پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
سال (دوره) ۱۲، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۰ - شماره پیاپی: ۲۳

- ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط اقلیمی منطقه کرمانشاه — هانیه حاجی شعبانی، فرزاد مندنی و علیرضا باقری
- بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در پاسخ به مالچ ضایعات چای و کنترل علف‌های‌هرز — مجید قنبری، علی مختصی بیدگلی، پرنیان طالبی سیه‌سران و سید رامین حسینی
- واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تراکم بوته و حضور علف‌های‌هرز — ارسلان فلاحی، گودرز احمدوند، فرزاد مندنی و اکبر علی‌وردی
- بررسی اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود بهاره (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم — داریوش صفری و میترا آزادی‌خواه
- ارزیابی پاسخ ارقام لوبیاقرمز با دو عادت رشدی مختلف به رقابت با علف‌های‌هرز — سیده زهرا طباطبایی‌پور، زهرا طهماسبی، علیرضا تاب و سجاد رشیدی منفرد
- تأثیر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت دیرهنگام — علی حیدرزاده، سیدعلی‌محمد مدرس ثانوی و حسین ابراهیمی اسبورزی
- ارزیابی اجزای عملکرد، عملکرد و توان رقابتی برخی ارقام نخود در تداخل با علف‌های‌هرز — سیدمحسن سیدی و جواد حمزه‌ئی
- اثر همزیستی میکوریزایی و سودوموناس بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) تحت شرایط تنش رطوبتی — محمد صالحی، علی فرامرزی، منوچهر فربودی، ناصر محبعلی‌پور و جلیل اجلی
- ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه ای تحت نظام‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی — علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و محمدحسن‌هاتفی‌فرجیان

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
با همکاری
دانشگاه صنعتی اصفهان
پژوهش‌های حبوبات ایران
دانشگاه تربیت مدرس
دانشگاه شهید باهنر کرمان
نشریه علمی - دوفصلنامه
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
سال (دوره) ۱۲، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۰

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی- دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

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

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

سال(دوره)۱۲، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰ - شمارهٔ پیاپی: ۲۳

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر محمد کافی

سردبیر: 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 مجنون‌حسینی	استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
دکتر حسین معصومی	استاد گیاه‌پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر سعید ملک‌زاده شفارودی	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 چکیدهٔ مبسوط انگلیسی)

همکاران این شماره: حامد طلاچیان- رحمان اسدی

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

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:

نشانی:

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

کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پُست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: http://ijpr.um.ac.ir

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

سال(دوره)۱۲، شماره۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰، شمارهٔ پیاپی: ۲۳

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط اقلیمی منطقه کرمانشاه	هانیه حاجی‌شعبانی، فرزاد مندنی و علیرضا باقری	۱۲
• بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در پاسخ به مالچ ضایعات چای و کنترل علف‌های‌هرز	مجید قنبری، علی مختصی بیدگلی، پرنیان طالبی سیه‌سران و سید رامین حسینی	۲۶
• واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تراکم بوته و حضور علف‌های‌هرز	ارسلان فلاحی، گودرز احمدوند، فرزاد مندنی و اکبر علی‌وردی	۴۱
• بررسی اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود بهاره (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم	داریوش صفری و میترا آزادی‌خواه	۵۸
• ارزیابی پاسخ ارقام لوبیاقرمز با دو عادت رشدی مختلف به رقابت با علف‌های‌هرز	سیده زهرا طباطبایی‌پور، زهرا طهماسبی، علیرضا تاب و سجاد رشیدی منفرد	۶۸
• تأثیر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت دیرهنگام	علی حیدرزاده، سیدعلی‌محمد مدرس ثانوی و حسین ابراهیمی اسبورزی	۸۸
• ارزیابی اجزای عملکرد، عملکرد و توان رقابتی برخی ارقام نخود در تداخل با علف‌های‌هرز	سیدمحسن سیدی و جواد حمزه‌ئی	۱۰۰
• اثر همزیستی میکوریزایی و سودوموناس بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) تحت شرایط تنش رطوبتی	محمد صالحی، علی فرامرزی، منوچهر فربودی، ناصر محبعلی‌پور و جلیل اجلی	۱۱۱
• ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای تحت نظام‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی	علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و محمدحسن هاتفی فرجیان	۱۲۷
• اثر کودهای زیستی و شیمیایی و روش‌های کنترل علف‌هرز بر زیست‌توده و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.)	ابراهیم ایزدی دربندی و آرش مقصودی	۱۴۴

• **تأثیر فواصل مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک اکوتیپ‌های مختلف گوار (*Cyamopsis tetragonaloba*)**	منیره دادگر، سمیه رستگار و حسین پیری	**۱۵۶**
• **بررسی روابط بین برخی صفات زراعی مرتبط با عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum*) تحت تنش بیماری برق‌زدگی**	محدثه رحمت‌پور، فاختک طلیعی، حسین صبوری و معصومه خیرگو	**۱۷۱**
• **گزینش ژنوتیپ‌های منتخب عدس (*Lens culinaris* Medik) متحمل به تنش خشکی با به‌کارگیری پنج شاخص تحمل جدید در شرایط مشهد**	محمدحسن وفایی، مهدی پارسا، احمد نظامی و علی گنجعلی	**۱۸۷**
• **ارزیابی تحمل به شوری ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی (*Cicer arietinum*)**	جعفر نباتی، محمد کافی، احمد نظامی و الهه برومند رضازاده	**۲۰۵**
• **ارزیابی اثر تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز بر عملکرد عدس (*Lens culinaris* L.)**	نگین زرگریان، علیرضا باقری، ایرج نصرتی و فرزاد مندنی	**۲۲۱**

سخن سردبیر

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

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

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

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

منشور اخلاق نشریه

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

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

سردبیر و هیئت تحریریه

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

داوران

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

نویسندگان

- **گزارش یافته‌ها:** نویسنده مسئول مکاتبه، مسئول نهایی محتوای کُلّ مقالهٔ ارسالی می‌باشد. نویسندگان متعهد هستند یافته‌های خود را به‌طور کامل گزارش کنند و در ارائهٔ یافته‌ها و تفسیر آن‌ها دقت ویژه داشته باشند. مقاله باید حاوی جزئیات و منابع کافی باشد، به‌نحوی‌که امکان دسترسی سایر پژوهشگران به مجموعهٔ داده‌های یکسان جهت تکرار پژوهش وجود داشته باشد.
- **سرقت علمی:** نویسنده مسئول مکاتبه مقاله باید از این که تمامی مطالب ذکرشده، حاصل پژوهش وی و همکاران ایشان- که اسامی آنها مندرج در مقاله است- اطمینان حاصل نموده و منشأ و اصالت هر یک از مجموعهٔ داده‌های‌به‌کارگرفته شده را مشخص کند.
- **اصالت:** مقاله باید کاری جدید و اصیل باشد. نویسنده نمی‌تواند مقاله‌ای را که کُلّ یا بخشی از آن در جای دیگری تحت بررسی است و یا قبلاً به نشریه دیگری ارسال شده است، به نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران بفرستد.
- **تشکر و قدردانی:** نویسندگان باید به مراکز یا افرادی که در شکل‌گیری پژوهش آن تأثیرگذار بوده‌اند، اشاره کرده و قدردانی نمایند. همچنین در صورت نیاز، حامی مالی پژوهش در این بخش، ذکر گردد و مورد قدردانی قرار گیرد.
- **تألیف اثر:** همه نویسندگان مندرج در مقاله باید در کار پژوهش، مساعدت و همکاری جدّی داشته و در مقابل نتایج، پاسخگو باشند. اعتبار و امتیاز نویسندگی یا تألیف، باید به نسبت مساعدت‌های افراد مختلف، تسهیم شود. نویسندگان باید مسئولیت و اعتبار کار را تقبل کنند. نویسنده مسئول مکاتبه که مقاله را به نشریه ارسال می‌نماید، باید یک نسخه از مقاله یا پیش‌نویس آن را به همهٔ نویسندگان مشترک و همکار، ارسال نموده و رضایت آن‌ها را جهت ارسال مقاله به نشریه و انتشار آن کسب کند.
- **تضاد منافع:** نویسنده(گان) موظفند هرگونه تضاد منافعی را که بر نتیجهٔ پژوهش آن‌ها و یا تفسیر یافته‌ها تأثیرگذار بوده است، مطرح نمایند و منابع مالی حامی پژوهش خود را ذکر کنند.
- **بازبینی مقاله:** اگر نویسنده‌ای متوجه اشتباه یا بی‌دقتی مهمی در اثر خود شود، موظف است مراتب را به‌سرعت به سردبیر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران اطلاع داده و در فرآیند بازبینی و اصلاح مقاله همکاری نماید.

باسمه‌تعالی

پژوهش‌های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

«پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجهٔ علمی که از تیرماه سال۱۳۸۹ به‌صورت دوفصلنامه، به‌وسیلهٔ پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامهٔ همکاری با شِش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت‌مدرس، شهیدباهنرکرمان، علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد. این نشریهٔ تخصصی، نتایج تحقیقات حبوبات را در زمینه‌های مختلف پژوهشی منتشر می‌کند. منظور از **حبوبات**، بقولات مهم زراعی شامل نخود، عدس، انواع لوبیا، ماش، باقلا، نخودفرنگی، دال‌عدس و خُلّر است. زبان انتشار، **فارسی** با چکیدهٔ مبسوط انگلیسی است و به‌صورت **الکترونیک** منتشر می‌شود.

ب- فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

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

ب-۲- نویسنده(گان) طی «تعهدنامه‌ای»، ضمن اعلام ارسال مقاله با ذکر عنوان، رعایت اخلاق پژوهشی و نیز اصول اخلاقی نشر را ابراز می‌نمایند. فایل تعهدنامه در سایت نشریه در بخش «ارسال مقاله، لینک راهنمای نویسندگان» موجود است. تعهدنامه باید به امضای نویسندهٔ مسئول و یکایک نویسندگان مقاله برسد. همچنین نویسندهٔ مسئول، فُرم «تعارض منافع» را از همین قسمت از سایت، درسافت و امضاء می‌نماید. فُرم‌های امضاءشده، پس از اسکن، از طریق سامانهٔ اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های تکمیلی، بارگذاری گردد.

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

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

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

ج- راهنمای تهیه و ارسال مقاله

ج-۱- روش نگارش

متن مقاله باید در محیط نرم‌افزار MS-Office Word 2007 با ابعاد A4 با فاصلهٔ ۲/۵سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصلهٔ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازهٔ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازهٔ۱۱ و به‌صورت یک‌ستونه تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به‌صورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند. همهٔ صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن ترجیحاً از۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به‌صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

هر مقالهٔ تخصصی، حداقل باید در دو فایل جداگانه شامل فایل «صفحهٔ مشخصات مقاله» و فایل «متن مقاله»، تهیه و ارسال شود. بخش‌های ضروریِ هر یک از این دو فایل و نیز اصول لازم که در تهیهٔ آنها باید رعایت شوند، به‌شرح زیر است:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ج-۲-۱۰- تهیهٔ چکیدهٔ مبسوط انگلیسی (Extended Abstract):

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

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

ج-۳- نحوهٔ تنظیم فهرست منابع

کلیهٔ منابع فارسی و انگلیسی، به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازهٔ۱۲در فهرست منابع نوشته شوند. لازم است منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصهٔ انگلیسی، عبارت In Persian with English Summary و در صورت نداشتن خلاصهٔ انگلیسی، عبارت In Persian در داخل پرانتز نوشته شود. در نوشتن منابع، نام نشریات به‌صورت کامل درج شود. از ذکر منابع بی‌نام و خارج از دسترس، خودداری شود.

مثال‌هایی از نحوهٔ نوشتن فهرست منابع در زیر آمده است:

ج-۳-۱- مجلات:

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

ج-۳-۲- کتاب تألیف شده:

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

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

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

ج-۳-۴- مقاله در نشریهٔ برخط (On-line):

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

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

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

ج-۳-۶- رساله‌های تحصیلی:

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

ج-۳-۷- کنفرانس‌های علمی:

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

ج-۳-۸- نرم‌افزارهای رایانه‌ای:

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

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

تکمیل اطلاعات فرادادهٔ مقاله

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

این نشریه در هیچ‌کدام از فرایندهای دریافت تا پذیرش، هیچ‌گونه وجهی را بابت پردازش‌های مختلف مقاله، از نویسنده(گان) دریافت نمی‌نماید.

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

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:

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

اطلاعات تماس نشریه:

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

کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

http://ijpr.um.ac.ir

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۵-۱۲، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 12-25 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.79618

ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط اقلیمی منطقه کرمانشاه

هانیه حاجی‌شعبانی[۱]، فرزاد مندنی[۲*] و علیرضا باقری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛
hajishabani12@yahoo.com
۲. دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳. استادیار علوم شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛
a.bagheri@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی جذب و مصرف نور ارقام نخود آزمایشی به صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در شرایط آب و هوایی کرمانشاه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین) به عنوان عامل اصلی و چهار رقم نخود (بیونیج، عادل، آرمان و ILC482) به عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه (۴۵ درصد) و عملکرد ماده خشک کل (۳۳/۵ درصد) شد. رقم بیونیج نسبت به سایر ارقام از عملکرد بیشتری (۳۵ درصد) برخوردار بود. بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۸) مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند و کمترین آن (۱/۹) مربوط به رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین بود. روند جذب نور تابع شاخص سطح برگ بود و با تأخیر در کاشت حدود ۱/۶ درصد کاهش یافت. کارآیی مصرف نور از ۱/۶ برای رقم عادل در تاریخ ۱۰ اسفند تا ۰/۷ گرم بر مگاژول برای رقم آرمان در تاریخ ۱۷ فروردین متغیر بود. تأخیر در کاشت کارآیی مصرف نور را حدود ۲۲ درصد کاهش داد، اگرچه این کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود. به طورکلی نتایج نشان داد تأخیر در تاریخ کاشت، منجر به کاهش کارآیی مصرف نور و عملکرد دانه گردید. با این وجود در کشت دیرهنگام انتخاب ارقام مناسب توانست تا حدودی افت عملکرد ناشی از برخورد گیاه با شرایط محیطی نامناسب، به ویژه خشکی انتهای دوره رشد را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: جذب نور، شاخص سطح برگ، کارآیی مصرف نور، عملکرد دانه

مقدمه

امروزه توسعه اقتصادی در هر کشور علاوه بر پیشرفت بخش صنعتی، مستلزم افزایش میزان تولید مواد غذایی در بخش کشاورزی است. با توجه به افزایش سریع جمعیت، کشور به تولید بیشتر و بهتر محصولات کشاورزی نیاز دارد و بهترین راه برای نیل به این اهداف افزایش تولید در واحد سطح، با استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی و افزایش کارآیی مصرف منابعی همچون آب، عناصر غذایی، سطح زمین، نور خورشید و دی‌اکسیدکربن اتمسفر است (Ahmadi *et al.*, 2018; Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015). در صورت نبود عوامل محدودکننده، نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارآیی آن می‌توان سطح تولید محصولات را افزایش داد (Awal *et al.*, 2004; Mondani *et al.*, 2015a). نور یکی از مؤلفه‌های اصلی رشد و تولید زیست‌توده در گیاهان بوده و تولید مادهٔ خشک در شرایط بدون تنش تابعی از زمان و تلفیقی از میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[۲]) دریافت شده، کسری از تشعشع که توسط گیاه جذب می‌شود و کارآیی استفاده از تشعشع جذب‌شده در تبدیل به ماده خشک می‌باشد (Tsubo *et al.*, 2001).

بسیاری از مدل‌های استفاده‌شده برای ارزیابی کارآیی مصرف نور در گیاهان بر اساس قانون بیر-لامبرت می‌باشند که این قانون به طور کامل در لایه‌های مختلف کانوپی قابل استفاده است (McMurtrie & Wolf, 1983). از طرفی جذب نور در طول دورهٔ رشد گیاه متغیر است (Watiki *et al.*, 1993) و بیشتر تحت تأثیر شاخص سطح برگ و ضریب‌خاموشی نور کانوپی قرار می‌گیرد (Jeuffroy & Ney, 1997). کسری از تشعشع فعال فتوسنتزی که توسط

* نویسنده مسئول: f.mondani@razi.ac.ir

2. Photo synthetically active radiation

گیاه جذب می‌شود، بسیار وابسته به شاخص سطح برگ و آرایش برگ‌ها در کانوپی است که اهمیت آرایش برگ‌ها در کانوپی، بیشتر از میزان شاخص سطح برگ است (Zhang *et al.*, 2008). افزایش شاخص سطح برگ امکان جذب بیشتر نور را فراهم می‌آورد و در گیاهانی که برگ‌ها آرایش عمودی‌تری دارند، تشعشع موجود به میزان مؤثرتری جذب گیاه می‌شود و چنین آرایشی اجازه می‌دهد تا مقادیر بیشتری نور به لایه‌های پایین‌تر کانوپی رسیده و فتوسنتز برگ‌های پایین کانوپی در بالاتر از نقطه جبرانی حفظ شود (Awal *et al.*, 2006). در همین راستا افزایش جذب تشعشع توسط کانوپی گندم (*Triticum aestivum*) به علت افزایش شاخص سطح برگ ناشی از مصرف کود نیتروژن گزارش شده است (Bozorgi-hosein-abad *et al.*, 2019). در تحقیق دیگری مشخص گردید که کاربرد دود-آب ناشی از سوختن بقایای گیاهی منجر به افزایش شاخص سطح برگ و جذب تشعشع توسط کانوپی گندم گردید (Noroozi-Shahri *et al.*, 2018). برخی محققان نیز دریافتند که افزایش شاخص سطح برگ ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط کاربرد مقادیر متفاوت کود نیتروژن منجر به افزایش جذب تشعشع گردید (Ahmadi *et al.*, 2018).

مبنای تولید گیاهان زراعی تثبیت انرژی نورانی خورشید در مادهٔ خشک تولیدشده توسط فرآیند فتوسنتز است. فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک به طور مستقیم به میزان نور جذب‌شده توسط کانوپی مرتبط است (Beheshti *et al.*, 2004). علاوه بر افزایش جذب نور به وسیله کانوپی در طول فصل رشد، افزایش کارآیی مصرف نور (LUE[1]) نیز از عوامل مؤثر بر تولید ماده خشک است. اگرچه قبلاً اعتقاد بر این بود که کارآیی مصرف نور یک گیاه در شرایط محیطی مختلف ثابت است و بیشتر تحت تاثیر ویژگی‌های ژنتیکی کنترل می‌شود (Monteith, 1977)، اما بعداً مشخص شد که عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر تغییر تاریخ کاشت، تراکم و فواصل بوته‌ها، رقم، تغییرات آب و هوایی و حاصلخیزی خاک به سبب نقش ویژه‌ای که در فتوسنتز دارد، کارآیی مصرف نور را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند (Bozorgi-hosein-abad *et al.*, 2019; Akmal & Janssens, 2004). برخی محققان (Noroozi-Shahri *et al.*, 2018) دریافتند که کاربرد دود-آب ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی منجر به بهبود کارآیی مصرف نور گندم شد. مصرف بهینه کود نیتروژن نیز باعث افزایش کارآیی مصرف نور ذرت (Ahmadi *et al.*, 2018) و گندم (Bozorgi-hosein-abad *et al.*, 2019) گردید. بر همین اساس استفاده از کارآیی مصرف نور جهت برآورد میزان تولید ماده خشک توسط گیاهان زراعی به دلیل سهولت و در عین حال دقت بسیار خوب آن در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (Koochaki *et al.*, 2009; Eskandari *et al.*, 2015) و در حال حاضر برخی از معتبرترین مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی نظیر LINTUL[2] و CERES[3] بر پایهٔ این روش طراحی شده‌اند (Sinclair & Muchow, 1999; Mondani *et al.*, 2015b).

از آنجا که نیاز به افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی به عنوان اولین گام در مسیر پایداری یک ضرورت مهم است، بنابراین بررسی نقش عوامل مدیریتی مانند تاریخ کاشت در بهره برداری بهینه از عوامل محیطی همچون تشعشع، اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. تغییر تاریخ کاشت به دلیل تأثیر بر طول دوره زندگی گیاه بر میزان نور دریافت‌شده در طول فصل رشد، مؤثر خواهد بود. بنابراین این تحقیق با هدف ارزیابی تاریخ‌های مختلف کشت بر جذب و کارآیی مصرف نور چهار رقم نخود تحت شرایط آب و هوایی منطقه کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۷ متر از سطح دریا) انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه منطقه به ترتیب، ۴۰/۸ و ۸/۲- درجه سانتی‌گراد است. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد بررسی به‌صورت متوسط ماهانه طی دوره رشد نخود در جدول ۱ نشان داده شده است. آنالیز خاک قبل از کاشت در نمونه‌های برداشت شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت و در نهایت خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش مشخص گردید (جدول ۲).

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سیستم کشت دیم اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین که بر اساس وقوع بارندگی مؤثر در نظر گرفته شد) به‌عنوان عامل اصلی و چهار رقم (بیونیج، عادل،

1. Light use effciency

2. Light Interception and Utilization: A simple general crop growth model for optimal growing conditions

3. Crop Environment REsource Synthesis

آرمان و ILC480) به‌عنوان عامل فرعی بود. عملیات آماده سازی زمین در اسفندماه سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک به ترتیب میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره (CH_4N_2O) و سوپر فسفات تریپل ($Ca(PO_4H_2)_2$) هم‌زمان با کاشت به خاک محل آزمایش اضافه شد. در هر کرت اصلی که به ابعاد ۱۱× ۴ متر مربع بود. برای هر رقم هشت ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متری توسط فوکا ایجاد شد. به‌منظور کشت ارقام ذکرشده، بذور پس از ضدعفونی با قارچ‌کش Tebaconazole ٪۲ DS، به روش دستی روی ردیف‌هایی با فاصله هشت سانتی‌متر و در عمق پنج تا هشت سانتی‌متر و با تراکم یکنواخت ۴۰ بوته در متر مربع کشت شد. در طی فصل رشد کنترل‌های مربوط به بیماری‌ها و مبارزه با علف‌های‌هرز در صورت لزوم با روش‌های مرسوم صورت گرفت.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی کرمانشاه طی دوره رشد نخود در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

Table 1. Kermanshah weather data during the growing season of chickpea in 2016-2017

ماه Month	دمای حداکثر (درجهٔ سانتی‌گراد) Maximum temperature (ºC)	دمای حداقل (درجهٔ سانتی‌گراد) Minimum temperature (ºC)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	تشعشع (مگاژول بر متر مربع در روز) Radiation (MJ m^{-2} d^{-1})
March اسفند	15.0	3.1	132.6	11.4
April فروردین	21.9	8.3	64.4	14.7
May اردیبهشت	28.2	9.6	20.1	18.3
June خرداد	34.9	13.5	0.0	20.8
July تیر	39.1	18.2	0.0	18.8

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physico-chemical properties of experimental field

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil Depth (cm)	بافت خاک Soil Texture	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی (٪) Organic Carbon (%)	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	اسدیته خاک pH
0-30	Clay-Silt	44.3	39.0	16.7	1.5	0.17	7.4
30-60	Clay-Silt	44.7	38.7	16.7	1.1	0.17	7.4

نمونه‌برداری‌ها شامل دو بخش تخریبی و عملکرد نهایی بود. به این صورت که برای نمونه‌برداری تخریبی از هشت هفته پس از کاشت تا مرحله رسیدگی کامل، هر هفت روز یکبار پنج بوته از هر کرت (حدود ۱۲۵۰ سانتی‌متر مربع) با درنظرگرفتن اثرات حاشیه به صورت کاملاً تصادفی برداشت و برای اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از تکنیک پردازش تصویر با بهره گیری از نرم‌افزار JMicro version 1.2.7 استفاده شد. به این صورت که مساحت برگ‌های هر بوته با تصویربرداری از آنها محاسبه و با تعمیم این مقدار در واحد متر مربع، شاخص سطح برگ محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نیز نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان کافی قرار گرفتند.

به منظور محاسبه کارآیی مصرف نور (RUE) ابتدا تعداد ساعات آفتابی برای عرض جغرافیایی شهرستان کرمانشاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت شد. سپس میزان نور روزانه خورشید به روش Goudriaan & Van Laar (1993) محاسبه گردید. نور جذب‌شده روزانه (Iabs) برای نخود بر حسب مگاژول در متر مربع بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Sinclair & Muchow, 1999):

معادله ۱: $I_{abs} \pm I_0 * (1 - \rho) * (1 - e^{(-K \times LAI)})$

I_0: نور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، ρ: ضریب انعکاس نور توسط کانوپی که ۰/۰۸ منظور شد (Koocheki *et al*., 2009)، K: ضریب خاموشی نور نخود که ۰/۸ منظور شد (Hossein panahi *et al*., 2011) و LAI: شاخص سطح برگ روزانه است که بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (Nassiri Mahallati *et al*., 2015):

معادله ۲: $lAI \pm \frac{a+b\times4\times\left(\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)}{\left(1+\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)^2}$

در این معادله a: عرض از مبداء، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI، d: نقطه عطف منحنی است که در آن شاخص سطح برگ به ۵۰ درصد حداکثر میزان خود می رسد و x: زمان برحسب روز پس از کاشت است. سپس تشعشع

جذب‌شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب شده به‌دست آمد و مقدارکل تشعشع جذب‌شده به صورت تجمعی از طریق حاصل‌ضرب نور ورودی شبیه‌سازی‌شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی PAR جذب‌شده نسبت به زمان محاسبه شد. کارآیی مصرف نور برحسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال تجمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه شد (Hossein panahi *et al*., 2010).

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، جهت برداشت نهایی بوته های واقع در یک متر مربع از هر کرت با رعایت اصول حاشیه به صورت کف‌بر برداشت شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان کافی، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارSAS نسخه ۹/۴ انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. همچنین برای برازش معادلات و رسم شکل‌ها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای Slid Write و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

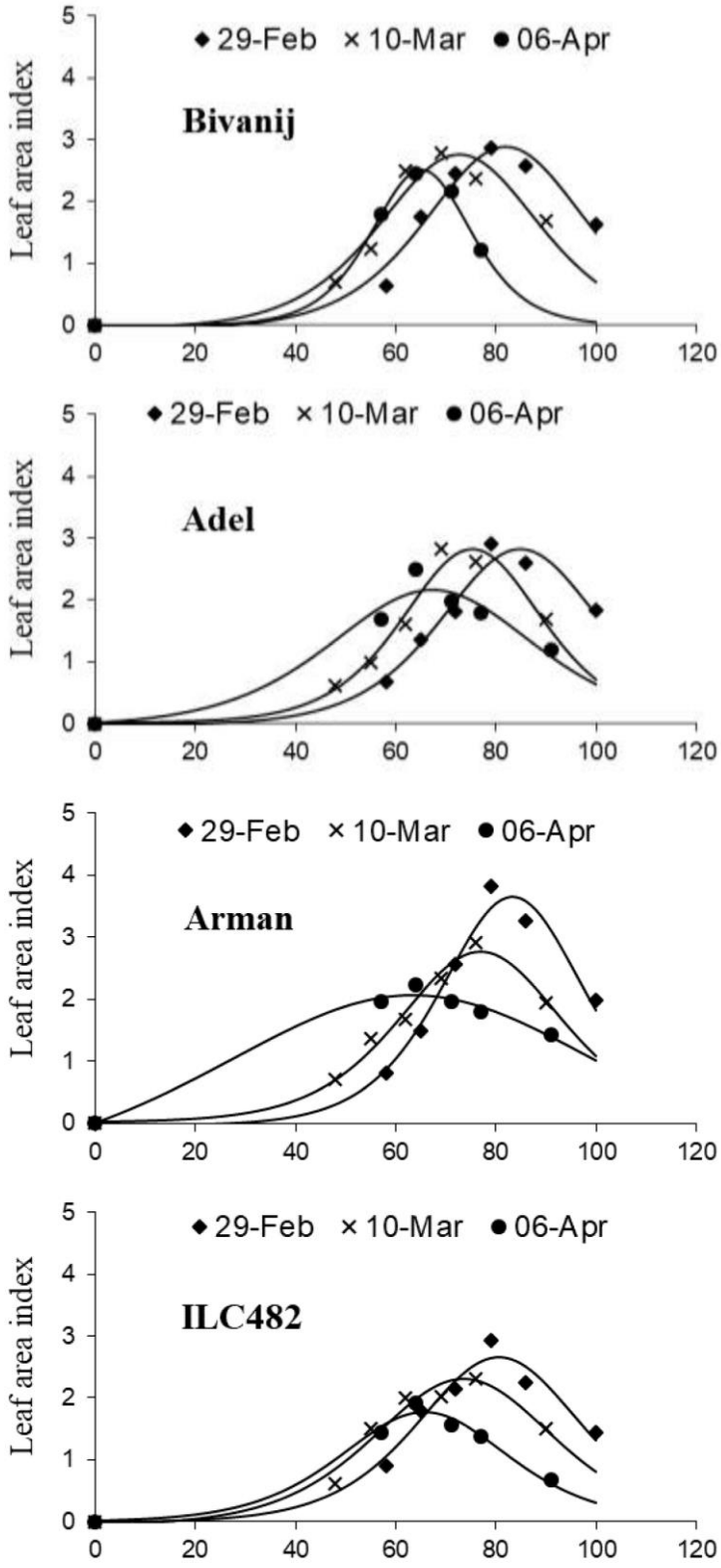
نتایج این آزمایش حاکی از روند تغییرات نسبتاً یکسان شاخص سطح برگ نخود در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها بود (شکل ۱). در مراحل اولیه رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها، ارقام نخود از شاخص سطح برگ پایینی برخوردار بودند. به تدریج و با طی‌شدن مراحل نمو فنولوژیک و تولید برگ‌های جدید، به تدریج سطح برگ وارد مرحله رشد خطی شد و سپس به حداکثر مقدار خود رسید و در اواخر فصل رشد نیز به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۱).

همان‌گونه که در شکل ۱مشاهده می‌شود در تمام تیمارهای مورد بررسی، بعد از سبزشدن، شاخص سطح برگ در ابتدا با سرعت کم و سپس با گرم‌تر شدن هوا از ۱۵ فروردین ماه به بعد به صورت خطی با شیبی تند افزایش یافت. با این حال، در تاریخ کاشت دوم و سوم به دلیل مواجههٔ سریع‌تر گیاه با روزهای گرم و آفتابی، دورهٔ رشد نمایی شاخص سطح برگ کوتاه‌تر بوده و گیاه سریع‌تر وارد مرحله رشد خطی افزایش شاخص سطح برگ شد. شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت ۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین به ترتیب، تا ۸۰، ۶۸ و ۶۴ روز پس از کاشت روند افزایشی داشت و پس از رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافت. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین (۳/۸) و کمترین (۱/۹) شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند و رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین بود. نتایج همچنین نشان داد که با تأخیر در کاشت، شاخص سطح برگ ارقام نخود به شدت کاهش یافت. شاخص سطح برگ برای رقم بیونیج در تاریخ کاشت۱۰ اسفند نسبت به تاریخ کاشت‌های۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین به ترتیب حدود، ۵/۵ و ۳۶/۹ درصد، برای رقم عادل به ترتیب حدود، ۸/۳ و ۶/۸ درصد، برای رقم آرمان به ترتیب حدود، ۲۷/۶ و ۲۹/۹ درصد و برای رقم ILC482 به ترتیب حدود، ۱۴/۸ و ۵۸/۴ درصد کاهش یافت.

به نظر می‌رسد که در شرایط کشت دیرهنگام به علت کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی نخود، کوتاهی عمر برگ‌ها و خشک‌شدن زودتر آن‌ها (نتایج نشان داده نشده است) به دلیل مواجهه شدن با دمای بالا، شاخص سطح برگ در مقایسه با کشت زودهنگام کاهش شدیدی از خود نشان داد. تأخیر در کاشت به طور متفاوتی منجر به کاهش شاخص سطح برگ ارقام مختلف نخود شد (Sadeghipor & Aghaee, 2011; Vaghar *et al*., 2009). در آزمایشی روی گل‌گاوزبان اروپایی (*Echium amoenum*) کاهش شاخص سطح برگ در کشت دیرهنگام تأیید شد (Hasanvand *et al*., 2018). از طرفی در کشت دیرهنگام به دلیل تأثیر درجه حرارت‌های بالا، شاخص سطح برگ به سرعت به بیشترین مقدار خود می‌رسد و بلافاصله کاهش می‌یابد و لذا هر چه تاریخ کاشت بیشتر به تأخیر افتد، از مقدار حداکثر شاخص سطح برگ نیز به میزان بیشتری کاسته می‌شود (Siddique *et al*., 1999).

روند جذب نور

صرف‌نظر از عامل تاریخ کاشت با افزایش شاخص سطح برگ ارقام مورد بررسی، میزان نور جذب‌شده توسط کانوپی نخود به تدریج افزایش یافته و در حدود ۶۰ تا ۸۰ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن با شروع رشد زایشی میزان تابش جذب شده به تدریج روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۲). کاهش جذب تابش توسط کانوپی پس از گرده‌افشانی، در تیمارهای مورد بررسی به علت پیری تدریجی برگ‌های پایینی و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بود. اگرچه در ابتدای دوره رشد میزان کل نور ورودی زیاد بود، ولی به دلیل رشد آهسته برگ‌ها و باز بودن کانوپی، محدودیت جذب نور وجود داشت (Milford *et al*., 1995).



شکل ۱- اثر تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ ارقام مختلف نخود

Fig 1. The effect of snowing date on leaf area index of chickpea cultivars

افزایش میزان جذب نور و افزایش سرعت رشد هنگامی اتفاق می‌افتد که کانوپی بسته و رشد برگ‌ها وارد مرحله خطی شود. بیشترین میزان تابش جذب‌شده در زمان گلدهی به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند (۱۸/۲ مگاژول بر متر مربع) و کمترین آن به رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین (۱۳/۸ مگاژول بر متر مربع) مربوط بود.

