)$$

که در آن:

1 Irrigation requirement

علف‌های هرز از رقابت بیشتری نسبت به محصول برخوردارند. مثلاً مقدار سطح برگ و زیست توده اندام هوایی سویا در شرایط بهینه رطوبتی خاک بیش از مقادیر بدست آمده برای علف هرز، *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC. بود. اما این مقادیر در شرایط تنش خشکی معادل یا کمتر از علف هرز بودند. سویا در شرایط رطوبت خاک رقابت پذیر بیشتری نسبت به شرایط مواجهه با تنش خشکی داشت (Griffin et al., 1989).

اگر چه در دور آبیاری ۴ روز در مجموع تراکم و ماده خشک علف‌های هرز نسبت به دور آبیاری ۹ روز کمتر است، اما میزان آب مصرفی بیش از دو برابر دور آبیاری ۹ روزه است. با توجه به شرایط کنونی کشور و کم آبی مزمین در اکثر نقاط ایران، کاهش آب مصرفی در کشاورزی با کاهش عملکرد حداقلی یکی از راه‌های مهم و کاربردی در عرصه کشاورزی نوین و صنعتی است.

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا بر اساس جدول ۲ ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری و تیمار علف‌کش برای اجزای عملکردی و بهره‌وری آب مصرفی در قالب شکل ۱ و توضیحات این بخش گزارش شد. از طرفی به دلیل وجود رابطه معنی‌دار بین دور آبیاری و علف‌کش از روش برش دهی فیزیکی استفاده گردید (شکل ۱).

بر اساس نتایج جداول تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاچیتی رقم کوشا، اعمال دوره‌های مختلف آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اعمال تیمارهای دور آبیاری بر تعداد غلاف در بوته لوبیا و تعداد دانه در غلاف بوته تأثیرگذار بود. همچنین اعمال تیمارهای مختلف سم‌پاشی نیز سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد شده و توانسته‌اند بر روی تعداد غلاف در بوته لوبیا تأثیرگذار باشند. همچنین اعمال تیمارهای دور آبیاری در علف‌کش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی دور آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۱۲/۰۸ عدد مربوط به دور آبیاری ۴ روز یک‌بار بود و کمترین تعداد غلاف در بوته نیز با میانگین ۵/۷۳ عدد مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار بود (شکل ۱). همچنین بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۱۰/۳۳، ۹/۷۱ و ۹/۶۹ عدد مربوط به تیمار وجین دستی، ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت و علف‌کش تریفلورالین (پیش‌کاشت) بود و کمترین تعداد غلاف در بوته نیز با میانگین ۷/۰۹ عدد مربوط به تیمار شاهد با علف هرز بود (شکل ۱).

سومین سه برگچه و کاهش ۲۵ و ۳۴ درصدی تراکم علف هرز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی لوبیا و کاهش حدود ۱۹ و ۲۳ درصدی در مرحله ظهور سومین سه برگچه و کاهش ۱۶ و ۲۶ درصدی ماده خشک علف هرز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود. کاهش دور آبیاری سبب کنترل بیشتر تراکم و ماده خشک علف‌های هرز می‌شود. علف‌کش‌های پرسوئیت و ترفلان بصورت پیش‌رویشی و پیش‌کاشت به‌مراه سمپاشی مجدد علف‌کش بنتازون (پس‌رویشی) با متوسط کاهش حدود ۸۵ و ۸۲ درصدی در مرحله ظهور سومین سه برگچه لوبیا و کاهش حدود ۸۵ و ۸۲ درصدی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی لوبیا، توانسته‌اند بیشترین کنترل را بر روی تراکم علف‌های هرز داشته باشند. همچنین این علف‌کش‌ها با متوسط کاهش حدود ۸۸ و ۸۱ درصدی در مرحله ظهور سومین سه برگچه لوبیا و کاهش حدود ۹۱ و ۸۷ درصدی ماده خشک علف‌های هرز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی لوبیا شده‌اند. این تیمارها پس از تیمار وجین بیشترین کنترل را بر روی تراکم و ماده خشک علف‌های هرز داشتند. تیمار ترفلان بصورت پیش‌کاشت به تنهایی با متوسط کاهش حدود ۴۹ درصدی در مرحله ظهور سومین سه برگچه لوبیا و کاهش حدود ۷۰ درصدی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی لوبیا نسبت به بقیه تیمارها کمترین درصد کاهش ماده خشک علف‌های هرز را نسبت به شاهد با علف هرز داشته است. همچنین تیمارهای علف‌کش پرسوئیت (پیش‌رویشی) به تنهایی و پرسوئیت (پس‌رویشی) به‌مراه سیتوگیت نیز نتوانسته‌اند مانند سایر تیمارها کنترل مطلوبی بر روی کاهش ماده خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد با علف هرز داشته باشند. بنابراین این دو علف‌کش (ترفلان و پرسوئیت به تنهایی) برای کنترل علف‌های هرز بویژه در شرایط کم آبیاری در لوبیا توصیه نمی‌گردد.

اگرچه افزایش طول دور آبیاری از ۴ روز به ۹ و ۱۲ روز سبب کاهش رشد رویشی گیاه محصول ما می‌شود که این امر باعث افزایش توانایی علف‌های هرز برای رقابت با محصول زراعی گردیده است، اما کاربرد علف‌کش‌های پرسوئیت و ترفلان بصورت پیش‌رویشی و پیش‌کاشت بعلاوه سمپاشی مجدد علف‌کش بنتازون (پس‌رویشی) به ویژه در دور آبیاری ۹ روز به کمک لوبیا آمده و با سرکوب مناسب علف‌های هرز فرصت را به محصول داده تا بتواند رشد و نمو سریعتری داشته باشد و گیاه لوبیا تا حد زیادی این نقیصه را برطرف کرده و مانع از رشد و نمو مجدد علف‌های هرز می‌شوند (برگرفته از گزارش نهایی پروژه اصلی توسط نگارنده).

تنش کمبود آب بطور کلی کارایی علف‌کش‌ها را کاهش می‌دهد (Venuprasad et al., 2007). در شرایط تنش آبی

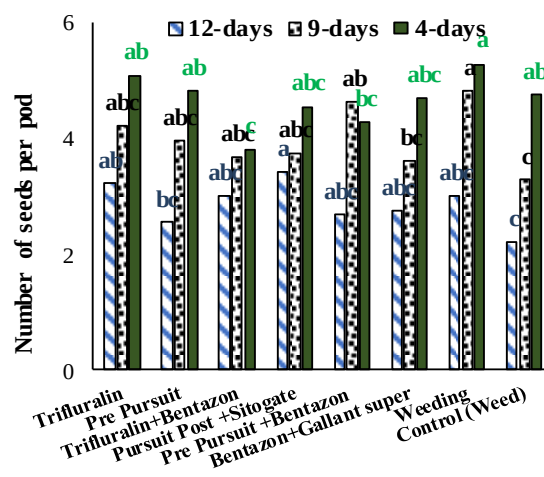
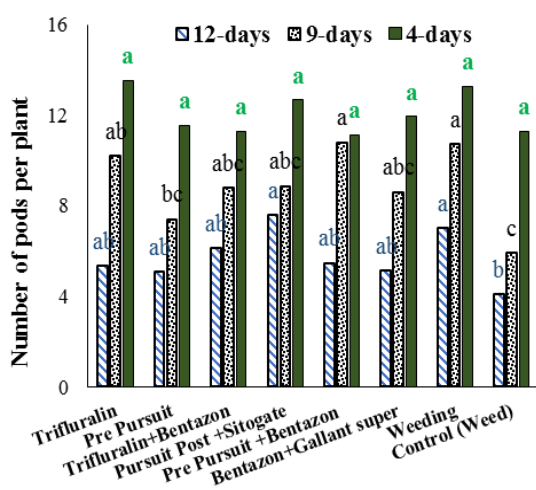
جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاچیتی

Table 2. Analysis of variance of different irrigation Intervals on growth characteristics of Chitibeane

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	بهره‌وری آب
Source of Variation	degrees of freedom	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	100 Seeds weight	Yield	Biological yield	Harvest Index	water product ivity
تکرار Replication	2	3.79n.s	0.03n.s	6.53n.s	200134.7 n.s	686666.7n .s	0.60n.s	0.05n.s
دور آبیاری Irrigation Interval	2	214.94**	19.88**	0.14n.s	2078331 4.9**	78005000 **	31.60**	0.89**
اشتباه آزمایشی اول ErrorI	4	3.66	0.46	40.61	126735.3	380416.7	2.95	0.002
علف کش Herbicide	7	9.80**	0.92**	15.85n.s	2253314. 3**	7274285.7 **	36.95**	0.10**
اشتباه آزمایشی دوم Error II	14	1.56	0.19	53.91	54184.3	396190.5	4.04	0.003
دور آبیاری × علف کش Irrigation Interval × Herbicide	14	2.66*	0.49**	16.69*	157190.7 **	809285.7*	9.18**	0.003n.s
اشتباه آزمایشی TotalError	28	1.3	0.16	7.81	42064.6	352797.6	2.09	0.003
ضریب تغییرات (درصد) (%) Coefficient of Variation(		12.82	10.59	17.09	16.38	18.65	13.06	7.78

***: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، n.s: عدم معنی‌داری

*, **: means significant at 5% and 1% probability levels, respectively. n.s: No significant.



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای علف‌کش در هر سطح دور آبیاری، بر تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیاچیتی

Fig. 1. Mean comparison of Herbicide and Irrigation Interval on number of pods per plant and seeds per pod of Chiti bean.

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری بایکدیگر بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means within each column with a letter in common, Based on Duncan's test are not significantly different at $\alpha= 0.05$.

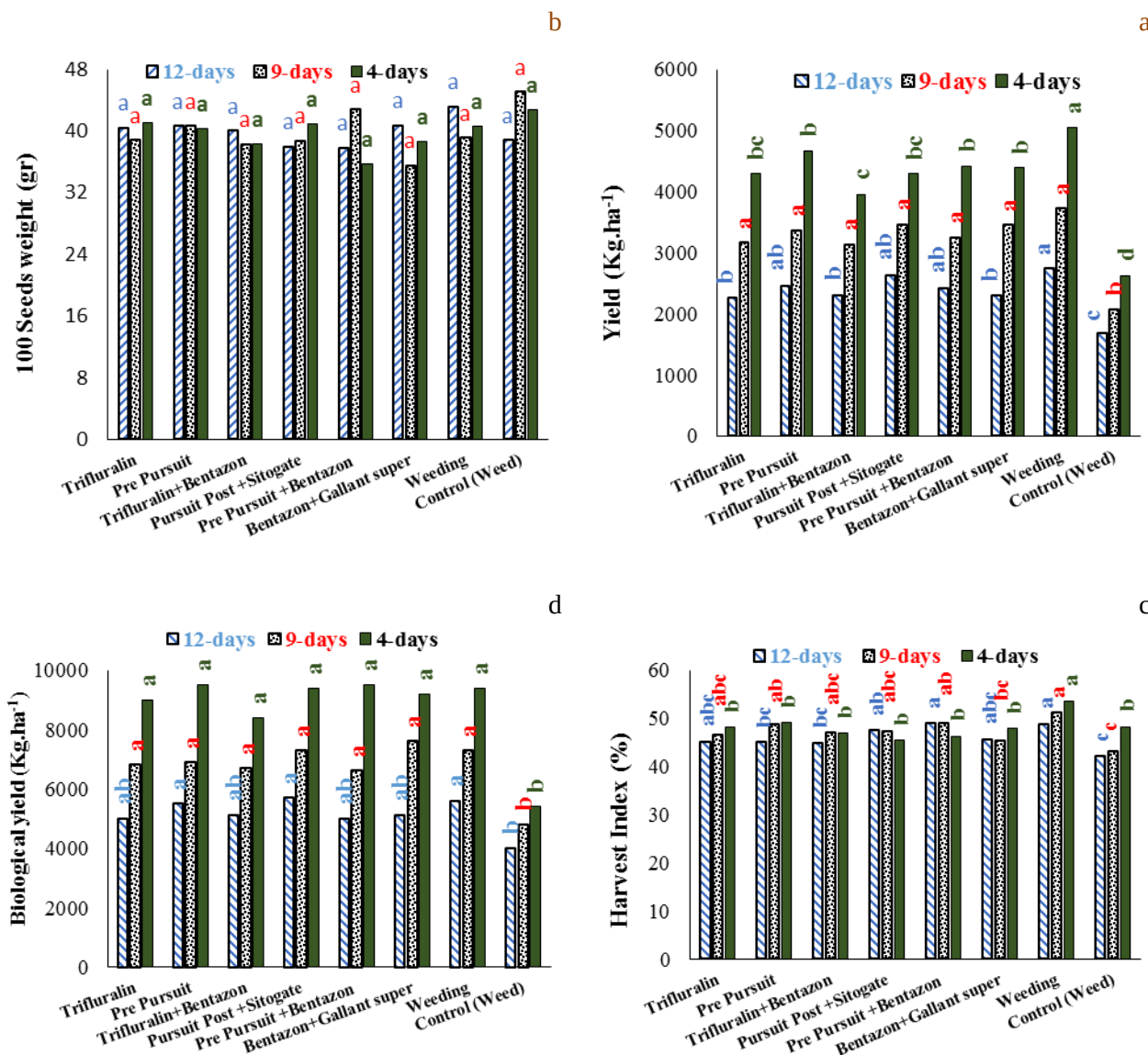
با توجه به جدول مقایسه میانگین صفات به روش برش دهی فیزیکی مشاهده شد که در دور آبیاری ۴ روز بین تیمارها اختلافی وجود ندارد. در صورتی که در دور آبیاری ۹ و ۱۲ روز پس از تیمار وجین دستی به ترتیب تیمارهای ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) + بنتازون و ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته لوبیا بودند. بر اساس نتایج آزمایش کاهش تعداد غلاف در بوته لوبیا بیشتر تحت تأثیر تنش آبی تا کاربرد سموم علف‌کش است. در چهار گونه زراعی از تیره بقولات شامل لوبیا چشم‌بلبلی، سویا، بادام‌زمینی و ماش، تعداد غلاف در بوته بیشتر از سایر اجزای عملکرد دانه از تنش رطوبتی تأثیر پذیرفت. احتمالاً کاهش تشکیل غلاف با افزایش شدت تنش، ناشی از کاهش تعداد گل و ریزش بیشتر گل‌ها است (Pandy et al., 1984). در یک مطالعه دیگر بر روی سویا، تنش خشکی در طول دوره زایشی موجب کاهش دوره گلدهی و تعداد گل‌ها شد. در نتیجه تعداد غلاف و دانه‌ها در گیاه، به علت عدم تکامل کاهش پیدا کردند (Tarumingkeng, 2003).

نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی دور آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف با میانگین ۶/۶۴ مربوط به دور آبیاری ۴ روز یکبار و کمترین تعداد غلاف در بوته نیز با میانگین ۳/۸۲ مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز یکبار بود. تعداد دانه در غلاف لوبیا در دور آبیاری ۴ و ۹ روز در یک گروه قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین تعداد دانه در غلاف در بوته با میانگین ۴/۳۶ و ۴/۱۶ عدد مربوط به تیمار وجین دستی و علف‌کش تریفلورالین (پیش‌کاشت) بود و کمترین تعداد دانه در غلاف در بوته نیز با میانگین ۳/۴۰ عدد مربوط به تیمار شاهد با علف هرز بود (شکل ۱). در دور آبیاری ۴ و ۹ روز بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار وجین دستی به دست آمد؛ در صورتی که در دور آبیاری ۱۲ روز تیمار ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف در بوته لوبیا است. در دور آبیاری ۴ روز کمترین تعداد دانه در غلاف با ۳/۸۰ عدد در تیمار تریفلورالین (پیش‌کاشت) + بنتازون (پس‌رویشی) و در دور آبیاری ۹ و ۱۲ روز با ۳/۲۷ و ۲/۲۰ عدد در تیمار شاهد با علف هرز مشاهده شد. گزارش شده که کاربرد علف‌کش تریفلورالین ۱ لیتر در هکتار + ایمازتاپیر ۱ لیتر در هکتار به صورت پیش‌کاشت و علف‌کش ایمازتاپیر ۰/۷۵ لیتر در هکتار به صورت پیش‌رویشی پس از تیمار وجین کامل بیشترین تعداد غلاف در بوته لوبیا را دارا بودند (Mousavi et al., 2011). کاهش تعداد دانه در غلاف همانند تعداد غلاف در بوته لوبیا بیشتر تحت تأثیر تنش آبی است تا کاربرد سموم

علف‌کش است. نتایج نیز نشان داد که اعمال دوره کم آبیاری (۱۲ و ۹ روز) باعث کاهش شدید ۳۶ و ۲۵ درصدی تعداد دانه در غلاف در بوته لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود و که با نتایج سایر محققین هم‌خوانی دارد.