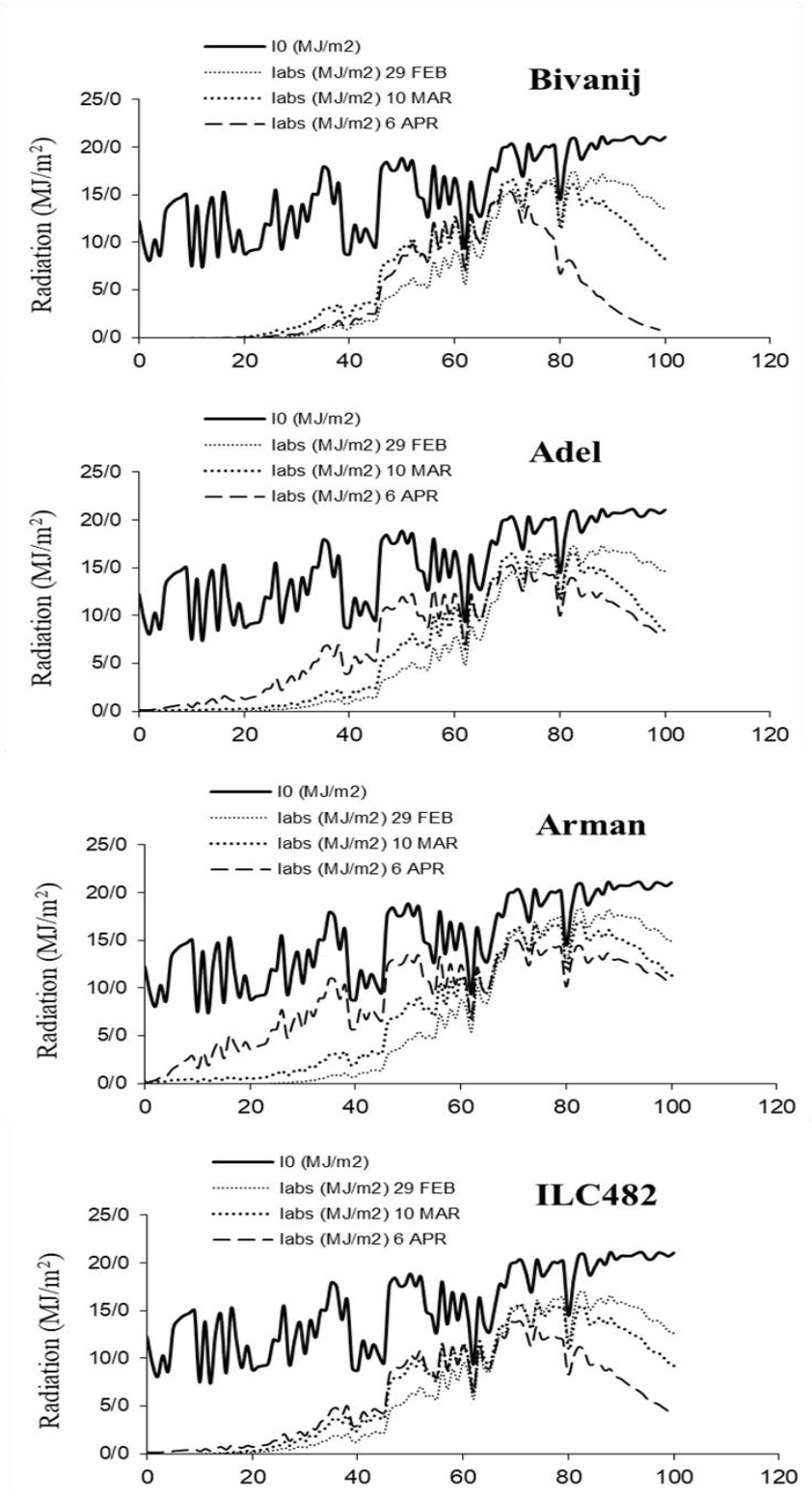
نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت با تأثیر بر ساختمان کانوپی، الگوی جذب نور ارقام نخود را تغییر داد. میزان جذب نور رقم بیونیج در تاریخ کاشت۱۰ اسفند نسبت به تاریخ کاشت۲۰ اسفند ۶/۵ درصد افزایش و نسبت به تاریخ ۱۷ فروردین حدود ۲۹/۳ درصد کاهش یافت و برای رقم ILC482 در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر به ترتیب حدود، ۲ درصد افزایش و ۱۲ درصد کاهش یافت (شکل ۲). این درحالی است که میزان جذب نور رقم عادل و آرمان در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر روند افزایشی داشت. رقم آرمان نسبت به ارقام دیگر قابلیت بیشتری در میزان تابش جذب‌شده داشت. این رقم علاوه بر جذب نور بیشتر در کل فصل رشد، قادر به پوشاندن سطح زمین در اوایل فصل رشد نیز بود. در واقع این رقم توانست در بخشی از طول فصل رشد که مقدار تشعشع رسیده به سطح زمین بالاتر بود، سطح برگ خود را برای جذب نور به حد مطلوب برساند. میانگین کل تشعشع رسیده به سطح زمین در طول فصل رشد ۲۷۶۳ مگاژول بر متر مربع بود که سهم تشعشع جذب‌شده در ارقام آرمان، عادل، ILC482 و بیونیج به ترتیب ۷۸۳، ۶۹۷، ۶۶۶ و ۶۱۷ مگاژول بر متر مربع بود.

میزان جذب نور در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر برای رقم عادل به ترتیب حدود، ۱۰/۱ و ۳۴/۶ درصد و برای رقم آرمان به ترتیب حدود، ۱۵/۵ و ۵۹/۶ درصد افزایش یافت (شکل ۲). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در ارقام عادل و آرمان زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر جذب نور با هم متفاوت است، لذا به نظر می‌رسد جذب نور توسط کانوپی علاوه بر شاخص سطح برگ بالا، به چگونگی آرایش برگ‌ها و میزان انعکاس نور توسط برگ‌ها در کانوپی محصولات زراعی بستگی دارد (Sadeghipor & Aghaee, 2011). نفوذ نور در پایین سایه‌انداز گیاهی تحت تأثیر رشد رویشی گیاه قرار دارد، به طوری‌که با تأخیر در کاشت ارقام نخود، شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش یافت و در نهایت سبب افزایش نفوذ نور به پایین سایه انداز گیاهی و در نتیجه کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی گردید (Pezeshkpor *et al*., 2005). ارتباط مستقیم بین میزان سطح برگ و جذب تشعشع توسط سایر محققان نیز گزارش‌شده است (Shibles & Weber, 1965; Dwyer *et al*., 1992).

کارآیی مصرف نور

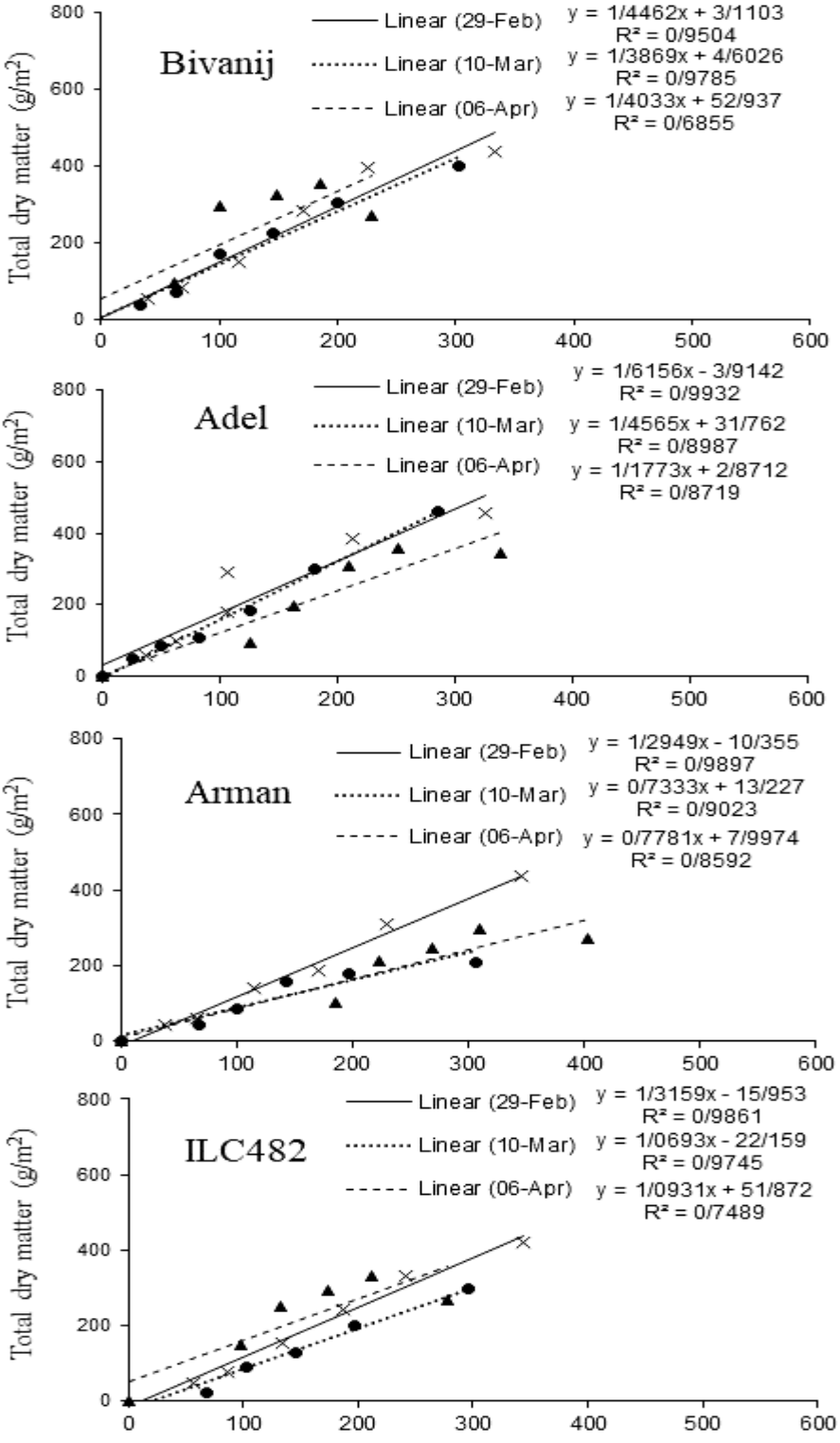
در تیمارهای مورد ارزیابی، تجمع ماده خشک نخود با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی ارتباط خطی داشت (شکل ۳). شیب خط رگرسیونی برازش‌یافته بین این دو صفت بیانگر کارآیی مصرف نور است که میانگین آن در طول دوره رشد از ۱/۶ گرم بر مگاژول برای رقم عادل در تاریخ ۱۰ اسفند تا ۰/۷ گرم بر مگاژول برای رقم آرمان در تاریخ ۱۷ فروردین متغیر بود (شکل ۳). با تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف نور ارقام نخود به شدت کاهش یافت. کارآیی مصرف نور در تاریخ کاشت۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین نسبت به تاریخ کاشت۱۰ اسفند در رقم بیونیج به ترتیب حدود، ۴/۲ و ۲/۷ درصد، در رقم عادل به ترتیب حدود، ۹/۴ و ۲۷/۳ درصد، در رقم آرمان به ترتیب حدود، ۴۳/۴ و ۴۰/۳ درصد و در رقم ILC482 به ترتیب حدود ۱۹/۱ و ۱۶/۸ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد تأخیر در کاشت به دلیل برخورد با شرایط خشک و کم‌آبی آخر فصل و همچنین افزایش میانگین دما از کاشت تا رسیدگی منجر به کاهش میزان تولید آسیمیلات نخود شد که این موضوع نیز سبب افت میزان تجمع ماده خشک کل و در نتیجه کاهش کارآیی تبدیل نور به ماده خشک شد. در مطالعه ای دیگر گزارش گردید که افزایش درجه‌حرارت به میزان یک درجه سانتی‌گراد باعث کاهش کارآیی مصرف نور سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) به میزان ۰/۳۶ گرم بر مگاژول شد (Gregory & Marshall, 2012). محققان دیگر (Tabarzad *et al*., 2016) نیز دریافتند تأخیر در زمان کاشت، سبب کاهش مقدار کارآیی مصرف نور جو (*Hordeum vulgare*) شد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، شیب افزایش ماده خشک کل به ازای تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب‌شده برای رقم عادل از سه رقم دیگر بیشتر بود (شکل ۳) که ممکن است نشان‌دهنده کارآیی مطلوب انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و کاربرد آن‌ها در تولید ماده خشک باشد. به عبارت دیگر در گیاه به ازای یک واحد تابش خورشیدی جذب‌شده مقدار زیست‌توده بیشتری تولید شد.



شکل ۲- اثر تاریخ کاشت بر جذب نور ارقام مختلف نخود در کرمانشاه

Fig 2. The effect of sowing date on chickpea cultivars light absorption in Kermanshah



شکل ۳- اثر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور نخود در شرایط اقلیمی کرمانشاه

Fig 3. The effect of sowing date on chickpea radiation use efficiency under Kermanshah climate condition

وجود تنوع در مقادیر ارائه‌شده برای کارآیی مصرف نور ارقام مختلف ممکن است ناشی از ویژگی‌های فتوسنتزی نظیر کارآیی کربوکسیلاسیون و تثبیت کربن، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها (Muchow, 1990)، نوسان در محتوای نیتروژن و کلروفیل برگ‌ها (Rosati*et al*., 2004) و تفاوت های موجود در مراحل مختلف نمو گیاه باشد (Felenet *et al*., 1996; Gardner *et al*., 1990). همان‌طور که اشاره شد، مقادیر کارآیی مصرف نور نخود در این آزمایش در گسترهٔ ۰/۷ تا ۱/۶ گرم بر مگاژول متغیر بود که منطبق با نتایج سایر مطالعات بود که مقادیری بین ۰/۶ تا ۱/۸۶ را گزارش کرده‌اند (Hughes *et al*., 1987; Hossein Panahi *et al*., 2011; Singh & Rama, 1989). برخی محققان (Rahimi-Karizaki *et al*., 2007) نیز کارآیی مصرف نور نخود را یک گزارش کرده‌اند که در گسترهٔ اعداد به دست آمده در این مطالعه است.

عملکرد ماده خشک کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم و تاریخ‌های مختلف کشت بر عملکرد ماده خشک کل نخود معنی‌دار بود، اما برهمکنش آنها بر عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار نبود (جدول ۳). صرف‌نظر از تاریخ کاشت عملکرد ماده خشک کل رقم عادل نسبت به ارقام ILC482، بیونیج و آرمان به ترتیب حدود ۱۱/۱۶، ۱۱/۶۳ و ۲۹/۱۴ درصد افزایش داشت (جدول ۴). با تأخیر در کاشت از ۱۰ اسفند به ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین، عملکرد ماده خشک کل به‌ترتیب حدود ۱۰/۵۷ و ۳۳/۵۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۳- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام نخود در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3. Source of variations, degree of freedom and mean of squares for measured traits in chickpea cultivars at different sowing date

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df.	میانگین مربعات (Mean of Squares)	
		عملکرد دانه Seed yield	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter
بلوک Block	2	198338	6475
تاریخ کاشت Sowing date(A)	2	1718938**	6809158**
خطای اصلی Main Error (E_a)	4	89643	276670
رقم Cultivar (B)	3	487462**	1347254*
تاریخ کاشت × رقم A×B	6	41370^{ns}	344032^{ns}
خطای فرعی Sub Error (E_b)	18	61573	331942
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation (%)		19.1	15.4

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ^{ns}عدم معنی‌داری

Ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

به نظر می‌رسد که تأخیر در کاشت به‌علت برخورد دوره رشد گیاه با درجه‌حرارت‌های بالاتر و افزایش سرعت نمو فنولوژیک و در نتیجه کوتاه‌شدن طول دوره رشد، منجر به کاهش طول دوره جذب نور و فتوسنتز گردید که در نهایت عملکرد ماده خشک را کاهش داد. از سویی دیگر ممکن است در درجه‌حرارت‌های بالا به علت تخریب سریع‌تر آنزیم‌ها، تنفس نگهداری گیاه افزایش یافته و در نتیجه سهم فتوسنتز خالص از فتوسنتز ناخالص کاهش یابد که این موضوع در نهایت منجر به افت عملکرد ماده خشک کل می‌شود (Hammes & De Jager, 1990). کاهش عملکرد ماده خشک کل با تأخیر در کاشت توسط سایر محققان نیز گزارش‌شده است (Tabarzad *et al*., 2016). تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است که می تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. افزایش دریافت تشعشع به وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به همراه بهبود کارآیی جذب نور از جمله عواملی هستند که در افزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند (Kemanian *et al*., 2004). به طور کلی ماده خشک بیشتر ناشی از افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و کارآیی مصرف نور است. نتایج همبستگی نیز نشان داد ماده خشک با کارآیی مصرف نور، حداکثر تشعشع جذب‌شده و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۵).

جدول ۴- عملکرد دانه و ماده خشک کل ارقام نخود در تاریخ کاشت‌های مختلف

Table 4. Grain yield and total dry matter of chickpea cultivars in different sowing date

تیمار Treatment	عملکرد دانه Yield (g m^{-m})	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter (g m^{-2})
تاریخ کاشت Sowing date		
۱۰ اسفند March 1	165	439
۲۰ اسفند March 11	135	392
۱۷ فروردین April 6	90	291
LSD $_{0.05}$	34	60
رقم Cultivars		
بیونیج Bivanij	158	376
عادل Adel	124	419
آرمان Arman	102	325
ILC482	135	377
LSD $_{0.05}$	24	57

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. این در حالی بود که برهمکنش تاثیر رقم و تاریخ کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). صرف‌نظر از ارقام مورد بررسی بیشترین عملکرد دانه نخود در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند مشاهده شد که در مقایسه با عملکرد مشاهده‌شده در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین حدود ۸۰ درصد بالاتر بود (جدول ۴). با تأخیر در کاشت از ۱۰ اسفند به ۲۰ اسفند نیز میزان عملکرد دانه حدود ۱۸ درصد کاهش یافت. صرف‌نظر از تاریخ کاشت، بیشترین عملکرد دانه متعلق به رقم بیونیج بود که نسبت به کمترین آن (رقم آرامان) ۵۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). نتایج همبستگی صفات نشان داد عملکرد دانه با کارآیی مصرف نور، حداکثر تشعشع جذب‌شده و وزن خشک کل همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). با این وجود بیشترین همبستگی عملکرد دانه با وزن خشک کل بود. به نظر می‌رسد وجود عوامل محیطی مناسب در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند، نظیر تشعشع خورشیدی و درجهٔ حرارت مطلوب در زمان گلدهی و پرشدن دانه موجب افزایش بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه نخود شد. همچنین در تاریخ کاشت سوم عواملی مانند شاخص سطح برگ پایین، جذب کمتر تشعشع در طی مرحلهٔ رشد رویشی، کوتاه‌شدن دورهٔ رشد زایشی و برخورد مرحلهٔ گلدهی و مراحل پس از آن با دمای بالا سبب اختلال در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها شده و در نهایت کاهش عملکرد را به‌دنبال داشته است (Fathi *et al*., 2003; Behtari *et al*., 2010). در بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت گندم و جو گزارش شده است که تاریخ کاشت ۱۰ اسفند منجر به حصول بیشترین عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) (۳۳۵۹ کیلوگرم در هکتار) و جو (۴۱۱۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت شد (Shaaban *et al*., 2018).

جدول۵- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام نخود در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 5. Correlation coefficient between measured traits in chickpea cultivars at different sowing date

صفات Traits	عملکرد دانه Yield (1)	کارآیی مصرف تشعشع Radiation use efficiency (2)	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index (3)	حداکثر جذب تشعشع Maximum absorbed radiation (4)	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter (5)
(2)	0.584 *				
(3)	0.405^{ns}	0.376^{ns}			
(4)	0.604*	0.471 ^{ns}	0.930**		
(5)	0.916**	0.636*	0.636*	0.826**	

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که در کشت دیرهنگام نخود به دلیل کوتاه‌شدن طول دوره رشد، کاهش شاخص سطح برگ و میزان نور جذب‌شده، برخورد گیاه با شرایط کم‌آبی آخر دوره رشد و کاهش طول دوره فتوسنتز کارآیی مصرف نور کاهش یافت که در نتیجه کاهش عملکرد دانه را در پی داشت. اگرچه کارآیی مصرف نور به‌عنوان یک صفت ژنتیکی مطرح است، اما تغییر شرایط محیطی از طریق تغییر در تاریخ کاشت به شدت بر میزان آن تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف نور ارقام نخود در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ اسفند به ترتیب حدود ۱۸/۳ و ۲۷/۵ درصد کاهش یافت. در بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ قابلیت‌های جذب و کارآیی مصرف نور تفاوت وجود داشت. اگرچه رقم آرمان شاخص سطح برگ بالاتری در مقایسه با سایر ارقام داشت، با این وجود به‌نظر می‌رسد ساختار کانوپی آن به شکلی بود که منجر به نفوذ تشعشع کمتری به بخش‌های پایینی گردید. این امر می‌تواند پایین‌آمدن کارآیی مصرف نور را در این رقم سبب شود. بررسی تولید ماده خشک، مقادیر جذب نور و محاسبه کارآیی مصرف نور در این چهار رقم نشان داد که رقم آرمان دارای قابلیت بالاتری (۱۸/۲ مگاژول بر متر مربع) در جذب نور در مقایسه با ارقام دیگر بود، ولی کارآیی مصرف نور کمتری در مقایسه با سایر ارقام داشت. قابلیت جذب نور رقم عادل در مقایسه با رقم آرمان اندکی کمتر بود، ولی بالاتربودن کارآیی مصرف نور این رقم موجب شد که تجمع ماده خشک تولیدشده آن در مقایسه با رقم آرمان بیشتر باشد که نشان‌دهنده کارآیی مطلوب انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و کاربرد آن‌ها در تولید ماده خشک بود، اما در نهایت عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر ارقام داشت. به‌نظر می‌رسد در رقم عادل توسعه اندام‌های رویشی و ارتفاع گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را نسبت به دانه‌ها به خود اختصاص دادند، در حالی‌که رقم بیونیج در طول دوره رشد مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها منتقل کرد که در نهایت عملکرد دانه بالاتری را در پی داشت. به طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت منجر به کاهش ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک نخود به ویژه کارآیی مصرف نور (۲۷/۵ درصد) و عملکرد دانه (۴۵/۵ درصد) گردید. با وجود این، در کشت دیرهنگام انتخاب ارقام مناسب توانست تا حدودی افت عملکرد ناشی از برخورد گیاه با شرایط محیطی نامناسب، به ویژه خشکی انتهای دوره رشد را کاهش دهد.

منابع

1. Ahmadi, M., Mondani, F., Khorramivafa, M., Mohammadi, G., and Shirkhani, A. 2018. The effect of nitrogen on radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah condition. Iranian Journal of Field Crop Research 15: 885-900. (In Persian with English Summary).
2. Akmal, M., and Janssens, M. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.
3. Awal, M., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
4. Behtari, B., Nemati, Z., Hassanpour, H., and Rezapour Fard, J. 2010. Modeling seedling emergence and growth in green bean, sunflower and maize by some nonlinear models**.** Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 20: 129-140. (In Persian with English Summary).
5. Bozorgi Hossein-Abad, A., Mondani, F., Saeedi, M., Heidari, H., and Bagheri, A. 2019. Study of radiation absorption and use efficiency of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) under nitrogen fertilizer effect. Journal of Plant Ecophysiology 11: 202-216. (In Persian with English Summary).
6. Eskandari, B., Ezati, S., Mondani, F., and Ahmadvand, G. 2015. Evaluation of light absorption and use efficiency of soybean (*Glysine max* (L.) Merr.) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Journal of Weed Research 7: 35-47. (In Persian with English Summary).
7. Fathi, G., Siadat, S., and Hemaiaty, S. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agronomica Hungarica 51: 249-255.
8. Gardner, F., Pearce, R., and Mitchell, R. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State Univ. Press, Ames, IA. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, Ames, IA.
9. Goudriaan, J., and Van Laar, H. 2012. Modelling Potential Crop Growth Processes: Textbook with Exercises. Springer Science & Business Media.
10. Gregory, P.J., and Marshall, B. 2012. Attribution of climate change: A methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. Global Change Biology 18: 1372-1388.

11. Hammes, P., and De Jager, J. 1990. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. Potato Research 33: 515-520.
12. Hasanvand, H., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Moradi Telavat, M.R., and Poshtdar, A. 2018. Effect of sowing dates and plant densities on flower yield and some important agronomical characteristics of European borage. Journal of Plant Production Research 25: 73-86. (In Persian with English Summary).
13. Hossein Panahi, F., Pouramir, F., Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2011. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in replacement series intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.). Agroecology 3: 106-120. (In Persian with English Summary).
14. Hughes, G., Keatinge, J., Cooper, P., and Dee, N. 1987. Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum* L.) crops in northern Syria. The Journal of Agricultural Science 108: 419-424.
15. Jeuffroy, M.H., and Ney, B. 1997. Crop physiology and productivity. Field Crops Research 53: 3-16.
16. Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R. 2004.Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science 44: 1662-1672.
17. Koocheki, A., Nassiri- Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Agroecology 1: 13-23.
18. Mc Murtrie, R., and Wolf, L. 1983. A model of competition between trees and grass for radiation, water and nutrients. Annals of Botany 52: 449-458.
19. Mondani, F., Nasiri-Mahalati, M., and Kooghaki, A. 2015a. Modeling of sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) damage on winter wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield under climate change condition. Plant Production Technology 6: 61-75. (In Persian with English Summary).
20. Mondani, F., Nasiri-Mahalati, M., Koocheki, A., and Hajiyan-Shahri, M. 2015b. Simulation of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition on winter wheat (*Triticum astivum*) growth and yield. I: Model description and validation. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 218-231. (In Persian with English Summary).
21. Nassiri-Mahallati M., Koocheki A., Mondani F., Feizi H., and Amirmoradi S. 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343-350.
22. Noroozi-Shahri, F., Gholami, B., Jalali Honarmand, S., Mondani, F., and Saeedi, M. 2018. Evaluating the effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) ecophysiological traits. Iranian Journal of Field Crop Research 16: 459-475. (In Persian with English Summary).
23. Rahimi Karizaki, A., Soltani, A., Pourreza, J., and Zeynali, E. 2007. Estimation of extinction coefficient and radiation use efficiency in field growth chickpea. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 211-221. (In Persian with English Summary).
24. Sadeghipor, O., and Aghaei, P. 2011. Effect of different planting dates on chlorophyll content, absorbed radiation, and leaf area index of chickpea genotypes. Agricultural Research 3: 25-38. (In Persian with English Summary).
25. Shibles, R., and Weber, C. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by boybeans. Crop Science 5: 575-577.
26. Siddique, K., Loss, S., Regan, K., and Jettner, R. 1999. Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 50: 375-388.
27. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
28. Singh, P., and Rama, Y.S. 1989. Influence of water deficit on transpiration and radiation use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agricultural and Forest Meteorology 48: 317-330.
29. Tabarzad, A., Ghaemi, A.A., and Zand-Parsa, S. 2016. Extinction coefficients and radiation use efficiency of barley under different irrigation regimes and sowing dates. Agricultural Water Management 178: 126-136.
30. Vaghar, M.S., Noormohammadi, G., Shams, K., Pazoki, A., and Kobraie, S. 2010. The study of the effect of sowing time on growth trend of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah dry farming cultivation. Journal of Plant and Biomass Research 20: 105-123. (In Persian with English Summary).
31. Watiki, J., Fukai, S., Banda, J., and Keating, B. 1993. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant density and cowpea cultivar. Field Crops Research 35: 123-133.
32. Zhang, L., Van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research 107: 29-42.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 12-25 (Research Article)

Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition

Hajishabani[1], H., Mondani[2]*, F. & Bagheri[3], A.R.

1. MSc. Student in Agroecology, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; hajishabani12@yahoo.com
2. Associate Professor in Crop Ecology, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Assistant Professor in Weed Science, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; a.bagheri@razi.ac.ir

Received: 9 March 2019
Accepted: 2 November 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.79618

Introduction

In recent decades, agricultural production systems have already explored many methods to increase the crops yield. Most of these methods involved increasing the efficiency of resources utilization such as nutrients, solar radiation, and atmospheric CO_2. Crop growth and yield are considered as a function of photosynthetically active radiation (PAR) that is intercepted by plant as well its utilization efficiency to produce dry matter. Net primary production has often been found to be linearly related to the photosynthetically active radiation (PAR) intercepted by crops. The slope of this relationship is light use efficiency (LUE). Several authors have found close correlation between crop growth and yield with the radiation absorption and the LUE. Although, it was previously believed that the LUE is constant during the crop growing season and it is controlled more genetically, but environmental factors and management practices such as change in the sowing date, plant density, cultivars, climate, soil fertility, especially soil available nitrogen due to its specific role in photosynthesis, affect greatly the LUE. Therefore, the objectives of the present study were to evaluate light absorption and use efficiency in different sowing date for chickpea cultivars in Kermanshah regionlight absorption and use efficiency in different sowing date for chickpea cultivars in Kermanshah region climatic.

Material and Methods

A split plot experiment was conducted based on Randomized Complete Block Design during 2016-2017 at the research farm of the faculty of agriculture and natural resources of Razi University, Kermanshah, Iran (34°, 19´ N, 47°, 50´ E and altitude 1317 m). The average annual rainfall was 455 mm, and the long-term average of maximum and minimum air temperature was 22.6 and 5.9°C, respectively. Main plots had three sowing dates (February 29, Match 10 and April 6) and sub plots were composed of chickpea cultivars (Bivanij, Adel, Arman and ILC482). The measured indexes were leaf area index (LAI), radiation absorption, total dry matter (TDM), light use efficiency (LUE) and grain yield of chickpea. The LUE was calculated based on g MJ^{-1} through the slope of linear regression between total dry matter accumulation (g m^{-2}) and cumulative absorbed photosynthetically active radiation. Chickpea grain yield was measured at the physiological maturity stage.

Results and Discussion

The results showed that the maximum LAI of different chickpea cultivars decreased with the delay in sowing date. The greatest LAI (3.8) was related to Arman cultivar with the sowing date of March 1 and the lowest LAI (1.9) was related to ILC482 cultivar with the sowing date of April 6. The light absorption had the similar LAI trend that with the delay in sowing date decreased about 51%. The highest (15.9 MJ m^{-2}) and the lowest (13.4 MJ m^{-2}) light absorption were observed for Arman cultivar with the sowing date of March 1 and

***Corresponding Author:** f.mondani@razi.ac.ir

ILC482 cultivar with the sowing date of April 6, respectively. Combined analysis of variance of the results indicated that the effects of sowing date and cultivars were significant on TDM and grain yield, but the interactions of sowing date and cultivars were not significant for TDM and grain yield. The results indicated that the delay in sowing date led to reduce in the grain yield (45%) and TDM (33.5%). The highest (158 g m^{-2}) and the lowest (102 g m^{-2}) grain yield were related to Bivanij and Arman cultivars, respectively. The grain yield of Bivanij cultivar was higher (35%) compared to other cultivars. The highest LUE (1.6 g MJ^{-1}) was observed for Adel cultivar with the sowing date of March 1 and the lowest LUE (0.7 g MJ^{-1}) was related to Arman cultivar with the sowing date of April 6. Late sowing dates of March 11 and April 6 reduced LUE compared to early sowing date of February 29 about 4.2% and 2.7% in Bivanij cultivar, 9.4% and 27.3% in Adel cultivar, 43.4% and 40.3% in Arman cultivar and 19.1% and 16.8% in ILC482 cultivar, respectively.

Conclusion

In general, the results of this study show that the delay in sowing date, which is unavoidable under some climatic conditions by the farmer, lead to reduce in measured traits such as grain yield and LUE of chickpea. However, it seems that late sowing could help with the selection of suitable chickpea cultivars that could offset the yield loss due to unsuitable environmental condition such as drought stress by end of the growing season.

Keywords: Grain yield, Leaf area index, Light absorption, Light use efficiency, Total dry matter

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارۀ۱، نیمۀ اوّل ۱۴۰۰
صفحۀ ۴۰-۲۶، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 26-40 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80185

بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در پاسخ به مالچ ضایعات چای و کنترل علف‌های‌هرز

مجید قنبری[۱]، علی مختصی بیدگلی[۲*]، پرنیان طالبی سیه‌سران[۳] و سید رامین حسینی[۴]

۱. دانش‌آموخته دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، majid.ghanbari@modres.ac.ir
۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، parniyan.talebi@modares.ac.ir
۴. دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، seyedramin1374@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر مالچ ضایعات چای و کنترل علف‌های‌هرز بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا، به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارها شامل پنج زمان کنترل علف‌هرز از طریق وجین دستی شامل شاهد (بدون کنترل علف‌هرز) و کنترل علف‌هرز هر یک، دو، چهار و شش هفته یک‌بار پس از سبزشدن لوبیا و سه مقدار مالچ ضایعات چای شامل صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای بر کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود. همچنین، برهمکنش دوگانه این تیمارها از نظر صفات کربوهیدرات محلول، نشاسته، تعداد غلاف در بوته لوبیا و وزن خشک علف‌هرز معنی‌دار بود. با کاربرد پنج و ۱۰ تن مالچ ضایعات چای در هکتار، به‌ترتیب ۳۵/۵۹ و ۵۵/۹۰ درصد از وزن خشک علف‌هرز کاسته شد. با کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار پس از سبزشدن لوبیا و کاربرد پنج و ۱۰ تن مالچ ضایعات چای در هکتار، به‌ترتیب ۴۵/۴۸ و ۷۴/۱۲ درصد از وزن خشک علف‌هرز کاسته شد. به‌طور کلی، با توجه به کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز و نشاسته و افزایش کربوهیدرات محلول در شرایط کنترل علف‌هرز هر دو هفته یک‌بار پس از سبزشدن لوبیا و ۱۰ تن در هکتار مالچ ضایعات چای، استفاده از ۱۰ تن مالچ ضایعات چای همراه با کنترل علف‌هرز هر دو هفته یک‌بار پس از سبزشدن در مزارع لوبیا توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: توده بومی، خاکپوش، دگرآسیبی، عملکرد دانه، وجین

مقدمه

کمبود پروتئین امروزه یکی از مشکلات حاد تغذیه‌ای در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. بقولات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات و دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند (Ghanbari *et al*., 2016; Ghanbari *et al*., 2018). کشت لوبیا در ایران به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک بعد از نخود و عدس بیشترین سطح را به‌خود اختصاص داده است. از این جهت شناسایی روش‌های بهبود عملکرد این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Zafarani-Moattar *et al*., 2012).

از آنجا که علف‌های‌هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در بقولات هستند، اقدامات کنترلی برای کاهش خسارت‌های آن اعم از رقابت و اثرات دگرآسیب می‌تواند در به‌زراعی آن بسیار مفید باشد (Yagmur & Kaydan, 2004). برای مبارزه با علف‌های‌هرز از ابتدایی‌ترین روش یعنی کندن آن‌ها با دست تا با به‌کارگیری از کامل‌ترین وسایل و مواد مثل هواپیما، سموم شیمیایی، هورمون‌ها و ویروس‌ها استفاده می‌شود (Ghanbari *et al*. 2013). مبارزه مکانیکی یکی از روش‌های سنتی بوده و تا امروز از رایج‌ترین راه‌های مبارزه با علف‌های‌هرز است. مبارزه مکانیکی شامل وجین با دست یا استفاده از ماشین‌آلات پیشرفته است که هنوز هم با پیشرفت های فنی در کشاورزی قابل توجیه بوده و در بسیاری از موارد ارزان‌ترین روش است و در ضمن خطر این روش برای مزارع و باغ‌ها بسیار ناچیز است (Ghanbari *et al*., 2014). دوره بحرانی کنترل علف‌های‌هرز لوبیا از ۵۰ تا ۲۸۴ درجه‌روز رشد[۲]

* نویسنده مسئول: mokhtassi@modares.ac.ir

1. Growing Degree Days

یا به‌عبارتی از ۱۱ تا ۲۸ روز پس از سبزشدن، برخوردار است. دوره بحرانی برای کنترل علف‌های‌هرز برای هر مکان و منطقه‌ای متفاوت است؛ مثلاً، در تحقیق سه‌ساله در منطقه اونتاریو کانادا برای لوبیا ۳۵ تا ۴۹ روز پس از کاشت (Sikkema *et al*., 2008) و ۲۰ تا ۴۰ روز در کانادا (Wooley *et al*., 1993) و در تحقیق سه‌ساله در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ترامو ایتالیا روی لوبیای فرانسوی ۷ تا ۲۸ روز پس از سبزشدن محاسبه شد (Stagnari & Pisante, 2010). محققان در پژوهش‌های خود نشان دادند که دوبار وجین طی سه هفته و شش هفته پس از کاشت برای کنترل علف‌های‌هرز نخود ضروری است (Wish *et al*., 2002). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده که یک مرحله وجین، علف های‌هرز حبوبات را به‌خوبی کنترل کرده و افزایش مناسب عملکرد را سبب شده است (Ahlawat *et al*., 1981). پژوهشگران در تحقیقات خود دریافتند که وجین زودهنگام (۱۰ روز پس از نشاکاری) مانع کاهش عملکرد نشد و این به دلیل رویش دوباره علف‌های‌هرز و استفاده آن‌ها از منابع غذایی است. با تأخیر در وجین علف‌های‌هرز، کاهش عملکرد بسیار شدیدتری مشاهده می‌شود که به‌دلیل افزایش تعداد علف-های‌هرز و بالاتربودن توان رقابتی علف‌های‌هرز نسبت به گیاه زراعی می‌باشد (Kavosi *et al*., 2015). در تحقیقی ثابت شد در تیمارهای کنترل علف‌های به‌خصوص در تیمارهای دارای وجین دستی، عملکرد بالاتری نسبت به شاهد به دست آمد و این موضوع نشان‌دهنده اهمیت و اولویت وجین در کشت و کار لوبیا است (Sadeghi Pour & Ghaffari Khaligh, 2003).

مالچ به‌عنوان یک پدیده نوین در کشاورزی موجب تغییر بنیادین در استفاده از سموم شیمیایی شده و علاوه بر کنترل علف‌های‌هرز در مزارع، توانسته از طریق تولید یک لایه پوششی در سطح خاک از فرسایش خاک نیز جلوگیری کرده و افزایش نفوذ آب در لایه‌های خاک را موجب گردد. همچنین استفاده از مالچ گیاهان می‌تواند مواد غذایی خاک را جبران نموده و نیتروژن آلی خاک را نیز افزایش دهد (Ghanbari *et al*., 2018b). از مزایای استفاده از مالچ گیاهان می‌توان به افزایش نیتروژن خاک برای گیاه اصلی، حفاظت از فرسایش خاک، افزایش کیفیت خاک، کاهش تبخیر و افزایش نفوذ آب در خاک، بهبود کارآیی مصرف آب، حفظ دمای مناسب خاک و سرکوب علف‌های‌هرز اشاره نمود (Kar & Kumar, 2007). مالچ با کاهش کمی و کیفی نور رسیده به بذر علف‌های‌هرز در پایین سایه‌انداز میزان جوانه‌زنی علف‌های‌هرز را کاهش داده و با افزایش تولید شاخه‌های جانبی و پنجه تحت تأثیر نور قرمز دور چرخه آب را بین تبخیر از خاک و تعرق از گیاه تعدیل می‌کند (Ghanbari *et al*., 2018b). تجزیه مواد زائد موجود در مالچ حاوی ترکیبات دگرآسیب بوده که از طریق ترشحات ریشه‌ای گیاهان موجود در مالچ و تبخیرشدن از سطوح مختلف اندام های گیاهی موجود در مالچ وارد خاک می‌شوند (Ghanbari *et al*., 2018b). این مواد به‌طور عمده به فنولیک‌ها و ترپنوئیدهای گیاهی طبقه‌بندی می‌شوند که تنوع شیمیایی بسیار زیادی داشته و در فرآیندهای متابولیکی و اکولوژیکی تأثیرگذار هستند. این مواد از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه به‌طور گسترده‌ای علف‌های‌هرز را به‌طور انتخابی کنترل می-نمایند (Asaduzzaman *et al*., 2010). دگرآسیبی راهکار جانشین برای مدیریت علف‌های‌هرز است و در آینده با به-کارگیری این راهکار مصرف علف‌کش‌های متعارف در خاک کاهش یافته و علف‌کش‌های زیستی جایگزین علف‌کش‌های سنتزی خواهند شد (Bais *et al*., 2003).

با توجه به نیاز روزافزون کنترل علف‌های‌هرز مزارع لوبیا از طریق روش‌های غیرشیمیایی و کابرد مالچ به‌عنوان جایگزین بیولوژیک کنترل علف‌های‌هرز در راستای کشاورزی پایدار، آزمایشی به منظور بررسی تأثیر مالچ ضایعات چای و کنترل علف‌های‌هرز از طریق وجین دستی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر مالچ ضایعات چای و کنترل علف های‌هرز بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا، توده بومی استان گیلان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شمالی و ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارها شامل پنج زمان کنترل علف‌هرز از طریق وجین دستی شامل شاهد (بدون کنترل علف‌هرز) و کنترل علف‌هرز هر یک، دو، چهار و شش هفته یک‌بار، پس از سبزشدن لوبیا و سه مقدار مالچ ضایعات چای شامل صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد. برای تهیه بستر کاشت، در زمینی به ابعاد ۱۰۰۰ متر مربع، پس از انجام عملیات شخم و دیسک، کرت‌بندی انجام شد. ابعاد هر کرت به طول چهار متر و عرض سه متر در نظر گرفته شد. مالچ ضایعات چای از کارخانه گلرنگ چای شهرستان رودسر و بذر مورد استفاده از شهرستان آستانه اشرفیه تهیه گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مالچ ضایعات چای در جدول ۱ آمده است.

پس از ضدعفونی بذرها با قارچ‌کش ویتاواکس به نسبت دو در هزار، عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ فروردین با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع، با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف کاشت و هشت سانتی‌متر روی ردیف کاشت انجام شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کشت با استفاده از T-tape انجام شد. دفعات بعدی آبیاری نیز از فروردین‌ماه به‌صورت مرتب و با دور آبیاری به‌طور میانگین پنج روز یک‌بار و متناسب با نیاز آبی لوبیا صورت پذیرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک مشخص و عناصر نیتروژن از منبع اوره و پتاسیم از منبع سولوپتاس قبل از کاشت به خاک اضافه شد. ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن ۱۰۰دانه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۳ درصد تعیین گردید. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین و نشاسته دانه به‌ترتیب از روش Bradford (1976) و روش اسپکتروفتومتر (McCready, 1950) استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مالچ ضایعات چای

Table 1. Physicochemical properties of mulch tea waste

هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	ظرفیت تبادل کاتیونی	نسبت کربن به نیتروژن
EC	pH	O.C	P	K	N	CEC	C/N
$dS.m^{-1}$	-	%	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	meq/100g	-
3.81	7.24	47.75	0.73	0.18	6.41	138.6	7.89

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 2. Physicochemical properties of the studied soil

عمق نمونه‌برداری	هدایت الکتریکی	اسیدیته	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	گوگرد	نقطه پژمردگی دائم	ظرفیت زراعی	بافت خاک
SD	EC	pH	O.M	T.N	P	K	S	PWP	FC	Texture
cm	$dS.m^{-1}$	-	%	%	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	% by volume	% by volume	-
0-30	1.10	7.7	1.8	0.4	27	345	20.5	8.11	19.87	Sandy loam

فتوسنتز گیاه با استفاده از از سیستم تبادل گاز قابل حمل[۱] (Li-Cor 6400, Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) و میزان کربوهیدرات محلول با استفاده از روش رنگ سنجی (MAFF, 1982) اندازه‌گیری گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

فراوانی گونه‌های علف‌هرز

علف‌های‌هرز غالب این آزمایش گاوزبان بدل، تلخ بیان، یولاف وحشی، خاکشیر اصل و پیچک صحرایی بودند. اسامی این گیاهان و برخی ویژگی‌های بیولوژیک و فیزیولوژیک آن‌ها در جدول ۳ آمده است. تقسیم‌بندی گونه‌ها بر اساس تک‌لپه و دولپه بودن نشان داد که تعداد گونه‌های دولپه بیشتر از گونه‌های تک‌لپه بود. مقایسه گونه‌ها از نظر مسیر فتوسنتزی نیز نشان داد که تمامی گونه‌های غالب دارای مسیر فتوسنتزی C_3 بودند. تقسیم‌بندی گونه‌ها بر اساس چرخه زندگی، به ترتیب غالبیت چندساله‌ها و یک‌ساله‌ها را نشان داد.

وزن خشک علف‌هرز

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن خشک علف‌هرز از نظر کنترل علف‌هرز، مالچ ضایعات چای و برهمکنش کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود (جدول ۴). در تیمار بدون کاربرد مالچ ضایعات چای (شاهد)، بیشترین وزن خشک علف‌هرز (۱۵۰/۴۵ گرم در متر مربع) در تیمار بدون کنترل علف‌هرز (شاهد) و کمترین مقدار آن (۴۸/۷۰ گرم در متر مربع) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد (جدول ۶). همچنین، در تیمار ۵ تن مالچ ضایعات چای در هکتار، بیشترین وزن خشک علف‌هرز (۹۶/۹۰ گرم در متر مربع) در تیمار بدون کنترل علف‌هرز (شاهد) دیده شد که با تیمار هر ۶ هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن (۲۶/۵۵ گرم در متر مربع) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از

۱. Portable gas exchange system

سبزشدن لوبیا مشاهده گردید که با تیمار هر دو هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در تیمار ۱۰ تن در هکتار مالچ ضایعات چای، بیشترین وزن خشک علف‌هرز (۶۶/۳۴ گرم در متر مربع) در تیمار بدون کنترل علف‌هرز (شاهد) و کمترین مقدار آن (۱۳/۲۷ گرم در متر مربع) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد که با تیمار هر دو هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). پژوهشگران در بررسی اثر روش‌های مدیریت علف‌هرز بر تراکم و زیست‌توده آن‌ها و عملکرد زعفران (*Crocus sativus*) دریافتند که تیمار وجین دستی در کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز مؤثر بود (Zare Hosseini *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد وجین علف‌های‌هرز از رقابت آن‌ها با گیاه زراعی برای استفاده از منابع محیطی از جمله نور، آب و مواد غذایی ممانعت به‌عمل آورده و با قرارگرفتن مواد فتوسنتزی بیشتر در اختیار گیاه زراعی باعث افزایش تولید می‌گردد (Ghanbari *et al*., 2013). استفاده از خاکپوش به ویژه خاکپوش‌های دارای خاصیت دگرآسیب یکی از روش‌های کنترل طبیعی علف‌های‌هرز است که از دیرباز برای مدیریت علف‌های‌هرز مطرح بوده و می‌تواند به‌عنوان یک روش جایگزین برای کاهش مصرف علف‌کش‌ها و کاهش هزینه‌های مدیریت علف‌های‌هرز استفاده شود (Ngouajio *et al*., 2005). محققان در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* var. saccharata) و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که با توجه به خطرات زیست‌محیطی کاربرد پلاستیک‌های پلی‌اتیلن در کشاورزی، خاکپوش کلش به‌عنوان تیمار برتر بوده که ضمن افزایش عملکرد ذرت، کنترل موثر علف‌های‌هرز را در پی داشت (Hamzehei *et al*., 2017). یافته‌های محققان نشان داد که مالچ‌های گیاهی علاوه بر ممانعت از نفوذ نور و تعدیل دمای خاک ممکن است دارای خاصیت دگرآسیبی نیز باشند و از این طریق نیز از جوانه‌زنی و یا رشد و نمو گیاهان از جمله علف‌های‌هرز جلوگیری نمایند (Machado, 2007).

ارتفاع بوته

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها، ارتفاع بوته از نظر کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته (۳۶/۶۸ سانتی‌متر) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۲۸/۱۰ سانتی متر) در تیمار کنترل علف‌هرز هر ۶ هفته یک‌بار بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۷۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰ تن در هکتار و کمترین مقدار آن (۲۸/۲۸ سانتی-متر) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). پژوهشگران در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که تیمار علف‌کش و وجین دستی ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز افزایش داد (Zare Hosseini *et al*., 2014). محققان دیگر نیز در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیدند که کاربرد وجین دستی به همراه علف‌کش بنتازون توانست بالاترین ارتفاع بوته را در پی داشته باشد (Rahmatizadeh *et al*., 2013) که با نتایج به‌دست آمده از سایر پژوهشگران مطابقت داشت (Chmielowiec & Browy, 2004).

جدول ۳- نام علمی و برخی ویژگی‌های بیولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های علف‌هرز شناسایی‌شده در مزرعه

Table 3. Scientific name and some biological and physiological characteristics of weed species identified in the field

نام فارسی Persian Name	نام علمی Scientific Name	بایر کد Bayer Code	چرخه زندگی Life Cycle	گروه Group	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic path	خانواده Family
گاوزبان بدل	*Anchusa italica* retz.	*EHIVU*	Annual Winter یک‌ساله زمستانه	dicotyledon دولپه	C_3	Boraginaceae
تلخ بیان	*Sophora alopecuriodes* L.	*SOBSR*	Perennial چندساله	dicotyledon دولپه	C_3	Fabaceae
یولاف‌وحشی‌زمستانه	*Avena ludoviciana* durieu.	*AVEST*	Annual Winter یک‌ساله زمستانه	monocotyledon تک‌لپه	C_3	Poaceae
خاکشیر	*Descurainia sophia* L.	*DESSO*	Annual Winter یک‌ساله زمستانه	dicotyledon دولپه	C_3	Brassicaceae
پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis* L.	*CONAR*	Perennial چندساله	dicotyledon دولپه	C_3	Convolvulaceae

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کنترل علف هرز و مالچ ضایعات چای بر خصوصیات موروفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا (*Phaseoluse vulgaris* L.)

Table 4: Analysis of variance (mean square) of effect of weed control and tea waste mulch on Morphophysiological and biochemical characteristics in bean (*Phaseoluse vulgaris* L.)

منابع تغییرات SOV		درجه آزادی df	وزن خشک علف هرز Weed dry weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	پروتئین Protein	نشاسته Starch	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates
بلوک	Block	2	118.58^{ns}	143.31**	157.75**	2438.46**	124.24**	21.14^{ns}	0.34^{ns}	0.14^{ns}	0.34^{ns}	0.02**
کنترل علف هرز	Weed control	4	8722.05**	121.32**	966.81**	10319.75**	117.51**	323.07**	189.81**	72.09**	189.81**	5.43**
مالچ ضایعات چای	Tea waste mulch	2	13684.02**	210.83**	898.68**	7260.46**	87.92**	292.59**	116.97**	29.79**	116.97**	1.86**
کنترل علف هرز × مالچ ضایعات چای	Weed control × Tea waste mulch	8	374.08**	2.87^{ns}	36.91**	81.93^{ns}	1.69^{ns}	28.32^{ns}	1.80^{ns}	1.42*	1.80^{ns}	0.15**
خطای آزمایش	Error	28	68.67	2.08	9.66	37.58	2.78	20.44	4.07	0.51	0.11	0.001
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	12.08	4.51	7.25	4.60	5.18	10.12	9.86	11.49	7.01	2.91

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد، و ns؛ غیر معنی‌دار.

* and ** Represents a significance at a probability level of 5% and 1%, respectively, and ns; non-significant.

جدول ۵- اثرات اصلی کنترل علف هرز و مالچ ضایعات چای بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا (*Phaseoluse vulgaris* L.)

Table 5: Main effects of weed control and tea waste mulch on measured traits in bean (*Phaseoluse vulgaris* L.)

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	پروتئین (درصد) Protein (%)	سرعت فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) Photosynthesis rate ($\mu molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)
کنترل علف هرز (هفته بعد از سبز شدن) Weed control (Week after emergence)	Control	28.81^{d}	91.33^{e}	27.64^{d}	38.17^{d}	14.73^{e}	2.66^{d}
	1	36.68^{a}	175.11^{a}	36.88^{a}	53.67^{a}	26.62^{a}	7.77^{a}
	2	34.53^{b}	152.88^{b}	34.62^{b}	46.88^{b}	22.88^{b}	6.95^{b}
	4	31.61^{c}	139.33^{c}	31.45^{c}	43.63^{bc}	20.38^{c}	3.99^{c}
	6	28.10^{d}	107.66^{d}	30.44^{c}	40.86^{cd}	17.68^{d}	2.63^{d}
مالچ ضایعات چای (تن در هکتار) Tea waste mulch ($Ton.ha^{-1}$)	0	28.28^{c}	112.80^{c}	29.69^{c}	39.82^{b}	17.58^{c}	3.50^{c}
	5	31.79^{b}	130.46^{b}	32.41^{b}	45.62^{a}	20.63^{b}	4.81^{b}
	10	35.77^{a}	156.53^{a}	34.52^{a}	48.49^{a}	23.16^{a}	6.09^{a}

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری یک درصد بر طبق آزمون LSD با هم ندارند.

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

جدول ۶- برهمکنش کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای بر صفات اندازه‌گیری‌شده در لوبیا (برش‌دهی در سطح مالچ ضایعات چای)

Table 6. Interaction of weed control and tea waste mulch on the traits measured in beans (slice on the level of tea waste mulch)

مالچ ضایعات چای Tea waste mulch	کنترل علف‌هرز Weed control	وزن خشک علف‌هرز (گرم در متر مربع) Weed dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	نشاسته (درصد) Starch (%)	کربوهیدرات محلول (گرم بر کیلوگرم وزن خشک) Soluble carbohydrates ($g.kgDW^{-1}$)
شاهد Control	Control	150.45±5.56^{a}	31.00±2.08^{c}	11.24±0.53^{a}	0.34±0.02^{d}
	1 Week after Emergence	48.70±5.89^{e}	47.00±2.08^{a}	3.86±0.40^{c}	1.63±0.03^{a}
	2 Week after Emergence	68.81±6.32^{d}	38.33±1.20^{b}	4.95±0.18^{c}	1.17±0.02^{b}
	4 Week after Emergence	102.25±7.58^{c}	32.33±1.85^{c}	8.66±0.43^{b}	0.80±0.02^{c}
	6 Week after Emergence	129.71±4.69^{b}	29.33±1.20^{c}	9.49±0.27^{b}	0.39±0.01^{d}
۵ تن در هکتار 5 $Ton.ha^{-1}$	Control	96.90±5.25^{a}	35.66±2.02^{c}	9.78±0.63^{a}	0.47±0.02^{d}
	1 Week after Emergence	26.55±4.00^{c}	60.33±4.80^{a}	2.64±0.18^{d}	2.29±0.02^{a}
	2 Week after Emergence	40.35±5.76^{c}	43.33±2.90^{b}	4.20±0.24^{d}	1.69±0.03^{b}
	4 Week after Emergence	78.67±5.57^{b}	37.66±2.18^{bc}	6.36±0.87^{c}	0.99±0.02^{c}
	6 Week after Emergence	87.53±2.15^{ab}	32.66±1.45^{c}	8.03±0.30^{b}	0.48±0.01^{d}
۱۰ تن در هکتار 10 $Ton.ha^{-1}$	Control	66.34±5.09^{a}	39.33±1.20^{d}	8.59±0.14^{a}	0.69±0.01^{d}
	1 Week after Emergence	13.27±3.51^{c}	70.33±1.20^{a}	2.22±0.08^{d}	3.02±0.04^{a}
	2 Week after Emergence	23.87±2.82^{c}	56.66±3.75^{b}	3.13±0.37^{cd}	2.11±0.02^{b}
	4 Week after Emergence	45.12±3.64^{b}	50.00±4.72^{c}	3.64±0.29^{d}	1.30±0.03^{c}
	6 Week after Emergence	50.11±1.59^{b}	38.66±0.88^{d}	6.53±0.27^{b}	0.72±0.03^{d}

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری یک درصد در آزمون LSD با هم ندارند.

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

بررسی‌های محققان نشان داده که کنترل مؤثر علف هایهرز باعث افزایش ارتفاع گیاه لوبیا شده و این افزایش متأثر از کاهش رقابت با علف‌های‌هرز می‌باشد. ارتفاع بوته یکی از مهم‌ترین صفات مورفولوژیک گیاه لوبیا می‌باشد که به‌نظر می‌رسد کاهش آن ناشی از رقابت علف‌های‌هرز با گیاه لوبیا است (Ghanbari *et al*., 2013). پژوهشگران در بررسی تأثیر شبدر قرمز (*Trifolium pratense*) و گیاهان پوششی و تکنیک خاک‌ورزی بر ظهور گیاهچه برخی گونه‌های دولپه علف‌هرز دریافتند که بقایای گیاهان می‌تواند از جوانه‌زنی و رشد علف‌های‌هرز در سیستم‌های زراعی جلوگیری کند (Blum *et al*., 1997). مالچ‌های گیاهی از جمله مالچ ضایعات چای علاوه بر ممانعت از نفوذ نور و تعدیل دمای خاک ممکن است دارای خاصیت دگرآسیبی باشند و از این طریق نیز از جوانه‌زنی و یا رشد و نمو گیاهان از جمله علف‌های‌هرز جلوگیری نمایند و موجب بهبود رشد گیاه اصلی و افزایش ارتفاع آن گردند (Ghanbari *et al*., 2018b).

تعداد غلاف در بوته

جدول۴ نشان داد که تعداد غلاف در بوته از نظر کنترل علف‌هرز، مالچ ضایعات چای و برهمکنش کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود. در تیمار بدون کاربرد مالچ ضایعات چای (شاهد) و تیمار ۵ تن مالچ ضایعات چای در هکتار، بیشترین تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب (۴۷/۰۰ و ۶۰/۳۳) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا و کمترین مقدار آن (۲۹/۳۳ و ۳۲/۶۶) در تیمار هر ۶هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد که با تیمارهای هر ۴ هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در تیمار ۱۰ تن در هکتار مالچ ضایعات چای، بیشترین وزن خشک علف‌هرز (۷۰/۳۳) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا و کمترین مقدار آن (۳۸/۶۶) در تیمار هر ۶ هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). پژوهشگران در پاسخ علف‌های‌هرز و لوبیا قرمز به زمان شخم و روش‌های کنترل علف‌های‌هرز به این

نتیجه رسیدند که در انجام شخم در شب و همچنین در تیمار کنترل علف‌هرز به‌صورت وجین دستی به اضافه علف‌کش بنتازون دارای تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها بوده و کمترین تعداد غلاف در بوته متعلق به تیمار شاهد بود (Rahmatizadeh *et al*., 2013). همچنین نتایج مشابهی از سوی سایر محققان گزارش شد (Aladesanwa *et al*., 2008). از آنجا که بوته‌های لوبیا پوشش انبوهی را تشکیل می دهند، برگ‌های پایینی سایه‌اندازی بیشتری روی یکدیگر دارند، بنابراین به‌نظر می‌رسد افزایش ارتفاع در یک جامعه گیاهی از طریق کاهش رقابت علف‌های‌هرز و استفاده از مالچ گیاهی، گاهی به‌عنوان یک مزیت به شمار می‌رود که یکی از نتایج آن تشکیل برگ‌های جدید در بالای پوشش گیاهی است. این امر موجب شده برگ‌های جوان‌تر در موقعیت بهتری از نظر جذب تابش خورشیدی و فتوسنتز قرار گرفته و با اختصاص مواد فتوسنتزی کافی به غلاف‌های خود تعداد غلاف در بوته را افزایش دهند (Ghanbari *et al*., 2014a). رقابت علف‌های‌هرز با گیاه زراعی در تیمار شاهد، باعث شده است که ذرت انرژی بیشتری را صرف رشد رویشی کرده و از انرژی اختصاص‌یافته به بخش زایشی کاسته شود که همین امر باعث کاهش تعداد غلاف در بوته شده است (Van Acker *et al*., 1993). پژوهشگران در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که تیمار علف‌کش و وجین دستی تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز افزایش داده بود (Zare Hosseini *et al*., 2014). محققان اظهار داشتند که استفاده از خاکپوش‌ها میزان جذب مواد مغذی به‌وسیله ریشه ها را تحت تأثیر قرار داده و با کنترل علف‌های‌هرز و حفظ رطوبت دائمی اطراف ریشه‌ها، بر رشد زایشی گیاه تأثیر به سزایی دارد (Hankin *et al*., 1982; Ghanbari *et al*., 2018b).

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته از نظر کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۷۵/۱۱) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۹۱/۳۳) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۵۶/۵۳) در تیمار ۱۰ تن در هکتار و کمترین مقدار آن (۱۱۲/۸۰) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ژنتیک بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد؛ ولی بر اساس گزارش سایر پژوهشگران، رقابت علف‌هرز تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته داشته و با افزایش رقابت، تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Ghanbari *et al*., 2014a) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین پژوهشگران در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که تیمار علف‌کش و وجین دستی تعداد دانه در بوته را نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز افزایش داده بود (Zare Hosseini *et al*., 2014). پژوهش‌ها نشان داد که افزایش تعداد دانه در بوته در کرت‌هایی که با وجین دستی رشد علف‌های‌هرز آن به‌طور مناسب‌تری کنترل شد، حاصل کاهش برهمکنش و رقابت علف‌های‌هرز بود. بدین صورت که گیاه زراعی توانست از منابع موجود به‌نحو مؤثری استفاده نموده و لذا شیره پرورده را به میزان بیشتری در اختیار غلاف قرار دهد (Pour Rahmat-Balalami, 2015). محققان در بررسی تأثیر مالچ بر عملکرد تازه بلال و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea Mays* L.convar.saccharata) دریافتند که اثر مالچ بر عملکرد و اجزای عملکرد در دو سال معنی‌دار بوده و میزان طول بلال، تعداد دانه در بلال و وزن بلال در تیمار کاربرد مالچ با افزایش دمای خاک موجب تسریع توسعه گیاه زراعی و افزایش تعداد دانه می‌گردد (Kara & Atra, 2013). پژوهشگران با ارزیابی کارآیی مصرف آب در لوبیا در مدیریت آبیاری و مالچ به این نتیجه رسیدند که اثر ساده مالچ و برهمکنش مالچ و مدیریت آبیاری در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری داشته است (Arash, 2013). به نظر می‌رسد کاهش فشار رقابتی علف‌های‌هرز و افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاه تحت کاربرد مالچ ضایعات چای، باعث افزایش تعداد دانه در بوته شده است. به‌عبارت دیگر، علت افزایش تعداد دانه در بوته، تحت کاربرد مالچ ضایعات چای را می‌توان به مساعدترشدن محیط ریشه جهت جذب عناصر غذایی و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به بخش زایشی نسبت داد (Ghanbari *et al*., 2018b).

وزن۱۰۰دانه

از نظر تجزیه واریانس داده‌ها، وزن۱۰۰دانه تحت تأثیر کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین وزن۱۰۰دانه (۳۶/۸۸ گرم) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۲۷/۶۴ گرم) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۴/۵۲ گرم) در تیمار ۱۰ تن در هکتار و کمترین مقدار آن (۲۹/۶۹ گرم) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). محققان در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت

دانه‌ای و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که بیشترین وزن۱۰۰دانه از تیمار وجین علف‌هرز به‌دست آمد که با تیمارهای خاکپوش پلاستیک سیاه و کلش در یک گروه آماری طبقه‌بندی شدند (Hamzehei *et al*., 2017). تحقیقات پژوهشگران نشان داد که وجود علف‌های‌هرز در مزرعه لوبیا باعث کاهش مواد پرورده برای تولید دانه می‌گردد که این امر ناشی از تأثیر منفی علف‌های‌هرز بر تعداد شاخه‌های بارور و اجزای عملکرد و به‌ویژه تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه می‌گردد (Pour Rahmat-Balalami, 2015). به این دلیل که رقابت بین گونه‌ها کاهش یافته و در نتیجه هر غلاف استفاده بیشتری از مواد غذایی می‌کند و چون تعداد دانه در غلاف کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، اثر خود را با افزایش وزن هر دانه نشان می‌دهد (Lone *et al*., 2009; Parvizi *et al*., 2009). محققان گزارش کردند که سطوح مختلف مالچ بر عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر داشته و مالچ سطحی نزدیک به یک سانتی‌متر پوشش سطح زمین بیشترین تأثیر بر عملکرد و اجزای عملکرد داشته و موجب افزایش وزن۱۰۰دانه گردید (Arash, 2013). بیشتر گزارش‌ها افزایش عملکرد و وزن۱۰۰۰دانه گیاهان زراعی در اثر استفاده از مالچ در مقایسه با خاک بدون مالچ را به‌دلیل بهبود وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، تأمین منابع انرژی و عناصر غذایی به‌ویژه مواد آلی در خاک و حفاظت از خاک در برابر عوامل فرسایشی گزارش کرده‌اند (Lopez *et al*., 2005; Pour Rahmat-Balalami, 2015).

عملکر دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه (۵۳/۶۷ گرم در متر مربع) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۳۷/۱۸ گرم در متر مربع) در تیمار شاهد بود که با تیمار کنترل علف‌هرز هر ۶ هفته یک‌بار تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین عملکرد دانه (۴۸/۴۹ گرم در متر مربع) در تیمار ۱۰ تن در هکتار دیده شد که با تیمار ۵ تن در هکتار مالچ ضایعات چای تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن (۳۹/۸۲ گرم در متر مربع) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). محققان در بررسی تأثیر علف‌کش و وجین دستی در کنترل علف‌های‌هرز عدس (*Lens culinaris*) گزارش دادند که استفاده تلفیقی از علف‌کش‌ها و یا تلفیقی از وجین دستی و علف‌کش اثربخشی بیشتر و پایدارتری نسبت به کاربرد تنها از یک علف‌کش در افزایش عملکرد دانه در طول مدت رویش محصول داشته است (Singh *et al*., 1994). همچنین در آزمایش دیگری در بررسی کنترل علف‌های‌هرز لوبیا تحت وجین دستی و مالچ ضایعات چای گزارش شد که روش تلفیقی مالچ ضایعات چای و وجین دستی نسبت به کاربرد انفرادی هریک از آن‌ها در افزایش عملکرد دانه کارآیی به‌سزایی داشت (Pour Rahmat-Balalami, 2015). بررسی‌های محققان نشان داده که کنترل مؤثر علف‌های‌هرز باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه لوبیا شده و این افزایش متأثر از کاهش رقابت با علف‌های‌هرز می‌باشد. به‌نظر می‌رسد کاهش اجزای عملکرد لوبیا ناشی از رقابت علف‌های‌هرز بوده و نقش زیادی در کاهش عملکرد دانه لوبیا دارد (Ghanbari *et al*., 2014a). محققان در بررسی تأثیر انواع خاکپوش بر عملکرد، اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و وزن خشک علف‌های‌هرز گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه از تیمار مالچ کلش به‌دست آمد که با تیمارهای خاکپوش پلاستیک سیاه و کلش در یک گروه آماری طبقه‌بندی شدند (Hamzehei *et al*., 2017). پژوهشگران در بررسی‌های خود روی گیاهانی مانند گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، نخودفرنگی (*Pisum sativum*)، بادمجان (*Solanum melongena*) و انگور (*Vitis vinifera*) دریافتند که استفاده از مالچ باعث بالابردن کمیت و کیفیت محصول، کاهش و کنترل علف‌های‌هرز (به‌ویژه در استفاده از مالچ تیره)، کاهش تبخیر از سطح خاک، تعدیل دفعات آبیاری در فصل رشد، کاهش تراکم خاک، عدم ایجاد سله و کاهش تلفات کودها را ممکن می‌سازد که از این طریق عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد (Ghanbari *et al*., 2018b). مالچ‌های تیره نظیر مالچ ضایعات چای به‌دلیل ممانعت از رسیدن نور به سطح خاک، نسبت به مالچ‌های شفاف، علف‌های‌هرز را به طور موثرتری کنترل کردند و عملکرد دانه مطلوبی را تولید می‌نمایند (Hamzehei *et al*., 2017).