همچنین اعمال تیمارهای دور آبیاری در علف‌کش بر روی وزن صد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی دور آبیاری نشان داد که بیشترین وزن صد دانه با میانگین ۴۴/۱۶ گرم مربوط به دور آبیاری ۴ روز یکبار بود و کمترین وزن صد دانه با میانگین ۳۴/۲۰ گرم مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز یکبار بود (شکل ۲). نتایج نشان داد که اعمال دوره کم آبیاری (۱۲ و ۹ روز) باعث کاهش ۱۱ و ۶ درصدی وزن صد دانه لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود، در صورتی که اعمال دوره کم آبیاری (۱۲ و ۹ روز) باعث کاهش شدید ۳۶، ۲۵ درصدی تعداد دانه در غلاف و کاهش ۴۳، ۳۰ درصدی تعداد غلاف در بوته لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود.

بر اساس نتایج جداول تجزیه واریانس، اعمال دوره‌های مختلف آبیاری و تیمارهای مختلف سم‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اعمال این تیمار توانست بر روی عملکرد لوبیا تأثیرگذار باشد. نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی دور آبیاری نشان داد بیشترین عملکرد با میانگین ۴۲۰۶/۸۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به دور آبیاری ۴ روز یکبار و کمترین عملکرد با میانگین ۲۳۴۷/۹۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز یکبار بود (شکل ۲). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی علف‌کش نشان داد که بیشترین عملکرد با میانگین ۳۸۳۵/۰۰ و ۳۴۹۵/۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار وجین دستی و ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) بود. اگرچه تیمارهای ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) + بنتازون (پس‌رویشی) و ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت نیز تأثیر خوبی بر روی افزایش عملکرد داشتند و همان‌طور که انتظار می‌رفت کمترین عملکرد با میانگین ۲۱۲۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد با علف هرز بود (شکل ۲). از لحاظ تأثیر تیمار دور آبیاری، در دور آبیاری ۹ روز همه تیمارها به جز شاهد با علف هرز در یک سطح بودند. در دور آبیاری ۱۲ روز پس از وجین، تیمارهای ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت، ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) و ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) + بنتازون (پس‌رویشی) بیشترین عملکرد را دارا بودند. در دور آبیاری ۴ روز بیشترین عملکرد لوبیا پس از تیمار وجین در اثر اعمال تیمارهای ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) + بنتازون (پس‌رویشی)، ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) و بنتازون + هالوکسی‌فوپ‌متیل (پس‌رویشی) به دست آمد.



شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارهای علف کش در هر سطح دور آبیاری، بر اجزا عملکردی (a: عملکرد، b: وزن صد دانه، c: شاخص برداشت و d: عملکرد بیولوژیک) لوبیاچیتی

Fig. 2. Mean comparison of Herbicide and Irrigation Interval on yield characteristics (a: yield, b: 100 Seeds weight, c: Harvest Index and d: Biological yield) of Chiti bean.

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون دانکن ندارند. Means within each column with a letter in common, Based on Duncan's test are not significantly different at $\alpha=0.05$.

است و اجزای آن تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه است (Adams, 1982 and Bennett *et al.*, 1997). در پژوهشی خصوصیات رشدی علف هرز اویارسلام ارغوانی را در حالت مختلف دور آبیاری و سطوح آبیاری بر اساس درصد ظرفیت زراعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع، سطح برگ، تعداد ساقه، وزن خشک

در این تحقیق مشخص شد که کاهش عملکرد لوبیا همانند وزن صد دانه لوبیا و تعداد غلاف در بوته لوبیا بیشتر تحت تأثیر تنش آبی است تا کاربرد سموم علف کش است. نتایج نیز نشان داد که اعمال دوره کم آبیاری (۹ و ۱۲ روز) باعث کاهش شدید ۴۴ و ۲۳ درصدی عملکرد لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود عملکرد لوبیا یک صفت کمی و پیچیده

دور آبیاری ۱۲ روز یکبار مشاهده شد. همچنین نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی علف‌کش نشان داد که بیشترین شاخص برداشت لوبیا با میانگین ۵۱/۲۷ و ۴۶/۱۶ درصد مربوط به تیمار وجین دستی و ایمازتاپیر (پیش‌رویشی)+ بنتازون (پس‌رویشی) بود. کمترین شاخص برداشت لوبیا با میانگین ۴۴/۴۹ درصد مربوط به تیمار شاهد با علف‌هرز به دست آمد.

با توجه به محاسبات نیاز آبی، مشخص شد بیشترین میزان مصرف آب در مرداد و شهریورماه هم‌زمان با شروع غلاف دهی و پر شدن دانه لوبیا است. از دهه دوم مرداد تا دهه دوم شهریور ضریب گیاهی لوبیا ۱/۰۴ است. همچنین بیشترین میزان نیاز آبی خالص گیاه لوبیا با ۶۹۲/۶۴ و ۶۷۱/۰۸ مترمکعب در هکتار در دهه اول و دوم مرداد بود، که هم‌زمان با غلاف دهی لوبیا است. میزان آب مصرفی لوبیا در دور آبیاری ۴ روز در این زمان ۱۰۳۹ و ۱۰۰۷ مترمکعب، در دور آبیاری ۹ روز ۴۶۲ و ۴۴۷ مترمکعب و در دور آبیاری ۱۲ روز ۳۴۶ و ۳۳۵ مترمکعب در هکتار محاسبه و اعمال گردید.

بر اساس نتایج جداول تجزیه واریانس بهره‌وری آب لوبیاچیتی رقم کوشا (جدول ۲) با اعمال دوره‌های مختلف آبیاری و تیمارهای مختلف سم‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اعمال این تیمارها توانست بر روی میزان بهره‌وری آب لوبیا تأثیرگذار باشد. باین‌حال اعمال تیمارهای دور آبیاری در علف‌کش تأثیر معنی‌داری بر میزان بهره‌وری آب لوبیا نداشت. نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثرات اصلی دور آبیاری و تیمار علف‌کش بر بهره‌وری آب در لوبیاچیتی رقم کوشا نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب لوبیا با میانگین ۰/۸۷ مربوط به دور آبیاری ۹ روز یکبار و ۰/۵۱ مربوط به تیمار دور آبیاری ۴ روز یکبار بود. نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثرات اصلی دور آبیاری و تیمار علف‌کش بر بهره‌وری آب بیانگر وقوع بیشترین میزان بهره‌وری آب لوبیا با میانگین ۰/۸۷، ۰/۸۱ و ۰/۸۰ مربوط به تیمار وجین دستی، ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) به همراه بنتازون و ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت بود (شکل ۳). کمترین میزان بهره‌وری آب لوبیا با میانگین ۰/۴۹ مربوط به تیمار شاهد یا عدم کنترل علف‌های هرز بود. همچنین تیمار تریفلورالین (پیش‌کاشت) به تنهایی نیز پس از شاهد با علف‌هرز کمترین میزان بهره‌وری آب لوبیا را داشت (شکل ۳). Abd El-Wahed و همکاران (۲۰۱۷) اثر مالچ پاشی و سطوح مختلف کم آبیاری را برای لوبیا ارزیابی کردند، نتایج ایشان بیان‌گر بیشترین عملکرد دانه خشک لوبیا با تیمار بدون کمبود (آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد) و کمترین آن در تیمار آبیاری ۷۰ درصد

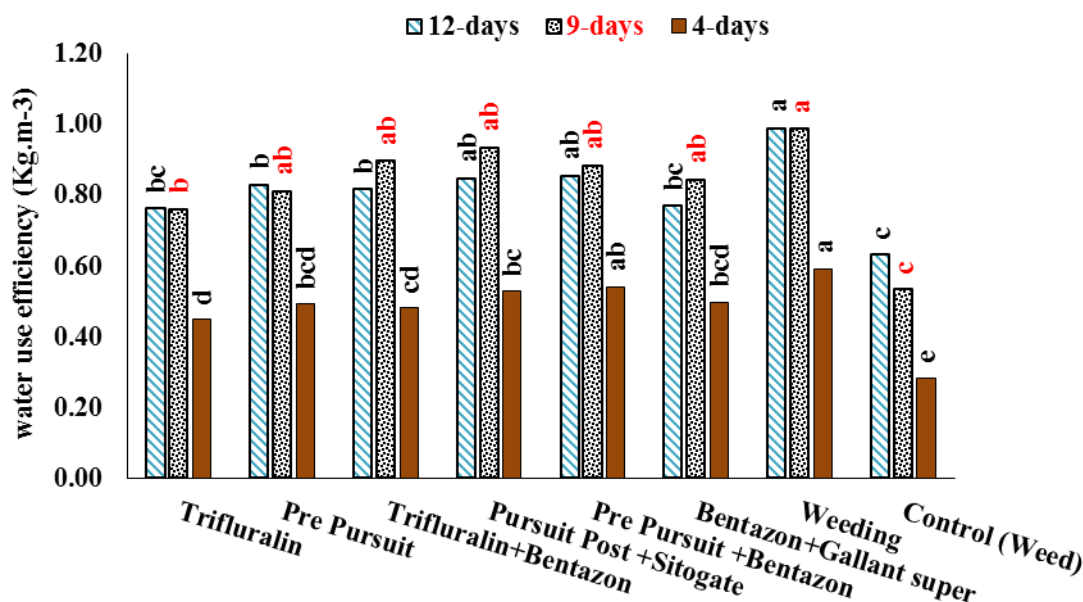
اندام هوایی و تعداد غده در دور آبیاری ۳ روز و کمترین میزان این صفات در دور آبیاری ۱۸ روز حاصل شد. از لحاظ مقادیر آبیاری بیشترین میزان این صفات در سطح شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شده است؛ و با افزایش شدت خشکی در هر دو نوع روش اعمال تنش، تمام خصوصیات رشدی علف‌هرز کاهش یافت (Karimi Arpanahi et al., 2017).

بر اساس نتایج جدول ۲، اعمال دوره‌های مختلف آبیاری و تیمارهای مختلف سم‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تیمارهای دور آبیاری در علف‌کش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی دور آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب با میانگین ۸۷۲۵/۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به دور آبیاری ۴ روز یکبار و ۵۱۲۵/۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲ روز یکبار بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد تیمار وجین دستی با میانگین ۷۴۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان و کمترین آن در تیمار با شاهد (با علف‌هرز) با میانگین ۴۷۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). اگرچه تیمارهای ایمازتاپیر (پیش‌رویشی)+ بنتازون (پس‌رویشی) و ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت نیز تأثیر خوبی بر روی افزایش عملکرد بیولوژیک داشتند.

با توجه به جدول مقایسه میانگین صفات به روش برش دهی فیزیکی، مشاهده شد که در دور آبیاری ۹ و ۴ روز در بین تیمارهای سم‌پاشی اختلافی وجود ندارد. در دور آبیاری ۱۲ روز نیز شاهد با علف‌هرز با ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد بیولوژیک است و بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا با ۵۷۰۰، ۵۶۰۰ و ۵۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در اثر اعمال تیمارهای ایمازتاپیر (پس‌رویشی) به همراه سیتوگیت، وجین و ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) به دست آمده است (شکل ۲). نتایج نشان داد، کاهش عملکرد بیولوژیک لوبیا بیشتر تحت تأثیر تنش آبی است به طوری که که اعمال دوره کم آبیاری (۱۲ و ۹ روز) باعث کاهش شدید ۴۲ و ۲۲ درصدی عملکرد بیولوژیک لوبیا نسبت به دور آبیاری ۴ روز می‌شود. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اعمال دوره‌های مختلف آبیاری و تیمارهای مختلف سم‌پاشی بر روی شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد در معنی‌دار بود. اعمال این تیمار توانست که بر روی شاخص برداشت لوبیا تأثیرگذار باشد. همچنین اعمال تیمارهای دور آبیاری در علف‌کش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت لوبیا با میانگین ۴۸/۲۸ درصد در دور آبیاری ۴ روز یکبار بود و کمترین این شاخص با میانگین ۴۶/۰۱ درصد مربوط به تیمار

از آب آبیاری بدون کاهش در محصول لوبیا مطلوب است.

بود. با این حال گزارش دادند، تحت شرایط محدودیت آب آبیاری استفاده از تیمار (آبیاری ۸۵ درصد) برای صرفه‌جویی ۱۵ درصد



شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارهای علف‌کش در هر سطح دور آبیاری، بر روی شاخص بهره‌وری مصرف آب لوبیاچیتی

Fig. 3. Mean comparison of Herbicide and Irrigation Interval on water productivity of Chiti bean

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means within each column with a letter in common, Based on Duncan's test are not significantly different at $\alpha=0.05$.

نتیجه‌گیری

پس از بررسی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق؛ درمجموع می‌توان توصیه نمود که برای غلبه بر کم‌آبی و افزایش بهره‌وری از منابع آبی بهتر است در محصول لوبیا از روش کم آبیاری استفاده نمود و دور آبیاری را از ۴ روز به ۹ روز افزایش داد. کاهش دور آبیاری سبب کنترل بیشتر تراکم و ماده خشک علف‌های هرز می‌شود. افزایش طول دور آبیاری از ۴ روز به ۹ و ۱۲ روز سبب کاهش رشد رویشی لوبیا شد که این امر باعث افزایش توانایی علف‌های هرز برای رقابت با محصول زراعی گردیده است، اما کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر و تریفلورالین به‌صورت پیش‌رویشی و سم‌پاشی مجدد علف‌کش بنتازون (پس‌رویشی) تا حد زیادی این نقیصه را برطرف کرده و مانع از رشد و نمو مجدد علف‌های هرز شد. کمترین میزان بهره‌وری آب لوبیا مربوط به تیمار شاهد با علف هرز بود. همچنین تیمار تریفلورالین (پیش‌کاشت) به‌تنهایی نیز پس از شاهد با علف هرز کمترین میزان بهره‌وری آب لوبیا را داشت. همچنین جهت

کاهش حداقلی درصد تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاچیتی رقم کوشا، کنترل تراکم و ماده خشک علف‌های هرز در واحد سطح و نهایتاً برداشت مناسب عملکرد لوبیا؛ از علف‌کش‌های ایمازتاپیر (پیش‌رویشی) به همراه علف‌کش بنتازون (پس‌رویشی) و تریفلورالین (پیش‌کاشت) به همراه علف‌کش بنتازون (پس‌رویشی) استفاده نمود.

سپاسگزاری

نتایج این مقاله از پروژه تحقیقاتی به شماره ۹۶۰۰۹۰-۴۷-۲۴-۱۶-۰۲۳، متعلق به سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مستخرج شده است. از ریاست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان، جناب آقای دکتر محمد ولی تقدسی که ویراستاری مقاله را برعهده داشته‌اند و همکار گرامی آقای محمود ملکی و سایر همکاران خودم در بخش که در اجرای پروژه مرا یاری داده‌اند کمال تشکر را دارم.

منابع

1. Abd El-Wahed, M. H., Baker, G. A., Ali, M. M., and Abd El-Fattah, F. A. 2017. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. *Journal of Scientia Horticulturae* 225(1): 235-242.
2. Adams, M. W. 1982. Plant architecture and yield breeding. *Journal of Research Iowa State* 56(3): 225-254.
3. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome 300(9), D05109.
4. Bennett, J.P., Adams, M.W., and Burga, C. 1997. Pod yield component variation and inter correlation in (*Phaseolus vulgaris*) as affected by planting density. *Journal of Crop Science* 17(1): 73-75.
5. Blackshaw, R. E. 1991. Hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) interference in dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Weed Science* 39(1): 48-53.
6. Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., Clayton, G.W., Harker, K.N., and Entz, T. 2007. Dry bean production in zero and conventional tillage. *Journal of Agronomy* 99(1): 122-126.
7. Boutraa, T. 2010. Improvement of water use efficiency in irrigated agriculture: a review. *Journal of Agronomy* 9(1): 1-8.
8. Boydston, R. A., Porter, L. D., Chaves-Cordoba, B., Khot, L. R., and Miklas, P. N. 2018. The impact of tillage on pinto bean cultivar response to drought induced by deficit irrigation. *Journal of Soil and Tillage Research* 180(1): 63-72.
9. Griffin, B. S., Shilling, D. G., Bennett, J. M., and Curry, W. L. 1989. The influence of water stress on the physiology and competition of soybean (*Glycine max*) and Florida beggar weed (*Desmodium tortuosum*). *Weed Sci.* 37: 544-551.
10. Karimi Arpanahi, N.A., Eslami, S., and Dehghan Khalili, R.A. 2017. The effect of drought stress on the growth and distribution of purple weevil (*Cyperus rotundus* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 31(1): 29-39. (In Persian with English Summary).
11. Karimzadeh Soureshjani, H., Nezami, A., Kafi, M., and Tadayon, M. 2019. Responses of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to deficit irrigation. *Journal of Agricultural Water Management* 213(1): 270-279. (In Persian with English Summary).
12. Lak, M.Z., Dori, H.R. and Farahani, L. 2013. The effect of weed intervention on yield and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Iranian Society of Weed Science* 9(1): 65-78.
13. Li, Y., Li, H., Li, Y., and Zhang, S. 2017. Improving water-use efficiency by decreasing stomatal conductance and transpiration rate to maintain higher ear photosynthetic rate in drought-resistant wheat. *The Crop Journal* 5(3): 231-239.
14. Malik, V. S., Swanton, C.J, and Michaels, T.E. 1993. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars, row spacing and seeding density with annual weeds. *Journal of Weed Science* 41(1): 62 – 68.
15. Ministry of Jihad-e Agriculture (MJA). 2021. Agricultural statistics data: Volume 1, Field Crops (2020-2021). Tehran: Bureau for Base Information and Studies, Ministry of Jihad-e Agriculture.p. 97. (In Persian).
16. Mosavi, S.K., Nazer kakhki, S.H., Lak. M. R., Tabatabaai, R. and Behrozi, D. 2011. Evaluation of Imazetapyr herbicide efficiency for weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2): 111-122. (In Persian with English Summary).
17. Pandey, R.K, Herrera, W.A.T., and Pendlton, J.W. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. 1. Yield and yield components. *Agronomy Journal* 76(4): 549-553.
18. Parker, R. 2003. Water Conservation; weed control Go Hand in Hand. Issued by Washington State University Cooperative Extension and the U. S. Department of Agriculture in furtherance of the Acts of May 8 and June 30, 1914. Available at Web site <http://rightsstatements.org/vocab/InC/1.0/>
19. Tarumingkeng, R., and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. *Kisman. Journal of Philosophy of Science* 702(1): 798-807.
20. Venuprasad, R., Lafitte, H. R., and Atlin, G. N. 2007. Response to Direct Selection for Grain Yield under Drought Stress in Rice. *Journal of Crop Science* 47(1): 285-293.
21. Wallace, J. S. (2000). Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment* 82(1-3): 105-119.

22. Yonts, C. D., Haghverdi, A., Reichert, D. L., and Irmak, S. 2018. Deficit irrigation and surface residue cover effects on dry bean yield, in-season soil water content and irrigation water use efficiency in western Nebraska high plains. *Journal of Agricultural Water Management* 199(1): 138-147.
23. Zanjani jam, M., and Sofi, M. 2005. Investigating the relationship between climate and watershed areas in Zanzan province. In: Abstract Book of the 3rd National Conference on Erosion and Sedimentation, August 28, 2005. Tehran Agricultural Research, Education and Extension Organization. (In Persian).



Effects of limited irrigation and herbicide on yield, yield components and water consumption of beans (*Phaseolus vulgaris* L.)

Kakhki^{1*}, Seyed Nazer; Vahedi², Samira; and Kamel³, Masoud

1. Research Trainer, Plant Protection Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran; shnkakhki@yahoo.com; ORCID: 0000-0002-1641-2216
2. Researcher, Soil and Water Research Department, Zanzan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanzan, Iran; Samva4s@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1090-0315
3. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran; masoud.kamel@yahoo.com; ORCID: 0000-0002-3853-680X

The Dates:

Received: 12 October 2022; Revised: 3 December 2022
Accepted: 13 March 2023; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Kakhki, S.N., Vahedi, S., and Kamel, M. 2023 Effects of limited irrigation and herbicide on yield, yield components and water consumption of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 146-159. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2210-1046

Introduction

The effectiveness of productivity and sustainable agricultural development depends on the availability of natural resources as well as the efficiency of management measures in agricultural lands. Increasing water use efficiency is a promising way to manage agricultural production in arid and semi-arid regions where there is little or no prospect of expanding water resources (Boutraa, 2010). According to Malik *et al.* (1993) bean yield may be reduced up to 70% when faced in competition with weeds. Extending the irrigation cycle (limited irrigation) in beans is expected to diminish not only the water consumption but also to influence the weed density along with dry matter too.

Materials and Methods

This project was conducted at Khair-abad research station in Zanzan, Iran, over a period of two years starting from the 2017 growing season. The experimental design utilized a randomized complete block design (RCBD) with 24 treatments and three replications. The treatments were arranged in a strip plot layout. The vertical factor of the experiment consisted of three levels of irrigation intervals: efficient irrigation (every 4 days), limited irrigation (every 9 days), and more limited irrigation (every 12 days). The horizontal factor involved eight sub-factors of herbicides: Trifluraline, Imazethapyr, Trifluraline + Bentazone, Imazethapyr + Bentazone, Imazethapyr + Sitogate, Bentazon + Gallant Super, traditional hand mowing, and a test sub-factor with no control. Several traits were evaluated in this study, including the number of pods, number of seeds per pod, 100-seed weight, bean grain yield, biological yield, harvest index, and productivity index. Data analysis and mean comparisons were performed using the SAS statistical software, employing Duncan's multiple range tests.

Results and Discussion

The Results indicated that both the herbicides and irrigation periods were effective on density and dry matter of weeds. Reducing irrigation intervals will allow for greater control of weed density and dry matter. Imazethapyr and Trifluraline herbicides as pre-emergence and pre-plant followed by post emergence application of Bentazone leads to about 85 and 82 % reduction at in weeds density at bean 3rd three leaflet appearance stage, 85 and 82 % reduction at 50% flowering stage bean in tow year of the study recorded the

* Corresponding Author: shnkakhki@yahoo.com

most reduction on weeds density. Moreover, these herbicides inducing about 88 and 81% decrease at bean 3rd three leaflets and 91 and 87% decrease at bean 50% flowering stage. These treatments after weeding had the highest control on weed density and dry matter. Trifluraline, when applied as a pre-plant treatment, showed the lowest effectiveness in controlling weeds among all the treatments. It resulted in an average reduction of 49% at the appearance of the bean's third three leaflets and approximately 70% reduction at the 50% flowering stage of the bean plant. This treatment consistently ranked the lowest in terms of weed control throughout the study period. The treatments of Imazethapyr, whether applied solely as a pre-emergence treatment or in combination with Situgate as a post-emergence treatment, were found to be ineffective in controlling weeds. Therefore, these treatments are not recommended for weed management in beans, particularly under limited irrigation regimes. The maximum number of sheaths, grains per sheath, and weight of 100 grains were observed in the irrigation regime of every 4 days when integrated with the application of Trifluraline, traditional hand mowing, Imazethapyr + Situgate, and Imazethapyr alone. In terms of bean harvest, the highest yields of 5175 kg/ha, 4707 kg/ha, and 4624 kg/ha were obtained from the irrigation regime of every 4 days when integrated with traditional hand mowing, the application of Imazethapyr + Bentazone, and Imazethapyr + Situgate, respectively. On the other hand the best biological performance as 9950, 9783, and 9733 kg/ha were related to 4 days interval when integrated with application of Imazethapyr + Bentazone, hand mowing, and Imazethapyr + Situgate. The maximum bean harvest index at 52.82 and 50.80 percent were related to 4 and 9 days intervals integrated with hand mowing, followed by 50.54 percent related to 4 days round integrated with Imazethapyr and 9 days round integrated with Trifluraline+ Bentazone. The highest water efficiency as 0.83 was related to 9 days interval whereas the lowest one as 0.48 was related to 4 days round. Regarding the horizontal factors, during the two years study the maximum water efficiency as 0.86, 0.77, and 0.76 were registered at treatments of hand mowing, application of combined Imazethapyr + Bentazone, and combined Imazethapyr + Situgate, respectively.

Conclusion

Based on the overall results and considering water shortage as well as water usage efficiency and decreasing the amount of both performance and traits of performance reduction in Chiti bean "Kosha" leading to desirable weeds control and bean yield, nine days round irrigation could be recommended provided with application of Imazethapyr or trifluraline herbicides with Bentazone.

Keywords: Crop management; Herbicide; Irrigation period; Surface irrigation



ارزیابی کارآیی زمان کاربرد برخی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز

مزارع عدس دیم (*Lens culinaris Medik.*)

بنت‌الهدی جعفری^۱، عبدالرضا احمدی^{۲*} و سیدکریم موسوی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران؛ j.hoda91@yahoo.com

۲- دانشیار علوم علف‌های هرز، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران؛ Ahmadi.a@lu.ac.ir

ORCID: 0000-0003-3135-4648

۳- استادیار علوم علف‌های هرز، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش

و ترویج کشاورزی، لرستان، ایران؛ skmousavi@gmail.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۶، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

جعفری، ب.، احمدی، ع. و موسوی، س.ک. ۱۴۰۲. ارزیابی کارآیی زمان کاربرد برخی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز مزارع عدس دیم (*Lens culinaris Medik.*). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۱۶۰-۱۷۹.

چکیده

گیاه عدس به دلیل ارتفاع نسبتاً کم و رشد اولیه کند، در رقابت با علف‌های هرز آسیب‌پذیر است. اگرچه بیشترین تولید عدس در شرایط دیم است، اطلاعات کمی در مورد کنترل شیمیایی آنها منتشر شده است. آزمایش مزرعه‌ای برای تعیین اثربخشی هشت تیمار علف‌کش شامل اکسی‌فلورفن، ایزوکسافلوتل، فلومتسولام، متری‌بیوزین، پندیمتالین/ریا، پندیمتالین پرول، ایمازتاپیر و مخلوط پندیمتالین+ایمازتاپیر در سه زمان (کاربرد بلافاصله پس از کاشت، کاربرد پیش‌رویشی و کاربرد پس‌رویشی زود هنگام) به منظور کنترل علف‌های هرز و رشد و عملکرد در عدس دیم به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ اجرا شد. گونه‌های علف‌هرز شایع و غالب مزرعه شامل گلرنگ‌وحشی (*Carthamus oxyacantha M.Bieb.*)، شیرپنیر (*Galium aparine L.*)، جغجغک (*Vaccaria grandiflora Jaub. & Spach.*)، خلر (*Lathyrus sativa L.*)، گوش‌فیلی (*Conringia L. orientalis*)، ماشک (*Vicia villosa Roth*)، کنف وحشی (*Hibiscus trionum L.*)، پیچک‌صحرايي (*Convolvulus arvensis L.*) و گوش‌بره (*Chrozophora tinctoria (L.) A.Juss.*) بود. بر اساس نتایج آزمایش، میانگین تراکم علف‌های هرز برای تیمارهای پیش‌رویشی و پیش‌رویشی علف‌کش‌ها به ترتیب ۱۴/۹ و ۳۱/۰ درصد کمتر از کاربرد بلافاصله پس از کاشت بود. میانگین تراکم علف‌های هرز برای کاربرد پس‌رویشی ایزوکسافلوتل و متری‌بیوزین در مقایسه با کاربرد بلافاصله پس از کاشت آنها به ترتیب ۵۲/۱ و ۵۰/۳ درصد کمتر بود. علف‌کش‌های متری‌بیوزین، ایزوکسافلوتل و اکسی‌فلورفن به ترتیب با ۲۸/۹، ۲۷/۲ و ۱۴/۴ درصد گیاه‌سوزی، بیشترین آسیب را ایجاد کردند. نتایج نشان داد فلومتسولام به میزان ۲۰ گرم در هکتار به عنوان علف‌کش اولیه پس از سبز شدن و کاربرد پس‌رویشی زود هنگام ایمازتاپیر با ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار نیز می‌توانند بدون هیچ‌گونه اثر مضر قابل توجهی استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: ایزوکسافلوتل؛ ایمازتاپیر؛ فلومتسولام؛ متری‌بیوزین

مقدمه

در هکتار کشت شد (FAO, 2016). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۱۲۹ هزار هکتار و میزان تولید آن ۷۴ هزار تن گزارش شده است که از نظر سطح زیر کشت در جهان رتبه نهم و از نظر تولید در رتبه نوزدهم قرار دارد (FAO, 2016). عدس گیاهی سرمدوست و روز بلند بوده و تا ارتفاعات ۳۵۰۰ متری از سطح دریا قابل کشت است (Azari et al., 2022). توانایی عدس در تثبیت زیستی نیتروژن باعث بهبود وضعیت مواد

عدس (*Lens culinaris Medik.*) یکی از مهم‌ترین حبوبات است که در ایران به صورت آبی و دیم کشت می‌شود. در سال ۲۰۱۷، در سطح جهان حدود چهار میلیون هکتار با تولید کل ۴/۶۰ میلیون تن و متوسط بهره‌وری ۱۰۰۰ کیلوگرم

* نویسنده مسئول: Ahmadi.a@lu.ac.ir

نیستند (Wall, 1994; Vencill, 2002). در گزارش دیگری عنوان شده است که گیاه عدس نسبت به مصرف پیش‌کاشت آمیخته با خاک علف‌کش پندیمتالین مقاوم و متحمل می‌باشد (Hanson & Thill, 2001). بطوری که تیمارهای ترکیبی علف‌کش پندیمتالین با وجین و علف‌کش‌های پندیمتالین و پیریدیت، به ترتیب باعث افزایش ۵۹ و ۴۷ درصد عملکرد عدس شد (Mojni *et al.*, 2004). در آزمایش‌های سایر محققان اثر علف‌کش پندی‌متالین در افزایش عملکرد عدس، گزارش شده است (Parsa & Bagheri, 2008; Izadi, 2021). اما گزارش‌های Darbandi and Maghsoudi, (2021) تحقیقاتی در مورد علف‌کش‌های انتخابی برای محصولات حبوبات در ادبیات نسبتاً محدود است. در پژوهش Chaudhary *et al.*, (2011) علف‌کش پندیمتالین کنترل ضعیفی بر علف‌های هرز پهن‌برگ نشان داد ولی جمعیت علف‌های هرز باریک‌برگ را به طور قابل توجهی کاهش داد.

برای کنترل پس‌رویشی علف‌های هرز در مزارع عدس نسبت به سایر حبوبات مانند سویا، تعداد علف‌کش پس‌رویشی کمتری وجود دارد (Singh *et al.*, 2014). متری بیوزین نیز از علف‌کش‌هایی است که در کشت عدس بصورت پس‌رویشی و گاهی اوقات بصورت پیش‌رویشی در مزارع کشورهای مختلف از جمله کانادا و استرالیا استفاده می‌شود (McMurray *et al.*, 2018). گزارش شده است که کاربرد پس‌رویشی متری بیوزین و ترکیب متری بیوزین + فلوآزیفوپ-پی-بوتیل بطور قابل توجهی تراکم عدس را بین ۳۳/۱ و ۴۳/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد تداخل افزایش دادند (Kantar *et al.*, 2005). (Veisi, 2001) طی یک بررسی اظهار داشته، کاربرد علف‌کش ایزوکسافلوتل به صورت پس‌رویشی و پیش‌رویشی اختلاف معنی‌دار با شاهد بدون کنترل داشته است. در تحقیقی در لرستان، تیمارهای کاربرد پس‌رویشی ایزوکسافلوتل و فومسافن به ترتیب ۹۶/۵ درصد و ۹۹ درصد علف‌های هرز را کنترل کردند و مناسب‌ترین تیمارها از نظر کاهش علف‌های هرز مزارع نخود بودند (Mousavi *et al.*, 2010).