پروتئین دانه

با توجه به تجزیه واریانس، کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای تأثیر معنی‌داری بر پروتئین دانه داشت (جدول ۴). بیشترین پروتئین دانه (۲۶/۶۲ درصد) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۱۴/۷۳ درصد) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین عملکرد دانه (۲۳/۱۶ درصد) در تیمار ۱۰ تن در هکتار و کمترین مقدار آن (۱۷/۵۸ درصد) در تیمار شاهد بود (جدول۵). محققان در بررسی اثر مقادیر مختلف مالچ ضایعات چای و وجین دستی بر برخی از خصوصیات موروفولوژیک و میزان پروتئین و نشاسته توده بومی لوبیا دریافتند که کمترین

مقدار پروتئین دانه در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن در تیمار وجین دستی از ابتدای سبزشدن بود (Ghanbari *et al*., 2014b) که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو می‌باشد. علت این امر را می‌توان در رقابت بین بوته‌های گیاه زراعی و علف های‌هرز در تیمار شاهد برای جذب مواد غذایی و سایر نهاده-های مورد نیاز جهت رشد به‌ویژه عنصر غذایی نیتروژن جستجو کرد. لیکن در تیمارهای کنترل علف‌هرز، رقابت بین بوته‌های گیاه زراعی و علف‌های‌هرز برای این عناصر به‌ویژه عنصر نیتروژن کاهش یافته و در نتیجه نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و با افزایش درصد نیتروژن گیاه، پروتئین دانه افزایش می‌یابد (Pour Rahmat-Balalami, 2015). یافته‌های محققان حاکی است که کاربرد مالچ از طریق افزایش دمای خاک، افزایش توان ریشه در جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی میکروارگانیسم های خاک باعث افزایش کیفیت دانه از جمله میزان پروتئین دانه می‌شوند (Kasirajan & Ngouajio, 2012). تحقیق دیگری نشان داد که پروتئین، قند و نشاسته دانه ذرت شیرین کاملاً تحت تأثیر استفاده از مالچ قرار گرفت و بیشترین مقدار آن‌ها با کاربرد مالچ به‌دست آمد (Sheikh Mohammadi, 2012). پژوهشگران در بررسی تأثیر مواد آلی و کودهای معدنی بر خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک گزارش دادند که با افزایش ماده آلی یا کمپوست خاک از طریق کاربرد مالچ، فعالیت آنزیمی (اسید فسفاتاز، دی هیدروژناز، پروتئاز) و همچنین به ویژه میزان آنزیم نیترات ریداکتاز- که آنزیم مهم در تبدیل ازت نیتراته به نیتریت در سیکل سنتز اسیدهای آمینه است- را افزایش داده و بدین صورت موجب افزایش پروتئین دانه می گردد (Marinari *et al*., 2000).

نشاسته دانه

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای در سطح احتمال آماری یک درصد و برهمکنش کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای در سطح احتمال آماری پنج درصد، نشاسته دانه را تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۴). در تیمار بدون کاربرد مالچ ضایعات چای (شاهد) و تیمار ۵ تن مالچ ضایعات چای در هکتار، بیشترین نشاسته دانه به‌ترتیب (۱۱/۲۴ و ۹/۷۸ درصد) در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۳/۸۶ و ۲/۶۴ درصد) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد که با تیمارهای هر ۲ هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۶). در تیمار ۱۰ تن در هکتار مالچ ضایعات چای، بیشترین نشاسته دانه (۸/۵۹ درصد) در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۲/۲۲ درصد) در تیمار هر هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا دیده شد که با تیمار هر دو و سه هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). محققان در بررسی اثر مقادیر مختلف مالچ ضایعات چای و وجین دستی بر برخی از خصوصیات موروفولوژیک و میزان پروتئین و نشاسته توده بومی لوبیا دریافتند که بیشترین مقدار نشاسته دانه در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار وجین دستی از ابتدای سبزشدن بود (Ghanbari *et al*., 2014b) که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت می‌باشد. تحقیقات پژوهشگران نشان داد که وجود علف‌های‌هرز در مزرعه لوبیا باعث کاهش هدایت مواد پرورده جهت تولید دانه شده و در نتیجه تأثیر منفی علف های‌هرز، غالباً کاهش پروتئین و کیفیت دانه را به همراه دارند. اعمال وجین دستی، رقابت گیاه زراعی و علف‌های‌هرز را مهار کرده و با دراختیارگذاشتن منابع و عناصر غذایی به ریشه گیاه موجب افزایش صادرات شیره پرورده به دانه شده و میزان پروتئین دانه را افزایش داده و از میزان نشاسته آن می‌کاهد (Pour Rahmat-Balalami, 2015). نتایج تحقیقات نشان داد که پروتئین، قند و نشاسته دانه ذرت شیرین کاملاً تحت تأثیر استفاده از مالچ قرار گرفت و بیشترین مقدار آن‌ها با کاربرد مالچ به‌دست آمد (Sheikh Mohammadi, 2012). پژوهشگران در بررسی اثر دگرآسیبی بقایای اکالیپتوس بر رشد گیاه *Eichhornita crassipes* دریافتند که با افزایش میزان بقایای به‌کاررفته نرخ تنفس و فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز و کاتالاز کاهش یافته و در نتیجه میزان ماکرومولکول‌ها مانند اسید نوکلئیک و پروتئین کاهش می‌یابد (Pandey *et al*., 1993). کاهش درصد پروتئین در شرایط رقابت علف‌هرز، به طور عمده مربوط به افزایش نسبت نشاسته به پروتئین دانه است، نه کاهش مطلق در میزان پروتئین (McDonald, 1992). بدین معنی که در شرایط رقابت علف‌های‌هرز، با کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل‌نشدن وزن بالقوه دانه- که عمدتاً ناشی از کاهش نشاسته است- نسبت نشاسته به پروتئین کاهش می‌یابد (Maleki Khezerlou *et al*., 2015).

فتوسنتز

کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای تأثیر معنی‌داری بر میزان فتوسنتز گیاه لوبیا دارد (جدول ۴). بیشترین پروتئین دانه (۷/۷۷ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار کنترل علف‌هرز هر هفته یک‌بار و کمترین مقدار آن (۲/۶۶ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار شاهد بود که با

تیمار هر ۶ هفته یک‌بار کنترل علف‌هرز تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). از نظر مالچ ضایعات چای، بیشترین عملکرد دانه (۶/۰۹ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار ۱۰تن در هکتار و کمترین مقدار آن (۳/۵۰ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار شاهد بود (جدول ۵). پژوهشگران با بررسی پاسخ‌های گیاه لوبیا به سیستم‌های خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز گزارش کردند که در سیستم‌های بدون شخم و با شخم حداقل، کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های‌هرز مزرعه لوبیا نتیجه بهتری داشته است. همچنین وجین علف‌های‌هرز به‌منظور دستیابی به عملکرد بالا و فراهمی شرایط برای فتوسنتز بیشتر مفید بوده است (Freddy, 2001). در پژوهش دیگری روی تأثیر مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز بر عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) در شرایط خوزستان، تیمار ترکیبی علف‌کش پیش از کشت و وجین دستی بیشترین میزان عملکرد را داشت که این افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد دانه در غلاف از طریق کاهش رقابت بین‌بوته‌ای (گیاه هرز و گیاه زراعی)، توزیع مناسب نور در سطح سایه‌انداز و بهبود فضای میکروکلیما گیاه زراعی جهت فتوسنتز بیشتر بوده است (Farrokhbakht *et al*., 2010). پژوهشگران اعلام کردند که مالچ تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ذرت و سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) داشته و کرت‌های تیمارشده با مالچ به واسطه بهبود شرایط برای انجام فتوسنتز، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به تیمارهای بدون مالچ از خود نشان دادند (Davis, 1994). در مراحل اولیه رشد که در بین گیاهچه و علف‌های‌هرز رقابت برای جذب هرچه بیشتر عناصر غذایی مالچ بالا است، افزایش تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در مالچ نیز می‌تواند یکی از علل کاهش فتوسنتز گیاهچه در ابتدای مراحل باشد. پس از گذشت زمان و کاهش فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها و آزادسازی و فراهمی مجدد عناصر جهت رشد، تا حدودی فاکتورهای رشدی افزایش یافته و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی گیاه تحت مالچ‌دهی، بیشتر می‌گردد (Pour Rahmat-Balalami, 2015).

کربوهیدرات محلول

کربوهیدرات محلول دانه تحت تأثیر معنی‌دار کنترل علف‌هرز، مالچ ضایعات چای و برهمکنش کنترل علف‌هرز و مالچ ضایعات چای بود (جدول ۴). در کلیه مقادیر مالچ ضایعات چای (صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار)، بیشترین کربوهیدرات محلول به‌ترتیب (۱/۶۳، ۲/۲۹ و ۳/۰۲ گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در تیمار هر هفته یک‌بار کنترل علف‌هرز و کمترین مقدار آن (۰/۳۴، ۰/۴۷ و ۰/۶۹ گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در تیمار شاهد دیده شد که با تیمارهای هر شش هفته کنترل علف‌هرز پس از سبزشدن لوبیا تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). به‌طور کلی تیمارهای دارای وجین، کربوهیدرات محلول بیشتری نسبت به تیمار بدون وجین داشتند. کنترل علف‌های‌هرز رقابت علف‌های‌هرز با گیاه اصلی را کاهش داده و توانسته منابع بیشتری را در اختیار گیاه زراعی قرار داده و قسمت اعظم کربوهیدرات محلول را به تولید دانه اختصاص دهند که در عین حال مقادیر قابل توجهی نیز صرف رشد اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل گیاهی می‌شود که در این بین میزان تخصیص کربوهیدرات محلول به دانه بیشتر می‌باشد (Pour Rahmat-Balalami, 2015). در پژوهش حاضر تیمارهای مالچ ضایعات چای همراه با اعمال کنترل علف‌هرز از طریق وجین دستی بسیار موفق عمل نموده‌اند. استفاده از مالچ ضایعات چای میزان جذب مواد مغذی به‌وسیله ریشه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک به‌طور غیرمستقیم نیز بر میزان کربوهیدرات دانه اثر می‌گذارد (Ghanbari *et al*., 2018b). گزارش شده است که استفاده از مالچ، از نوسانات دما در عمق خاک جلوگیری کرده است. این امر سبب بهبود رشد ریشه شده و با توجه به افزایش دمای خاک در اثر استفاده از مالچ، رشد ریشه تسریع می‌شود (Ghanbari *et al*., 2018b). مجموع این عوامل باعث بهبود رشد گیاه شده و میزان کربوهیدرات محلول گیاه را افزایش داده که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد (Lamont & Bartol, 2004).

نتیجه‌گیری

از نتایج پژوهش حاضر چنین برمی‌آید که کاهش دوره کنترل علف‌هرز و افزایش مقادیر کاربرد مالچ ضایعات چای بر عملکرد، اجزای عملکرد، خصوصیات موفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی لوبیا تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است. اعمال کنترل علف‌هرز و ۱۰ تن در هکتار مالچ ضایعات چای موجب بهبود فتوسنتز، کاهش پروتئین و افزایش نشاسته و کربوهیدرات محلول دانه لوبیا گردیده و وزن خشک علف‌هرز را به‌طور چشمگیری کاهش داده است. در نهایت، کاربرد ۱۰ تن مالچ ضایعات چای به‌همراه کنترل علف‌هرز هر دو هفته یک‌بار برای مزارع لوبیا توصیه می‌گردد.

منابع

1. Ahlawat, I.P., Singh, S., and Saraf, C.S. 1981. It pays to control weeds in pulses. Indian Farming 31: 11-13.
2. Aladesanwa, R.D., and Adigun, A.W. 2008. Evaluation of sweet potato (*Ipomoea batatas*) live mulch at different spacing's for weed suppression and yield response of maize (*Zea mays* L.) in southwestern Nigeria. Crop Protection 27: 968-975.
3. Arash, K. 2013. The Evaluation of water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L) in irrigation condition and mulch. Journal of Agricultural Science 2: 60-64.
4. Asaduzzaman, M.D., Sultana, S., and Arfan Ali, M.D. 2010. Combined effect of mulch materials and organic manure on the growth and yield of lettuce. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 9(5): 504-508.
5. Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M., and Vivanco, J.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. Sciences 301: 1377-1380.
6. Blum, U., King, L., Gerig, T., Lehman, M., and Wosham, A.D. 1997. Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some dicotyledonous weed species. American Journal of Alternative Agriculture 12: 146-161.
7. Bradford, M. 1976. A rapid sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review Biochemistry 72: 248-254.
8. Chmielowiec, M., and Borowy, A. 2004. Evaluation of the effect of bentazon and metolachlor in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) 'Bona' crops. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 3(1): 75-87.
9. Davis, J.M. 1994. Comparision of mulches for fresh-market basil production. Horticulture Science 29: 267-268.
10. Farrokhbakht, A., Lorzadeh, S., and Khodarahm Pour, Z. 2010. Effect of weed consolidation management on yield and yield components of Blubbery Beans in North Khuzestan condition. Biquarterly Journal of Plant Production Science 2(6): 1-12. (In Persian).
11. Freddy, A. 2001. Common bean response to tillage intensity and weed control strategies. Agronomy Journal 93: 556-563.
12. Ghanbari, M., Mansour Ghanaei Pashaki, K., Safaei Abdolmanaf, S., and Aziz Ali-Abadi, K. 2016. Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Iranian Journal of Pulses Research 7(1): 65-80. (In Persian with English Summary).
13. Ghanbari, M., Modares-Sanavy, S.A.M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2018b. Mulch. Research & Innovation Center, ETKA Organization Press, 158 pp. (In Persian).
14. Ghanbari, M., Modares-Sanavy, S.A.M., and Mokhtassi-Bidgoli, A., and Talebi-Siah Saran, P. 2018c. Effect of hydropriming and seed aging on seed germination and biochemical characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed under salt stress. Iranian Journal of Seed Research 4(2): 37-55. (In Persian with English Summary).
15. Ghanbari, M., Pirani, H., and Talebi-Sia Saran. 2018a. Effect of tea leaf waste on germination characteristics and enzyme activities of hydro primed bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds, under salinity treatment. Journal of Seed Research 7(4): 46-58. (In Persian with English Summary).
16. Ghanbari, M., Pour Rahmat Balalami, H., Asghari, J., Masour Ghanaei Pashaki, K., and Alami, A. 2013. The effect of combined mulching of tea wastes and weeding on weeds and harvesting index of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of guilan province. The 2nd National Conference on Modern Issues in Agriculture, 19 Desember, Islamic Azad University-Saveh Branch. (In Persian).
17. Ghanbari, M., Pour Rahmat Balalami, H., Asghari, J., Pour Eisa-Chafejiri, M., and Alami, A. 2014a. The effect of different amounts of tea waste mulching and hand weeding on yield and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of Guilan province. The First Congress of Agriculture and Sustainable Natural Resources, 30 Juanary, Educational Institute of Mehr Arvand, Tehran. (In Persian).
18. Ghanbari, M., Pour Rahmat Balalami, H., Asghari, J., Pour Eisa-Chafejiri, M., and Alami, A. 2014b. The effect of different amounts of tea waste mulching and hand weeding on some morphological characteristics and protein and starch percent of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of Guilan province. The First Congress of Agriculture and Sustainable Natural Resources, 30 Juanary, Educational institute of Mehr Arvand, Tehran. (In Persian).
19. Hamzehei, J., Abbasi, H., and Vaziri Amjad, Z. 2017. The effect of different mulches on yield, yield components of maize and weed dry weights. Journal of Agriculture Improvement 19(1): 105-117. (In Persian).

20. Hankin L, Hill, D.E., and Stephens, G.R. 1982. Effect of mulch on bacterial populations and enzyme activity in soil and vegetable yields. Plant Soil 64: 193-201.
21. Kar, G., and Kumara, A. 2007. Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in eastern India. Water Management 94: 109-116.
22. Kara, B., and Atar, B. 2013. Effects of mulch practices on fresh ear yield and yield components of sweet corn. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 37: 281-287.
23. Kasirajan, S., and Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. Agronomy for Sustainable Development 32: 501-529.
24. Kavosi, S., Abbasi, R., Farahmandfar, E., and Mansoori, I. 2015. Critical period of weed damage in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Sari. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(2): 87-97. (In Persian with English Summary).
25. Lamont, W.J., and Bartol, J.W. 2004. Production of vegetables, strawberries, and cut flowers using plasticulture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca.
26. Lone, B.A., Hasan, B., Singh, A., Haq, S.A., and Sofi, N.R. 2009. Effects of seed rate row spacing and fertility levels on yield attributes and yield of soybean under temperate conditions. ARPN Journal of Agricultur and Biological Sciences 4(2): 19-25.
27. Lopez, M.V., Arrue, J.L., Fuentes, J.A., and Moret, D. 2005. Dynamics of surface barley residues during fallow as affected by tillage and decomposition in semiarid Aragon (NE Spain). European Journal of Agronomy 23: 26-36.
28. Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brooms. Agronomy Journal 99: 127-132.
29. MAFF (Ministry of Agriculture, Fishier and Food). 1982. The Analysis of Agricultural Materials, 2nd Ed. MAFF, London, UK.
30. Maleki Khezerlou, S., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Modarres-Sanavy, S.A.M. 2015. Assessment of quantitative and qualitative traits in the pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress induction and nitrogen fertilizer. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31(5): 853-863. (In Persian with English Summary).
31. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology 72: 9-17.
32. McCready, R.M., Guggolz, J., Silivera, V., and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Journal of Analytical Chemistry 22(9): 1156-1158.
33. McDonald, G.K. 1992. Effect of nitrogen fertilizer on the growth, grain yield and grain protein concentration of wheat. Crop Science 17: 791-793.
34. Ngouajio, M., McGiffen J.M.E., and Hutchinson, C.M. 2005. Effect of cover crop and management system on weed populations in lettuce. Crop Protection 22: 57-64.
35. Pandey, D., Kauraw, L., and Bhan, V. 1993. The inhibitory effect of *Partenium hysterophorus* residue on growth of *Eichhornita crassipes*. Chemistry Ecology 19: 2651-2662.
36. Parvizi, S., Amirnia, R., Bernoosi, I., Hasanzadeh Gorttapeh, A., Feghnabi, F., Saber Rezaie, M., Taheri Asbag, F., Eizadkhah, M., and Rahimi, S. 2009. Evaluation of different plant densities effects on grain filling rate and duration, yield and its components in Pinto bean varieties. Research Journal of Biological Sciences 4(4): 499-502.
37. Pour Rahmat-Balalami, H. 2015. Effects of tea waste mulches and weeding on yield and yield components of landrace pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Guilan province. MSc. Thesis. Guilan University. North Iran. (In Persian with English Summary).
38. Rahmatizadeh, S., Sajedi, N.A., and Gomarian, M. 2013. Effects of time cultivation and weeds control methods on yield and yield components of Red bean (*Phaseolus calcaratus* L.). International Journal of Farming and Allied Science 5(23): 2795-2803.
39. Sadeghi Pour, O., and Ghaffari Khaligh, H. 2003. Effects of weeding and different herbicides on weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Science 4(4): 277-283. (In Persian with English Summary).
40. Sheikh Mohammadi, M. 2012. Effect of colored plastic mulches on yield and quality of sweet corn and weed competitive ability. MSc. Thesis. Islamic Azad University of Varamin. North Iran. (In Persian).
41. Sikkema, P.H., Robinson, D.E., Nurse, R.E., and Soltani, N. 2008. Pre-emergence herbicides for potential use in pinto and small red Mexican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. Crop Protection 27(1): 24-129.
42. Singh, G., Mehta, R.K., and Singh, O.P. 1994. Weed control in lentil under rainfed lowland conditions. Indian Journal of Pulses Research 7(2): 132-136.

43. Stagnari, F., and Pisante, M. 2010. Managing faba bean residues to enhance the fruit quality of the melon (*Cucumis melo* L.). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 126: 317-323.
44. Van Acker, R.C., Swanton, C.J., and Weise, S.F. 1993. The critical period of weed control in soybean (*Glycine max*). Weed Science 41: 194-200.
45. Wish, J.P.M., Sindel, B.M., Jessop, R.S., and Felton, W.L. 2002. The effect of row spacing and weed density on yield loss of chickpea. Australian Journal of Agricultural Research 53: 1335-1340.
46. Wooley, B.L., Michaels, T.E., Hall, M.R., Swanton, C.J. 1993: The critical period of weed control in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Weed Science 41: 180-184.
47. Yagmur, M., and Kaydan, D. 2004. Effects of sowing densities and phosphorus doses on some phonologic, morphologic characters and seed yield of dry been under irrigation condition in Van, Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences 7(10): 1782-1787.
48. Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi Golezani, K., and Mohammadi, S.A. 2012. Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24(4): 85-94. (In Persian with English Summary).
49. Zare Hosseini, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., and Rahimi, H. 2014. Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus*) yield. Saffron Agronomy and Technology 2(1): 45-58. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 26-40 (Research Article)

Morphophysiological and biochemical characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to tea waste mulch and weed control

Ghanbari[1], M., Mokhtassi-Bidgoli[2*], A., Talebi-Siah Saran[3], P. & Hosseini[4], S.R.

1. PhD., Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; majid.ghanbari@modres.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
3. MSc. Graduate of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; parniyan.talebi@modares.ac.ir
4. MSc. Student of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; seyedramin1374@gmail.com

Received: 21 April 2019
Accepted: 4 November 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80185

Introduction

Legumes are the most important source of vegetable protein supply. Seed bean contains 25-22 percent protein, and it has a high nutritional value for human which is a major source of protein supply in most modern societies. Today protein deficiency is one of the acute nutritional problems in the diet of millions of people in developing countries. Bean ranks third after pea and lentil in Iran as one of the developing countries with dry and semi-arid climate. Moreover, as to the weeds management of the cropping systems, weeds are controlled by hand as an earliest means, and by airplanes, chemical pesticides, hormones, and viruses as the most complete tools. Various studies show that weed control treatments especially hand weeding treatments caused higher yield than control treatment, indicating the importance and priority of hoeing in the cultivation of beans. Mulch as a new phenomenon in agriculture has caused a fundamental change in the use of chemical pesticides, controlling weeds in fields, preventing soil erosion, and increasing water penetration in soil layers. Also, the use of plant mulch can compensate soil nutrients and increase the organic nitrogen content of the soil. The advantages of using plants mulch could be increasing soil nitrogen for the main plant, protecting soil erosion, increasing soil quality, reducing evaporation, and increasing water penetration in the soil, improving water use efficiency, maintaining good soil temperature and suppressing weeds. Considering the growing need for weed control in bean fields through non-chemical and mulch applications as an ecological alternative for sustainable agriculture, an experiment was conducted to investigate the effect of tea waste mulch and weed control on morphophysiological and biochemical characteristics of bean.

Materials and Methods

This study was conducted at the Research Farm of Tarbiat Modares University, with a factorial experiment using a RCBD with three replications. Five time of weed control including no weed control, and weed control every 1, 2, 4 and 6 weeks and three rates of tea waste mulch at 0, 5 and 10 ton.ha^{-1} were used. Common bed preparation techniques such as plowing, disc and leveling was done in a land area of 1000 m^{-2}. The dimensions of each plot were 4 m by 3 m. The planting was carried out on March 20, with a density of 25 plants m^{-2}, with a spacing of 50 cm between the planting rows and eight centimeters on the planting row. The first irrigation was carried out immediately after planting using T-tape. The next irrigation intervals were every 5 days.

Results and Discussion

The results showed that the combined effects of weed control and tea waste mulch on all measured traits were significant. Also, the two-way interaction of these factors was significant for soluble carbohydrate,

[*]**Corresponding Author:** mokhtassi@modares.ac.ir

starch, number of pods per plant of bean and dry weight of weed. The highest yield and yield components of bean were observed in weed control once per week and 10 tons tea waste mulch per hectare. The highest photosynthesis rate and water-soluble carbohydrate content was observed in the same treatment. Weed control reduced the competition of weeds with bean and could provide more resources to the crop. Thus, the application of tea waste mulch affects the absorption of nutrients by the roots. Other studies reported that dandruff mulch, such as mulch, was more effective in control of weeds than light cleared mulches due to the lack of light on the surface of the soil and produces good grain yield. The researchers reported that the highest grain yield was obtained from mulch clichés treatment, which were categorized by black and white plasterboard treatments in a statistical group.

Conclusion

The results of this study suggest that weed control and application of 10 tons tea waste mulch per hectare could improve photosynthesis rate, reduce protein content and increase starch and water-soluble carbohydrate contents of bean seed. Weed control once per week after bean emergence and application of five and 10 ton ha^{-1} mulch reduced weed dry weight by 45.48% and 74.12%, respectively. Finally, application of 10 tons tea waste mulch per hectare and weed control every 2 weeks is recommended for bean fields. Overall, it appears that application of tea waste mulch and weed control at the beginning of emergence was superior for seed production comparing to the late weed control and without mulching.

Keywords: Allelopathy, Hoeing, Landrace, Mulch, Seed yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۵۷-۴۱، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 41-57 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.74983

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تراکم بوته و حضور علف‌های‌هرز

ارسلان فلاحی[۱]، گودرز احمدوند[۲*]، فرزاد مندنی[۳] و اکبر علی‌وردی[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم علف‌های‌هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران؛ arsalan.falahi@gmail.com

۲. دانشیار زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران؛ farzad_mondani@yahoo.com

۴. استادیار علوم علف‌های‌هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران؛ a.aliverdi@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵

چکیده

به منظور بررسی واکنش زیست‌توده کل علف‌های‌هرز، عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود دیم به تراکم کاشت و تداخل علف‌های‌هرز در شرایط دیم شهرستان کرمانشاه، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه تراکم کاشت (۳۱/۳، ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) و چهار رقم نخود آزاد، آرمان، هاشم و عادل در دو سطح وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز بود. به‌طور کلی، با افزایش تراکم کاشت همه ارقام نخود، از میزان عملکرد اقتصادی کاسته شد. در تراکم‌های کاشت ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع، رقم آزاد به ترتیب ۸/۹ و ۴۲/۶ درصد، رقم آرمان به ترتیب ۳۰/۵ و ۳۷/۲ درصد، رقم هاشم به ترتیب ۲۳/۷ و ۴۰/۲ درصد و رقم عادل به ترتیب ۳۲/۹ و ۳۶/۳ درصد نسبت به تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع کاهش در عملکرد اقتصادی از خود نشان دادند. رقم آزاد در تیمار وجین علف‌های‌هرز با میانگین تولید ۱۴۶/۴ گرم در مترمربع، بیشترین و رقم آرمان در تیمار عدم وجین علف‌های هرز با میانگین تولید ۴۵/۲ گرم در مترمربع، کمترین عملکرد اقتصادی را تولید کردند. عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب باعث کاهش ۵۹/۱، ۵۱/۹، ۶۱/۲ و ۴۶/۳ درصدی عملکرد اقتصادی در ارقام آزاد، آرمان، هاشم و عادل شد. در مرحله اول نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز، بیشترین (۲۵/۷ گرم در مترمربع) و کمترین (۱۷/۷ گرم در مترمربع) زیست‌توده کل علف‌های‌هرز به ترتیب در تراکم کاشت ۳۱/۳ و ۳۸/۵ بوته در مترمربع مشاهده شد. درمرحله دوم نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز، بیشترین (۶۰/۰ گرم در مترمربع) و کمترین (۴۲/۸ گرم در مترمربع) زیست‌توده کل علف‌های‌هرز به ترتیب در تراکم کاشت ۳۱/۳ و ۵۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. در مرحله دوم نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز، بیشترین (۵۴/۷ گرم در مترمربع) و کمترین (۴۰/۸ گرم در مترمربع) زیست‌توده کل علف‌های‌هرز به ترتیب در ارقام نخود هاشم و عادل مشاهده شد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که ارقام آزاد و هاشم با تراکم بوته کم (۳۱/۳ بوته در مترمربع) و با کنترل کامل علف‌های‌هرز برای کاشت به صورت دیم در منطقه مورد بررسی توصیه می‌شوند و راهبرد کاهش خسارت علف‌های‌هرز از طریق افزایش تراکم بوته، کارایی مناسبی ندارد.

واژه‌های کلیدی: دگرآسیبی، رقابت، سیستم دیم‌کاری

مقدمه

حبوبات گیاهانی از خانواده بقولات (Fabaceae) هستند که جهت تولید دانه‌هایی غنی از پروتئین برای تغذیه انسان کشت می‌شوند. این گیاهان به دلیل توانایی هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، می‌توانند بخش زیادی از نیتروژن مورد نیاز خود را تأمین کنند (Khajehpour, 2014). در بین حبوبات، نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله و روزبلند است که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (NasrEsfahani & Mostajeran, 2014)؛ به طوری که در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، در حدود ۷۸۷/۳ هزار هکتار از اراضی زراعی کشور زیر کشت حبوبات رفته که سهم نخود از این مقدار برابر ۴۹۹/۹ هزار هکتار (۶۳/۵ درصد) بوده

* **نویسنده مسئول:** gahmadvand@basu.ac.ir

است. از طرفی، ۷۹/۲ درصد از اراضی زیر کشت نخود (۳۹۵/۹ هزار هکتار) به صورت سیستم دیم‌کاری بوده است (Ahmadi *et al*., 2017). حفظ رطوبت خاک و استفاده مطلوب از آن از اصول مهم در سامانه دیم‌کاری است. در این راستا، انتخاب رقم و تراکم کاشت مناسب، از جمله مهم‌ترین تصمیمات مدیریتی هستند. اگر در این خصوص به درستی تصمیم‌گیری نشود، با تخلیه رطوبت خاک در اوایل دوره رشد گیاه زراعی، تنش خشکی شدیدی به گیاه زراعی در دوره رشد زایشی تحمیل خواهد شد (Nourbakhsh *et al*., 2013)، همچنین به دلیل کاهش اختصاص ترکیبات فتوسنتزی از گیاه زراعی به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، تنش خشکی تحمیلی می تواند در عملکرد این باکتری‌ها نیز ایجاد اختلال نماید (NasrEsfahani & Mostajeran, 2014).

ساختار کانوپی باز، قامت کوتاه، سطح برگ محدود و سرعت رشد کُند نخود، عامل آسیب‌پذیری آن در برابر علف های‌هرز است (Parsa *et al*., 2014)، علاوه براین، در سیستم کشت دیم، علف‌های‌هرز نیز می‌توانند در تخلیه رطوبت خاک نقش مؤثری داشته باشند و به تنش خشکی در اواخر فصل رشد گیاه زراعی، دامن بزنند (Nourbakhsh *et al*., 2013). گزارش‌ها نشان می‌دهند که حضور علف‌های‌هرز در مزارع نخود دیم، باعث کاهش۵۲ درصدی (Akbari *et al*., 2010) و ۹۲ درصدی (Fallah, 2008) در عملکرد دانه شده است. از این‌رو، دستیابی به بیشترین پتانسیل تولید نخود، نیازمند توجه کافی به تداخل علف‌های‌هرز و به کارگیری روش‌های مدیریتی مناسب برای حذف یا کاهش اثرات تداخلی آن‌ها است. در حال حاضر، روش‌های متنوعی جهت کنترل علف‌های‌هرز در مزارع نخود دیم، بکار گرفته می‌شود (Jahanghiri *et al*., 2015) که در این بین روش‌های زراعی کنترل علف‌های‌هرز به‌دلیل هزینه کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها (مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و زیستی) از اهمیت خاصی برخوردار هستند. ازجمله روش‌های زراعی، می‌توان به انتخاب رقم و افزایش تراکم کاشت اشاره کرد. با انتخاب ارقامی با قدرت رقابت یا تحمل بالا در برابر علف‌های‌هرز و افزایش معقول در تراکم کاشت، می‌توان بر رشد و تکامل علف‌های‌هرز فائق آمد و به بیشترین پتانسیل تولید گیاه زراعی دست یافت (Naseri *et al*., 2011). سودمندی این دو روش کنترل علف‌های‌هرز در مزارع نخود دیم قبلاً به اثبات رسیده است (Allahdadi *et al*., 2006; Fallah, 2008; Moosavi *et al*., 2010; Nourbakhsh, *et al*., 2013). در پژوهش‌های مختلف وجود تنوع در میان ژنوتیپ های مختلف گیاهان زراعی از نظر تحمل تنش های زیستی از جمله رقابت علف‌های‌هرز گزارش شده است (Nemati et al., 2012; Mohammaddoust Chamanabad et al., 2016; Karimi Torki et al., 2011). در این راستا گزارش شده است که ارقامی که شاخص رقابت بالایی دارند، ضمن حفظ عملکرد بالا در شرایط رقابت، توانایی کاهش رشد و نمو و یا زادآوری علف‌های‌هرز را نیز دارند. بنابراین کشت این ارقام به مرور زمان می‌تواند جمعیت علف‌های‌هرز و در نتیجه مشکلات آن‌ها را کاهش دهد (Mohammaddoust Chamanabad, 2010). همچنین گزارش شده است که طی ارزیابی ۱۸ ژنوتیپ عدس، همبستگی مثبتی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها با شاخص‌های تحمل تنش مشاهده گردید (Naroui Rad *et al*., 2010).

حاصل فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در زمینه معرفی ارقام جدید نخود دیم، منجر به معرفی ارقام هاشم، آرمان و آزاد به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۷ شده است (Jahanghiri *et al*., 2015). پژوهش‌های صورت گرفته جهت معرفی این ارقام (یا هر رقم جدیدی از هر گیاه زراعی) تحت شرایط عدم حضور علف‌های‌هرز (معمولاً وجین دستی) انجام گرفته است. به همین دلیل محققان علوم علف‌های‌هرز پس از معرفی رقم جدید از نخود دیم، آن را با ارقام قدیمی‌تر از نظر قدرت رقابت در برابر علف‌های‌هرز تحت مقایسه قرار داده‌اند (Allahdadi *et al*., 2006; Fallah, 2008; Moosavi *et al*., 2010; Nourbakhsh *et al*., 2013). اخیراً، رقم نخود دیم عادل در سال ۱۳۹۳ برای کاشت پاییزه در مناطق معتدل سرد و نیمه گرمسیری کشور معرفی شده است (Jahanghiri *et al*., 2015). تاکنون، مقایسه‌ای از نظر قدرت رقابتی یا تحمل رقم عادل در برابر علف‌های‌هرز با ارقام قدیمی‌تر صورت نگرفته است. همچنین در خصوص تأثیر تراکم کاشت این رقم از نخود دیم بر واکنش علف‌های‌هرز پژوهشی صورت نگرفته است. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش، بررسی واکنش این رقم جدید و ارقام قدیمی‌تر نخود دیم در تراکم‌های کاشت مختلف بر میزان خسارت علف‌های‌هرز تحت شرایط دیم در کرمانشاه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۱۳۹۱ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. در سال قبل، زمین مورد نظر زیر کشت گندم بود. در طول اجرای آزمایش، میزان کل بارندگی ۸۵/۵ میلی‌متر بود که نحوه توزیع آن و سایر ویژگی‌های آب و هوایی در جدول ۱ ذکر شده است. در اواخر دی ماه ۹۳، زمین با استفاده از

گاوآهن برگردان‌دار شخم و به‌دنبال آن دو بار عمود بر هم دیسک زده شد. سپس، نمونه‌گیری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک به روش زیگزاگی برای تجزیه آزمایشگاهی خاک انجام گرفت. بافت خاک به صورت لومی رسی با قابلیت هدایت الکتریکی برابر ۱/۷ دسی زیمنس بر متر، اسیدیته برابر ۷/۳، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب برابر ۱۴/۲ و ۶۱۰ پی‌پی‌ام و نیتروژن کل برابر ۰/۷۴ درصد تعیین گردید. با توجه به توصیه کودی، قبل از کاشت حدود ۲۰ کیلوگرم کود اوره و ۴۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیم در هکتار، استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در طول سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

Table 1. Climatic characteristics at the experimental site, during Feb- Jul 2013

ویژگی‌های آب و هوایی Climatic characteristics	بهمن ۹۳ Feb 2013	اسفند ۹۳ Mar 2013	فروردین ۹۴ Apr 2013	اردیبهشت ۹۴ May 2013	خرداد ۹۴ Jun 2013	تیر ۹۴ Jul 2013
دمای کمینه (°C) Minimum temperature (°C)	-7.5	-5.8	-1.7	0.7	9.9	13.5
دمای بیشینه (°C) Maximum temperature (°C)	19	21.2	28.6	33.5	39	40.6
بارندگی کل (mm) Total precipitation (mm)	2.8	22.7	49.9	6.9	3.5	0

منبع: سازمان هواشناسی کشور http://www.irimo.ir/far/

پس از آماده‌سازی زمین، در کرت‌هایی با ابعاد ۶×۲ متر، کشت نخود با فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر (پنج ردیف به طول شش متر در هر کرت) در تاریخ ۹۳/۱۱/۱۵ به صورت دستی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل (۲×۴×۳) در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور تراکم کاشت در سه سطح ۳۱/۳، ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب با فاصله کاشت ۸، ۶/۵ و ۵ سانتی‌متر بر روی ردیف تنظیم شد. فاکتور رقم نخود شامل چهار رقم آرمان، آزاد، عادل و هاشم (جدول ۲) (Jahanghiri *et al.*, 2015) و فاکتور تداخل علف‌های‌هرز در دو سطح وجین کامل و عدم وجین علف‌های‌هرز بود. پس از سبزشدن گیاه نخود، عملیات وجین دستی علف‌های‌هرز در تیمارهای مربوطه به طور مستمر انجام گرفت.