معرفی و کاربرد علف‌کش‌های مؤثر با طیف کنترلی وسیع و با محل‌های هدف متنوع، از جمله ضرورت‌های مدیریت علف‌های هرز است (Ahmadi *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2014). بنابراین استفاده بهینه و به موقع از علف‌کش‌های مناسب می‌تواند به طور مؤثری از رقابت علف‌های هرز با محصول زراعی در مراحل اولیه رشد جلوگیری کرده و مانع از کاهش عملکرد آن شود (Délye, 2005; Heap & Duke, 2018; Matthews, 2018). این پژوهش با هدف ارزیابی

غذایی خاک و ثبات در نظام‌های تولید زراعی می‌شود. عواملی مانند هزینه بالای تولید کودهای نیتروژن غیر ارگانیک آینده روشنی را پیش‌روی تولید محصولات زراعی دارای سازگاری با نظام‌های تناوبی و توانایی تثبیت نیتروژن از قبیل عدس ترسیم نموده است (Hossain *et al.*, 2016; Abi-Ghanem *et al.*, 2011). علف‌های هرز عوامل زیستی محدود کننده عملکرد هستند که بدون توجه انسان در محصولات رشد می‌کنند. رشد و نمو بهینه گیاهان زراعی به تغذیه متعادل و در دسترس بودن رطوبت، فضا و تشعشعات فعال فتوسنتزی بستگی دارد (Fageria *et al.*, 2010). علف‌های هرز همچنین مصرف این منابع را برای رشد، توسعه و تولیدمثل خود هدف قرار می‌دهند. از این‌رو، علف‌های هرز و گیاهان زراعی معمولاً در یک رقابت ثابت برای تغذیه، فضا، رطوبت و نور هستند (Guglielmini *et al.*, 2016).

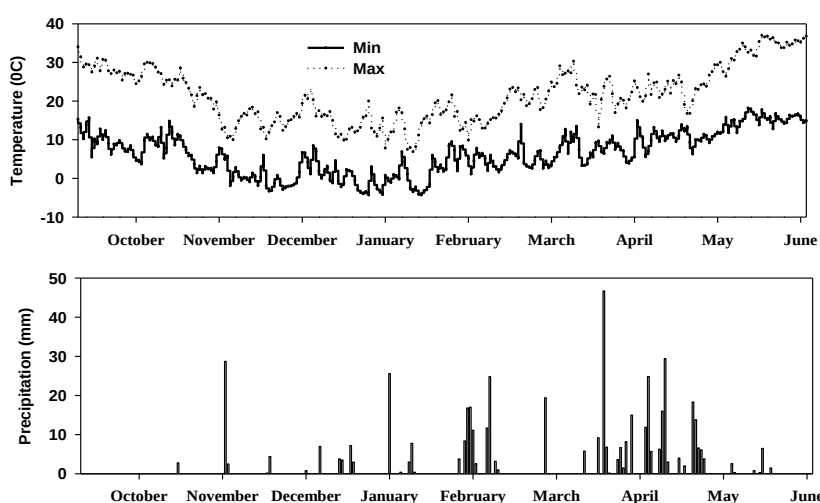
در برخی از گیاهان زراعی، علف‌های هرز ممکن است باعث کاهش عملکرد جزئی کمتر از ۱۰ درصد شوند. با این حال، در چندین محصول، علف‌های هرز ممکن است عملکرد را نزدیک به ۵۰ درصد کاهش دهد (Jabran *et al.*, 2015). مدیریت ضعیف علف‌های هرز یکی از دلایل مهم بهره‌وری پایین عدس است. گیاه عدس بدلیل ارتفاع نسبتاً کم و رشد اولیه کند، در رقابت با علف‌های هرز ضعیف بوده و عملکرد محصول را به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. این کاهش عملکرد ۴۰ تا ۸۰ درصدی گزارش شده است (Bhowmick *et al.*, 2010). از این‌رو، به دلیل رقابت شدید علف‌های هرز و خسارات ناشی از آنها به عدس، کنترل پایدار علف‌های هرز مورد نیاز است. علف‌کش‌ها به دلیل کارایی و صرفه اقتصادی، نقش محوری در مدیریت علف‌های هرز ایفاء می‌کنند (Mckay *et al.*, 2002). علف‌کش‌های مختلف قبل از کاشت/پیش‌رویشی مانند تری‌فلورالین، پندیمتالین که برای کنترل علف‌های هرز در عدس توصیه می‌شود، فقط برای دوره اولیه حدود یک ماهه مؤثر هستند، در حالی که عدس یک محصول طولانی مدت (۱۴۵ روز) است و جوانه زدن علف‌های هرز بعداً نیز با محصول رقابت می‌کند (Zollinger, 2006; Elkoca *et al.*, 2005; Brand *et al.*, 2007; Ellis *et al.*, 2017). در ایران تعداد علف‌کش ثبت شده برای عدس شامل دو علف‌کش پندی‌متالین و پرومترین است که هر دو بصورت پیش‌رویشی کاربرد دارند (Zand *et al.*, 2017). گزارش شده است که پندیمتالین تنها علف‌کش از خانواده دی‌نیتروآنیلین است که در زراعت عدس مورد استفاده قرار می‌گیرد و دیگر علف‌کش‌های این خانواده مانند اتال‌فلورالین و تری‌فلورالین به دلیل گیاه‌سوزی و ایجاد خسارت، در زراعت عدس قابل استفاده

کارایی زمان کاربرد برخی علفکش برای کنترل علف‌های هرز مزارع عدس اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی کارایی زمان کاربرد برخی علفکش‌ها برای کنترل علف‌های هرز مزارع عدس دانه قرمز (توده محلی) با ارتفاع متوسط ۲۲ سانتی متر و وزن ۱۰۰۰ دانه ۲۹ گرم به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه

تحقیقات سراب چنگایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان واقع در شهرستان خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۱۱۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی کلی لوم با ۱/۱۱ درصد ماده آلی بود. مشخصات پارامترهای هواشناسی منطقه در سال زراعی اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- تغییرات دمای حداقل و حداکثر روزانه و مقدار بارندگی روزانه در مکان آزمایش در خرم‌آباد، ایران در فصل رشد عدس د سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶.

Fig. 1. Minimum and maximum daily temperature and daily precipitation at the experimental site of Khorramabad, Iran during the lentil growing season in 2017-2018.

۱۳۹۶ زمینی که دارای سابقه آلودگی کافی به علف‌های هرز بوده (جدول ۱)، انتخاب شد.

عملیات تهیه بستر کاشت شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک‌زنی برای خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین با ماله بود. کاشت به صورت دستی در کرت‌هایی با ۶ ردیف بطول ۵ متر با فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر در تاریخ ۳۰ آذرماه ۱۳۹۶ صورت گرفت. تراکم کاشت بر اساس ۷۵ کیلوگرم بذر در هکتار محاسبه شد (برای اعمال تاکم مطلوب ۱۰۰ بوته در مترمربع). سمپاشی بر مبنای تیمارهای ذکر شده در زمان مقتضی صورت گرفت. هر کرت آزمایش از نظر طولی به دو قسمت تقسیم گردید. قسمت بالایی هر کرت سمپاشی نشده و به عنوان شاهد آن کرت در نظر گرفته شد و قسمت پایین آن اعمال تیمار گردید. سمپاشی بلافاصله پس از کاشت (چهار روز پس از کاشت)، سمپاشی پیش‌رویشی (۶ هفته پس از کاشت) و سمپاشی پس‌رویشی زود هنگام حدود ۱۰ هفته

هشت تیمار علفکش به کرت اصلی و زمان کاربرد علفکش در ۳ سطح (۱- کاربرد بلافاصله پس از کاشت، ۲- کاربرد پیش از رویش عدس، ۳- کاربرد پس‌رویشی زود هنگام علفکش مقارن با ظهور گره چهارم عدس) به کرت فرعی اختصاص داده شد. سطوح کرت اصلی (تیمارهای علفکش) شامل ۱- اُکسی‌فلورفن (EC24%) به مقدار ۱ لیتر در هکتار، ۲- ایزوکسافلوتل (SC480) به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار، ۳- فلومتسولام (WG800) به مقدار ۲۰ گرم در هکتار، ۴- متری‌بیوزین (WP70%) به مقدار ۵۰۰ گرم در هکتار، ۵- پندیمتالین آریا (EC33%) به مقدار ۴ لیتر در هکتار، ۶- پندیمتالین پرول (CS45.5%) به مقدار ۴ لیتر در هکتار، ۷- ایمازتاپیر (SL 10%) به مقدار ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار و ۸- مخلوط پندیمتالین پرول (۲ لیتر در هکتار) + ایمازتاپیر ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار بودند. به منظور انجام آزمایش در پاییز سال

پس از کاشت، زمانی که عدس در مرحله رشد برگ شش تا هشت ترکیبی بود، با استفاده از سمپاش پشته ماتابی با نازل شراهی کالیبره شده بر اساس پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار انجام شد.

جدول ۱- علف‌های هرز مزرعه عدس به ترتیب غالبیت

Table 1. Weeds based on dominance in lentil field

نام فارسی	نام علمی	خانواده گیاهی	غالبیت
Persian name	Scientific name	Plant family	Dominant
شیرینبر	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae	***
گلرنگ وحشی	<i>Carthamus oxycantha</i> M.Bieb.	Asteraceae	***
پیچک صحرایی	<i>Lathyrus sativa</i> L.	Fabaceae	***
ماشک گل خوشه‌ای	<i>Vicia villosa</i> Roth	Fabaceae	**
جنگجک	<i>Vaccaria grandiflora</i> Jaub. & Spach	Caryophyllaceae	*
شقایق	<i>Papaver</i> spp.	Papaveraceae	*

*, ** and *** Recessive, Semi dominant, Dominant

*, **, *** به ترتیب مغلوب، نیمه غالب و غالب

علف‌کش‌ها بر اساس تجزیه کلاستر به روش Ward در نرم افزار JMP نسخه ۷ صورت پذیرفت. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات فلور علف‌هرز از سه شاخص فراوانی، یکنواختی پراکنش و میانگین تراکم بر اساس معادلات ۱ تا ۳ به شرح ذیل استفاده شد (Thomas, 1991).

$$F_k = \frac{\sum Y_i}{n} * 100 \quad (\text{معادله ۱})$$

F_k^1 : فراوانی گونه K

Y_i : حضور (۱) و یا عدم حضور (۰) گونه K در مزرعه شماره i

n: تعداد مزارع مورد بازدید

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}}{\sum_{j=1}^m m} \quad (\text{معادله ۲})$$

U_k^2 : یکنواختی گونه K در مزرعه

X_{ij} : حضور (۱) و یا عدم حضور (۰) گونه K در کوادرات شماره i در مزرعه شماره j

n: تعداد مزارع مورد بازدید

m: تعداد کوادرات

$$D_{ki} = \frac{\sum Z_j}{m} * 4 \quad (\text{معادله ۳})$$

یک ماه بعد از اولین مرحله کاربرد علف‌کش‌ها، تراکم علف‌های هرز بر مبنای ارزیابی چشمی اثرات گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها روی گیاه زراعی عدس اندازه‌گیری شد. ارزیابی چشمی اثرات گیاه‌سوزی روی گیاه‌زراعی عدس بر مبنای EWRC در دامنه صفر تا ۱۰۰ (نمره صفر گویای فقدان هر گونه تأثیر منفی و نمره ۱۰۰ گویای نابودی کامل) مورد بررسی قرار گرفت (Sandra et al., 1997).

اطلاعات مربوط به گونه‌های علف‌هرز در هر کرت در مرحله گلدهی عدس جمع‌آوری شد. دو کوادرات (۰/۲۵ مترمربع) به طور تصادفی در هر کرت قرار گرفتند و علف‌های هرز از سطح زمین به وسعت ۰/۵ مترمربع بریده شدند. علف‌های هرز برای جداسازی به آزمایشگاه برده شدند و برای تعیین وزن خشک در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی عدس، با برداشت بوته‌های عدس هر کرت فرعی به طور جداگانه با دست به استثنای یک ردیف از هر طرف و ۵۰ سانتی‌متر از دو انتها در تاریخ ۹۷/۰۳/۲۰ (سطح برداشت ۳/۲ متر مربع)، اجزای عملکرد گیاه‌زراعی اندازه‌گیری شد. تعیین صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد نیز بر مبنای ۲۰ بوته با انتخاب تصادفی از هر کرت در مرحله برداشت نهایی صورت گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن صد دانه بود. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش از طریق آنالیز واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1 صورت گرفت. کارایی کنترلی علف‌کش‌ها بر مبنای سهم نسبی هر تیمار در مقایسه با سایر تیمارها از نظر مؤلفه‌های علف‌هرز (تراکم و زیست‌توده) و گیاه‌زراعی (عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد) از تجزیه کلاستر استفاده شد. گروه‌بندی میانگین کارآمدی نسبی

Dki¹: تراکم (تعداد بوته در مترمربع) برای گونه K در مزرعه شماره i
Zj: تعداد گیاهان در کoadرات (۰/۲۵ مترمربعی)
m: تعداد کoadرات ها

نتایج و بحث

گونه‌های علف‌هرز

گلرنگ‌وحشی (*Carthamus oxyacantha* M.Bieb)، سس (*Cuscuta campestris*)، شیرپنیر (*Galium aparine* L.)، خللر (*Lathyrus sativa* L.)، توق (*Xanthium strumarium*)، گوش‌فیلی (*Conringia*)، ماشک (*Vicia villosa*)، شقایق (*Papaver*)، ماشک (*orientalis*)، کاهوی وحشی (*Lactuca* spp.)، گوش‌بره (*spp.*)، کاهوی وحشی (*Chrozophora tinctoria* (L.) A.Juss)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و جفجفک (*Vaccaria grandiflora* Jaub. & Spach.) از جمله مهم‌ترین علف‌های هرز در سطح مزرعه آزمایش بودند (جدول ۲). در پژوهش (Ahmadi et al., 2013) در شرایط آب و هوایی شهرستان خرم‌آباد، مهم‌ترین علف‌های مشکل‌آفرین کشت عدس دیم به ترتیب گلرنگ‌وحشی (*C. oxyacantha*)، شیرپنیر (*G. tricornutum*)، خردل‌وحشی (*S. arvensis*)، جفجفک (*V. grandiflora*) و گوش‌فیلی (*C. orientalis*) گزارش شده است. علف‌های هرز پهن‌برگ یک مشکل جدی در تولید حبوبات است، بدلیل اینکه علف‌کش‌های انتخابی کمی برای کنترل این علف‌های هرز ثبت شده است (Fraser et al., 2003). نتایج نشان داد که اثربخشی کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پندیمتالین به میزان ۴ لیتر در هکتار در کاهش تراکم علف‌هرز پیچک چشمگیر بود. علاوه بر علف‌کش پندیمتالین، کاربرد پیش‌رویشی زودهنگام علف‌کش اکسی‌فلورفن به میزان ۱ لیتر در هکتار بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز پیچک صحرایی را سبب شد، کارایی بالا احتمالاً بدلیل حساسیت گیاهچه‌های علف‌هرز پیچک به این علف‌کش تماسی می‌باشد. این موضوع در مطالعه‌ای مشابه (Delivin et al., 1991) در کاربرد پیش‌رویشی ۵۰ درصد میزان توصیه شده اکسی‌فلورفن دو هفته پس از کاشت سویا، علف‌های هرز گاوپنبه، توق، پیچک‌صحرایی و سایر علف‌های هرز را مهار کرد. علیخانی و همکاران (Alikhani et al., 2017) در بررسی اثر سطوح علف‌کش اکسی‌فلورفن بر کنترل علف‌هرز پیچک‌صحرایی در دو رقم ماش (*Vigna radiate*) در شرایط نشان دادند، در بین تیمارهایی

تراکم علف‌های هرز

تراکم علف‌های هرز در ۴۲ روز پس از سبز شدن عدس تحت تأثیر تیمارهای علف‌کش قرار نرفت (جدول ۳). با این حال درصد تراکم علف‌های هرز در تیمارهای فلومتسولام، ایمازتاپیر و پندیمتالین آریا ۳۵ درصد نسبت به علف‌کش‌های پرول، متری‌بیوزین و ایزوکسافلوتل بیشتر بود (شکل ۲). تراکم علف‌های هرز به طور کاملاً معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر زمان کاربرد علف‌کش قرار گرفت (جدول ۳). مجموع تراکم علف‌های هرز برای تیمارهای کاربرد علف‌کش به صورت پیش‌رویشی زودهنگام و پیش‌رویشی به طور معنی‌داری کمتر از میانگین تراکم علف‌های هرز برای تیمار کاربرد علف‌کش به صورت بلافاصله بعد از کاشت گیاه‌زراعی بود. میانگین تراکم علف‌های هرز برای تیمارهای پیش‌رویشی و پیش‌رویشی ۱۴/۹ و ۳۱/۰ درصد کمتر از کاربرد پیش از کاشت بود. بین زمان‌های کاربرد پیش‌رویشی و پس‌رویشی از نظر تراکم علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ هر چند میانگین تراکم علف‌های هرز برای تیمار پیش‌رویشی به میزان ۱۹/۰ درصد کمتر از کاربرد پیش‌رویشی بود (شکل ۲). کنترل علف‌های هرز ارتباط معناداری با گونه علف‌هرز، مرحله رویشی علف‌هرز و میزان علف‌کش دارد (Kieloch & Domaradzki, 2011)، بنابراین کاربرد پیش‌رویشی بدلیل اینکه علف‌های هرز در مراحل اولیه در تماس با علف‌کش قرار می‌گیرند از کارایی بیشتری برخوردار است.

تراکم علف‌های هرز به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل نوع و زمان کاربرد علف‌کش قرار نرفت (جدول ۳). کمترین میانگین تراکم علف‌های هرز به تیمار کاربرد پس از کاشت علف‌کش فلومتسولام مربوط بود. بیشترین میانگین تراکم علف‌های هرز نیز به تیمار کاربرد پس‌رویشی علف‌کش ایزوکسافلوتل اختصاص داشت. در مجموع تیمار پیش‌رویشی ایزوکسافلوتل تأثیر مناسب تری از نظر کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد پس‌رویشی آن داشت. میانگین تراکم علف‌های هرز برای کاربرد پیش‌رویشی ایزوکسافلوتل و متری‌بیوزین در مقایسه با کاربرد پس از کاشت آنها به ترتیب ۵۲/۱ و ۵۰/۳ درصد کمتر بود (شکل ۲).

درصد گیاه‌سوزی عدس

بین انواع علف‌کش‌های مورد آزمایش از نظر تأثیر گیاه‌سوزی روی گیاه‌زراعی عدس در اوایل فصل رشد ۴۲ روز پس از کاشت تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بر اساس ارزیابی صورت گرفته در ۴۲ روز پس از کاشت بیشترین میانگین اثرات گیاه‌سوزی روی گیاه عدس به علف‌کش‌های متری‌بیوزین و ایزوکسافلوتل به ترتیب برابر ۲۸/۹ و ۲۷/۲ درصد مربوط بود. کمترین میانگین اثرات گیاه‌سوزی روی گیاه‌زراعی عدس به پندیمتالین آریا مربوط بود که با علف‌کش‌های مخلوط پرول+ایمازتاپیر، ایمازتاپیر و فلومتسولام تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳).

تأثیر زمان کاربرد علف‌کش بر میزان گیاه‌سوزی گیاه‌زراعی عدس در ۴۲ روز پس از کاشت از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین درصد گیاه‌سوزی برای تیمار کاربرد قبل از رویش گیاه‌زراعی به میزان ۴۲/۷ درصد کمتر از تیمار کاربرد علف‌کش بلافاصله پس از کاشت بود. این موضوع گویای ایمنی نسبی بیشتر کاربرد علف‌کش‌های قبل از رویش گیاه‌زراعی در مقایسه با کاربرد بلافاصله پس از کاشت و کاربرد پس‌رویشی زود هنگام است (شکل ۳).

اثر متقابل نوع علف‌کش و زمان کاربرد علف‌کش برای درصد گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها روی گیاه‌زراعی عدس در اوایل فصل رشد از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میانگین اثر گیاه‌سوزی عدس به تیمارهای کاربرد بلافاصله پس از کاشت متری‌بیوزین و کاربرد پس‌رویشی زود هنگام ایزوکسافلوتل مربوط بود. بررسی‌های جانسون و همکاران (Johnson et al., 2007) نشان می‌دهد که کاربرد پیش‌رویشی ایزوکسافلوتل بهتر از کاربرد پس‌رویشی آن می‌باشد. این رخداد به مرحله رشدی گیاه زراعی برمی‌گردد با توجه به اینکه در مراحل خیلی ابتدایی تر را ندارد، گیاه عدس هنگام خروج از خاک به دلیل عدم توانایی تجزیه علف‌کش دچار گیاه‌سوزی می‌شود. در بین تیمارهای علف‌کش، کاربرد بلافاصله پس از کاشت و پیش از رویش گیاه‌زراعی، علف‌کش پندیمتالین آریا فاقد هر گونه تأثیر گیاه‌سوزی مشهود روی گیاه‌زراعی عدس بودند (شکل ۳). در پژوهش Ahmadi et al. (2016) در شرایط آب و هوایی شهرستان خرم‌آباد، کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین به میزان یک کیلوگرم در هکتار اثر گیاه‌سوزی معنی‌داری بر گیاه‌زراعی عدس داشت.

ارزیابی جمعیت علف‌هرز در ۷۰ روز پس از کاشت

تراکم علف‌های هرز: با توجه به جدول تجزیه واریانس، تراکم علف‌های هرز در ۷۰ روز پس از کاشت رشد تحت تأثیر نوع و زمان علف‌کش قرار نداشت (جدول ۴)؛ با این وجود کمترین (۱۸/۸۹ بوته در متر مربع) و بیشترین (۸۳/۳۴ بوته در متر مربع) میانگین تراکم علف‌های هرز به ترتیب به علف‌کش‌های فلومتسولام و ایزوکسافلوتل مربوط بود. سایر علف‌کش‌ها از نظر تراکم علف‌های هرز با تیمارهای حائل حداقل و حداکثر تراکم علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴). همچنین میانگین تراکم علف‌های هرز برای کاربرد بلافاصله بعد از کاشت ۵۳/۳ درصد کمتر از کاربرد قبل از رویش گیاه‌زراعی بود.

در صورتی که تراکم علف‌های هرز در ۷۰ روز پس از کاشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل نوع و زمان کاربرد علف‌کش قرار گرفت (جدول ۴). در بین تیمارهای علف‌کش بیشترین (۱۶۲/۲ بوته در مترمربع) و کمترین (۶/۶۷ بوته در مترمربع) میانگین تراکم علف‌های هرز به ترتیب به تیمار کاربرد قبل از رویش ایزوکسافلوتل و کاربرد بلافاصله پس از کاشت فلومتسولام اختصاص داشت. به استثنای علف‌کش‌های اکسی‌فلورفن و فلومتسولام در مورد سایر علف‌کش‌های مورد آزمایش بین زمان‌های مختلف کاربرد علف‌کش از نظر تراکم علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثربخشی کاربرد پس‌رویشی زود هنگام علف‌کش اکسی‌فلورفن و کاربرد بلافاصله پس از کاشت ایزوکسافلوتل در کاهش تراکم علف‌های هرز چشمگیر بود. در مورد علف‌کش اکسی‌فلورفن، میانگین تراکم علف‌های هرز برای کاربرد پس‌رویشی زود هنگام ۸۴/۱ درصد کمتر از کاربرد قبل از رویش گیاه‌زراعی بود، و در مورد علف‌کش ایزوکسافلوتل نیز میانگین تراکم علف‌های هرز برای کاربرد بلافاصله پس از کاشت ۷۹/۳ درصد کمتر از کاربرد پیش‌رویشی زود هنگام بود. بین کاربرد دو نشان تجاری پندیمتالین (پرول و آریا) از نظر تراکم علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی که اضافه شدن ایمازتاپیر به پرول در مورد کاربرد پس‌رویشی سبب افزایش کارایی ترکیب علف‌کش در کاهش تراکم علف‌های هرز به میزان ۶۵/۳ درصد شد (شکل ۴).

جدول ۲- میانگین تراکم، یکنواختی پراکنش و فراوانی گونه‌های علف‌هرز شایع در سطح مزرعه عدس

Table 2. Average density, uniformity of distribution and abundance of common weed species in the lentil field

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	خانواده گیاهی Plant family	شکل رویش Vegetative form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	میانگین تراکم MD (plant/m ²)	یکنواختی پراکنش distribution uniformity	درصد فراوانی Frequency (%)
شیرینیر	<i>Galium aparine L.</i>	Rubiaceae	A	C3	5.5	56.3	91.7
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Convolvulaceae	P	C3	5.2	54.8	87.4
ماشک گل خوشه‌ای	<i>Vicia villosa</i>	Fabaceae	A	C4	5	30.9	66.7
شقایق	<i>Papaver spp</i>	Papaveraceae	A	C3	4.5	12.3	41.7
سس	<i>Cuscuta campestris</i>	Cuscutaceae	A	C3	2.1	9.9	50
جنگجک	<i>Vaccaria grandiflora</i> Jaub. & Spach	Caryophyllaceae	A	C3	1.1	3.7	58.3
گوش‌فیلی	<i>Conringia orientalis</i> (L.)	Brassicaceae	A	C4	0.9	39.5	66.7
توق	<i>Xanthium strumarium</i>	Asteraceae	A	C3	0.8	3.7	41.7
	<i>Lathyrus sp.</i>	Fabaceae	A	C3	0.8	3.2	25
گوش‌بره	<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) A.Juss	Euphorbiaceae	A	C3	0.7	2.7	25
گل‌رنگ‌وحشی	<i>Carthamus oxyacantha</i> M.Bieb	Asteraceae	A	C3	0.7	12.8	15.7

A: Annual (یکساله) and P: Perennial (چندساله)

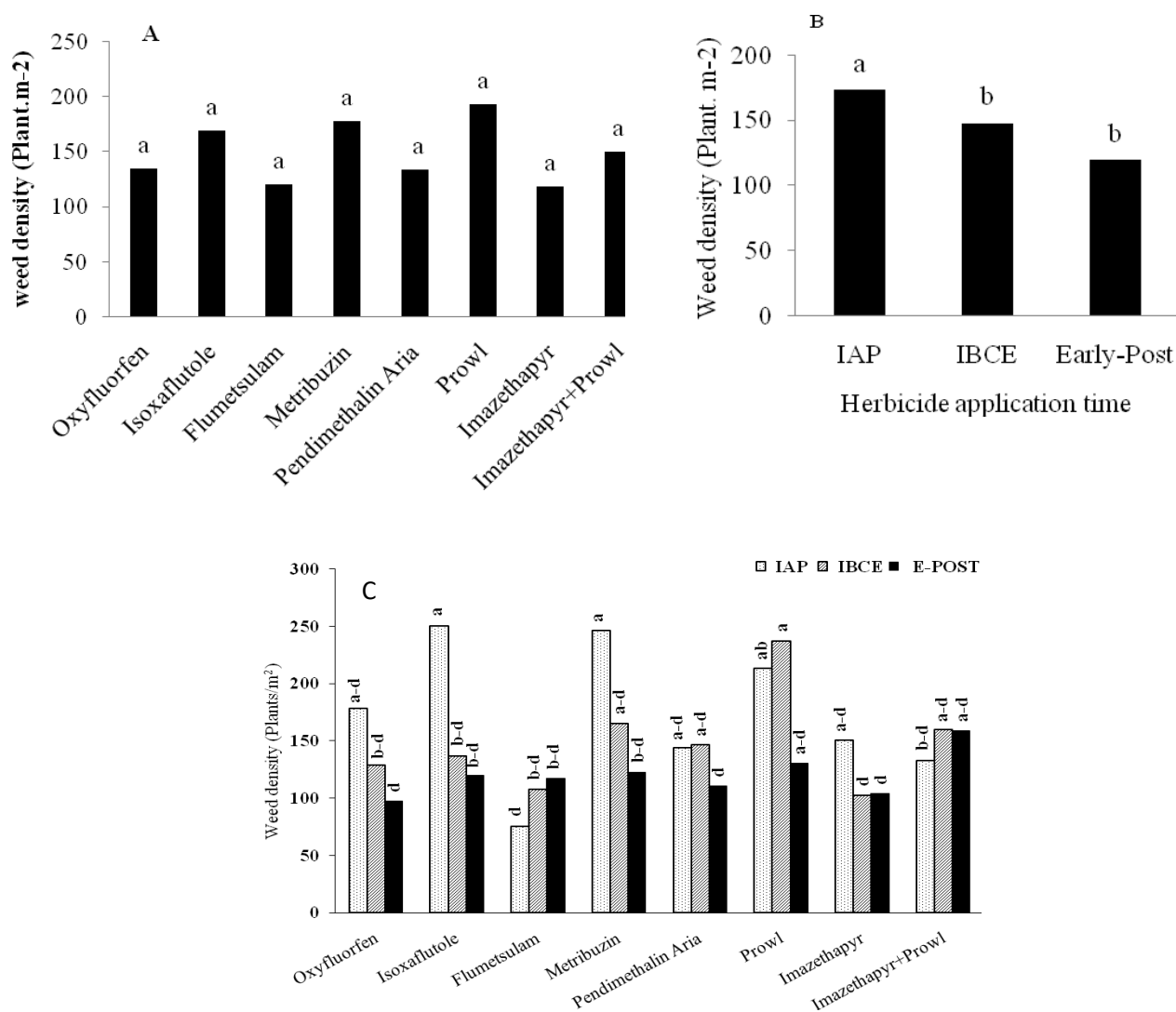
جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های تراکم علف‌های هرز و اثرات گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها روی عدس (ارزیابی چشمی) در ۴۲ روز پس از کاشت

Table 3. Analysis of variance of weed density data and herbicide injury effects on lentil crop (visual scale) in 42 day after planting

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	
		تراکم علف‌های هرز Weed density	اثرات گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها روی عدس Herbicide effects on lentils
Block بلوک	2	10.04**	1.23**
Herbicide علف‌کش	7	0.5 ^{ns}	1.80**
خطای کرت اصلی Main plot error	14	0.8	0.18
زمان کاربرد علف‌کش Herbicide application time	2	1.07**	0.31*
اثر متقابل علف‌کش×زمان کاربرد Herbicide × Time	14	0.16 ^{ns}	0.32**
خطای کرت فرعی Sub-plot error	32	0.16	0.09
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.41	10.22

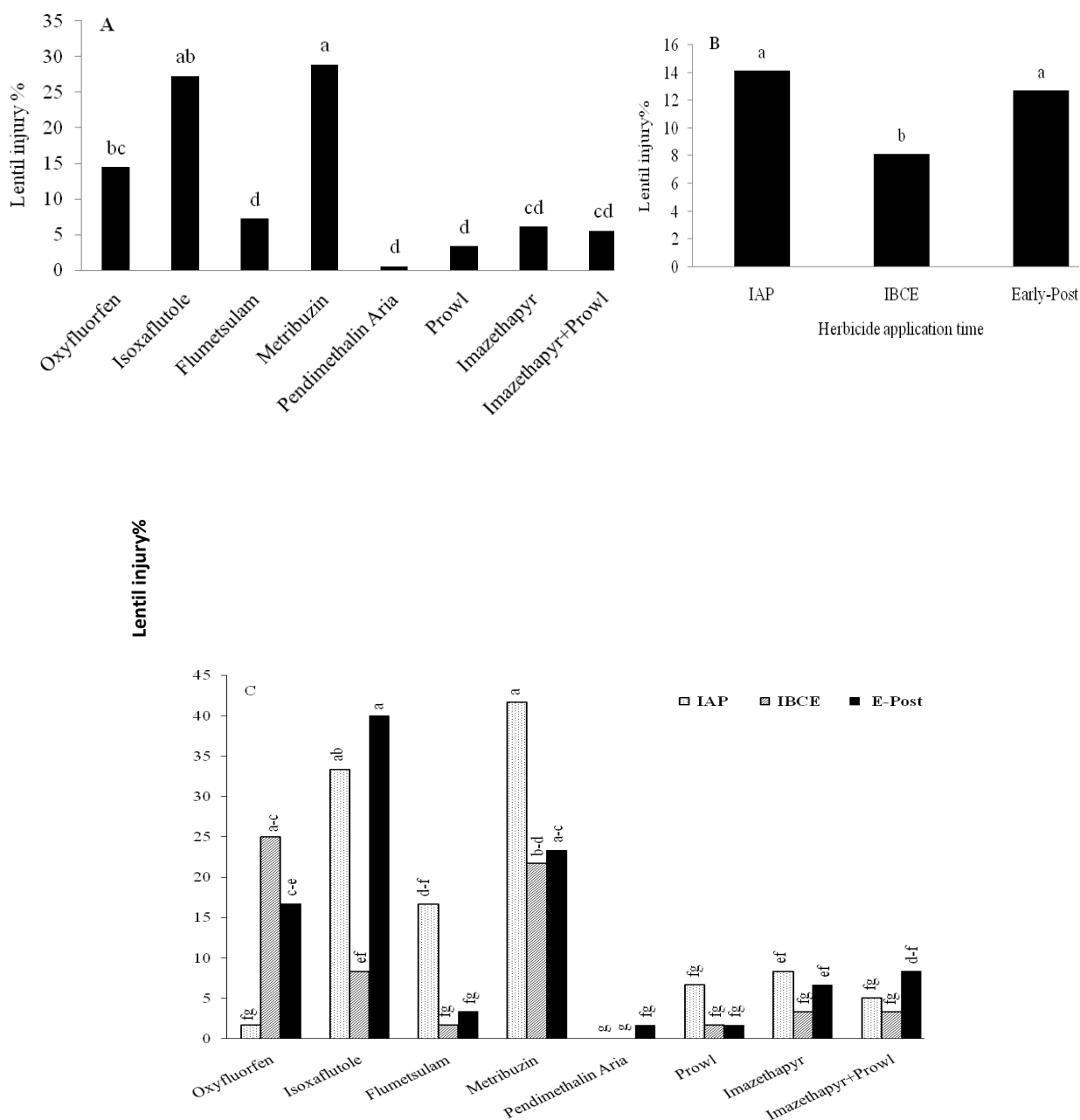
ns ، * و ** به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively



شکل ۲- تأثیر نوع علفکش، زمان کاربرد و اثرمتقابل آنها بر تراکم علف‌های هرز در ۴۲ روز پس از کاشت
Fig. 2. Influence of herbicide type (A), application time (B) and their interaction (C) on weed density at 42 day after planting

IAP: Immediately after planting; IBCE: Immediately before crop emergence; E- P: Eraly post herbicide application



شکل ۳- تأثیر نوع علفکش زمان کاربرد و اثر متقابل آنها بر درصد گیاه‌سوزی گیاه‌زراعی عدس

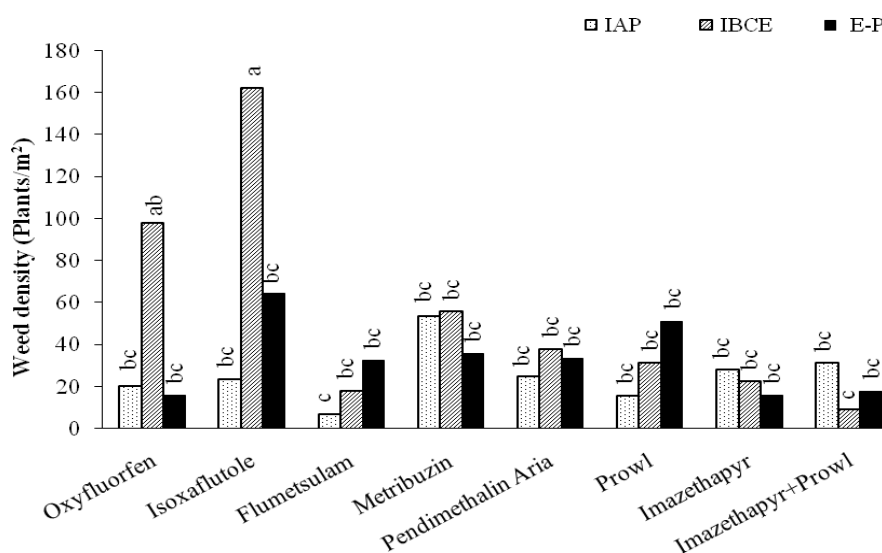
Fig. 3. The effect of herbicide type (A), application time (B) and their interaction (C) on percentage of herbicide injury on Lentil

IAP: Immediately after planting; IBCE: Immediately before crop emergence; Early- Post: Eraly post herbicide application

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های جمعیتی علف‌های هرز در ۷۰ روز پس از کاشت
Table 4. Analysis of variance of weeds population characteristics at 70 days after planting

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	
		تراکم علف‌های هرز Weed density	وزن خشک علف‌های هرز Weed biomass
Block بلوک	2	0.64 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Herbicide علف‌کش	7	2.71 ^{ns}	5.61 ^{ns}
خطای کرت اصلی Main plot error	14	1.72	2.68
زمان کاربرد علف‌کش Herbicide application time	2	1.09 ^{ns}	1.72 ^{ns}
اثر متقابل علف‌کش× زمان کاربرد Herbicide × Time	14	1.64*	1.44 ^{ns}
خطای کرت فرعی Sub-plot error	32	0.77	1.49
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	23.25	29.60

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
Ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

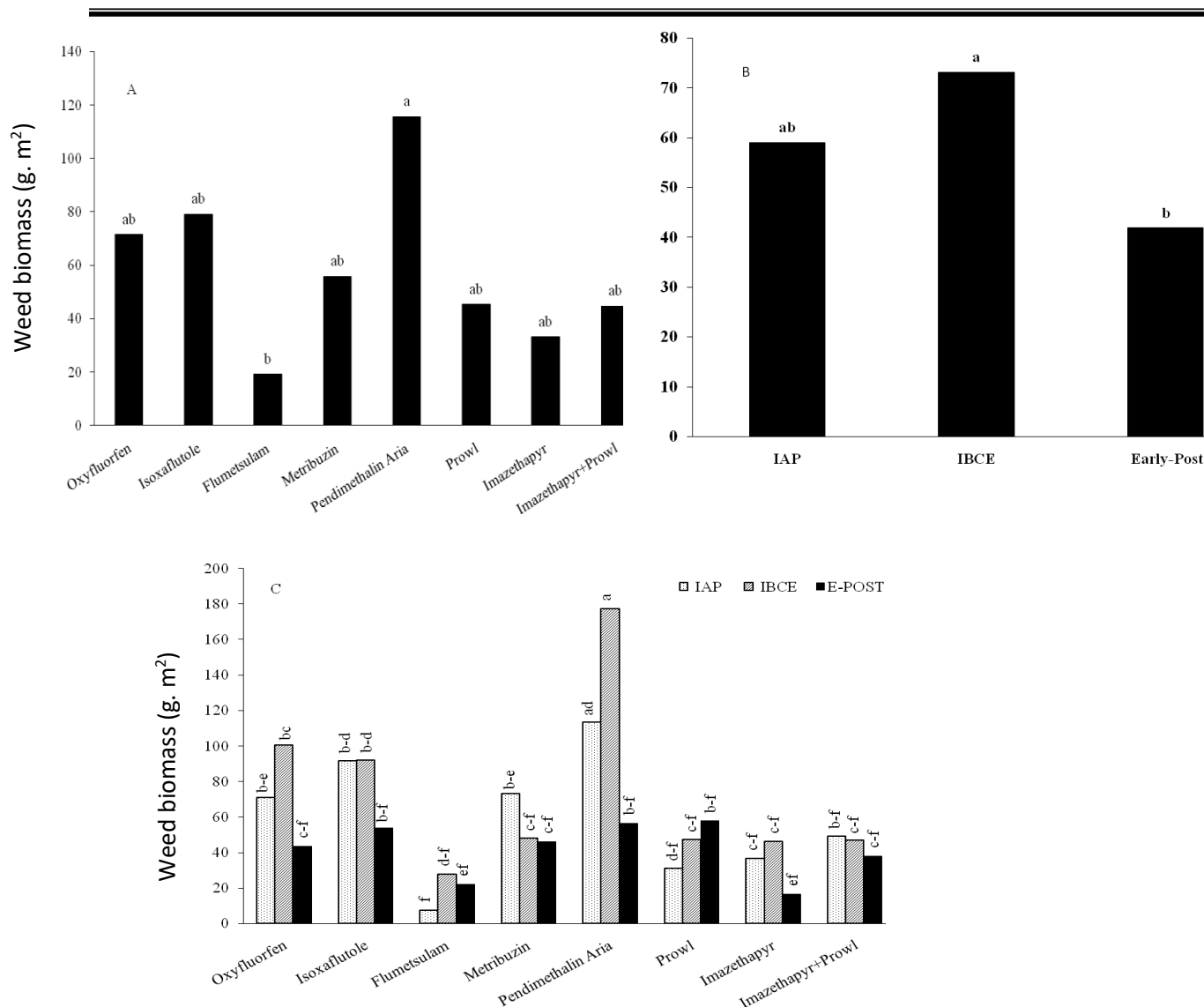


شکل ۴- تاثیر متقابل نوع و زمان کاربرد علف‌کش بر تراکم علف‌های هرز در ۷۰ روز پس از کاشت

Fig. 4. Interaction of the effect of type and time herbicide application on weed density at 70 days after planting
IAP: Immediately after planting; IBCE: Immediately before crop emergence; E- P: Eraly post herbicide application

کمترین میانگین وزن خشک علف‌های هرز به علف‌کش فلوئمتسولام مربوط بود، که با هیچ یک از علف‌کش‌های مورد آزمایش اختلاف معنی داری نداشت.

زیست‌توده علف‌های هرز
تأثیر نوع علف‌کش بر وزن خشک علف‌های هرز در در اواسط فصل رشد (۷۰ روز پس از کاشت) از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بین علف‌کش‌های مورد آزمایش،



شکل ۵- تأثیر نوع علف‌کش، زمان کاربرد و اثر متقابل آنها بر وزن خشک علف‌های هرز در ۷۰ روز پس از کاشت

Fig. 5. The effect of herbicide type (A), time application (B) and their interaction (C) on the dry weight of weeds at 70 days after planting

IAP: Immediately after planting; IBCE: Immediately before crop emergence; E- P: Eraly post herbicide application

در بررسی (Ahmadi (2011) علف‌کش‌های متری‌بیوزین، مخلوط متری‌بیوزین + تری‌فلورالین، فومسافن و مخلوط سیمازین + پرومترین جمعیت علف‌های هرز را در سطح قابل قبولی کنترل نمود. در پژوهش مذکور کاربرد پیش‌رویشی متری‌بیوزین کنترل کامل علف‌های هرز پهن‌برگ یک‌ساله را موجب شد. تیمارهای کاربرد پیش‌کاشت آمیخته با خاک مخلوط علف‌کش‌های متری‌بیوزین + تری‌فلورالین، کاربرد پیش‌رویشی فومسافن در هر دو مقدار مورد آزمایش و کاربرد پیش‌رویشی مخلوط سیمازین + پرومترین نیز موجب کاهش ۸۸ درصد تولید زیست‌توده علف‌های هرز یک‌ساله پهن‌برگ

از سوی دیگر در بین علف‌کش‌های مورد آزمایش بیشترین میانگین وزن خشک علف‌های هرز به علف‌کش پندیمتالین آریا اختصاص داشت، که با سایر علف‌کش‌ها به استثنای فلوئمتسولام و ایمازتاپیر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). وزن خشک علف‌های هرز در اواسط فصل رشد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاربرد علف‌کش‌ها قرار نگرفت (جدول ۴). میانگین وزن خشک علف‌های هرز برای کاربرد پیش‌رویشی زود هنگام ۴۲/۷ درصد کمتر از کاربرد قبل از رویش گیاه‌زراعی بود (شکل ۵).

نوع و زمان کاربرد علف‌کش قرار نگرفت (جدول ۵). بیشترین (۱۰۰ بوته در مترمربع) و کمترین (۲۵/۵۳ بوته در مترمربع) میانگین تراکم بوته عدس بترتیب به کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پرول و تیمار کاربرد بلافاصله پس از کاشت ایزوکسافلوتل اختصاص داشت. در بین علف‌کش‌های مختلف مورد آزمایش صرفاً برای علف‌کش‌های اکسی‌فلورفن، ایزوکسافلوتل و پرول بین زمان‌های کاربرد علف‌کش از نظر تراکم بوته عدس تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در تیمار کاربرد پیش‌رویشی زودهنگام اکسی‌فلورفن تراکم بوته عدس به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد پیش‌رویشی بود، و تراکم بوته عدس در تیمار کاربرد پس از کاشت علف‌کش ایزوکسافلوتل به میزان ۴۱/۴ کمتر از کاربرد پیش‌رویشی آن بود (شکل ۶).

عملکرد بیولوژیک عدس

عملکرد بیولوژیک عدس در واحد سطح به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر هیچ کدام از فاکتورهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۵). بر اساس نتایج آزمایش، در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر اختلاف معنی‌داری با علف‌کش متری‌بیوزین داشت؛ بطوری که بیشترین (۳۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) میانگین عملکرد بیولوژیک عدس در واحد سطح به ترتیب کاربرد ایمازتاپیر و متری‌بیوزین مشاهده شد (شکل ۷). همچنین در بین تیمارها از نظر آماری بین زمان کاربرد علف‌کش‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با این وجود بیشترین (۴۷۷۸ کیلوگرم در هکتار) میانگین عملکرد بیولوژیک عدس به تیمار کاربرد بلافاصله پس از کاشت فلوئمتسولام و کمترین (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار بلافاصله پس از کاشت ایزوکسافلوتل اختصاص داشت. در بین علف‌کش‌های مورد آزمایش صرفاً در مورد اکسی‌فلورفن، ایزوکسافلوتل و فلوئمتسولام بین زمان‌های کاربرد علف‌کش از نظر عملکرد بیولوژیک عدس اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

در مورد اکسی‌فلورفن، عملکرد بیولوژیک عدس برای کاربرد پیش‌رویشی زودهنگام ۶۰/۶۲ درصد بیشتر از کاربرد پیش‌رویشی بود. در مورد ایزوکسافلوتل عملکرد بیولوژیک عدس برای کاربرد پیش‌رویشی ۶۹ به میزان درصد بیشتر از کاربرد بلافاصله پس از کاشت بود؛ در مورد فلوئمتسولام عملکرد بیولوژیک عدس برای کاربرد بلافاصله پس از کاشت ۵۸/۱۴ درصد بیشتر از کاربرد پیش‌رویشی زودهنگام بود و در مورد مخلوط پرول + ایمازتاپیر عملکرد بیولوژیک عدس بین مخلوط و اجزای مخلوط تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷).

شدند. در پژوهش یاد شده در بین تیمارهای کنترل شیمیایی بیشترین درصد افزایش عملکرد (۵۶/۴ درصد) به تیمار کاربرد پیش‌رویشی فومسافن به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار اختصاص داشت. کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش‌های فومسافن، مخلوط سیمازین + پرومترین، متری‌بیوزین و پندیمتالین فاقد اثرات گیاه‌سوزی پایدار روی عدس بودند و با توجه به اثرات مطلوب آنها در کنترل علف‌های هرز می‌توان برای مدیریت علف‌های هرز کشت عدس روی آنها حساب باز کرد. این محققان عنوان کردند که اثرات باقی مانده احتمالی این علف‌کش‌ها روی کشت‌های بعدی در تناوب زراعی نیز نیاز به بررسی دارد. نتایج تحقیق (Amiri, 2007) نشان داد که تیمارهایی که در آنها فقط از یک علف‌کش برای کنترل علف‌هرز استفاده شده بود، نتوانستند علف‌های هرز برگ‌پهن مشکل‌سازتر را در حد مطلوب کنترل کنند. در حالی که کاربرد پیش‌رویشی مخلوط علف‌کش‌های پندیمتالین با ایمازتاپیر توانست جمعیت علف‌های هرز کشیده برگ و همچنین علف‌های هرز برگ‌پهن را در حد بسیار مطلوب کاهش دهد. این موضوع در مطالعه‌ای مشابه در کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش‌های پندی‌متالین و پایریدیت در عدس مشاهده شده است (Izadi-Darbandi and Maghsoudi, 2021).

صفات گیاه‌زراعی عدس در مرحله برداشت محصول

تراکم بوته عدس: جدول تجزیه واریانس نشان داد که تراکم بوته عدس در مرحله برداشت نهایی محصول در سطح احتمال پنج درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع علف‌کش قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین میانگین تراکم بوته عدس (۸۰ بوته در مترمربع) به علف‌کش ایمازتاپیر مربوط بود که با سایر علف‌کش‌های مورد ارزیابی به استثنای ایزوکسافلوتل، متری‌بیوزین و پندیمتالین آریا تفاوت معنی‌داری نداشت، و کمترین میانگین تراکم بوته عدس (۴۲/۵۸ بوته در مترمربع) به علف‌کش ایزوکسافلوتل مربوط بود، که با علف‌کش‌های پندیمتالین آریا و متری‌بیوزین تفاوت معنی‌داری نداشت. بین دو نشان تجاری پندیمتالین آریا و پرول از نظر تراکم بوته عدس اختلاف معنی‌داری آماری وجود داشت. بطوری که در بررسی اثر کاربرد پندی‌متالین مشاهده شد که تراکم بوته عدس در کاربرد پندی‌متالین پرول ۳۵/۹ درصد بیشتر از پندی‌متالین آریا بود. بین مخلوط پرول + ایمازتاپیر و هر یک از اجزای مخلوط علف‌کش از نظر تراکم بوته عدس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۶).