جدول ۲- برخی از مشخصات ارقام مورد بررسی

Table 2. Some specifications of the cultivars

عادل- Adel	هاشم- Hashem	آرمان- Arman	آزاد- Azad	
FLIP99-66C	**FLIP84- 48C**	**FLIP90-96C**	**FLIP93-93C**	**نام- Name**
ایکاردا- ICARDA	ایکاردا- ICARDA	ایکاردا- ICARDA	ایکاردا- ICARDA	منشاء- Origin
کابلی- Kabuli	کابلی- Kabuli	کابلی- Kabuli	کابلی- Kabuli	تیپ- Type
ایستاده- Erect	ایستاده- Erect	ایستاده- Erect	ایستاده- Erect	فرم بوته- Growth habit
46	75	55	47	متوسط ارتفاع بوته (سانتی‌متر)- Plant height (cm)
32	35	36	38	متوسط وزن۱۰۰دانه (گرم)- 100 Seed weight (g)
1472	2000	1651	1403	متوسط عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)- Seed yield ($Kg.h^{-1}$)
20.6	27.1	26.5	21.5	درصد پروتئین دانه- Seed protein (%)
Resistant	Resistant	Resistant	Resistant	واکنش به بیماری برق‌زدگی- Reation to Ascochyta blight

عملیات برداشت جهت ارزیابی اجزای عملکرد و عملکرد دانه در تاریخ ۹۴/۴/۷ انجام گرفت. با درنظرگرفتن دو ردیف از هر طرف و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه، بوته‌های نخود از مساحتی معادل ۲ مترمربع برداشت شدند. اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه، عملکرد اقتصادی (دانه)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تعیین شد. نمونه‌برداری جهت تعیین زیست‌توده و تراکم بوته علف‌های‌هرز با استفاده از کوادرات یک مترمربعی بصورت تصادفی در تاریخ‌های ۹۴/۲/۳۰ و ۹۴/۳/۲۲ که به ترتیب مصادف با زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه نخود بود، انجام گرفت. پس از تفکیک گونه‌های مختلف علف‌هرز و شمارش تعداد بوته هرگونه، نمونه‌ها به مدت

۲۴ساعت یا تا زمان ثابت‌شدن وزن خشک، در آون با دمای ۷۵درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین و با تقسیم‌کردن تعداد بوته هر کدام از گونه‌های غالب، به تعداد بوته کل علف‌های‌هرز، تراکم نسبی آن‌ها محاسبه شد.

به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از نرم افزار آماری Minitab 16 استفاده گردید. برای صفاتی که اثر فاکتورها یا اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده (رقم، تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی) و اثر متقابل دوگانه (رقم و تراکم کاشت، رقم و تیمار علف‌هرزی و تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی) بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر متقابل رقم و تراکم کاشت، رقم آزاد در تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع با میانگین ۱۱/۰غلاف و رقم آرمان در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با میانگین ۵/۰ غلاف به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را تولید کردند (شکل ۱). با افزایش تراکم کاشت هر چهار رقم نخود دیم از تعداد غلاف در بوته کاسته شد. رقم عادل در تراکم‌های کاشت ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۳۰/۵ و ۳۵/۴ درصد نسبت به تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع کاهش در تعداد غلاف در بوته از خود نشان داد. در اثر متقابل رقم و تیمار علف‌هرزی، تمامی ارقام در تیمار وجین علف‌های‌هرز در مقایسه با تیمار عدم وجین آن‌ها تعداد غلاف بیشتری تولید کردند (شکل ۱). رقم آزاد در تیمار وجین علف های‌هرز با میانگین ۱۲/۱ غلاف در هر بوته و رقم آرمان در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۳/۹ غلاف در بوته به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف را تولید کردند. تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب باعث کاهش ۵۳/۰، ۵۱/۸، ۵۸/۰ و ۴۱/۱ درصدی در تعداد غلاف در بوته ارقام آزاد، آرمان، هاشم و عادل در مقایسه با تیمار وجین علف‌های‌هرز شد. در بین ارقام، کمترین آسیب ناشی از حضور علف‌های‌هرز، بر تعداد غلاف در بوته در رقم عادل مشاهده شد. در اثر متقابل تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی، بیشترین (۱۳/۱) تعداد غلاف در بوته در تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع و وجین کامل علف‌های‌هرز به‌دست آمد. برعکس، کمترین تعداد غلاف در بوته (۴/۲) زمانی به‌دست آمد که تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفت شد و علف‌های‌هرز مزرعه نیز به طور کامل وجین نشدند (شکل ۱). با افزایش تراکم کاشت، شدت اثر علف‌های‌هرز در کاهش تعداد غلاف در بوته کاهش یافت، به طوری که حضور علف‌های‌هرز در تراکم‌های کاشت ۳۱/۳، ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۵۵/۸، ۵۰/۴ و ۴۵/۴ درصد کاهش در تعداد غلاف در بوته ایجاد کرد. تعداد غلاف به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد دانه باشد. با کاهش فضای قابل دسترس بوته‌های نخود در روی ردیف، به سبب افزایش تراکم کاشت و یا حضور علف‌های‌هرز، تعداد غلاف‌ها در بوته کاهش یافت که علت آن‌را می‌توان به ترتیب افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های نخود و یا افزایش رقابت برون‌گونه‌ای بین بوته‌های نخود با علف‌های‌هرز برای کسب منبع محدود در دسترس (آب) در شرایط دیم‌کاری دانست. با وقوع هر دو شکل رقابت (درون و برون گونه‌ای) تولید مواد فتوسنتزی، کاهش می‌یابد. در چنین وضعیتی حداکثر تعداد غلاف در هر بوته تولید نمی‌شود که دلیل این امر احتمالاً یا عدم تولید غلاف در بوته یا ریزش غلاف‌های ضعیف و نارس می‌باشد (Mousavi & Ahmadi, 2009). کاهش تعداد غلاف در بوته ارقام مختلف نخود دیم با افزایش تراکم کاشت در گزارش‌های قبلی (Liu *et al*., 2003; Tawaha *et al*., 2005; Akbari *et al*., 2010) تأکیدی جدی بر رعایت فاصله مناسب بین بوته‌ها در دیم‌کاری است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم و تیمار علف‌هرزی و اثر متقابل دوگانه آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد دانه در غلاف، معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم حضور علف‌های‌هرز، ارقام هاشم و عادل به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف بودند (شکل ۲). در شرایط حضور علف‌های‌هرز نیز نتیجه مشابهی دریافت شد.

تعداد دانه در غلاف با ثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات است. این صفت بیشتر متأثر از خصوصیات ژنتیکی گیاه است ولی تحت تأثیر عوامل محیطی مانند کمبود آب نیز قرار می گیرد (Mousavi & Ahmadi, 2009). زمانی که محدودیت مواد فتوسنتزی به سبب محدودیت آب خاک وجود داشته باشد، جنین دانه‌هایی که در بدو تشکیل هستند سقط می‌شود و در نتیجه تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد به طوری که ممکن است غلاف کاملا پوک شود. بنابراین، وجود تنش خشکی به ویژه در مرحله رشد زایشی می‌تواند از این طریق باعث کاهش تعداد دانه در غلاف شود. در دیم‌کاری، هر دو شکل رقابت (درون و برون گونه‌ای) می‌تواند باعث افزایش احتمال تحمیل تنش خشکی بر گیاه زراعی شود، به طوری که ثابت شده است که افزایش تراکم کاشت (Fallah, 2008) و

تداخل علف‌های‌هرز (Sadidi & Armin, 2015) اثر معنی داری در تعداد دانه در غلاف نخود دیم داشته است. با این حال، در تحقیق حاضر تنها تداخل علف‌های‌هرز به طور معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف ارقام نخود دیم اثرگذار بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار علف‌هرزی بر وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن۱۰۰دانه در تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب برابر ۲۸/۱۵ و ۲۵/۹۷ گرم به‌دست آمد. به بیان دیگر، حضور علف‌های‌هرز باعث کاهش ۷/۷ درصدی وزن۱۰۰دانه شد. در تحقیق حاضر، اثر رقم بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار نبود. ارقام آزاد، هاشم و آرمان نیز که به صورت دیم در ایلام کشت شده بودند، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن۱۰۰دانه نداشتند (Naseri *et al.*, 2011). به نظر می‌رسد که به لحاظ یکسان‌بودن شرایط برای ارقام، اختلاف موجود در وزن۱۰۰دانه ارقام بیشتر جنبه ژنتیکی داشته باشد و هرچه رقمی زودرس‌تر باشد، طول دوره پُرشدن دانه آن کم شده و در نتیجه وزن هر دانه کاهش می‌یابد (Seyed Sharifi *et al.*, 2014).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده (رقم، تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی) و اثرات متقابل دوگانه (رقم و تراکم کاشت، رقم و تیمار علف‌هرزی و تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی) بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در اثر متقابل رقم و تراکم، بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۳۵۷/۹ گرم در مترمربع) در رقم آزاد با تراکم ۳۱/۳ بوته در مترمربع و کمترین مقدار (۱۷۸/۳ گرم در مترمربع) در رقم آرمان با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۳). با افزایش تراکم کاشت هر چهار رقم، از میزان عملکرد بیولوژیکی کاسته شد. در تراکم‌های کاشت ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع، رقم آزاد به ترتیب ۱۱/۴ و ۴۰/۹ درصد، رقم آرمان به ترتیب ۲۸/۳ و ۴۰/۵ درصد، رقم هاشم به ترتیب ۲۸/۳ و ۴۰/۵ درصد و رقم عادل به ترتیب ۳۳/۰ و ۳۱/۹ درصد نسبت به تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع، کاهش در عملکرد بیولوژیکی از خود نشان دادند.

در اثر متقابل رقم و تیمار علف‌هرزی، رقم آزاد در تیمار وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۳۹۸/۶۹ گرم در مترمربع بیشترین و رقم آرمان در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۱۴۰/۱۳ گرم در مترمربع کمترین عملکرد بیولوژیکی را تولید کردند (شکل ۳). عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب باعث کاهش ۵۰/۷، ۵۰/۲، ۵۴/۷ و ۳۵/۶ درصدی عملکرد بیولوژیکی ارقام آزاد، آرمان، هاشم و عادل شد.

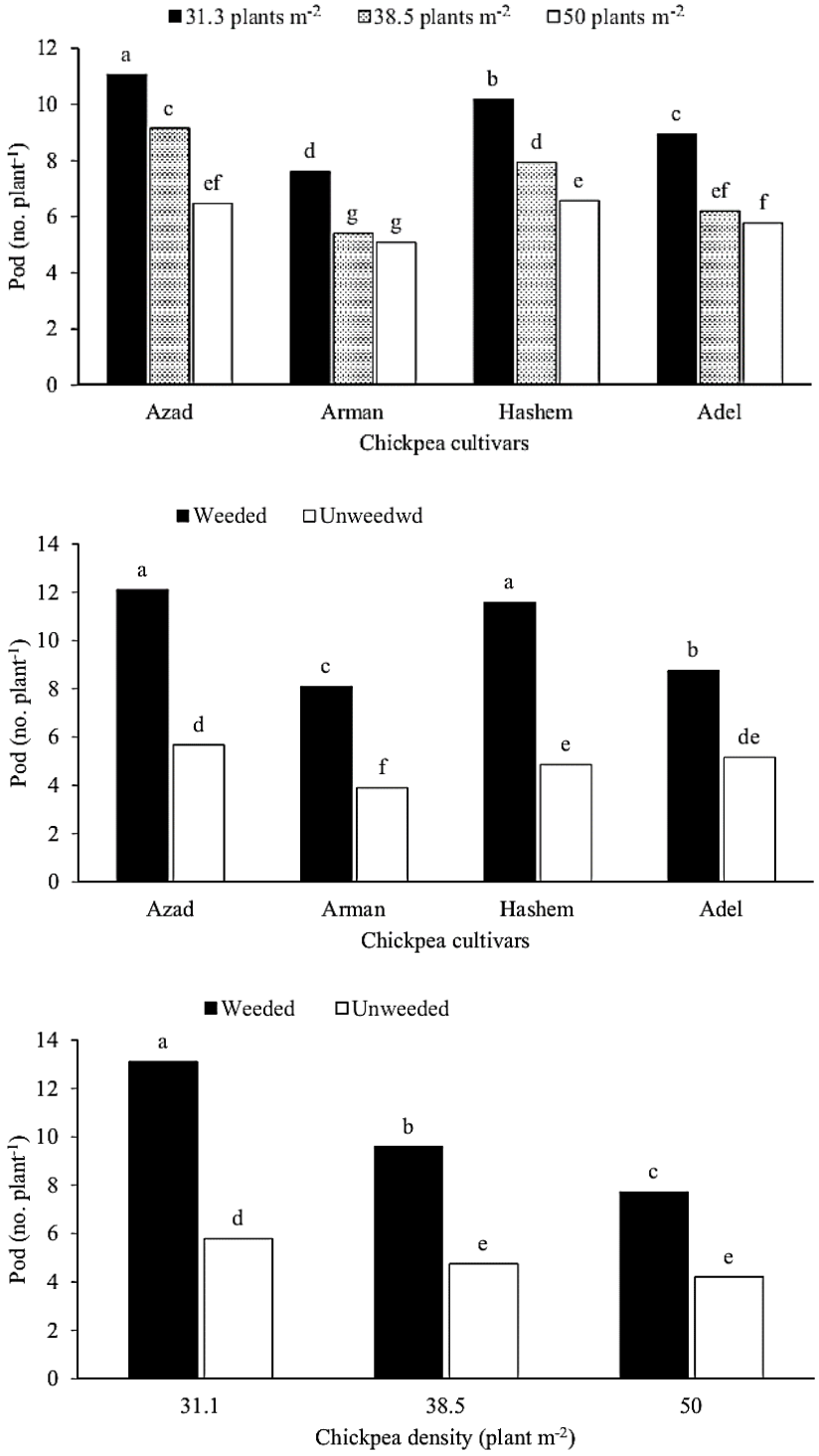
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمار علف‌های‌هرز (وجین و عدم وجین) و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود دیم در شرایط کرمانشاه

Table 3. Analysis of variance (mean squares) the effect of weed treatment (weeded and unweeded) and crop density on yield and yield components of four chickpea cultivars in Kermanshah

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن۱۰۰دانه 100-Seeds weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک (Block)	2	0.001 ^{ns}	0.014 **	0.560 ^{ns}	72930 **	9329.4 **	0.39 ^{ns}
تیمار علف هرزی Weed treatment (W)	1	29.536 **	0.093 **	85.706 **	474713 **	83034.5 **	341.04 **
تراکم کاشت Crop density (D)	2	74.765 **	0.000 ^{ns}	6.094 ^{ns}	80826 **	11618.4 **	18.17 **
رقم نخود Chickpea cultivar (C)	3	29.536 **	0.006 **	4.134 ^{ns}	27314 **	4150.9 **	14.26 *
W × D	2	22.551 **	0.000 ^{ns}	1.017 ^{ns}	19385 **	2730.1 **	3.56 **
W × C	3	11.185 **	0.001 **	4.245 ^{ns}	12016 **	2085.3 **	24.50 **
D × C	6	2.080 **	0.000 ^{ns}	6.602 ^{ns}	3710 **	499.3**	4.29 ^{ns}
W × D × C	6	0.281 ^{ns}	0.000 ^{ns}	2.706 ^{ns}	1000 ^{ns}	146.9 ^{ns}	5.50 ^{ns}
خطا (Error)	46	0.419	0.000	4.477	697	127.8	3.41
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		8.89	4.37	7.81	13.98	12.80	5.45

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ۵ درصد

ns,* and **: No significant difference, and a significant difference in the level of probability is 1% and 5%, respectively

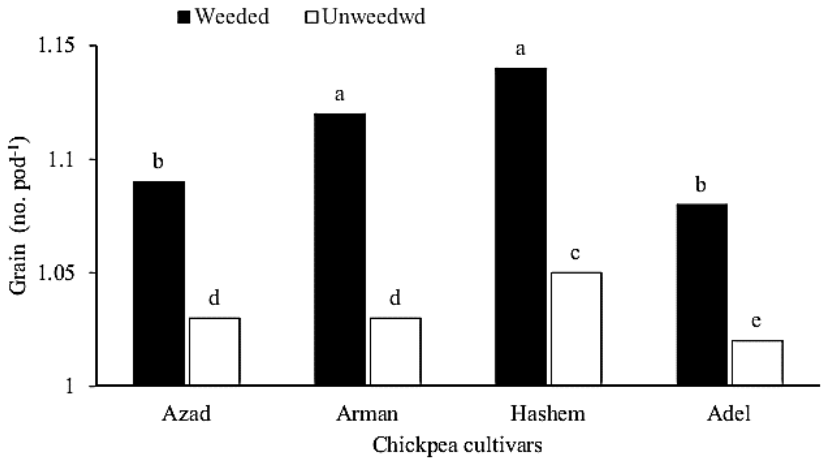


شکل ۱- اثر متقابل دوگانه بین رقم و تراکم بوته (بالا)، رقم و تیمار علف‌هرزی (وسط) و تراکم بوته و تیمار علف‌هرزی (پایین) بر تعداد غلاف در بوته نخود کشت شده به صورت دیم

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Fig. 1. Interactions between cultivar and plant density (above), cultivar and weed treatment (middle), and plant density and weed treatment (below) on pod number per plant in chickpea cultivated as rain-fed

Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.



شکل ۲- اثر متقابل دوگانه بین رقم و تیمار علف‌هرزی بر تعداد دانه در غلاف نخود کشت شده به صورت دیم

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

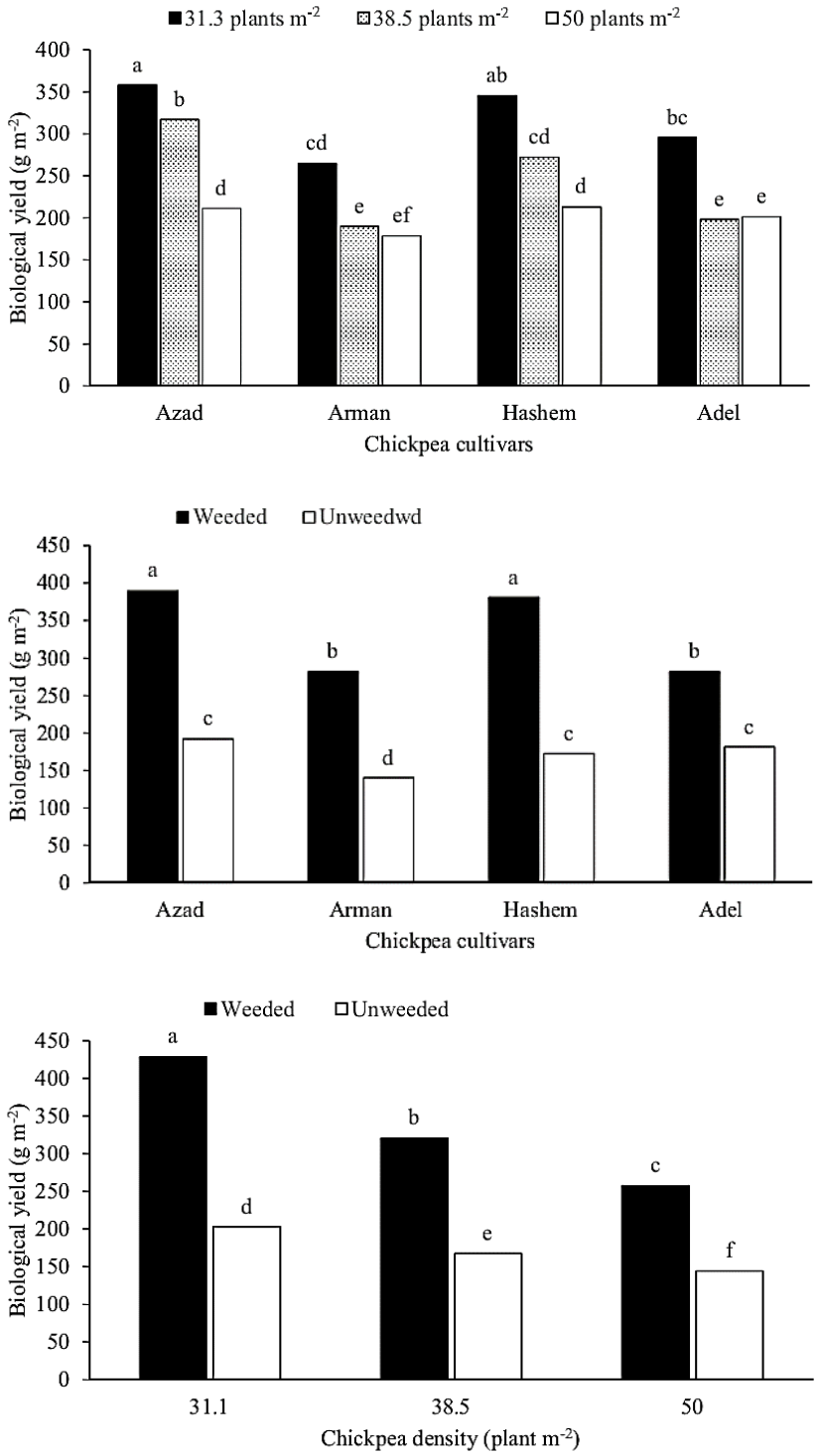
Fig. 2. Interaction between cultivar and weed treatment on grain number in pod of chickpea cultivated as rain-fed

Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

با وجین علف‌های‌هرز، رقابت گیاه نخود با علف‌های‌هرز بر سر آب، نور و مواد غذایی از بین می‌رود و گیاه نخود فرصت کافی برای بستن سریع‌تر کانوپی می‌یابد که می‌توان این مسئله را دلیل رسیدن به بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیکی دانست (Gholami Zali *et al*., 2015). محققان دیگری (Tewari *et al*., 2001) نیز در بررسی روی نخود گزارش کردند که عدم حضور علف‌های‌هرز تا ۶۰ روز پس از سبزشدن نخود، افزایش عملکرد بیولوژیکی را در پی دارد. در اثر متقابل تراکم و تیمار علف‌هرزی، تراکم ۳۱/۳ بوته در مترمربع در تیمار وجین علف های‌هرز با میانگین ۴۲۸/۷ گرم بر مترمربع دارای بیشترین عملکرد بیولوژیکی بود و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۱۴۴/۲ گرم در مترمربع، کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). عدم وجین علف‌های‌هرز در تراکم‌های ۳۱/۳، ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب باعث کاهش ۵۲/۶، ۴۷/۷ و ۴۴/۰ درصدی عملکرد بیولوژیکی نسبت به تیمار وجین علف‌های‌هرز شد. این نشان‌دهنده آن است که با افزایش تراکم کاشت از شدت خسارت علف‌های‌هرز بر عملکرد بیولوژیکی کاسته می‌شود. الگوی کاشت در رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی برای کسب نور و کارآیی آن در تبدیل انرژی تابشی به ماده خشک در گیاه زراعی مؤثر است. هرگاه توزیع بوته‌ها در واحد سطح به گونه‌ای باشد که اجازه دهد نور بیشتری به درون جامعه گیاهی نفوذ کند، مقدار فتوسنتز کل و عملکرد بیولوژیکی توسط آن جامعه گیاهی افزایش می‌یابد (Tewari *et al*., 2001).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده و متقابل دوگانه بر عملکرد اقتصادی (دانه) در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر متقابل رقم و تراکم، رقم آزاد در تراکم ۳۱/۳ بوته در مترمربع و رقم آرمان در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب با میانگین ۱۲۴/۵ و۵۶/۴ گرم دانه در مترمربع، بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی را تولید کردند (شکل ۴). به طور کلی با افزایش تراکم کاشت هر چهار رقم نخود دیم از میزان عملکرد اقتصادی کاسته شد. در تراکم‌های کاشت ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع، رقم آزاد به ترتیب ۸/۹ و ۴۲/۶ درصد، رقم آرمان به ترتیب ۳۰/۵ و ۳۷/۲ درصد، رقم هاشم به ترتیب ۲۳/۷ و ۴۰/۲ درصد و رقم عادل به ترتیب ۳۲/۹ و ۳۶/۳ درصد نسبت به تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع کاهش در عملکرد اقتصادی از خود نشان دادند. یکی از روش‌های مناسب برای افزایش عملکرد اقتصادی نخود، اعمال تراکم مناسب کاشت است، به نحوی که حداقل رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌ها وجود داشته باشد. اگرچه تنک‌بودن تراکم کاشت نخود سبب دیربسته شدن سایه‌انداز گیاهی می‌شود (Miller *et al*., 2002)، ولی بر اساس گزارشی (Majnoon Hosseini *et al*., 2003) تراکم مطلوب بوته نخود در مزرعه، ۳۰ بوته در مترمربع است که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در اثر متقابل رقم و تیمار علف‌هرزی، رقم آزاد در تیمار وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۱۴۶/۴ گرم دانه در مترمربع، بیشترین و رقم آرمان در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز با میانگین ۴۵/۲ گرم دانه در مترمربع، کمترین عملکرد اقتصادی را تولید کردند (شکل ۴).



شکل ۳- اثر متقابل دوگانه بین رقم و تراکم بوته (بالا)، رقم و تیمار علف‌هرزی (وسط) و تراکم بوته و تیمار علف‌هرزی (پایین) بر عملکرد بیولوژیکی نخود کشت شده به صورت دیم

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Fig. 3. Interaction between cultivar and plant density (above), cultivar and weed treatment (middle), and plant density and weed treatment (below) on biological yield of chickpea cultivated as rain-fed

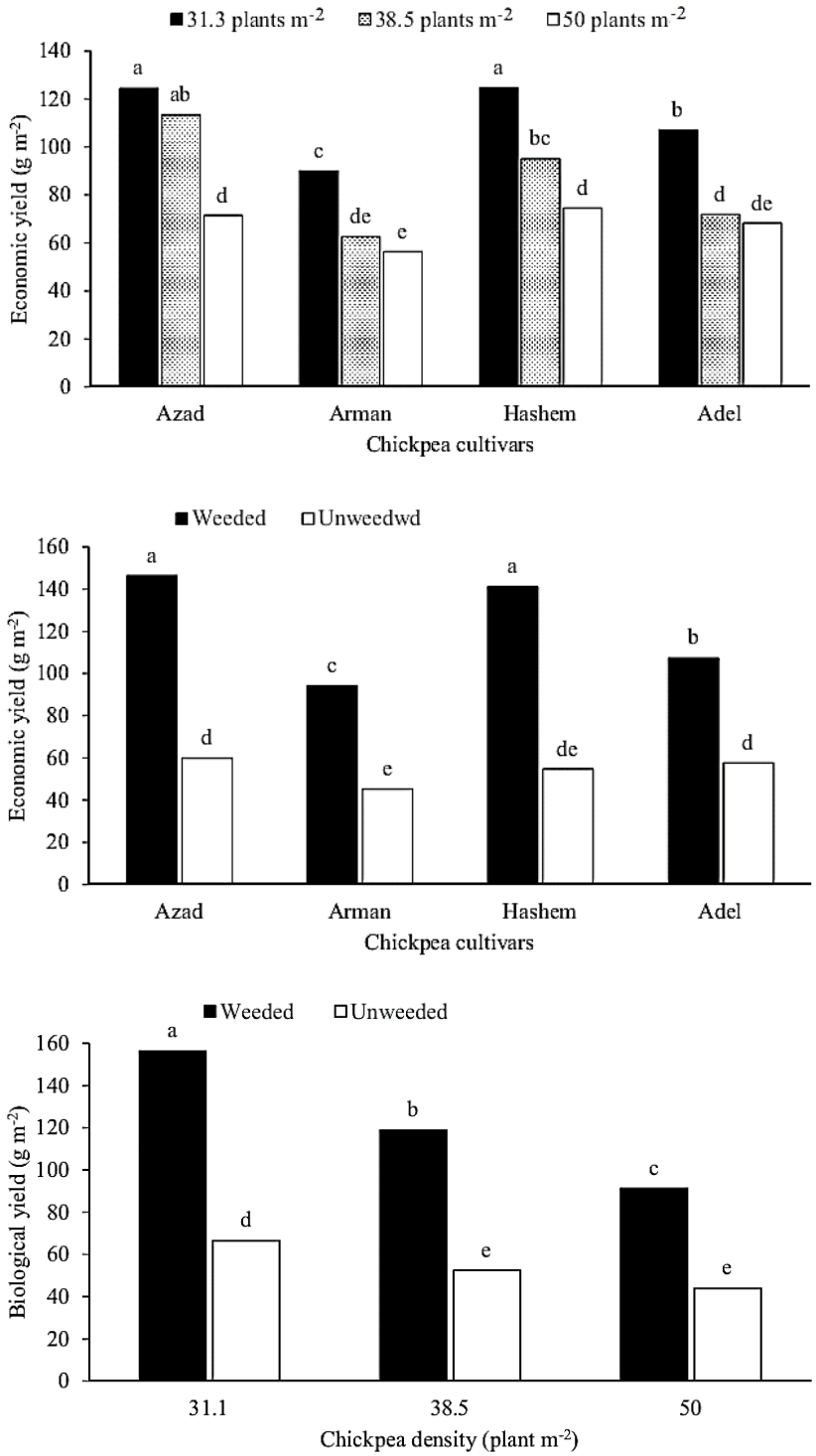
Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب باعث کاهش ۵۹/۱، ۵۱/۹، ۶۱/۲ و ۴۶/۳ درصدی عملکرد اقتصادی ارقام آزاد، آرمان، هاشم و عادل شد. در گزارشی (Mousavi & Ahmadi, 2009) نیز اشاره شده است که عملیات وجین سبب افزایش در حدود ۵۸ درصدی تولید دانه در ارقام مختلف نخود در مقایسه با شاهد عدم وجین شد. در اثر متقابل تراکم و تیمار علف‌هرزی، تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع در تیمار وجین علف‌های‌هرز با میانگین تولید ۱۵۶/۴ گرم دانه در مترمربع، دارای بیشترین عملکرد اقتصادی بود و تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز با میانگین تولید ۴۳/۹ گرم دانه در مترمربع، کمترین مقدار عملکرد اقتصادی را به خود اختصاص داد (شکل ۴). عدم وجین علف‌های‌هرز در تراکم‌های ۳۱/۳، ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع، به ترتیب باعث کاهش ۵۷/۵، ۵۵/۸ و ۵۱/۸ درصدی عملکرد اقتصادی نسبت به تیمار وجین علف‌های‌هرز شد. به نظر می‌رسد که در تراکم های پایین، فراوانی منابع شامل نور و مواد غذایی باعث گردید که علف‌های‌هرز رشد بیشتری داشته باشند، ولی در تراکم بالا به علت انبوهی جمعیت گیاهی، فرصت رشد کمتری برای علف‌های‌هرز فراهم می‌شود (Fallah *et al*., 2005). علف‌های-هرز از جمله عوامل اصلی محدودکننده تولید محصولات زراعی هستند که برای منابعی مانند رطوبت، عناصر غذایی، نور و فضا به رقابت با گیاهان زراعی می‌پردازند (Mousavi & Ahmadi, 2009). نخود به دلیل سرعت رشد کُند و سطح برگ محدود در مراحل اولیه رشد، در برابر علف‌های‌هرز رقیب ضعیفی است (Parsa *et al*., 2014). به‌طوری که رشد سریع علف‌های‌هرز باعث می‌شود که در صورت عدم کنترل آن‌ها، به راحتی بر نخود، به‌خصوص وقتی که به صورت دیم کشت شده باشد، غلبه کنند (Sadidi & Armin, 2015). محققان یکی از دلایل عمده پایین‌بودن عملکرد اقتصادی نخود دیم را در منطقه زاگرس (نسبت به پتانسیل تولید آن) تداخل علف‌های‌هرز معرفی نموده‌اند (Mousavi & Ahmadi, 2009).

شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان مواد انتقال‌یافته و ذخیره‌شده در دانه نسبت به کل مواد تولیدشده در دوران رشد رویشی و زایشی است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده (رقم، تراکم کاشت و تیمار علف‌هرزی) و نیز اثر متقابل دوگانه رقم و تیمار علف‌هرزی در سطح احتمال ۱درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). به طور کلی با افزایش تراکم کاشت، از میزان شاخص برداشت کاسته شد (شکل ۵). در تراکم‌های بالاتر تعداد زیاد بوته سبب تعرق بیشتر و محدودشدن رطوبت خاک برای مراحل تشکیل دانه می‌شود و بنابراین مواد فتوسنتزی کمتری به منظور پُرکردن دانه‌ها اختصاص می‌یابد و به تبع آن شاخص برداشت کاهش می‌یابد (Shamsi, 2010). افزایش تراکم با تسریع و تشدید تخلیه رطوبت خاک سبب محدودیت بیش از پیش رطوبت خاک در مرحله دانه‌بندی شده که در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت را به دنبال خواهد داشت (Fallah *et al*., 2005). با توجه به این که یکی از اصول مهم مدیریت کشاورزی در این منطقه، حفظ رطوبت و استفاده مطلوب از آن می‌باشد، بایستی توجه داشت که تراکم نامناسب گیاهی می تواند رطوبت خاک را در اوایل فصل رشد تخلیه و باعث مواجه شدن گیاه با تنش خشکی در دوران رشد زایشی شود. به همین دلیل استفاده از گونه گیاهی مناسب و شناخت ارقام سازگار با این منطقه از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است (Jalilian *et al*., 2005). در اثر متقابل رقم و تیمار علف‌هرزی، رقم عادل در تیمار وجین علف‌های‌هرز، بالاترین شاخص برداشت (۳۷/۷) و رقم آرمان در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز، پایین‌ترین شاخص برداشت (۳۳/۰) را ایجاد کردند (شکل ۵). عدم وجین علف‌های‌هرز به ترتیب باعث کاهش ۱۴/۲، ۲/۷، ۱۴/۱ و ۱۶/۱ درصدی شاخص برداشت ارقام آزاد، آرمان، هاشم و عادل شد. در تحقیقات قبلی (Mohammadi *et al*., 2004) نیز میزان شاخص برداشت با افزایش طول دوره آلودگی علف‌هرز، کاهش یافت. با وجود این، در تحقیقات آنان میزان کاهش در تیمار آلوده به علف‌هرز در کل فصل رشد در مقایسه با تیمار شاهد، ۴۲/۸ درصد اعلام شده است.

زیست‌توده کل علف‌های‌هرز

مهم‌ترین گونه‌های علف‌هرز موجود در تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز به‌ترتیب اهمیت عبارت بودند از خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.)، بی‌تی‌راخ (*Galium aparine* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)، گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacantha* M.Bieb.) و علف هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) که به ترتیب دارای تراکم نسبی معادل ۴۷/۴، ۴۳/۴، ۲/۱، ۲/۰ و ۱/۴ درصد از کل تراکم علف‌های‌هرز بودند.

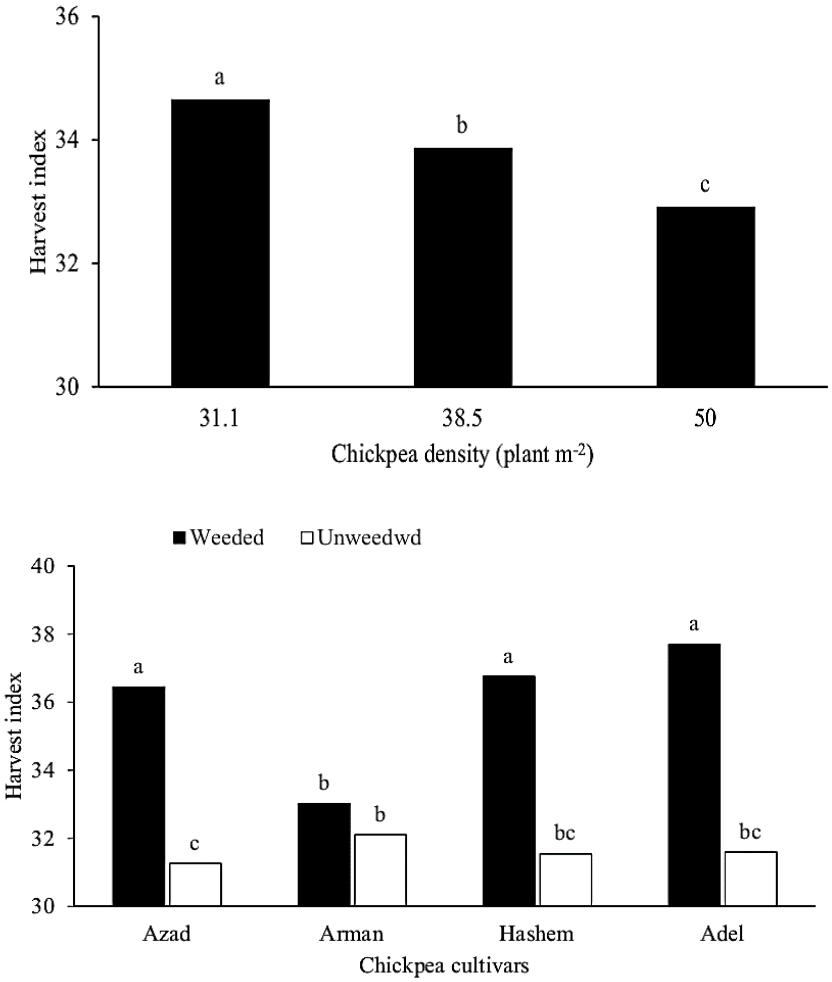


شکل ۴- اثر متقابل دوگانه بین رقم و تراکم بوته (بالا)، رقم و تیمار علف‌هرزی (وسط) و تراکم بوته و تیمار علف‌هرزی (پایین) بر عملکرد اقتصادی (دانه) نخود کشت شده به صورت دیم

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Fig. 4. Interaction between cultivar and plant density (above), cultivar and weed treatment (middle), and crop density and weed treatment (below) on economic yield (grain) of chickpea cultivated as rain-fed

Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.



شکل ۵- اثر ساده تراکم بوته (بالا) و اثر متقابل دوگانه بین رقم و تیمار علف‌هرزی (پایین) بر شاخص عملکرد نخود دیم

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Fig. 5. The effect of plant density (above) and interaction between cultivar and weed treatment (below) on harvest index of rain-fed chickpea

Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

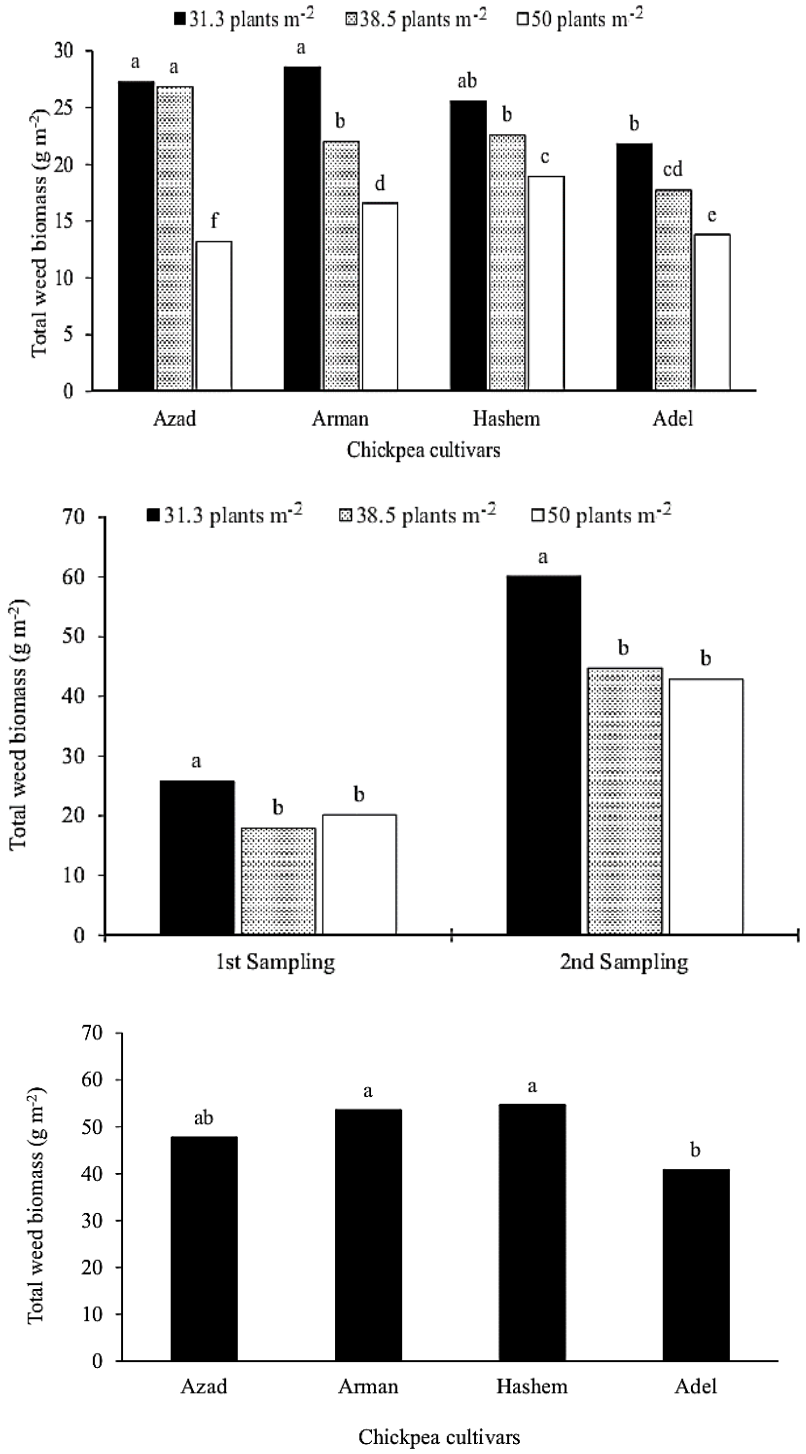
جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تراکم کاشت چهار رقم نخود دیم بر زیست‌توده کل علف‌های‌هرز

Table 4. Analysis of variance (mean squares) the effect of plant density of four chickpea cultivars on total weed biomass

منابع تغییر S. O. V.	درجه آزادی df.	نمونه‌برداری اول 1st sampling	نمونه‌برداری دوم 2nd sampling
بلوک (Block)	2	47.54 ns	184.92 ns
تراکم کاشت Crop density (D)	2	194.98 **	1070.87 **
رقم نخود Chickpea cultivar (C)	3	47.59 ns	365.93 *
D × C	6	62.52 **	231.89 ns
خطا (Error)	22	18.47	96.75
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		4.37	7.81

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

ns, * and **: No significant difference, and a significant difference in the level of probability is 1% and 5%, respectively



شکل ۶- اثر متقابل دوگانه بین رقم و تراکم بوته نخود دیم در نمونه‌برداری اول از علف‌های‌هرز (بالا)، اثر ساده تراکم کاشت در دو نمونه برداری از علف‌های‌هرز (وسط) و اثر ساده رقم در نمونه‌برداری دوم از علف‌های‌هرز (پایین) بر زیست‌توده کل علف‌های‌هرز

اختلاف بین ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Fig. 6. Interaction between cultivar and plant density of rain-fed chickpea at 1st sampling of weeds (above), the effect of chickpea plant density at two sampling of weeds (middle), and the effect of cultivarsat 2nd sampling of weeds (below) on total weed biomass

Columns with the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله اول نمونه برداری، اثر ساده تراکم و اثر متقابل دوگانه رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال ۱ درصد و در مرحله دوم نمونه‌برداری، اثرات ساده رقم و تراکم کاشت بر زیست‌توده کل علف‌های‌هرز معنی-دار بود (جدول ۴). در اثر متقابل رقم و تراکم کاشت، بیشترین (۲۸/۵ گرم در مترمربع) و کمترین (۱۳/۱ گرم در مترمربع) زیست‌توده کل علف‌های‌هرز به ترتیب در تیمار رقم آرمان در تراکم ۳۱/۳ بوته در مترمربع و تیمار رقم آزاد با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (شکل ۶). درمرحله اول نمونه‌برداری، بیشترین (۲۵/۷ گرم در مترمربع) و کمترین (۱۷/۷ گرم در مترمربع) زیست‌توده کل علف‌های‌هرز به ترتیب در تراکم کاشت ۳۱/۳ و ۳۸/۵ بوته در مترمربع، مشاهده شد (شکل ۶) که از کاهش ۳۰/۸ درصدی برخوردار بود. درمرحله دوم نمونه‌برداری، بیشترین زیست‌توده کل علف‌های‌هرز (۶۰/۰ گرم در مترمربع) وکمترین آن (۴۲/۸ گرم در مترمربع) به ترتیب در تراکم کاشت ۳۱/۳ و ۵۰ بوته در مترمربع مشاهده شد که از کاهش ۲۸/۶ درصدی برخوردار بود.

در هر دو مرحله نمونه‌برداری، اختلاف بین تراکم‌های ۳۸/۵ و ۵۰ بوته در مترمربع، معنی‌دار نبود. درمرحله دوم نمونه‌برداری، بیشترین زیست‌توده کل علف‌های‌هرز (۵۴/۷ گرم در مترمربع) و کمترین مقدار (۴۰/۸ گرم در مترمربع) به ترتیب در ارقام نخود هاشم و عادل مشاهده شد (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ارقام آزاد و هاشم در همه تراکم‌های مورد بررسی از عملکرد اقتصادی بالاتری برخوردار بودند. همچنین تراکم کاشت ۳۱/۳ بوته در مترمربع به عنوان بهترین تراکم کاشت در هر چهار رقم نخود، شناخته شد. با افزایش تراکم کاشت بالاتر از تراکم کاشت مطلوب، کاهش قابل‌توجهی در عملکرد و اجزای عملکرد اقتصادی تمامی ارقام نخود دیم مشاهده شد. عدم وجین علف‌های‌هرز به کاهش بیشتر عملکرد و اجزای عملکرد اقتصادی دامن زد. در ارقام مورد بررسی، عدم وجین علف‌های‌هرز نسبت به تیمار وجین کامل باعث کاهش ۴۶ تا ۶۱ درصد در عملکرد اقتصادی شد. به نظر می‌رسد که در شرایط دیم‌کاری نخود، روش افزایش تراکم کاشت که به عنوان یکی از روش‌های زراعی مدیریت علف‌های‌هرز مطرح است، بی‌فایده و حتی خسارت‌زا باشد. به همین دلیل، توصیه می‌شود که مدیریت علف‌های‌هرز مزرعه نخود با استفاده از روش‌های دیگری به‌جز روش افزایش تراکم کاشت، انجام گیرد. یک یافته جالب در پژوهش حاضر این بود که با وجود تولید زیست‌توده کمتر علف‌های‌هرز در کرت‌های مربوط به رقم عادل، عملکرد اقتصادی این رقم در مقایسه با سایر ارقام کمتر بود. احتمالاً رقم عادل تولیدکننده مواد دگرآسیبی علیه علف های‌هرز است. به نظر می‌رسد با توجه به این‌که تولید مواد دگرآسیب برای خود گیاه هزینه‌بر است، به همین دلیل عملکرد پایین‌تر رقم عادل در مقایسه با سایر ارقام توجیه‌پذیر باشد. در عوض، به نظر می‌رسد که به‌دلیل عملکرد پایین‌تر، کیفیت محصول در رقم عادل بالاتر از سایر ارقام باشد که نیاز است بررسی‌های کیفی بر روی دانه حاصل از این رقم در پژوهش های آتی انجام گیرد.

سپاسگزاری

نتایج ارائه‌شده در این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای ارسلان فلاحی دانش‌آموخته رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان است. از مدیریت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی و گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه که امکان اجرای این آزمایش را در مزرعه پژوهشی آن پردیس فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Akbari, A., Zand, E., and Mousavi, S.K. 2010. Evaluation the effect of row space and weed management approaches on biomass, chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield, and yield components in Khorramabad dryland condition. Electronic Journal of Crop Production 3(3): 1-21. (In Persian with English Summary).
2. Ahmadi, A., Bazgir, E., and Mousavi, S.K. 2008. Sowing date and crop density effects on weed interference in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Lorestan province. Proceeding of the 2nd National Weed Science Congress. January 29-30, 2008. Volume 1: Mashhad Agricultural Jahad Organization; p: 15-18. (In Persian with English Summary).
3. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Abdoshah, H., Kazemiyan, A., and Rafiei, H. 2017. Agricultural Statistics for 94-95 Crop Year. Ministry of Agriculture (In Persian).
4. Allahdadi, I., Shirkhani, A., and Rahimian Mashhadi, H. 2006. Effect of weeds in chickpea (*Cicer arietinum*) yield. Agriculture 8(2): 1-12. (In Persian with English Summary).

5. Fallah, S. 2008. Effects of planting date and density on yield and its components in chickpea (*Cicerarietinum* L.) genotypes under dryland conditions of Khorram-Abad. Journal of Crop Production and Processing 12(45): 123-135. (In Persian with English Summary).
6. Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. 2005. Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36(3): 719-731. (In Persian with English Summary).
7. Gholami Zali, A., Ehsanzadeh, P., and Razmjoo, J. 2015. Effects of irrigation regimes on seed yield and yield components of chickpea cultivars at two autumn and spring planting seasons in Lorestan province. Journal of Field Crop Sciences 46(1): 123-135. (In Persian with English Summary).
8. Jahanghiri, A., Sadeghzadeh-Ahari, D., Safikhani, M., Pezeshkpour, P., Saeid, A., Sarparast, R., Sabaghpour, S.H., Karimizadeh, R., Shahriari, D., Bahrami, N., Shabani, A., Mahmoudi, A.A., Mahmoudi, F., Armyion, M., Kanouni, H., Mahdiyeh, M., Dehnavi, B., Etezadi, F., and Mohammadi, M.S. 2015. Adel, a new rainfed chickpea cultivar for autumn planting under moderate cold and semi-warm regions of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 4(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
9. Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., and Sabaphpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpeas (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary).
10. Karimi Torki, B., Hasanian Khoshrou, H., Bi-Hamta, M.R., Moradi, P., and Alipour Yamch, M.H. 2011. Evaluation of tolerance of chickpea genotypes to weed competition. Seed and Plant Production Journal 4(2): 471-478. (In Persian with English Summary).
11. Khajehpour, M.R. 2014. Principles and Fundamentals of Crop Production. 3rd Edition. Jahad Daneshgahi Isfahan University of Technology. (In Persian).
12. Liu, P.H., Gan, Y., Warkentin, T., and McDinald, C. 2003. Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. Crop Science 43(1): 426-429.
13. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal Agricultural Sciences 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary).
14. Miller, P.R., McConkey, B.G., Clayton, G.W., Brandt, S.A., Staricka, J.A., Johnston, A.M., Lafond, G.P., Schatz, B.G., Baltensperger, D.D., and Neill, K.E. 2002. Pulse crop adaptation in the northern Great Plains. Agronomy Journal 94(6): 261-272.
15. Mohammaddoust Chamanabad, H.R. 2010. Weed Control. Jihad-e- Daneshgahi press. 236 pp. (In Persian).
16. Mohammaddoust Chamanabad, H.R., and Bakhshi M. 2016. Study of effective morpho-physiological characteristics on wheat competitive ability against weeds. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 26(1): 57-66. (In Persian with English Summary).
17. Mohammadi, Gh.R., Javanshir, A., Rahimzadeh-Khoie, F., Mohammadi, A., and Zehtab-Salmasi, S. 2004. The effect of weed interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Iranian Journal of Crop Sciences 6(3): 181-191. (In Persian with English Summary).
18. Moosavi, S.K., Pezeshkpoor, P., and Shahverdi, M. 2010. Effects of planting date, crop variety, and weed interference on yield and yield components of dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 40(4): 59-69. (In Persian with English Summary).
19. Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2009. Response of chickpea (*Cicer arietinum L.*) yield and yield components to sowing date, crop density and weed interference in Lorestan province. Journal of Plant Protection 23(2): 1-13. (In Persian with English Summary).
20. Naroui Rad, M.R., Ghasemi, A., and Arjmandinejad, A. R. 2010. Study of limited irrigation on yield of lentil genotypes of national Plant Gene Bank of Iran by drought resistance indices. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 7(2): 238-241.
21. Naseri, R., Siyadat, S.A., Soleymani Fard, A., Soleymani, R., and Khosh Khabar, H. 2011. Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpeas (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
22. Nasr Esfahani, M., and Mostajeran, A. 2014. Evaluation of symbiotic effects of different strains of *Mesorhizobium cicer* on drought stress tolerance of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 103(3): 123-131. (In Persian with English Summary).

23. Nemati, M., Asghari, A., Sofalian, O., Rasoulzadeh, A., and Mohammaddoust, H.R. 2012. Effect of water stress on rapeseed cultivars using morpho-physiological traits and their relations with ISSR markers. Journal of Plant Physiology Breeding 2(1): 55-66. (In Persian with English Summary).
24. Nourbakhsh, F., Ghobadi, M.K., Ghobadi, M., and Saeedi, M. 2013. Effect of plant density on chickpea and different weed control methods on yield, chickpea and weed yield components. MSc. Thesis. Razi University, Kermanshah, Iran. (In Persian with English Summary).
25. Parsa, M., Aliverdi, A., and Hammami, H. 2014. Activity of the recommended and optimized rates of pyridate on chickpea-*Mesorhizobium mediterraneum* symbiosis. Notulae Scientia Biologicae 6(1): 92-98.
26. Sadidi, A., and Armin, M. 2015. The effect of competition period on yield and yield components of chickpea in conventional and dormant sowing conditions. Journal of Crop Production Research 7(3): 223-237. (In Persian with English Summary).
27. Seyed Sharifi, R., Mohammadi Khanghah, P., and Raey, Y. 2014. Effect of plant density on yield, yield components and some physiological indices of chickpea cultivars three. Crop Physiology Journal 5(20): 25-38. (In Persian with English Summary).
28. Shamsi, K. 2010. The effect of sowing date and row spacing on yield and yield components on Hashem chickpea variety under rain fed condition. African Journal of Biotechnology 9(1): 7-11.
29. Tawaha, A.R.M., Turk, M.A., and Lee, K.D. 2005. Adaptation of chickpea to cultural practices in Mediterranean type environment. Research Journal of Agricultural and Biological Science 1(2): 152-157.
30. Tewari, A.N., Tewari, S.N., Rathi, J.P.S., Verama, R.N., and Traipathi, A.K. 2001. Crop-weed competition studies in chickpea having *Asphodelous tenuifolious* dominated weed community under rain-fed condition. Indian Journal of Weed Science 33(3): 198-199.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 41-57 (Research Article)

Response of yield and yield compounds of rain-fed chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to plant density and weed interference

Fallahi[1], A., Ahmadvand[2*], G., Mondani[3], F. & Aliverdi[4], A.

1. Graduate MSc. of Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; arsalan.falahi@gmail.com
2. Associate Professor of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Assistant Professor of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resource, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran; farzad_mondani@yahoo.com
4. Assistant Professor of Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; a.aliverdi@basu.ac.ir

Received: 29 January 2019
Accepted: 26 November 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.74983

Introduction

The most important principle in the rain-fed cropping system is to maintain and optimal use of soil moisture. In this regard, selecting the appropriate cultivar and planting density is one of the most important management decisions. The open canopy structure, short stature, limited leaf area, and the slow growth rate of chickpea is responsible for its poor competitive ability against weeds. In rain-fed cropping systems, weeds can also play an important role in soil moisture depletion and can aggravate drought stress on crop at the end of the growing season. Among the weed control cropping methods, it is possible to select a competitive cultivar and/or increased planting density. After introducing a new cultivar from rain-fed chickpea, researchers have always compared it with older cultivars in terms of competitive ability against weeds. So far, there has been no comparative study of competitive ability or tolerance of a new rain-fed chickpea cultivar, Adel, against weeds with older cultivars. Consequently, the effect of planting density of this new rain-fed chickpea cultivar on the response of weeds was not investigated. Therefore, the aim of this study was to investigate the interaction of this new and old cultivars and planting density on weeds damage under rain-fed conditions in Kermanshah.

Materials and Methods

This research was carried out at the research farm of the faculty of agriculture and natural resources of Razi University, Kermanshah, during 2013-2014 growing season. Wheat was planted in the same farm during the previous growing season. During the experiment, the total rainfall was 85.51 mm. After preparing the land to plots of 6×2 m^2, the chickpea cultivars were manually planted with the distance of 40 cm on each row on 5 February 2013. The experiment was a factorial (3 crop densities × 4 chickpea cultivars × 2 weed interferences) in a completely randomized block design with three replications. Planting densities were 31.3, 38.5, and 50.0 plants m^{-2}. Chickpea cultivars were Arman (FLIP90-96C), Azad (FLIP93-93C), Adel (FLIP99-66C), and Hashem (FLIP84-48C). The factor of weed interference was at two levels of weeding and unweeding. The crop was harvested on 28 June 2014 to evaluate yield and yield components. The samplings of weeds were performed to determine the total biomass using a 1 m^2 quadrate on 20 May and 12 June 2014, which were coincident with the flowering time and physiological maturity of chickpea, respectively.

[*]**Corresponding Author:** gahmadvand@basu.ac.ir

Results and Discussion

In general, the economic yield was decreased by increasing the plant density in all chickpea cultivars. The planting densities of 38.5 and 50.0 plants m^{-2} reduced the economic yield up to 8.9 and 42.6% in Azad cultivar, 30.5 and 37.2% in Arman cultivar, 23.7 and 40.2% in Hashem cultivar and 32.9 and 36.3% in Adel cultivar compared to planting densities of 31.3 plants m^{-2}, respectively. Azad cultivar produced the highest economic yield (146.4 g m^{-2}) under weeded condition, while the lowest economic yield (45.2 g m^{-2}) belonged to Arman cultivar under un-weeded condition. The presence of weeds resulted in a reduction of 59.1, 51.9, 61.2, and 46.3%, in the economic yield of Azad, Arman, Hashem, and Adel cultivars, respectively. During the first weeds sampling, the highest (25.7 g m^{-2}) and the lowest (17.7 g m^{-2}) weed biomass were observed at planting density of 31.3 and 38.5 plants m^{-2}, respectively- whereas during the second weeds sampling, the highest (60.0 g.m^{-2}) and the lowest (42.8 g. m^{-2}) weed biomass were observed at 31.3 and 50.0 plants m^{-2}, respectively. Moreover, during the second sampling of weeds, the highest (54.7 g m^{-2}) and the lowest (40.8 g m^{-2}) weed biomass were observed at the plots of Hashem and Adel cultivars, respectively.

Conclusion

In this research, the planting density of 31.3 plants m^{-2} was optimal planting density for all four chickpea cultivars. It seems that the increase of planting density to control weeds in rain-fed chickpea cropping system is an unsuitable technique. Therefore, it is necessary to consider other techniques to control weeds in rain-fed chickpea cropping systems. An interesting observation in this study was that, although the economic yield of Adel cultivar was lower, the lower biomass of weeds in the plots of this cultivar was observed compared to other cultivars. This observation can be related to allelopathic compounds produced by Adel cultivar which is costly for the crop itself and has reduced its yield.

Keywords: Allelopathy, Competition, Rain-fed cropping system

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۶۷-۵۸، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 58-67 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80708

بررسی اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود بهاره (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

داریوش صفری[1] و میترا آزادی‌خواه[2*]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران؛
dariush.s1987@gmail.com
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸

چکیده

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد از روش‌های مهم در کاهش آثار سوء تنش خشکی و به‌دست‌آوردن محصول مناسب در شرایط کمبود آب می‌باشد. به‌منظور مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد نخود در واکنش به سطوح مختلف سایکوسل در شرایط دیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه در طول فصل زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل غلظت‌های سایکوسل در سه سطح صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان عامل اصلی و دو رقم نخود (بیونیج و ثمین) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل بر همه صفات مورد مطالعه و اثر متقابل آن‌ها بر صفات تعداد شاخه جانبی، وزن غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به دیگر تیمارها شد. بیشترین عملکرد دانه در دو رقم ثمین و بیونیج با محلول‌پاشی با سایکوسل ۴۰۰میلی‌گرم در لیتر به ترتیب به میزان ۱/۸۲ درصد و ۱/۳۱درصد به‌دست آمد. از نظر صفات مورد مطالعه، رقم بیونیج نسبت به رقم ثمین عملکرد بیشتری داشت. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل می‌تواند برای بهبود عملکرد نخود در شرایط دیم توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: بیونیج، سایکوسل، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات بوده که از نظر اهمیت تولید مواد غذایی در بین حبوبات جایگاه سوم را با تولید ۱۱/۶ میلیون تن در سطح زیر کشتی معادل ۱۳/۲ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است (Kashiwagi *et al*., 2013). عمدهٔ کشورهای تولیدکنندهٔ این گیاه زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و حدود ۹۰ درصد از محصول نخود جهان، در شرایط دیم تولید می‌شود (Mousavi & Shakarami, 2008). محدودیت رشد ناشی از کمبود آب، موجب کاهش بیوماس و کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (Vile *et al*., 2012). در مناطق دیم تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید گیاه را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (Sarmadnia & Koocheki, 1987). به‌منظور کاهش اثر تنش خشکی بر کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی، اضافه‌کردن موادی مثل سایکوسل مناسب بوده که موجب افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی می‌شود (Memari*et al*., 2011). کلرمکوات کلراید (CCC) یا سایکوسل (Cycocel) از مشتقات کولین استر است. کلرمکوات کلراید (2- Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید، مانع از فعالیت آنزیم انت کائورن سنتتاز شده و موجب کاهش ارتفاع گیاهان می‌شود (Shekari *et al*., 2005). هدف اولیه از کاربرد سایکوسل در تولید گیاهان زراعی به اثر ضدخوابیدگی آن محدود می‌شد. گزارش‌های بعدی نشان داد که استفاده از سایکوسل در گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) باعث کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در بوته، افزایش تعداد دانه در سنبله، افزایش مقاومت به سرما،

* نویسنده مسئول: mitra.azadi66@gmail.com

شوری، قارچ‌ها و حشرات گردید (Shekari *et al*., 2005; Gurmani *et al*., 2011; Koutroubas *et al*., 2014). تیمار با سایکوسل در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نسبت شاخساره به ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای (Memari *et al*., 2011)، افزایش پرولین، پروتئین، قندهای محلول، میزان کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ‌های گندم شده است (Samandari & Elhami, 2012). گزارش شده است که گیاهان کلزا (*Brassica napus*) و گندم تیمار شده با سایکوسل دارای ساقه کوتاه‌تر و در مقابل ورس نیز مقاوم‌ترند (Ma & Smith, 1991). تیمار با سایکوسل در حنا (*Lawsonia inermis*) (Khandewal *et al*., 2002)، جو بهاره و زمستانه (Ma & Smith, 1992) و گندم (De *et al*., 1982) با کاهش غالبیت انتهایی، منجر به رشد جوانه‌های جانبی رویشی و تشکیل شاخه‌های فرعی و در نهایت افزایش تعداد انشعابات و افزایش عملکرد محصول گردیده است. همچنین سایکوسل می‌تواند موجب افزایش تعداد دانه در بوته با افزایش تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها در سنبله گردد (Ma & Smith, 1991). عملکرد بیشتر در گیاهان تیمارشده با سایکوسل به خاطر رشد بیشتر ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای و توان آب بیشتر در برگ‌ها و نهایتاً افزایش در بهبود بازده مصرف آب از طریق افزایش در فعالیت ریشه و کاهش در تعرق گیاه می‌باشد (Starman& Williams, 2000). بررسی‌ها نشان می‌دهد محلول‌پاشی با سایکوسل انتقال سیتوکینین را از ریشه به ساقه افزایش می‌دهد که منجر به افزایش طول دوره رشد، فتوسنتز و افزایش عملکرد می‌گردد (Omidi*etal*.,2008). با توجه به بحران کم‌آبی و خشکسالی های اخیر به نظر می‌رسد به دلیل اهمیت و نقش سایکوسل به عنوان یکی از عوامل تعدیل‌کننده اثرات ناشی از خشکی، بررسی‌های انجام‌شده از جمله مواردی بودند که موجب شد اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود بهاره در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم نخود به سه غلظت محلول‌پاشی سایکوسل تحت شرایط دیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو فاکتور غلظت سایکوسل در سه سطح، صفر (آب به عنوان شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان عامل اصلی و دو رقم نخود بیونیج و ثمین به عنوان عامل فرعی بودند. برای تهیهٔ غلظت‌های مختلف سایکوسل(CCC) (ساخت شرکت سیگما در آلمان) با مادهٔ مؤثرهٔ ۱۱/۸ درصد ۲-کلرواتیل تری متیل آمونیم کلراید، (2-Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) استفاده شد. پیش از اجرای آزمایش اقدام به نمونه‌برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی لومی) از عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متر
Table 1.Physico-chemical properties of soil in experimental site at 0-40 cm depth

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم) Absorable P (mg.kg)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم/کیلوگرم) Absorable K (mg.kg)	اسیدیته pH
40	44	16	0.09	0.88	10.8	288	7.8

زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل زیر کشت گندم بود. در پاییز زمین را شخم عمیق زده و در اوایل اسفندماه عملیات آماده‌سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک‌زنی، بلوک‌بندی و کرت‌بندی انجام شد. در هر کرت هشت ردیف بذر با فاصله‌ی بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵سانتی‌متر و عمق کاشت پنج تا شش سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تمامی بذور به منظور پیشگیری از آسیب بیماری های خاکزی قبل از کاشت با سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. عملیات کاشت در تاریخ ۱۵اسفندماه۱۳۹۷ به روش دستی انجام شد. در طی فصل رشد به‌منظور مبارزه با علف‌های‌هرز در چند نوبت وجین دستی انجام گرفت. تیمارهای سایکوسل به صورت محلول‌پاشی تا پوشش کامل برگ‌ها و اندام‌های هوایی و برای حفظ آثار سایکوسل، در دو مرحله، یکی به فاصله ۴۵ روز پس از کاشت (یک هفته قبل از گلدهی) و

دیگری ۶۰ روز پس از کاشت (۵۰درصد گلدهی) برای کرت-های مورد نظر صورت گرفت. لازم به ذکر است که این زمان حداکثر زمانی است که می‌توان تیمار محلول‌پاشی را اعمال نمود، چرا که سرشاخه‌های گیاه هنوز خشبی نشده و احتمال جذب سایکوسل در کوتاه‌مدت در سپیده‌دم بسیار زیاد است. در ضمن این مرحله شروع تنش خشکی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در هر واحد آزمایشی دو ردیف از پنج ردیف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد پس از برداشت نهایی از بین بوته-های برداشته شده ۱۰بوته به طور تصادفی انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، وزن دانه در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثرات ساده رقم و سایکوسل بر ارتفاع بوته نخود معنی‌دار($p\leq۰/۰۱$) بود. اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. (جدول ۳). با افزایش غلظت سایکوسل از صفر تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر ارتفاع بوته پنج درصد افزایش یافت. با گذشت زمان ارتفاع در بوته‌های تحت تیمار با سایکوسل افزایش بیشتری یافت و در نتیجه اختلاف آن‌ها با بوته‌های شاهد کمتر شد. گزارش شده است که حداکثر تأثیر سایکوسل به مدت زمان تماس محلول‌پاشی با سطح برگ بستگی دارد. در مورد کاربرد سایکوسل باید به این مسئله توجه داشت که علاوه بر زمان تماس سایکوسل، عواملی همچون نوع گیاه، غلظت، زمان کاربرد و تعداد دفعات کاربرد بر ارتفاع گیاه تأثیرگذار هستند (Al-Khassawneh *et al.*, 2006).