طبق نتایج تجزیه واریانس تراکم بوته عدس در مرحله برداشت محصول تحت تأثیر زمان کاربرد علف‌کش و اثر متقابل

عملکرد دانه عدس

نتایج نشان داد که اثر متقابل نوع علفکش و زمان کاربرد آن‌ها تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه عدس در واحد سطح داشت (جدول ۵). بیشترین (۸۹۰/۶) کیلوگرم در هکتار میانگین عملکرد دانه عدس به تیمار کاربرد بلافاصله پس از کاشت فلو متسولام ۲۰ گرم در هکتار مربوط بود و کمترین (۱۳۱/۳) کیلوگرم در هکتار به کاربرد بلافاصله پس از کاشت ایزوکسافلوتل به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار اختصاص داشت. در مورد متری بیوزین، پندیمتالین، پرول و ایمازتاپیر بین زمان‌های مختلف کاربرد علفکش از نظر عملکرد دانه عدس اختلاف معنی داری وجود نداشت، در حالی که در مورد اکسی‌فلورفن، ایزوکسافلوتل و فلو متسولام و مخلوط پرول +

ایمازتاپیر بین زمان‌های کاربرد علفکش از نظر عملکرد دانه عدس اختلاف معنی داری وجود داشت.

عملکرد دانه عدس برای کاربرد پیش‌رویشی اکسی‌فلورفن به میزان ۵۲/۵ درصد کمتر از کاربرد پس‌رویشی زودهنگام بود. در مورد ایزوکسافلوتل عملکرد دانه عدس برای کاربرد پس از کاشت به ترتیب ۸۱/۶ و ۷۸ درصد کمتر از کاربرد پیش‌رویشی و پس‌رویشی زودهنگام بود. کاربرد پس‌رویشی زودهنگام فلو متسولام عملکرد دانه را به میزان ۵۶/۵ درصد نسبت به کاربرد بلافاصله پس از کاشت کاهش داد. در مورد مخلوط پرول + ایمازتاپیر نیز عملکرد دانه عدس برای کاربرد بلافاصله پس از کاشت ۳۵/۶ درصد کمتر از کاربرد پیش‌رویشی آن بود، ولی در مورد مخلوط علفکش‌ها و اجزای آن اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۸).

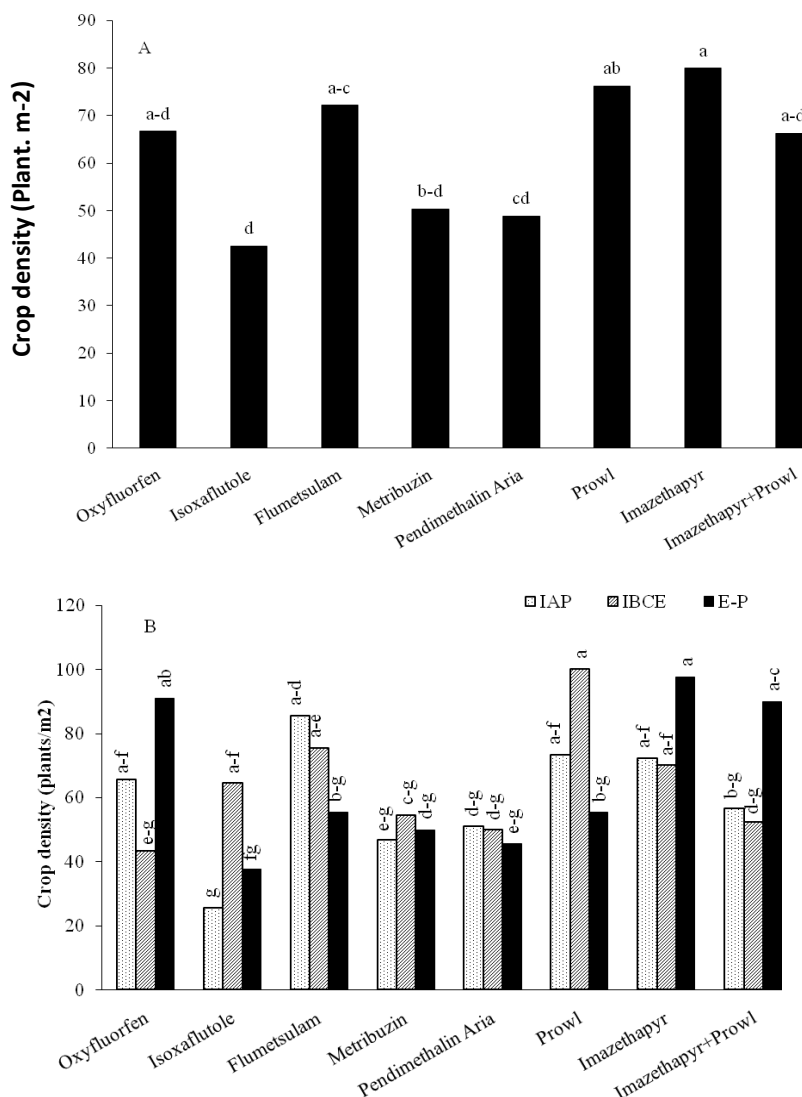
جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های تراکم بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه عدس

Table 5. Analysis of variance of the Lentil crop density, biological yield and grain yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squared		
		تراکم بوته عدس Crop density (plant. m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک biological yield (Kg. ha ⁻¹)	عملکرد دانه grain yield (Kg. ha ⁻¹)
Block بلوک	2	1.26**	0.26ns	0.53ns
Herbicide علفکش	7	0.68*	0.98ns	0.64ns
خطای کرت اصلی Main plot error	14	0.21	0.44	1.28
زمان کاربرد علفکش Herbicide application time	2	0.05 ^{ns}	0.04ns	0.71*
اثر متقابل علفکش × زمان کاربرد Herbicide × Time	14	0.24 ^{ns}	0.42**	0.83**
خطای کرت فرعی Sub-plot error	32	0.13	0.1	0.16
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.9	23.03	5.98

ns ، * و ** به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Ns, * and **: no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively



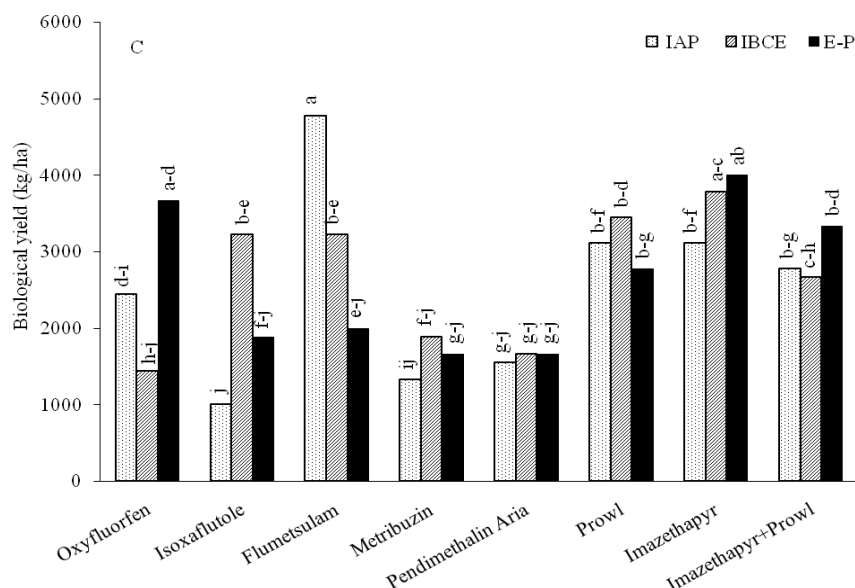
شکل ۶- تأثیر نوع علف‌کش و اثر متقابل (نوع × زمان) بر تراکم بوته عدس در مرحله برداشت محصول
Fig. 6. The effect of herbicide type (A), and interaction effect (B) on the density of the lentil plant during the harvest stage

IAP: Immediately after planting; IBCE: Immediately before crop emergence; E- P: Eraly post herbicide application

کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش‌های ایزوکسافلوتل ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار، پندیمتالین آریا ۴ لیتر در هکتار و متری بیوزین ۵۰۰ گرم در هکتار با کارایی مشابه در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها سطح کارآمدی کمتری تعلق گرفت (شکل ۹). این سطح کارآمدی نسبی کمتر در اینجا به دو جنبه تأثیر گیاه‌سوزی روی گیاه‌زراعی یا ناتوانی در حذف اثرات تداخلی علف‌های هرز یا هر دوی آنها مربوط بوده است.

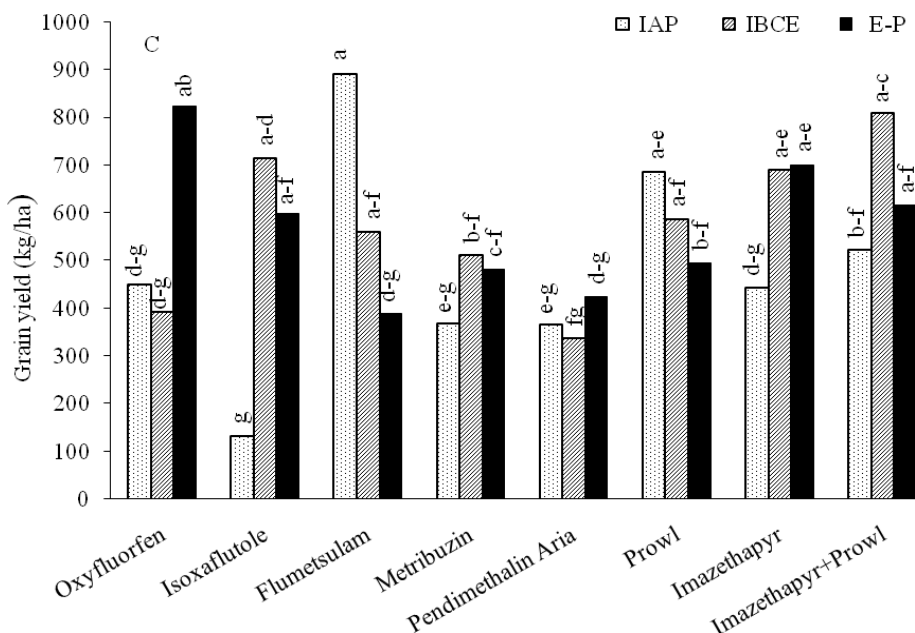
کارآمدی نسبی علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز کشت عدس

گروه بندی علف‌کش‌های عدس براساس تجزیه کلاستر مبتنی بر کارایی کنترل گونه‌های علف‌هرز شایع در سطح مزارع عدس به پنج گروه متمایز تفکیک شده‌اند (شکل ۹). در بین علف‌کش‌های مورد آزمایش، کاربرد بلافاصله پس از کاشت فلوئمتسولام به مقدار ۲۰ گرم در هکتار و کاربرد پیش‌رویشی ایمازتاپیر ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار ایده‌آل‌ترین علف‌کش‌ها برای کشت عدس بودند. در رتبه دوم مخلوط پس‌رویشی زودهنگام علف‌کش ایمازتاپیر ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار + پندیمتالین ۴ لیتر در هکتار جای داشت. بر این اساس به



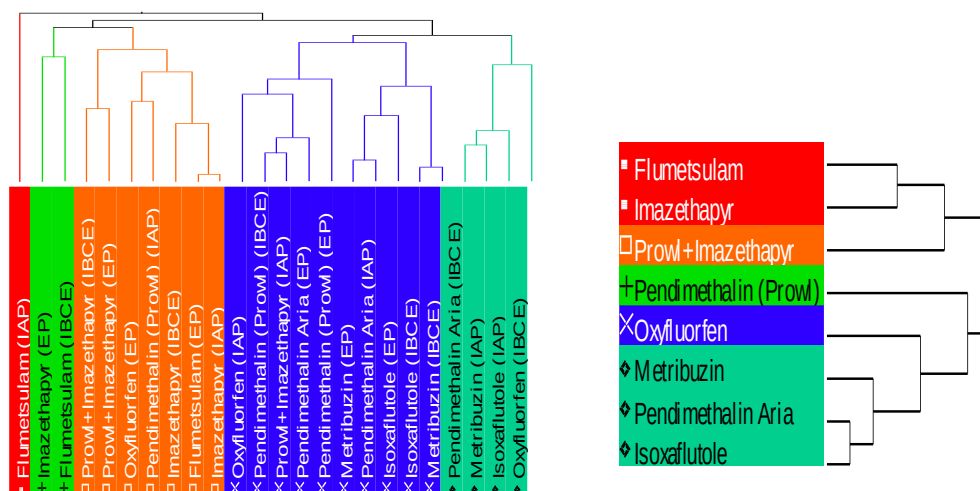
شکل ۷- تأثیر نوع و زمان کاربرد علفکش‌ها بر عملکرد بیولوژیک عدس در واحد سطح
حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

Fig. 7. Effect of type and time of application of herbicides on biological yield per unit area
The similar letters indicate non significant difference at 0.01 probability level. **IAP**: Immediately after planting; **IBCE**: Immediately before crop emergence; **E- P**: Eraly post herbicide application



شکل ۸- تأثیر نوع و زمان کاربرد علفکش‌ها بر عملکرد دانه عدس در واحد سطح
حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

Fig. 8. Effect of type and time of application of herbicides on grain yield per unit area
The similar letters indicate non-significant difference at 0.01 probability level. **IAP**: Immediately after planting; **IBCE**: Immediately before crop emergence; **E- P**: Eraly post herbicide application



شکل ۹- تجزیه کلاستر دسته‌بندی علف‌کش‌ها بر اساس کارآمدی نسبی برای کنترل علف‌های هرز کشت عدس

(دسته‌بندی در پنج گروه در فاصله اقلیدسی ۰/۲۷۵۷)

Fig 9. Cluster analysis of herbicide classification based on relative efficiency for weeds control in lentil (cultivation(categorization in five groups in Euclidean distance 0.2757)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد بلافاصله پس از کاشت فلوئمتسولام به مقدار ۲۰ گرم در هکتار و کاربرد پیش‌رویشی ایمازتاپیر ۳۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در مقایسه با سایر تیمارهای علف‌کش مورد آزمایش از کارآمدی مناسب‌تری برای کنترل علف‌های هرز کشت عدس برخوردار بودند، در حالی که کاربرد پیش‌رویشی اکسی‌فلورفن، کاربرد بلافاصله پس از کاشت

منابع

1. Abi-Ghanem, R., Carpenter-Boggs, L., and Smith, J.L. 2011. Cultivar effects on nitrogen fixation in peas and lentils. *Biology and Fertility of Soils* 47(1):115-120.
2. Ahmadi, A.R. 2011. Weed floristic composition and chemical weed management of Lentil. Ph.D. Thesis. Ferdowsi University of, Mashhad.
3. Ahmadi, A.R., Rashed Mohasel, M.H., Khazaei, H.R., Ghanbari, A., Ghorbani, R., and Mousavi, S.K. 2013. Weed floristic composition in lentil (*Lens culinaris* Medik.) Farms in Khorramabad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 11(1): 45-53. (In Persian with English Summary).
4. Ahmadi, A.R., Shahbazi, S., and Diyanat, M. 2016. Efficacy of five herbicides for weed control in rain-fed lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Weed Technology* 30(2): 448-455.
5. Alikani, R., S. Saeedipour and Lorzadeh, Sh. 2017. Investigating the effect of oxyfluorfen herbicide levels on the control of Bindweeds (*Convolvulus arvensis* L.) and yield components of two varieties of mung bean (*Vigna radiate*) in the weather conditions of Ahvaz. *Bi-Quarterly Journal of Plant Production* 6(2):41-48.
6. Amiri, S. 2007. Evaluating the efficiency of several herbicides in controlling weeds in dry lentil cultivation in Yasouj region. Master's thesis. University of Birjand.
7. Azari, S. J., M. Parsa, M., Nezami, A., Tavakol Afshari, R., and Nabati, J. 2022. Effect of priming and temperature on emergence and establishment of two lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes featuring

- low and high seed vigor. Iranian Journal of Pulses Research 12(1): 24-36. (In Persian with English Summary).
8. Bhowmick, M.K., Bag, M.K., and Islam, S. 2010. Integrated weed management in lentil (*Lens culinaris* Medikus). The Journal of Plant Protection Sciences 2 (2): 88-91.
9. Brand, J., Yaduraju, NT., Shivakumar, BG., and McMurray, L. 2007. Weed management. Pages 159–172 in Yadav SS, McNeil DL, Stevenson PC, eds. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. Dordrecht, the Netherlands: Springer
10. Chaudhary, S.U., Iqbal, J., Hussain, M., and Wajid, A. 2011. Economical weed control in lentils crop. The Journal of Animal & Plant Science 21(4): 734-737.
11. Delivin, D.L., Long, Y.H. and Madax, L.D. 1991. Using reduced rates of post emergence, herbicide in soybean (*Glycine max*). Weed Technology, 5:534 – 840.
12. Délye, C. 2005. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: An update. Weed Science 53(5): 728-746.
13. Elkoca, E., Kantar F., and Zengin, H. 2005. Weed control in lentil (*Lens culinaris* Medik.) in eastern Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 33(3): 231-239.
14. Ellis, C., Lane, A., Robinson, D., and O'Sullivan, C. 2017. Considerations for optimising the application of pre-emergence herbicides. Aspects of Applied Biology 134: 7-14.
15. Fageria, N.K., Baligar, V.C., Jones, C.A. 2010. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. CRC Press, New York.
16. FAO. 2016. Food and Agriculture organization of the United Nations. Available at Web Site <http://www.fao.org/>.
17. Fraser J, Moyer JR, Topinka AK, McCartney D. 2003. Tolerance of annual forage legumes to herbicides in Alberta. Can J Plant Sci 83: 649-652.
18. Guglielmini, A.C., Verdu´, A.M.C., Satorre, E.H. 2016. Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. Int. J. Pest Manag. 63, 30–36.
19. Hanson, B.D., and Thill, D.C. 2001. Effects of imazethapyr and pendimethalin on lentil (*Lens culinaris* Medik.), pea (*Pisum sativum*), and a subsequent winter wheat (*Triticum aestivum*) crop. Weed Technology 15(1): 190-194.
20. Heap, I., and Duke, S.O. 2018. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. Pest Management Science 74(5): 1040-1049.
21. Hossain, Z., Wang, X., Hamel, C., Knight, J.D., Morrison, M.J., and Gan, Y. 2016. Biological nitrogen fixation by pulse crops on semiarid Canadian prairies. Canadian Journal of Plant Science 97(1): 119-131.
22. Izadi-Darbandi, E., and Maghsoudi, A. 2021. Effect of biological and chemical fertilizers and weed control methods on lentil (*Lens culinaris* Medik.) biomass and seed yield. Iranian Journal of Pulses Research 12 (1): 144-155. (In Persian with English Summary).
23. Jabran, K., Chauhan, B.S. 2015. Weed management in aerobic rice systems. Crop. Prot. 78, 151–163.
24. Johnson, E.N., Ulrich, D.J. Blackshaw, R.E. Sapsford, K.L. and Holms, F. A. 2007. Effect of timing of isoxaflutole application on weed control in desi chickpea (*Cicer arietinum* L.). <https://harvest.usask.ca/bitstream/handle/10388/9375/E.N.%20Johnson%20et%20al,%202007.pdf?sequence=1> Accessed: December 4, 2018.
25. Kantar F, Zengin H and Elkoca E. 2005. Weed control in lentil (*Lens culinaris* Medik.) in eastern Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2005, Vol. 33
26. Matthews, J. 2018. Management of herbicide resistant weed populations. In: Herbicide Resistance in Plants. CRC Press, pp 317-336.
27. Mckay, K., Miller, P. Jenks, B. Riesselman, J. Neill, K. Buschena, D. and Bussan, A.J. 2002. Growing chickpea in the northern great plains. North Dakota State University. NDSU Extension Service. Bulletin A-1236. 8 pp.
28. McMurray, L., Preston, C., Vandenberg, A., Mao, D., Oldach K., Meier K., and Paull J. 2018. Development of high levels of Metribuzin tolerance in Lentil. Journal of Weed Science 67(1): 83-90.
29. Mojeni, K H., Alizadeh, H., Majnoun-Hosseini, N., and Peyghambari, S.A. 2004. Effect of Herbicides and handweeding in control of weed in winter seeding and spring sown Lentil (*Lens culinaris* Medik.). Journal of Agronomy Science 1: 68-79. (In Persian).
30. Mousavi, S.K., Sabeti, P., Jafarzadeh, N., and Bazzazi, D. 2010. Evaluation of some herbicides efficacy for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 19-31. In Persian with English Summary.

31. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad. 524 Pp. (In Persian).
32. Sandral, G.H., Dear, B.S., Pratley, J.E., and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose response rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. Australian Journal of Experimental Agricultural 37: 67-74.
33. Singh, G., Kaur, H., and Khanna, V. 2014. Weed management in lentil with post-emergence herbicides. Indian Journal of Weed Science 46 (2): 187-189.
34. Thomas, A. G. 1991. Floristic composition and relative abundance of weeds in annual crops of Manitoba. Can. J. of Plant Sci. 71: 831-839.
35. Veisi, M. 2001. Investigation of new herbicide Isoxaflutole in chickpea (*Cicer arietinum* L.) fields. Final report of Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. No 397. (In Persian).
36. Vencill, W.K. 2002. Herbicide Handbook. No.Ed. 8 pp.x + 493 pp. ref. 230. University of Georgia, Athens, Georgia, USA.
37. Wall, D.1994. Response of flax and lentil to seeding rates, depths and spring application of dinitroaniline herbicides. Canadian Journal of Plant Science 74 (4): 875-882.
38. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., and Mousavi, S.K. 2017. A Guide Chemical Control of Weed in Iran. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 223 Pp. (In Persian).
39. Zollinger, R.K. 2006. North Dakota Weed Control Guide. North Dakota State University (NDSU) Extension Service Bulletin W-253. Fargo, ND: North Dakota State University. <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/weeds/w253/w253-1c.htm>. Accessed January 2008.



Efficacy of herbicides time application for weed control in rain-fed Lentil (*Lens culinaris* Medik.)

Jafari¹, Bentolhoda; Ahmadi^{2*}, Abdolreza; and Mousavi³, Seyed Karim

1. MSc. Student of Weed Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran; j.hoda91@yahoo.com
2. Associate Professor of Weeds Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture Lorestan University of Khorramabad, Iran; Ahmadi.a@lu.ac.ir; ORCID: 0000-0003-3135-4648
3. Assistant Professor of Weeds Science Plant Protection Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Lorestan, Iran; skmousavi@gmail.com

The Dates:

Received: 28 September 2022; Revised: 16 November 2022

Accepted: 18 March 2023; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Jafari, B., Ahmadi, A., and Mousavi, S.K. 2023 Efficacy of herbicides time application for weed control in rain-fed Lentil (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 160-179. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2209-1045

Introduction

Rain-fed Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is vulnerable to weed competition because of its tiny stature, slow establishment, and limited vegetative growth. Weed control is necessary for maximum seed yield and seed quality. Crop yield losses are primarily a result of competition with weeds for nutrients, moisture and space. Therefore, weed control at this period plays an important role to gain high reduction. Although the vast majority of lentil production is under rain-fed conditions, there is a little published information on weed control with herbicides in rain-fed lentils. Herbicides due to efficiency and expense savings play an essential role in weed control. The purpose of this research was to determine the best time to application effective herbicides in weeds control for the maximum rain-fed Lentil production in Khorramabad.

Materials and Methods

The Lentil (*Lens culinaris* Medik.) field experiment was carried out as split plot based on complete randomized block design with three replications during 2017-2018 in Khorramabad (48.21°E, 33.29°N, 1170 m above sea level, 450 mm average yearly precipitation) Iran. The following herbicides were used: Oxyfluorfen (EC 24%) 1 Li ha⁻¹, Isoxaflutole (SC 480) 200 ml ha⁻¹, Flumetsulam(WG 800) 20 g ha⁻¹, Metribuzin (WP 70%) 500g ha⁻¹, Pendimethalin *Aria*(EC33%) 4 li ha⁻¹, Pendimethalin *Prowl* (CS45.5%) 4li ha⁻¹, Imazethapyr (SL10%) 350 ml ha⁻¹ and Pendimethalin *prowl* 2li ha⁻¹plus Imazethapyr 350 ml ha⁻¹. Herbicide application time at 3 levels; IAP application (Immediately after planting), PRE application and IBCE (early post herbicide application at fourth lentil node stage) was assigned to the main and sub plots respectively. The fields were in wheat cultivation in the year before the experiments. The soil at the test sites was a silty loam with a pH of 7.9 and organic matter of 1.11%. Lentil was sown at a density of 75 kg seed ha⁻¹ by hand on December 21, 2017. Herbicides were sprayed with an electric knapsack sprayer MATABI (calibrated to deliver 300 L ha⁻¹. In order to evaluate the effect of treatments on weeds density and biomass, at the beginning of lentil flowering, sampling was done from a surface of 0.3 m² area and weed density and weed biomass recorded. At lentil physiological maturity, the yield and yield components were measured by harvesting lentil plants from a 1-m² area in each plot (Izadi & Maghsoudi, 1400). The data were subjected to the analysis of variance using SAS. Means were compared using Duncan's Multiple Range test at P=0.05 level of significance.

* Corresponding Author: Ahmadi.a@lu.ac.ir

Results and Discussion

The results indicated that the lowest weed density and weed biomass were associated with Flumetsulam and Prowl plus Imazethapyr. The average weed densities for the postemergence and preemergence treatments of the eight evaluated herbicides were 14.9% and 31.0% lower, respectively, compared to the herbicide application immediately after planting. The least herbicide injury effects on the Lentil crop were assigned to the Pendimethalin *Aria*, Pendimethalin *Prowl*, Prowl plus Imazethapyr, Imazethapyr and Flumetsulam. In the case of Oxyfluorfen herbicide, weed density for early postemergence application treatment was 84.1% lower than in PRE application. In the case of Isoxaflutole herbicide, the mean weed density for application immediately after planting was 79.3% lower than for early post-application. In the case of Flumetsulam herbicide, the mean of weed biomass for application immediately after planting was 73.3% and 66.6% less than preemergence and early post-application, respectively. With the exception of Flumetsulam herbicide, there was no significant difference between the different herbicide application times in terms of weed biomass. The highest average Lentil grain yield per unit area was observed when Flumetsulam herbicide was applied immediately after planting. On the other hand, the lowest average Lentil grain yield per unit area was recorded when Isoxaflutole herbicide was applied immediately after planting. No significant differences in Lentil grain yield per unit area were found between the different application times for the herbicides Metribuzin and Imazethapyr. Based on cluster analysis grouping of relative efficacy of control treatments, immediately after planting application or preemergence application of Flumetsulam and early postemergence application of Imazethapyr were better than the other herbicide treatments for Lentil weed control, whereas the lowest relative efficacy was related to preemergence application of Oxyfluorfen, immediately after planting application of Isoxaflutole and Metribuzin, and preemergence application of Pendimethalin *Arya*.

Conclusion

Based on the results of this research, the application of flumetsulam immediately after planting (20 g ha^{-1}) and imazethapyr (350 ml ha^{-1}) as pre-emergence application have had more efficiency for weed control in lentil than other herbicide treatments, while the pre-emergent application of oxyfluorfen, the application immediately after planting of isoxaflutole and metribuzin have had the effects of plant burning on lentil crops and the pendimethalin *Aria* herbicide is not recommended in lentil farms because of to the lack of control of broadleaf weeds under normal conditions in lentil fields. In general, among the experimental treatments, in terms of the level of control efficiency and the level of safety for the lentil crop, the application of flumetsulam immediately after planting was the best herbicide treatment.

Keywords: Flumetsulam; Imazethapyr; Isoxaflutole; Metribuzin

پژوهش‌های جویبار ایران

نشریه علمی-دوفصلنامه

پژوهش‌های علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران سال (دوره) ۱۴ شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۲، شماره پیاپی: ۲۷
(به ترتیب حروف الفبا)

دکتر	غلامعباس	اکبری	دانشکده کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	ابراهیم	ابزدی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمدرضا	بی‌همتا	دانشکده کشاورزی کرج
دکتر	کمال	حاج‌محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمد	خیرخواه	مجتمع آموزش عالی شیروان
دکتر	محمود	رمرودی	دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
دکتر	ناصر	صفایی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
دکتر	سید عبدالرضا	کاظمینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	علی‌اکبر	محمودی	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور
دکتر	سعید	ملک‌زاده شفارودی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجتبی	ممرآبادی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	الناز	میلانی	سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی مشهد
دکتر	ندا	هاشمی	دانشگاه علمی کاربردی چشمه نوشان خراسان (عالیس)
دکتر	مژگان	ویسی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles
Vol. 14, No. 1, 2023, S. No.: 27

Title	Author(s)	Page
• Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) genotypes under different irrigation regimes	Rahimi, Habibullah; Eshghizadeh, Hamid Reza; Razmjoo, Jamshid; Zahedi, Morteza; Ghadiri, Adel; and Asadi, Marzieh	19
• The effect of planting date on quality and seed yield potential of four grass pea ecotype	Sabourifard, Hossein; and Keshavarz, Hamed	34
• Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (<i>Cicer arietinum</i> L.) under dryland spring-planting and autumn-planting	Yousefi, Valiollah; Ahmadi, Jafar; Sadeghzadeh-Ahari, Davoud; and Esfandiari, Ezatollah	48
• Etiology of root rot, yellows and wilt diseases of chickpea in Kermanshah province	Geraminasab, Bahman; Abbasi, Saeed; Jamali, Samad; Chehri, Khosrow; and Younesi, Hassan	63
• The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cultivars in farm conditions	Khavari, Hadi; Khourgami, Ali; Mir Drikvand, Reza; and Taleshi, Kazem	75
• Evaluation of diversity of lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik.) genotypes under freezing stress in controlled conditions	Nabati, Jafar; Nezami, Ahmad; Mirmiran, Seyyedeh Mahboobeh; Mohammadi, Mohammad; Hasanfard, Alireza	92
• Reaction of chickpea grain yield and its components in triticale-chickpea intercropping to chemical and bio fertilizers under water stress conditions	Rashidipour, Ida; Barati, Vahid; and Bijanzadeh, Ehsan	112
• Optimizing the functional properties of the emulsion and foam kimia lentil protein isolate	Assadbeigi, Mojgan; Zamindar, Nafiseh; and Goli, Mohammad	133
• Effects of limited irrigation and herbicide on yield, yield components and water consumption of beans (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	000	146
• Efficacy of herbicides time application for weed control in rain-fed Lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik.)	Jafari, Bentolhoda; Ahmadi, Abdolreza; and Mousavi, Seyed Karim	160

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 14, No. 1, 2023, S. No.: 27

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi

Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami

Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar

Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani

Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar

Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi

Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi

Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Izadi Darbandi

Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini

Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Saeid Malekzadeh Shafaroudi

Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini

Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi

Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Nezami

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan

Professor, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour

Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.); Dr. Mohammad Bannayan Avval

Assistant: Rahman Asadi

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: (ISC) Islamic World Science Citation Center (<http://www.isc.gov.ir>); (magiran) Iranian Journals Database (<http://www.magiran.com>); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (<http://scholar.google.com>); and...

Address:

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran

ZIP Code: 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804819; **Fax:** +98-51-38807024

E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://ijpr.um.ac.ir>

Iranian Journal of Pulses Research

A semi-Annual Scientific Journal

ISSN (print): 2008-725X
ISSN (online): 2717-4212

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 14(1); June 2023; S. No.: 27

- **Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes**
Rahimi, Habibullah; Eshghizadeh, Hamid Reza; Razmjoo, Jamshid; Zahedi, Morteza; Ghadiri, Adel; and Asadi, Marzieh
- **The effect of planting date on quality and seed yield potential of four grass pea ecotype**
Sabourifard, Hossein; and Keshavarz, Hamed
- **Principal component and path analysis of agro-morphological traits of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under dryland spring-planting and autumn-planting**
Yousefi, Valiollah; Ahmadi, Jafar; Sadeghzadeh-Ahari, Davoud; and Esfandiari, Ezatollah
- **Etiology of root rot, yellows and wilt diseases of chickpea in Kermanshah province**
Geraminasab, Bahman; Abbasi, Saeed; Jamali, Samad; Chehri, Khosrow; and Younesi, Hassan
- **The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions**
Khavari, Hadi; Khourgami, Ali; Mir Drikvand, Reza; and Taleshi, Kazem
- **Evaluation of diversity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes under freezing stress in controlled conditions**
Nabati, Jafar; Nezami, Ahmad; Mirmiran, Seyyedeh Mahboobeh; Mohammadi, Mohammad; Hasanfard, Alireza
- **Reaction of chickpea grain yield and its components in triticales-chickpea intercropping to chemical and bio fertilizers under water stress conditions**
Rashidipour, Ida; Barati, Vahid; and Bijanzadeh, Ehsan
- **Optimizing the functional properties of the emulsion and foam kimia lentil protein isolate**
Assadbeigi, Mojgan; Zamindar, Nafiseh; and Goli, Mohammad

(The complete list, inside the journal...)