دلیل افزایش طول ساقه در انتهای فصل رشد کاملاً مشخص نشده است، ولی گمان می‌رود که با افزایش جمع پیش سازهای جیبرلیک اسید در نتیجه کندکردن بیوسنتز آن در اوایل فصل رشد در ارتباط باشد. بدین‌معنی که در اواخر فصل رشد که اثر بازدارندگی سایکوسل کاهش می‌یابد، سنتز جیبرلیک اسید از سر گرفته می‌شود و مقدار زیادی پیش‌ساز برای ساخت جیبرلیک اسید وجود دارد که باعث طویل‌شدن ساقه می‌شود (Rajala & Akinrinde, 2006).

نتایج بررسی Farooq & Bano (2003) نیز نشان داد که ارتفاع نهایی گیاه تحت اثر سایکوسل، بر اثر طویل‌شدن میان‌گره‌های بالایی افزایش می‌یابد. چنین استدلال شده که تولید زیاد جیبرلین در میان‌گره‌های بالایی بعد از تجزیه تنظیم‌کننده رشد، باعث طویل‌شدن میان‌گره‌های بالایی می‌شود.

هر چند De *et al*, (1982) نتوانستند هیچ کاهش معنی داری در ارتفاع ساقه گندم به دنبال تیمار بوته‌ها با سایکوسل ثبت کنند.

تعداد شاخه‌های جانبی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل در سطح آماری ($p\leq۰/۰۱$) و اثر متقابل آن‌ها در سطح آماری ($p\leq۰/۰۵$) بر تعداد شاخه‌های جانبی نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). سایکوسل با کاهش غالبیت انتهایی منجر به رشد جوانه‌های جانبی رویشی و تشکیل شاخه‌های فرعی می‌گردد. بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌های جانبی به ترتیب در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل مشاهده شد (جدول ۴). اثر مثبت و افزایش‌دهنده سایکوسل به صورت پرایم بذر و محلول‌پاشی بر افزایش تولید ماده خشک بوته، تولید شاخه بیشتر و تعداد بیشتر خورجین در گیاه کلزا گزارش شده است (Pourmohamad *et al.*, 2014).

تعداد دانه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن۱۰۰۰دانه معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در بوته به ترتیب برای رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با نُه درصد افزایش و کمترین تعداد دانه در رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل با پنج درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۴). محققان طی مطالعه‌ای نشان دادند اثر جبرانی تعداد دانه و وزن دانه، به گونه، رقم و شرایط غالب محیطی بستگی دارد (Peltonen-Sainio *et al.*, 2006). برخی محققان (Waddington & Cartwright, 1986) در بررسی اثر سایکوسل بر تغییر اجزای عملکرد جو بهاره در مرحله طویل‌شدن ساقه دریافتند که علت افزایش عملکرد، افزایش تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله می‌باشد. آن‌ها علت افزایش عملکرد را کاهش غالبیت انتهایی ساقه اصلی در طول دوره پنجه‌زنی و آغازش و بقای تعداد بیشتری گلچه در پنجه‌ها گزارش کردند. در پژوهشی دیگر نیز سایکوسل تعداد دانه در سنبله را در تمام مراحل کاربرد آن افزایش داد، علت این امر افزایش تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی گزارش شده است (Emam & Moaied, 1999).

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد‌بررسی نخود تحت شرایط دیم و محلول‌پاشی با سایکوسل

Table 2.Mean squares obtained from variance analysis of studied traits of chickpea under rainfed conditions and cycocel spraying

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات (Mean of Squares)								
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌های جانبی Number of secondary branches	وزن غلاف در بوته weight of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
بلوک Block	2	0.685^{ns}	0.185*	0.338*	8.16^{ns}	321.20**	66972.05*	10682.59**	0.512^{ns}
رقم Cultivar	1	12.73**	3.15**	4.18**	490.16**	3918.19**	1885034.72**	930748.20**	407.17**
سایکوسل Cycocel	2	26.27**	0.548**	1.04**	76.47**	582.81**	261344.05**	186221.16**	134.57**
رقم × سایکوسل Cultivar × Cycocel	2	0.092^{ns}	0.213*	0.303*	13.76*	296.81**	4346.72^{ns}	7658.61*	26.62**
خطا Error	10	1.17	0.033	0.072	2.96	12.46	10498.85	1089.55	1.08
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.63	6.91	13.07	8.41	1.58	5.06	3.83	2.51

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% levels, respectively. ns،* و **: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

وزن غلاف در بوته: نتایج تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر وزن غلاف در بوتهٔ نخود معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین وزن غلاف در بوته به ترتیب در رقم بیونیج و محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با دو درصد افزایش و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل با یک درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۴). نتایج بررسی Gardner (2007) نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل موجب کاهش رشد رویشی گیاه و افزایش طول دوره زایشی و پرشدن دانه شده و در نتیجه موجب افزایش وزن دانه و غلاف در بوته می‌گردد. Khalilzadeh *et al*, (2016) نشان دادند که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پرشدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد در گیاهان می شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم و سایکوسل بر صفات مورد بررسی نخود

Table 3. Mean comparison of main effects of cultivars and cycocel on chickpea traits

فاکتور Factor	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیستی (گرم/مترمربع) Biological yield (g/m^2)
ارقام (Cultivar)		
ثمین (Samin)	24.2^{a}	1699^{b}
بیونیج (Bivanij)	22.5^{ab}	2346^{a}
سایکوسل (میلی‌گرم/لیتر) (mg/l)		
0	21.2^{c}	1816^{c}
200	23.4^{b}	2018^{b}
400	25.5^{a}	2234^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر عامل، دارای حروف مشابه می‌باشند، بر پایه آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed with similar letter(s) are not significantly different at the %5 probability level- using Least Significant Differences Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرهای متقابلرقمو سایکوسل بر صفات موردبررسینخود

Table 4.Mean comparisoninteractions between cultivars and cycocelon chickpea traits

رقم Cultivar	سایکوسل (میلی‌گرم/لیتر) Cycocel (mg/l)	تعداد شاخه‌های جانبی Number of secondary branches	وزن غلاف در بوته weight of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) Seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)
ثمین (Samin)	0	2.01d	1.33d	13.18d	20.55c	452e	30.71e
	200	2.31cd	1.62cd	15.19cd	20.78c	621.20d	36d
	400	2.32cd	1.77bcd	17.36c	21.13c	825.23c	43.41bc
بیونیج (Bivanij)	0	2.71bc	2.05bc	21.25b	22.57b	975.07b	45.08b
	200	2.85b	2.31b	24.58b	23.04b	1001.73b	43.31c
	400	3.59a	3.26a	31.21a	25.7a	1286a	50.26a

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر عامل، دارای حروف مشابه می‌باشند، بر پایه آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed with similar letter(s) are not significantly different at the %5 probability level- using Least Significant Differences Test.

وزن۱۰۰دانه: نتایج نشان داد که اثرات ساده رقم و سایکوسل و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و سایکوسل نشان داد در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بیشترین وزن۱۰۰دانه را با چهار درصد افزایش دارا بود و کمترین وزن۱۰۰دانه در رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با

سایکوسل به‌دست آمد؛ هر چند کاربرد سایکوسل در رقم ثمین با تیمار عدم کاربرد سایکوسل اختلاف معنی‌داری نداشت. سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پرشدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش بسزایی دارند. محققان دیگر نیز اظهار داشتند که وزن دانه در نتیجه تیمار با سایکوسل افزایش می‌یابد و افزایش آن را به قدرت مقصد فیزیولوژیکی قبل از گلدهی نسبت می‌دهند (Khalilzadeh *et al*, 2016). سرعت انباشت مواد و دوره پرشدن دانه تعیین‌کننده وزن نهایی دانه است و هر دو مؤلفه، تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط قرار می گیرند (Rajabi *et al.*, 2013). تأثیر مثبت سایکوسل بر وزن۱۰۰۰دانه با نتایج تحقیقی دیگر (Rajala & Sainio, 2001) مطابقت دارد.

عملکرد زیستی: اثر رقم و غلظت سایکوسل بر عملکرد زیست‌توده در سطح آماری (p≤۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم بیونیج دارای عملکرد زیست‌توده بیشتر در هکتار بود. سایکوسل تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد زیست‌توده در هکتار داشت (جدول ۳). یافته‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش در مورد اثر مثبت سایکوسل بر عملکرد زیست‌توده با نتایج گزارش شده دیگر (Shekoofa & Emam, 2008) مطابقت دارد. کاربرد سایکوسل در گیاه (*Solidago Canadensis*) باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک و تر بوته‌ها و زنده‌مانی گیاهان شد (Osman, 2014). در بررسی نتایج دیگر نیز افزایش معنی‌دار زیست‌توده در جو بهاره با کاربرد به موقع سایکوسل گزارش شده است (Emam & Moaied, 1999).

عملکرد دانه: نتایج این تحقیق نشان داد که اثرهای ساده رقم و سایکوسل و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه تأثیر معنی داری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب برای رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۱/۳۱ درصد) و رقم ثمین و عدم محلول‌پاشی با سایکوسل (۱/۸۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). به‌طور کلی اعتقاد بر این است که کندکننده‌های رشد از طریق تغییر در فتوآسیمیلات‌ها و هدایت آن‌ها به سمت مقصد باعث افزایش در عملکرد می‌گردند (Khandewal *et al.*, 2002). از طرفی سایکوسل با افزایش تعداد و بقای پنجه‌ها و همچنین سطح برگ، باعث فتوسنتز بیشتر شده و مواد پرورده بیشتری به سمت دانه‌ها انتقال می‌یابد و افزایش عملکرد دانه بیشتری را موجب می‌شود (Sharif *et al*, 2007). در تحقیقی علت افزایش عملکرد در گیاهان تیمارشده با سایکوسل، نفوذ بیشتر نور به درون بوته‌ها و قادرساختن آن‌ها به حفظ تعداد بیشتری ساقه بارور در هر بوته دانسته شده است (Emam & Niknejad, 2011).

شاخص برداشت: برهمکنش رقم و سایکوسل و سطوح اصلی سایکوسل و رقم بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار (p≤۰/۰۱) شد. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و سایکوسل نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت در رقم بیونیج و محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با ۱۰درصد افزایش و کمترین آن در رقم ثمین و عدم محلول پاشی با سایکوسل بود (جدول ۴). شاخص برداشت تخمینی از تبدیل مؤثر ماده خشک به عملکرد دانه است (Aranjuelo *et al.*, 2013) که نمایانگر درصد مواد آلی ساخته‌شده از منبع به مقصد است و ارقام دارای شاخص برداشت بالا قادرند هیدرات‌های کربن زیادتری را از اندام‌های سبز به دانه انتقال دهند و سبب افزایش عملکرد گردند. ارقام دارای شاخص برداشت پایین‌تر کربوهیدرات‌های کمتری را به دانه انتقال و از این رو دارای عملکرد دانه کمتری می‌باشند. کاربرد سایکوسل در این پژوهش باعث افزایش شاخص برداشت شد. همچنین، باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش فتوسنتز، افزایش وزن دانه و در نهایت افزایش شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شد (Devi *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در بین دو رقم، ثمین دارای ارتفاع بالایی بود. در حالی که بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی، وزن غلاف در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت مربوط به رقم بیونیج بود. همه صفات مورد مطالعه تحت تأثیر مثبت سایکوسل قرار گرفتند. در غالب موارد، محلول‌پاشی با سایکوسل با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر بیشتری بر رشد و عملکرد ارقام نخود داشت. لذا با توجه به نتایج این آزمایش برای بهبود عملکرد نخود مصرف سایکوسل به میزان ۴۰۰ میلی گرم در لیتر را می‌توان برای شرایط آب و هوایی مشابه پیشنهاد نمود.

منابع

1. Aranjuelo, I., Sanz-Saez, A., Jauregui, I., Irigoyen, J., Araus, J., Sanchez-Diaz, M., and Erice, G. 2013. Harvest index, a parameter conditioning responsiveness of wheat plants to elevated CO2. Journal of Experimental Botany 64: 1879-1892.
2. Al-Khassawneh, N.M., Karam, N.S., and Shibli, R.A. 2006. Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) following treatment with plant growth regulators. Scientia Horticulturae 107: 187-193.
3. De, R., Giri, G., Saran, G., Singh, R.K., and Chaturvedi, G.S. 1982. Modification of water balance of dry land wheat through the use of chlormequat chloride. Journal of Agricultural Science 98(3): 593-597.
4. Devi, K.N., Vyas, A.K., Singh, M.S., and Singh, N.G. 2011. Effect of bioregulators on growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine* max). Journal of Agricultural Science 3: 151-159.
5. Emam, Y., and Niknejad, M. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (4th Ed). Shiraz University Press, Shiraz, Iran. 570 pp. (In Persian).
6. Emam, Y., and Moaied, G. R. 1999. Effect of planting density and chlormaquat chloride on morphological andphysiological characteristics of winter barley cultivar "Valfajr". Journal of Agriculture Science and Technology 2: 75-83.
7. Farooq, U., and Bano, A. 2006. Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride onnodulation and biochemical content of *Vigna raditat* L. under water stress. Pakistan Journal of Botany 38: 1511-18.
8. Gurmani, A.R., Bano, A., Khan, S.U., Din, J., and Zhang, J.L. 2011. Alleviation of salt stress byseed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (*Oryza sativa* L.). Australian Journal of Crop Science 5: 1278-1285.
9. Gardner, F. 2007. Crop Physiology. Jahaddaneshgahi Press of Mashhad. 300 pp. (In Persian with English Summary).
10. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Gaur, P.M., Upadhyaya, H.D., Varshney, R.K., and Tobita, S. 2013. Traits of relevance to improve yield under terminal drought stress in chickpea (*C. arietinum* L.). Field Crops Research 145: 88-95.
11. Khandewal, K.S., Gupta, N.K., and Sahu, M.P. 2002. Effect of plant growth regulators on growth, yield and essential oil production of henna (*Lawsonia inermis* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(1): 67-72.
12. Khalilzadeh, R., Seyedsharifi, R., and Jalilian, J. 2016. Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction 11(1): 130- 137.
13. Koutroubas, S.D., Vassiliou, G., and Damalas, C.A. 2014. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. International Journal of Plant Production 8: 215-229.
14. Ma, B.L., and Smith, D.L. 1991. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. Agronomy Journal 83(2): 270-274.
15. Ma, B.L., and Smith, D.L. 1992. Chlormequat and ethephon timing and grain production of spring barley. Agronomy Journal 84(6): 934-939.
16. Memari, H.R., Tafazoli, E., Kamgar-Haghighi, A., Hassanpour, A., and Yarami, N. 2011. Effects of water stress and cycocel as a growth retardant on growth of two olive cultivars. Journal of Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Science 15(55): 1-11. (In Persian).
17. Mousavi, S.K., and Shakarami, G.H. 2008. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in low rainfall condition. Plant Production Journal 1: 99-113. (In Persian with English Summary).
18. Omidi, H., SoroushZadeh, A., and Salahi, A. 2008. Effect of priming on canola germination. Journal of Agricultural Sciences 9: 125-135. (In Persian).
19. Osman, A.R. 2014. Improving some quantitative and qualitative characteristics of *Solidago canadensis* "tara" using cycocel and planting density under drip irrigation and lighting systems. Life Science Journal 11: 110-118.
20. Pourmohammad, A., Shekari, F., and Soltaniband, V. 2014. Cycocel priming and foliar application affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Cercetari Agronomicein Moldova 157: 59-69.
21. Peltonen-Sainio, P., Muurinen, S., Rajala, A., and Jauhianen, L. 2006. Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern grown conditions. The Journal of Agricultural Science 146(01): 35-47.
22. Rajabi, R. 2013. Effects of seed pretreatment with salicylic acid on drought resistance of three wheat cultivars under rainfed conditions. MSc. Dissertation. University of Zanjan, Zanjan, Iran. (In Persian).

23. Rajala, A. 2003. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions. University of Helsinki, Finland. 432 pp.
24. Rajala, A., and Sainio, P.P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agronomice Journal 93: 936-943.
25. Shekoofa, A., and Emam, Y. 2008. Effect of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Shiraz Journal Agricultural Sciences Technology 10: 101-108.
26. Sharif, S., Saffari, M., and Emam, Y. 2007. The effect of drought stress and cycocle on barley yield (cv. Valfagr). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 281-290. (In Persian).
27. SamandariGikloo, T., and Elhami, B. 2012. Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3(5): 1000-1004.
28. Shekari, F., Shekari, F., Ebrahimzadeh, A., and Esmaeilpour, B. 2005. Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. (Translation). University of Zanjan Press, Zanjan, Iran. (In Persian).
29. Starman, T.W., and Williams, M.S. 2000. Growth retardants affect growth and flowering of Scaevola. Horticultural Science 35(1): 36-38.
30. Shekari, F., Shekari, F., Ebrahimzadeh, A., and Esmaeilpour, B. 2005. Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. (Translation). University of Zanjan Press, Zanjan, Iran. (In Persian).
31. SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.
32. Waddington, S.R., and Cartwright, P.M. 1986. Modification of yield components and stem length in spring barleyby the application of growth retardants prior to main shoot stem elongation. Journal of Agricultural Science Cambridge 107: 367-375.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 58-67 (Research Article)

The effect of cycocel spraying on yield and yield components of spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions

Safari[1], D. & Azadikhah[2]*, M.

1. MSc. of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr, Iran; dariush.s1987@gmail.com
2. MSc. of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Received: 14 May 2019
Accepted: 8 January 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.80708

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the herbaceous plants. Most of the producing countries of this crop are in arid and semi-arid regions, and about 90% of the world's chickpea is produced in rainfed conditions. Chlormequat chloride or cycocel (2- Chloroethyl 3 methyl ammonium chloride) is a choline esters derivative. Chlormequat chloride interacts with the gibberellic acid biosynthesis pathway, inhibits the activity of ent-kaurene synthesis and reduces plant height. Reports have shown that the use of cycocel reduced the stem height, increased the number of tillers per plant, the number of seeds per spike, cold resistance, salinity, fungi, and insects. Studies show that cycocel solubilization increases cytokinin from root to stem, which increases the growth period, photosynthesis, and increased yield. The aim of this study was to investigate the response of yield and grain yield components of two chickpea cultivars to three concentrations of cycocel foliar application under rainfed conditions.

Materials and Methods

In order to study the yield and yield components of chickpea in response to different levels of cycocel in rain fed conditions, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Sararood Research Center of Kermanshah. The treatments consisted of two factors of cycocel concentration in three levels: zero (water as control), 200 and 400 mg L^{-1} as the main factor and two cultivars of Chickpea bionij (local cultivar Mahidasht) and Samin as a minor. Cycocel treatments were sprayed manually until the water was checked from leaves and air organs. In order to maintain the effects of cycocel, the treatments were applied in two steps, including 45 days after planting (one week before flowering) and 60 days after planting (50% flowering) for the planned plots. At the same time the experiment coincided with the onset of drought stress in the study area. In each experimental unit, two rows of five rows and a half meter from the beginning and the end of the rows were considered as the range. To determine the yield components after harvest, 10 plants were selected randomly from each plot. Plant height, number of branches, the number of shells per plant, shell weight per plant, seed weight per plant, 1000-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index were measured. Data were analyzed by SAS Ver. 9.1 and the minimum significant difference test (LSD) at the probability level of ($p\leq0.05$) was applied for comparisons between treatment means.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the simple effects of cultivar and cycocel on all studied traits were significant at level of ($p\leq0.01$), and their interactions on harvest index and 1000-seed weight was significant at level of ($p\leq0.01$), and finally the number of lateral branches, pod weight per plant, the number of seeds per pod, biomass yield, grain yield was significant at level of ($p\leq0.05$). High cycocel (400 mg L^{-1}) treatments increased yield and yield components compared to other treatments. According to the studied traits, Bionij cultivar had more yield than Samson cultivar. Generally, the growth mobility through the

***Corresponding Author:** mitra.azadi66@gmail.com

change in the photocells and the direction it directs to the target increases the yield. Cycocel also increased the grain weight and yield in plants due to the changes in the allocation of the material to seed filling.

Conclusion

The results of this study showed that Samson had the highest plant height among the other cultivars, while the highest number of secondary branches, weight of pod per plant, the number of seeds per plant, 1000 seed weight, seed number per pod, grain yield, biomass yield and harvest index was observed in Bionaj. All studied traits were positively affected by cycocel. In most cases, soluble cycocel with a concentration of 400 mg L^{-1} had the greatest effect on growth and yield of chickpea cultivars. It seems that spraying chickpea plants, especially Bionij cultivar with a concentration of 400 mg L^{-1} of cycocel is recommended for similar climatic conditions.

Keywords: Biological yield, Bionij, Cycocel, Grain yield, Harvest Index

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۸۷-۶۸، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 68-87 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81211

ارزیابی پاسخ ارقام لوبیاقرمز با دو عادت رشدی مختلف به رقابت با علف‌های‌هرز

سیده زهرا طباطبایی‌پور[۱]، زهرا طهماسبی[۲*]، علیرضا تاب[۳] و سجاد رشیدی منفرد[۴]

۱. دکتری اصلاح نباتات، ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛
z.tabatabaiepoor@ilam.ac.ir
۲. دانشیار و دکتری اصلاح نباتات، ژنتیک بیومتری، عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. استادیار و دکتری علوم علف‌های هرز، هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ a.taab@ilam.ac.ir
۴. استادیار و دکتری ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، هیات علمی گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس؛
rashidims@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۷

چکیده

عملکرد گیاه لوبیا به دلیل رشد کم در ابتدای فصل رشد، تحت تأثیر رقابت علف‌های‌هرز به شدت کاهش می‌یابد. با توجه به پژوهش‌های محدود در زمینه تأثیر رقابت علف‌های‌هرز بر صفات فیزیولوژیک لوبیا، آزمایشی برای بررسی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک سه رقم لوبیاقرمز با دو عادت رشدی نیمه‌رونده و ایستاده در رقابت با علف‌های‌هرز در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در بهار و تابستان ۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو عامل، رقم در سه سطح (صیاد، درخشان و لاین D81083) و رقابت علف‌های‌هرز در دو سطح (عاری از علف‌های‌هرز و تداخل تمام فصل علف‌های‌هرز) و با سه تکرار اجرا شد. صفت‌های ارتفاع بوته، زیست‌توده، میزان کلروفیل a، b، میزان کلروفیل کل، آنتوسیانین و کاروتنوئید در سه مرحله V4 (سومین برگ سه‌برگچه‌ای)، R6 (گل‌دهی) و R7 (غلاف‌دهی) و صفت‌های عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بررسی شدند. نتایج نشان داد که در بین سه رقم مورد مطالعه لاین D81083 با رشد ایستاده قدرت رقابتی بالاتری با علف‌های‌هرز دارد و بیشترین میزان ارتفاع بوته، زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه را داشت. تداخل علف‌های‌هرز باعث کاهش تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ، ۳۰/۱۸، ۲۲/۷۱، ۲۷/۴۲ و ۴۲/۲۴ درصد شد. از طرف دیگر، صفت‌های فیزیولوژیک مانند آنتوسیانین، کاروتنوئید در مرحله V4 تحت تأثیر رقم و رقابت علف‌های‌هرز قرار نگرفتند، اما در مرحله R7، اثر اصلی رقم و رقابت علف‌های‌هرز و در مرحلهR6 اثر اصلی رقابت علف‌های‌هرز بر صفت‌های آنتوسیانین و کاروتنوئید معنی‌دار بود. شاخص رقابت در بین سه رقم مورد مطالعه در سطح ۵درصد معنی‌دار بود و لاین D81083 با مقدار ۱/۸۱ بیشترین شاخص را داشت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کشت لاین D81083 با قدرت رقابتی بالاتر و داشتن خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بهتر نسبت به سایر ارقام در مقابل علف‌های‌هرز، به عنوان یک راهکار غیرشیمیایی برای مدیریت علف‌های‌هرز در مزارع لوبیا قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رنگیزه‌های فوتوسنتزی، سایه‌اندازی، صفات رشدی، مدیریت غیرشیمیایی علف‌های‌هرز

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده حبوبات در دنیا می‌باشد که به عنوان یکی از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین و کالری محسوب می‌شود. لوبیا همچنین، مکمل منابع غنی از کربوهیدرات مانند برنج، ذرت، و کاساوا می‌باشد (Mola & Belachew, 2015). در سال زراعی ۹۶-۹۵ محصول لوبیا ۳۵ درصد از کل حبوبات تولیدی کشور را تشکیل داده و بعد از نخود در رتبه دوم قرار داشته است (Ministry of Agriculture-Jahad Statistics, 2018). پروتئین دانه این گیاه، در مقایسه با غلات دو تا سه برابر و نسبت به گیاهان نشاسته‌ای ۱۰ تا ۲۰ برابر است. از این رو، در کشورهایی که تولید پروتئین حیوانی با محدودیت روبرو است، این گیاه می‌تواند نقش اساسی در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان داشته باشد (Ghamari & Ahmadvand, 2015b).

یکی از محدودیت‌های عمده تولید لوبیا، حضور علف‌های‌هرز می‌باشد (Mola & Belachew, 2015).

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

علف‌های‌هرز به شدت با لوبیا رقابت می‌کنند و می‌توانند تا ۸۰درصد باعث کاهش عملکرد آن شوند (Blackshaw, 1991). لوبیا به‌واسطه داشتن رشد کُند و قدرت رقابتی پایین به عنوان یک رقابت‌کننده ضعیف با علف‌های‌هرز شناخته می‌شود. از این رو، کنترل علف‌های‌هرز ارجحیت زیادی برای تولیدکنندگان آن دارد (Saberali *et al*., 2012).

کاهش عملکرد یک گونه گیاهی در طی رقابت، به دلیل استفاده مشترک از منابع محدودی است که در اختیار گیاه قرار دارد. به دلیل رقابت سختی که علف‌های‌هرز با گیاهان زراعی دارند، گفته می‌شود که رقابت با علف‌های‌هرز تنش بر گیاهان محسوب می‌شود. به دلیل استقرار علف‌های‌هرز همزمان یا قبل از رشد گیاه زراعی، شدت رقابت برای گیاه زراعی بیشتر می‌شود. استقرار اولیه علف‌های‌هرز، سطح خاک را با جلوگیری از دسترسی گیاهان به نور پوشش می‌دهد (Rathore *et al*., 2014).

علف‌های‌هرز، اغلب عملکرد محصولات را وقتی که در اوایل فصل، رشد می‌کنند کاهش می‌دهند و می‌توانند حتی عملکرد را اگر آن‌ها چندین هفته بعد از ظهور محصول نیز حذف شوند، کاهش دهند (Horvath *et al*., 2015). دوره بحرانی کنترل علف‌های‌هرز برای لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) سه تا پنج یا شِش هفته بعد از کاشت (Burnside *et al*., 1998) و در لوبیای سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) از مرحله دومین سه‌برگچه‌ای تا اوایل گلدهی (Woolley *et al*., 1993) است. کنترل اولیه علف‌های‌هرز بسیار مهم است، زیرا سیستم ریشه‌ای گیاه در این مرحله توسعه پیدا می‌کند و بعضی از علف‌های‌هرز، مواد دگرآسیبی که رشد گیاه را محدود می‌کند، ترشح می‌کنند (Mola & Belachew, 2015).

عادت رشدی گیاه چون تعیین‌کننده توزیع ساقه و برگ‌ها و نهایتاً مؤثر بر میزان نور جذب شده توسط گیاه است، می‌تواند از طریق تأثیر بر توانایی رقابتی و نیز تراکم‌پذیری آن اثرات قابل‌توجهی بر عملکرد داشته باشد. ژنوتیپ‌هایی با عادت رشدی نامحدود، توانایی رقابتی بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های رشدمحدود نشان دادند (Saberali *et al*., 2012)، با این وجود، گزارش‌های متناقضی در رابطه با عادات رشدی بر توانایی رقابتی وجود دارد. به‌طور مثال، ژنوتیپ‌های ایستاده نخود در مقایسه با ژنوتیپ‌های خوابیده و نیمه‌ایستاده توان رقابتی بالاتری داشتند (Wang *et al*., 2007). اندازه‌گیری شاخص‌های رشد می‌تواند گویای توانایی رقابتی هر گونه در طول دوره رشد باشد. آنالیزهای رشد گیاه می‌توانند به عنوان ابزاری برای نشان‌دادن توانایی رقابت بین گیاه زراعی و علف‌هرز به‌کار روند (Lak *et al*., 2013). نتایج ارزیابی توان رقابتی دو رقم لوبیای درخشان و صیاد در تیمارهای رقابت علف‌های‌هرز نشان داد که بالابودن شاخص سطح برگ و ارتفاع لوبیای صیاد در مقایسه با درخشان سبب کاهش اثرات سوء گونه‌های علف‌های‌هرز و نیز تلفات عملکرد در این رقم بود (Ahmadi *et al*., 2007a). افزایش طول دوره رقابت با علف‌هرز در لوبیا سبب کاهش روند افزایش ارتفاع طی فصل رشد گردید. با افزایش طول دوره تداخل علف‌های‌هرز، به تدریج از عملکرد دانه کاسته شد و در مقابل، افزایش طول دوره کنترل علف‌های‌هرز، عملکرد دانه را افزایش داد. از آنجا که در جامعه گیاهی، ارتفاع بوته نقش مهمی در فرآیند جذب نور خورشید و متعاقباً فتوسنتز دارد، بنابراین کاهش ارتفاع در اثر رقابت می‌تواند از دلایل کاهش عملکرد نهایی گیاه محسوب شود (Ghamari & Ahmadvand, 2013). دوره‌های تداخل علف‌های‌هرز از ۱۰ تا ۶۰ روز پس از سبزشدن به طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد واریته‌های لوبیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شرایط آلوده به علف‌هرز در طی یک فصل رشد کامل منجر به کاهش عملکرد لوبیای معمولی برای واریته AFR-702 و Awassa-dume به‌ترتیب به میزان ۷۳/۶۵ و ۷۶/۸۸ درصد در مقایسه با تیمارهای عاری از علف‌هرز شد (Mola & Belachew, 2015). فاکتورهای غیرزیستی مانند کاهش آب و مواد مغذی و تغییر در کیفیت و کمیت نور، در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان منعکس می‌شود. محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی شاخص مهمی از ظرفیت فتوشیمیایی گیاهان است. زیرا کلروفیلa جذب طول موج بلند نور را ترجیح می‌دهد. کلروفیلb طول موج کوتاه نور را به کار می‌برد و کاروتنوئیدها سایر طول موج‌های نور و آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زاد را جذب می‌کنند و از کلروفیل در برابر آسیب‌های فوتودینامیکی حفاظت می‌کنند (de Aguiar *et al*., 2019). میزان کلروفیل برگ به میزان زیادی، تعیین‌کننده میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده است (Ghamari & Ahmadvand, 2015b).

Vrbnicanin *et al*, (2012) گزارش کردند که رقابت علف‌های‌هرز سبب کاهش میزان کلروفیل در چاودار شد. حضور ذرت خودرو (وحشی) در کشت لوبیا باعث ایجاد رقابت برای نور شده و موجب کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل و متغیرهای مورفولوژیک در گیاهان لوبیا شد (de Aguiar *et al*., 2019). در پژوهش Mckenzie-Gopsill *et al*, (2019) نشان داده شد که علف‌های‌هرز مجاور گیاه ذرت می‌توانند باعث ایجاد تغییرات در رنگدانه‌های فتوسنتزی شوند، به‌طوری که سطوح کاروتنوئید و کلروفیل برگ سویا (soybean)

(*Glycine max* (L.) Merr.) در تیمار پر از علف‌هرز به طور قابل توجهی کاهش یافت.

در اغلب مطالعات، تأثیر رقابت علف‌های‌هرز بر صفات فیزیولوژیک لوبیا، با وجود اهمیت آن نادیده گرفته شده است. در این راستا، بررسی پاسخ‌های لوبیا به علف‌های‌هرز برای درک اثر متقابل‌های گیاه با گیاه در طی رقابت حیاتی است. این مطالعه با هدف بررسی تعدادی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد دانه و توان رقابتی سه رقم لوبیا با عادت‌های رشدی متفاوت در رقابت با علف‌های‌هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی توان رقابتی سه رقم لوبیاقرمز با علف‌های‌هرز، این پژوهش در فصل زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی: ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۲۷ متر) انجام شد. بافت خاک محل انجام آزمایش لومی-سیلتی با اسیدیته حدود ۷/۳۹ بود. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف به طول دو متر با فاصله ۴۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سه رقم لوبیاقرمز با دو عادت رشدی نیمه‌رونده و ایستاده (صیاد، درخشان و لاین D81083) (جدول ۱) و عامل دوم شامل عدم کنترل علف‌های‌هرز و کنترل کامل علف های‌هرز تا پایان دوره رشد بود. بذور ارقام لوبیا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی-ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین تهیه شد. کلیه مراقبت‌های زراعی از قبیل شخم بهاره، آماده‌سازی زمین، کودهای مورد نیاز و سمپاشی علیه آفات و بیماری‌ها و آبیاری به‌طور یکسان در تمام کرت‌ها انجام شد. براساس نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (جدول۲) به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در زمان اجرای عملیات تهیه بستر بذر استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام لوبیاقرمز

Table 1. Characteristics of Red bean cultivars

ارقام Cultivars	عادت رشدی Growing habit
صیاد Sayad	رشد نامحدود و نیمه‌رونده Indeterminate and semi erect growth (Type 2)
درخشان Derakhshan	رشد محدود و ایستاده Determinate and erect growth (Type 1)
D81083	رشد محدود و ایستاده Determinate and erect growth (Type 1)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical characteristics of the experiment

بافت Texture	میزان (درصد) Content (%)				میزان (پی پی ام) Content (ppm)		کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر قابل‌دسترس Available P	پتاسیم قابل‌دسترس Available k			
لوم سیلتی Silty loam	58	27	15	0.1	4.94	356.26	1.74	7.39	0.26

کنترل علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی هر هفته در تیمارهای عاری از علف‌هرز انجام شد و هیچ‌گونه علف‌کشی در طرح استفاده نشد. شروع اندازه‌گیری صفات در مرحله V4 (سومین برگ سه‌برگچه‌ای) از رشد لوبیا (شروع نمونه‌برداری به‌صورت بصری تعیین شد یعنی زمانی‌که برگ‌ها با گیاهان مجاور تماس پیدا کردند، (Horvath *et al.*, 2015)) و نمونه‌برداری‌های بعدی در مراحل R6 (گل‌دهی) و R7(غلاف‌دهی) انجام شد. صفات مورد بررسی لوبیا در مرحله V4، R6 و R7 عبارت بودند از: ارتفاع ساقه، وزن خشک بوته، سطح برگ، میزان کلروفیل a و b، میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید و آنتوسیانین. برای اندازه‌گیری سطح برگ از

دستگاه سطح برگ سنج (Jain Laboratory Instruments; India) استفاده شد.

جهت نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز، در سه مرحله V4، R6 و R7 یک کادر مربعی ۰/۵ × ۰/۵ مترمربعی به‌طور تصادفی در هر کرت انداخته شد و تعداد و نوع علف‌های‌هرز درون هر کادر برحسب گونه شمارش و سپس بوته‌های علف‌های‌هرز و لوبیا برداشت شدند. سپس برای اندازه‌گیری زیست‌توده، بوته‌های علف‌های‌هرز و لوبیا به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی درون آون با دمای ۷۲درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت (این زمان بستگی به نوع بافت و میزان رطوبت اولیه موجود در گیاه متغیر بود) قرار داده و سپس توزین شدند. جهت اندازه‌گیری مقدار اهمیت علف‌هرز (درصد) (Importance Value of Weed, IVW) (%) در دو مرحله V4 و R9، معادله ۱ مورد استفاده قرار گرفت (Mamun *et al*., 2011):

معادله ۱: $$IVW = \frac{DW_1}{DW_T}$$

در معادله فوق، DW_1 وزن خشک یک گونه علف‌هرز و DW_T وزن خشک تمام گونه‌های علف‌هرز می‌باشد.

پس از رسیدن کامل بوته‌های لوبیا، از هر یک از سه ردیف میانی هر کرت، در مجموع، ۱۰بوته به صورت تصادفی (به طول یک متر و عرض نیم متر با فاصله نیم متر از بالا و پایین کرت) برداشت گردید و عملکرد دانه و اجزای عملکرد با استفاده از ترازوی حساس با دقت صدم گرم اندازه‌گیری شد.

جهت بررسی توان رقابتی ارقام لوبیا در برابر علف‌های‌هرز از شاخص رقابت (Competitive Index) (CI) (معادله ۲) استفاده شد:

معادله ۲: $$CI=\frac{Y_i}{Y_{mean}} \times \frac{B_i}{B_{mean}}$$

که در معادله فوق Y_i= عملکرد دانه رقم i در حضور علف‌های‌هرز، Y_{mean}= متوسط عملکرد دانه همه ارقام در حضور علف‌های‌هرز، B_i= زیست‌توده علف‌های‌هرز مربوط به رقم i و B_{mean}= متوسط زیست‌توده علف‌های‌هرز در کل ارقام می‌باشد (Radicetti *et al*., 2012).

ارزیابی کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید

برای سنجش میزان کلروفیل a، b، میزان کلروفیل کل، آنتوسیانین و کاروتنوئید، ۲۰۰ میلی‌گرم از برگ سبز بالایی در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد همژن گردید و پس از انجام سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) و دمای ۴درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه، مایع رویی را برداشته و حجم آن با استون ۸۰ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible (مدل Cary-50 ساخت شرکت Varianکشور استرالیا)، میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۴۷۰، ۶۴۶/۶، ۶۶۳/۶ و ۶۴۷ و ۵۳۷ اندازه‌گیری و با استفاده از روابط زیر رنگدانه‌های فتوسنتزی محاسبه شد. جهت تنظیم دستگاه از استن ۸۰ درصد به عنوان شاهد استفاده گردید.

Chl.a ($\mu g.ml^{-1}$)= ۱۲/۲۵ (A ۶۶۳/۶) - ۲/۵۵ (A ۶۴۶/۶) (Porra, 2002)
Chl.b ($\mu g.ml^{-1}$)= ۲۰/۳۱ (A ۶۴۶/۶) - ۴/۹۱ (A ۶۶۳/۶) (Porra, 2002)
Chl.T ($\mu g.ml^{-1}$)= ۱۷/۷۶ (A ۶۴۶/۶) + ۷/۳۴ (A ۶۶۳/۶) = Chl.a + Chl.b (Porra, 2002)
($\mu mol\ ml^{-1}$)= ۰/۰۸۱۷۳ (A ۵۳۷) - ۰/۰۰۶۹۷ (A ۶۴۷) - ۰/۰۰۲۲۲۸ (A ۶۶۳) (Sims & Gamon, 2002)
Anthocyanin
Caroteniod ($\mu g.ml^{-1}$)= [۱۰۰۰ (A ۴۷۰) - ۳/۲۷ (Chl.a) - ۱۰۴ Chl.b)]/۲۲۹
(Lichtenthaler and Wellburn, 1983)

A: میزان جذب محلول عصاره در طول موج مشخص

در این فرمول Chl.a, Chl.b, Chl.T، Anthocyanin و Caroteniod به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، آنتوسیانین و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن و گرانتوفیل) می‌باشد.

آنالیز آماری

بررسی روند تغییرات صفت‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک در طی سه مرحله نمونه‌برداری (V4، R6 R7) انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 22 و آزمون‌های شاپیرو-ویلک کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. جهت آنالیز داده‌ها نیز از نرم‌افزار SAS 9.4 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح معنی‌دار ۵ درصد انجام گرفت. آزمون نرمال بودن داده‌ها روی توزیع باقیمانده داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

اهمیت علف‌های‌هرز

بررسی تحقیق حاضر نشان داد که از ابتدای رشد تا مرحله V4 لوبیا، هفت گونه علف‌هرز مشاهده و شناسایی شد. در بین گونه‌های علف‌های‌هرز، پیچک صحرایی بالاترین اهمیت را به خود اختصاص داده است (جدول ۳). در انتهای رشد لوبیا و در مرحله R9، هشت گونه علف‌هرز مشاهده و شناسایی شد که خرفه و تاج‌خروس ریشه قرمز به ترتیب با ۲۷/۳۳ و ۲۱/۹۲ درصد بالاترین اهمیت را دارا بودند.

جدول ۳- مقدار اهمیت علف‌هرز (IVW) در تیمار تداخل کامل علف‌هرز در مرحله V4 و R9 (رسیدگی فیزیولوژیک)

Table 3. Importance value of weed (IVW) in full interference of weeds at V4 and R9 (Physiological Maturation) stage

نام فارسی Persian name	نام گونه علف‌هرز Weed species name	خانواده Family	مقدار اهمیت علف‌هرز (درصد) در مرحله V4 Importance value of weed in V4 stage (%)	مقدار اهمیت علف‌هرز (درصد) در مرحله R9 Importance value of weed in R9 stage (%)
پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulaceae	68.88	8.78
خرفه	*Portulaca oleracea* L.	Portulacaceae	7.97	27.33
دم روباهی	*Setaria verticillata* (L.) P.Beauv.	Poaceae	6.53	20.48
خارخسک	*Tribulus terrestris* L.	Zygophyllaceae	1.60	0.62
سلمه‌تره	*Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	0.00078	13.63
تاج‌خروس ریشه قرمز	*Amaranthus retroflexus* L.	Amaranthaceae	0.0004323	21.92
علف هفت‌بند	*Polygonum aviculare* L.	Polygonaceae	0.0002871	-
اویارسلام ارغوانی	*Cyperus rotundus* L.	Cyperaceae	-	4.61
تاج‌خروس رونده	*Amaranthus blitoides* S.Wats.	Amaranthaceae	-	2.63

در پژوهش‌های دیگری، علف‌های‌هرز غالب در لوبیا را سلمه‌تره، تاج‌خروس ایستاده (وحشی) (*Amaranthus retroflexus* L.) و تاج‌خروس رونده و پیچک صحرایی (Ghamari & Ahmadvand, 2013)، تاج‌خروس وحشی، کنف وحشی (*Hibiscus trionum* L.)، عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، سلمه‌تره، (Aghaalikhani *et al*., 2005) و همچنین تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، سوروف، و خارخسک (Ahmadi *et al*., 2007b) گزارش کرده‌اند. علف‌های‌هرز مورد بررسی تحقیق ما، گونه‌های غالب مناطق غرب کشور محسوب می‌شوند (Ghamari & Ahmadvand, 2013). در مرحله V4، ۵۸۵ بوته علف‌هرز در مترمربع در نمونه‌برداری‌های انجام‌شده شمارش شد، در حالی‌که در مرحله R9، ۴۸۰ بوته علف‌هرز مشاهده گردید. در ابتدای فصل رشد به دلیل وجود فضای کافی، تعداد زیادی علف‌های‌هرز در مزرعه سبز شده و رشد می‌کنند، ولی با آغاز رقابت (برون و درون گونه‌ای) پدیده خودتنُکی سبب کاهش تعداد علف‌های‌هرز شده، ولی علف‌های‌هرز باقی‌مانده وزن زیادی پیدا کرده و از این طریق فشار رقابتی خود را به گیاه زراعی وارد می‌کنند (Lak *et al*., 2005).

صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌های مورفولوژی در سه مرحله نمونه‌برداری (جدول ۴) نشان داد که اثر اصلی رقم و رقابت با علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع، زیست‌توده و سطح برگ در هر سه مرحله V4، R6 و R7 در گیاه لوبیا داشت، به استثنای صفت زیست‌توده (در مرحله R6 و R7) و سطح برگ (در مرحله R7) که فقط اثر اصلی رقابت با علف‌های‌هرز آن‌ها معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رقم در رقابت با علف‌هرز بر صفت سطح برگ (LA) در مرحله V4 و صفت ارتفاع در مرحله R7 معنی‌دار شد (جدول ۴). روند تغییرات ارتفاع سه رقم در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز (شکل ۱) نسبت به شرایط کنترل تمام فصل علف‌های‌هرز نشان داد که لاین D81083 در هر سه زمان نمونه‌برداری میانگین ارتفاع بیشتری نسبت به سایر ارقام دارد و میانگین ارتفاع لاین D81083 در مرحله R7 ۳۴/۳۳ سانتی‌متر بود. در شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز و در سومین مرحله نمونه‌برداری (R7) (شکل ۱) رقم صیاد ارتفاع بیشتری (۴۶/۶۴ سانتی‌متر) نسبت به لاین D81083 و رقم درخشان داشت. در هر سه مرحله نمونه‌برداری، ارتفاع بوته‌های لوبیای رشدیافته در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز نسبت به شرایط کنترل تمام فصل علف‌های‌هرز، کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۲ الف).

در زمینه تأثیر علف‌های‌هرز بر ارتفاع گیاه زراعی در طی دوره حساس کنترل علف‌های‌هرز گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. در مطالعه Lak *et al*, (2013) حضور علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاهان مورد مطالعه نداشت. در مطالعه Horvath *et al*, (2015) ارتفاع سویا در مرحله V3 رشد (سه برگی‌شدن) در تیمارهای کنترل کامل علف‌های‌هرز و تداخل کامل با علف‌های‌هرز مشابه هم بود و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی در مرحله بسته‌شدن کانوپی تفاوت معنی‌داری

گزارش شد. Green-Tracewicz *et al*, (2011) نشان دادند که ارتفاع گیاه به وسیله کاهش نسبت R/FR (نسبت نور قرمز به فراسرخ) (در رقابت با علف‌هرز نسبت R/FR کاهش پیدا می‌کند) در تمام مراحل رشد رویشی سویا به‌طور آشکاری افزایش داشته، درحالی‌که کاهش نسبت R/FR بعد از واردشدن به مرحله زایشی تأثیری بر افزایش یا کاهش ارتفاع ندارد. بنابراین برخلاف این حقیقت که گیاهان تنش‌دیده از علف‌های‌هرز بلندتر از گیاهان شاهد هستند، در بعضی موارد به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر نیز می‌باشند که با پاسخ‌های کلی اجتناب از سایه (کاهش نسبت ریشه به ساقه، افزایش ارتفاع، افزایش سطح ویژه برگ، کاهش ظرفیت فتوسنتزی و گلدهی زودهنگام) ناسازگار است. در آزمایش حاضر کاهش ارتفاع بوته را می‌توان به کاهش منابع رشد و به دنبال آن کاهش جذب مواد غذایی (Assimilation) به‌وسیله گیاه در اثر حضور علف‌های‌هرز نسبت داد (Kropff & Lotz, 1992). بدین‌معنی که با افزایش سایه‌اندازی علف‌های‌هرز، احتمالاً برگ‌های کمتری به نقطه جبران نوری می‌رسند (Sterck *et al*., 2013) که این موضوع اثر نامطلوبی بر فتوسنتز و تولید مواد دارد و سبب عدم رشد سلول‌ها و کاهش تقسیم سلولی می‌شود، به‌طوری که افزایش طول سلول به دلیل ازدیاد نسبت نور مادون قرمز به نور قرمز قادر نخواهد بود که از کوتاه‌شدن گیاه جلوگیری کند (Casal, 2012). در تحقیقاتی دیگر هم گزارش شده است که کاهش ارتفاع گیاه زراعی بر اثر رقابت علف‌های‌هرز می‌تواند به دلیل کاهش منابع و در نتیجه کاهش رشد گیاه زراعی باشد (Ghamari & Ahmadvand, 2015a).

رقابت علف‌های هرز در هر سه مرحله رشدی V4، R6 و R7 باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ گیاه لوبیا نسبت به گیاهان رشدیافته در شرایط عاری از علف‌هرز شد (شکل ۲ج). در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز، لاین D81083 بیشترین و صیاد کمترین سطح برگ را در بین سه رقم در طی سه مرحله نمونه‌برداری داشتند (شکل ۳). در شرایط کنترل تمام فصل علف‌های‌هرز، در مرحله V4 رقم درخشان و در دو مرحله R6 و R7، لاین D81083 بیشترین سطح برگ را داشتند (شکل ۳). البته در مرحله R7 تفاوت معنی‌داری بین ارقام برای صفت سطح برگ مشاهده نشد.

براساس نتایج، بیشترین زیست‌توده لوبیا زمانی به دست آمد که در تمام طول فصل رشد عاری از علف‌های‌هرز بود و زمانی که با علف‌های‌هرز در رقابت کامل بود، کاهش معنی‌دار زیست‌توده لوبیا در هر سه مرحله رشدی V4، R6 و R7 مشاهده شد (شکل ۲ب). اثر اصلی رقم روی صفت زیست‌توده فقط در مرحله V4 معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) شد، به‌طوری که بیشترین زیست‌توده مربوط به لاین D81083 (۱/۳۶ گرم در هر بوته) بود (جدول ۷).

گیاه لوبیای رشدیافته در این آزمایش در حضور علف‌های‌هرز کاهش سطح برگ را نشان داد که نشان‌دهنده کاهش شاخه‌دهی است که معمولاً این گونه موارد در پاسخ‌های اجتناب از سایه مشاهده می‌شود (Green-Tracewicz *et al*., 2011). در مطالعه Horvath *et al*, (2015) سطح برگ در سال ۲۰۱۰ در مرحله V3 تا ۵۰درصد و در سال ۲۰۱۱ تا ۱۸درصد کاهش داشت. یکی از بارزترین اثرات حضور علف‌های‌هرز در مزرعه، افزایش تراکم گیاهی در واحد سطح است و افزایش تراکم در واحد سطح از عوامل ایجاد رقابت جهت دریافت منابع مشترک ازجمله نور است. نور یکی از مهم‌ترین عواملی است که عملکرد گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایطی که گیاه زراعی با علف‌هرز در رقابت است، هر چند سطح برگ کل جامعه گیاهی در واحد سطح افزایش می‌یابد، ولی به دلیل کاهش سطح برگ تک‌بوته در اثر تداخل و رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای، شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (Ahmadi *et al*., 2007a). به نظر می‌رسد که کاهش سطح برگ گیاه زراعی زمینه را برای توسعه، رشد و بهره‌برداری از منابع توسط علف‌های‌هرز بیشتر نموده و در نتیجه سبب تجمع بیشتر ماده خشک توسط علف‌های‌هرز می‌گردد (Ahmadi *et al*., 2004).

در مطالعه Oliver *et al*, (1976) کاهش در LAI، وزن خشک گیاه، و CGR بهترین شاخص‌هایی بودند که در طی رقابت درون یا بین گونه‌ای در طی فصل رشد، اثر رقابتی ایفا می‌کردند که هر دو صفت LAI و کاهش وزن خشک گیاهان، روند مشابهی را نشان دادند؛ با این حال، کاهش LAI در آغاز اتفاق افتاد و شدیدتر شد.

تجزیه آماری نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اثر متقابل رقم در رقابت با علف‌هرز بر عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ۵). اثر اصلی رقم روی صفت‌های عملکرد، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰دانه معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۱$). همچنین اثر اصلی رقابت با علف‌های‌هرز روی عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه تأثیر معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) داشت (جدول ۵). در بررسی عملکرد دانه سه رقم مورد مطالعه در رقابت با علف‌های‌هرز، لاین D81083 و رقم درخشان به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشته‌اند (تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه لاین D81083 و صیاد وجود نداشت). در شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز، لاین D81083 و صیاد به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند، البته

تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه صیاد و درخشان وجود نداشت (شکل ۴الف). در شرایط تداخل کامل علف‌های‌هرز، بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به لاین D81083 و صیاد بود و کمترین تعداد غلاف در بوته در رقم درخشان مشاهده شد (شکل ۴ب). حضور علف‌های‌هرز تا انتهای دوره رشد لوبیا باعث کاهش معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه شد. در مطالعه Stagnari & Pisante (2011) نیز کاهش عملکرد همراه با کاهش در LAI و تعداد غلاف در تیمارهای تداخل علف‌های‌هرز دیده شد که برای سایر لگوم‌ها مانند نخود (Al-Thahabi *et al*., 1994) نیز گزارش شده است که تعداد کمتر غلاف‌ها، می‌تواند به دلیل تعداد کمتر شاخه‌ها، کاهش وزن بذر و زیست‌توده باشد. در مطالعه Mojaddam *et al*, (2016) بالاترین تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) در تیمار وجین کامل و کمترین میانگین صفات مذکور در تیمار وجین تا غنچه‌دهی به دست آمد. روند کاهش عملکرد دانه را می‌توان به سایه‌اندازی علف‌های‌هرز، ریزش گل‌ها به دلیل وجود رقابت و کاهش اجزای عملکرد نسبت داد. از سویی دیگر، کاهش عملکرد دانه به واسطه تداوم حضور علف‌های‌هرز در طول فصل رشد را می‌توان ناشی از قدرت رقابت گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز موجود دانست (Aghaalikhani *et al*., 2005).

رقابت سه رقم لوبیا با علف‌های‌هرز بر عملکرد دانه و بیولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که در تراکم ۳۲ بوته تاج‌خروس در مترمربع عملکرد دانه ارقام صیاد، اختر و لاین D81083 نسبت به شاهد به ترتیب ۴۲، ۵۷ و ۷۲ درصد کاهش یافت (Amini *et al*., 2009).

در پژوهش Ghanbari Motlagh *et al*, (2011) در بین ارقام درخشان، صیاد و گلی بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم گلی و کمترین عملکرد مربوط به رقم صیاد بود. به نظر می‌رسد که بالابودن عملکرد دانه در رقم گلی به علت رشد نامحدود، عادت رشدی رونده آن و سطح برگ بالا باشد (Ghanbari Motlagh *et al*., 2011). رقم صیاد نیز به علت داشتن کمترین ماده خشک تجمعی و کمترین سطح برگ، کمترین عملکرد دانه را دارا بود. ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع و سطح برگ در افزایش توان رقابتی بسیار مهم هستند. اثر عوامل محیطی روی گیاهان به سن و مرحله نموی گیاه بستگی دارد، به‌طوری‌که در طول مراحل رشد، میزان حساسیت گیاه به علف‌های‌هرز متفاوت است.

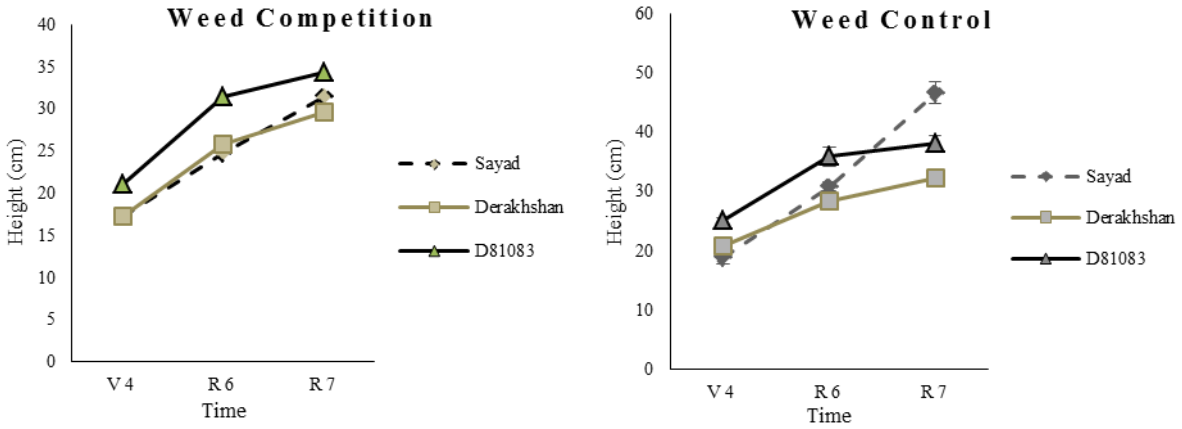
در بررسی Lak *et al*, (2013) که در طی دو سال اجرا شد، تداخل علف‌های‌هرز باعث کاهش عملکرد، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته شد و رقم گلی و تلاش با بیشترین شاخص تحمل رقابت به علف‌های‌هرز ارقام برتر شناخته شدند. در آزمایش حاضر، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در شرایط رقابت کامل با علف‌های‌هرز نسبت به کنترل کامل علف‌های‌هرز به ترتیب به میزان ۳۰/۱۸، ۲۲/۷۱، ۲۷/۴۲ و ۴۲/۲۴ درصد کاهش یافت. در پژوهش Eshaghi *et al*, (2011) ارقام گلی و درخشان به ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصد عملکرد بیشتری نسبت به رقم صیاد داشتند. تعداد غلاف در بوته از مهم‌ترین و حساس‌ترین اجزای عملکرد لوبیا بوده و به شدت تحت تأثیر رقابت علف‌های‌هرز قرار می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در بالا ذکر شد، رقم گلی در مقایسه با رقم درخشان، حدود ۱۵ درصد و در مقایسه با صیاد حدود ۲۴ درصد تعداد غلاف بیشتری داشت. در این مطالعه تعداد غلاف بوته در شرایط کنترل نسبت به عدم کنترل علف‌های‌هرز حدود ۳۵ درصد بیشتر بود که طبیعتاً علت آن، حذف فشار رقابتی ناشی از حضور علف‌های‌هرز و دردسترس بودن بیشتر منابع است. در مطالعه Eshaghi *et al*, (2011) تعداد دانه در غلاف در بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری داشت و رقم گلی و درخشان به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. همچنین در این مطالعه رقم درخشان وزن۱۰۰دانه بیشتری نسبت به دیگر رقم‌ها داشت. بالاتربودن وزن۱۰۰دانه در شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز نیز می‌تواند به علت کاهش رقابت بین لوبیا و علف‌های‌هرز باشد که منابع بیشتری را در اختیار گیاه لوبیا قرار می‌دهد.

در مطالعه Moriles *et al*, (2012)، ذرت رشدیافته با علف‌های‌هرز تا مرحله V4 دارای ارتفاع، سطح برگ و زیست‌توده مشابه با ذرت V4 بدون تنش بود؛ با این حال، در مرحله V6، حتی اگر علف‌های‌هرز در مرحله V4 حذف شوند، این گیاهان کوتاه‌تر بودند و دارای سطح برگ و زیست‌توده کمتری نسبت به ذرت بدون تنش بودند. وقتی‌که علف‌های‌هرز تا مرحله V6 ذرت باقی ماندند، کاهش ارتفاع گیاهان تحت تنش علف‌های‌هرز مشاهده شد. گیاهان رشدیافته با علف‌های‌هرز تا مرحله V8 در حدود ۵۰ درصد کاهش زیست‌توده و ۵۳ درصد کاهش سطح برگ را داشتند. هنگامی‌که علف‌های‌هرز تا مرحله V8 باقی ماندند، عملکرد دانه و زیست‌توده کاه و کلش ۱۵ تا ۳۳ درصد به ترتیب در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ کاهش یافت.

شاخص رقابتی

شاخص‌های رقابت ابزارهای مفیدی برای ارائه اطلاعات بر روی توانایی رقابتی محصول در برابر علف‌های‌هرز در برنامه‌های اصلاحی هستند. شاخص رقابت (CI) معیار مناسبی برای

مقایسه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاه زراعی برای کاهش تلفات عملکرد ناشی از علف‌هرز است (Radicetti *et al.*, 2012). با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۸)، شاخص رقابتی (CI) بین سه رقم مورد مطالعه در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین شاخص رقابتی ارقام نشان داد که بیشترین شاخص رقابتی را لاین D81083 داشت. ارقام صیاد و درخشان تفاوت آماری معنی‌داری با هم نداشتند، ولی رقم صیاد از شاخص رقابتی بالاتری نسبت به رقم درخشان برخوردار بود (شکل ۵). برای معرفی رقم مقاوم باید رقم موردنظر هم شاخص رقابتی بیشتری داشته باشد و هم عملکرد مناسبی را تولید کند. بنابراین بین سه رقم/لاین مورد مطالعه لاین D81083 می‌تواند به عنوان یک لاین مقاوم مطرح شود، چون عملکرد بالایی داشت و در رقابت با علف‌هرز نیز موفق‌تر بود و هم از شاخص رقابتی بالاتری برخوردار بود. در پژوهشی که به مطالعه توان رقابتی هفت ژنوتیپ لوبیاقرمز، چیتی و سفید پرداخته بودند، بیشترین شاخص رقابتی (CI) را ژنوتیپ‌های گلی و پاک داشتند و ژنوتیپ‌های صیاد، اختر، خمین و شکوفا شاخص رقابتی کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر داشتند (Amini *et al.*, 2014). در بین ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز، گلی بیشترین شاخص رقابتی را داشت و صیاد کمترین شاخص رقابتی را داشت. پژوهشگران اظهار داشتند که ارتفاع بیشتر گونه‌های‌هرز غالب نسبت به ژنوتیپ‌های لوبیا باعث می‌شود که ژنوتیپ‌های لوبیا با رشد نامحدود و ارتفاع بوته بیشتر مثل گلی و پاک، توان رقابتی بالاتری در برابر علف‌های‌هرز غالب داشته باشند. علت استفاده از شاخص رقابت این است که در واقع هیچ‌یک از شاخص‌های عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارقام در شرایط کشت خالص و در شرایط رقابت با علف‌هرز و زیست‌توده علف‌های‌هرز، به تنهایی نمی‌توانند معیار مناسبی جهت اندازه‌گیری توانایی رقابت ارقام باشند (Sarani *et al.*, 2011). Sarani *et al*, (2011) بیان کردند که بهترین رقم از نظر توان رقابتی، رقمی است که ضمن برخورداری از عملکرد بالا، زیست‌توده علف‌هرز را نیز کاهش دهد.



شکل ۱- روند تغییرات ارتفاع ارقام لوبیاقرمز در سه مرحله نمونه‌برداری در شرایط کنترل و رقابت با علف‌های‌هرز

Fig. 1. Trend of height changes of red been cultivars at three sampling stages under weed competition and weed control

صفات فیزیولوژیکی

رنگیزه‌های فتوسنتزی

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۹) نشان داد که اثر اصلی رقم و اثر متقابل رقم در رقابت با علف‌های‌هرز بر هیچ‌کدام از صفات فیزیولوژیکی ارزیابی‌شده در مرحله V4 معنی‌دار نبود، ولی اثر اصلی رقابت با علف‌هرز بر صفت‌های کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح ۵ درصد و در صفت کلروفیل b در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در مرحله R6، کلروفیل a، b و کلروفیل کل تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارها قرار نگرفتند. رقابت با علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) روی کلروفیل a، b و کلروفیل کل در مرحله R7 داشت (جدول ۹). مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۶) نشان داد که در شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز در دو مرحله V4 و R7، میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل نسبت به شرایط تداخل کامل علف‌های‌هرز افزایش معنی‌دار داشت. گیاهان لوبیای تحت رقابت با علف‌های‌هرز نمونه‌برداری‌شده در مرحله R7، میزان کلروفیل a، b و میزان کلروفیل کل مشابهی با گیاهان لوبیای تحت رقابت با علف‌های‌هرز در مرحله V4 دارند (شکل ۶). با توجه به این نکته که تحت شرایط رقابت با علف‌هرز میزان نور فراسرخ (FR) افزایش می‌یابد.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی در تیمار رقابت با علف‌هرز در سه رقم لوبیا قرمز

Table 4. Analysis of variance related to the studied traits from three red bean cultivars as affected by weed competition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom (df)	میانگین مربعات Mean of squares							
		مراحل نمونه‌برداری Sampling stages							
		مرحله سومین سه‌برگچه‌ای V4 stage			مرحله گل‌دهی R6 stage			مرحله غلاف‌دهی R7 stage	
		ارتفاع Height	سطح برگ Leaf area	زیست‌توده Biomass	ارتفاع Height	سطح برگ Leaf area	زیست‌توده Biomass	ارتفاع Height	سطح برگ Leaf area	زیست‌توده Biomass
بلوک Block	2	5.30 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.37 ^{ns}	3.45 ^{ns}	4.15 ^{ns}	7.87 ^{ns}	10.40 ^{ns}	7.20 ^{ns}	8.38 ^{ns}
رقم Cultivar	2	42.05 **	80.30 **	0.64 *	79.28 *	12.42 **	1.80 ^{ns}	101.41 *	7.092 ^{ns}	15.89 ^{ns}
رقابت با علف‌هرز Weed competition	1	39.16 *	40.78 **	0.73 *	83.20 *	218.85 **	16.36 *	234.57 **	253.66 **	74.61 **
رقم × رقابت علف‌هرز Weed ×Cultivar competition	2	2.61 ^{ns}	15.53 **	0.05 ^{ns}	4.71 ^{ns}	0.79 ^{ns}	0.70 ^{ns}	72.74 *	0.717 ^{ns}	4.16 ^{ns}
خطا Error	10	4.08	1.51	0.09	10.73	1.49	2.33	16.49	2.30	5.38
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		10.10	9.63	28.23	11.10	6.05	34.65	11.46	6.75	31.67

^{ns} و *، **: به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد؛ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

^{ns}, * and **: indicate a significant at P≤0.05 and P≤0.01 and non-significant difference, respectively.

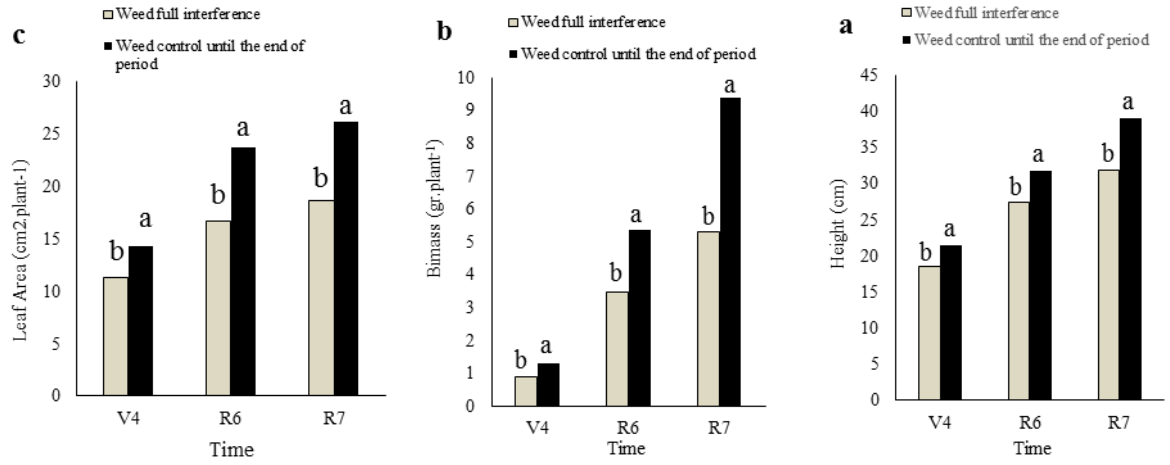
جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در تیمار رقابت با علف‌هرز در سه رقم لوبیاقرمز

Table 5. Analysis of variance related to the yield and components yield from three red bean cultivars as affected by weed competition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom (df)	میانگین مربعات Mean of squares			
		عملکرد دانه Grain yield	تعداد غلاف در بوته No. pod. plant^{-1}	تعداد دانه در غلاف No. seed. pod^{-1}	وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight
بلوک Block	2	8212.50 ^{ns}	0.73^{ns}	0.14^{ns}	9.61^{ns}
رقم Cultivar	2	2506387.50 **	5.39**	0.47^{ns}	279.56**
رقابت با علف‌هرز Weed competition	1	15652012.50 **	10.89**	9.82**	182.46**
رقم × رقابت علف‌هرز Weed competition×Cultivar	2	989662.50 *	5.06**	0.44^{ns}	32.22^{ns}
خطا Error	10	148612.50	0.46	0.59	11.47
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		11.07	13.80	18.67	13.62

**، * و ns: به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns: significant at P≤0.05 and P≤0.01 and non-significant difference, respectively

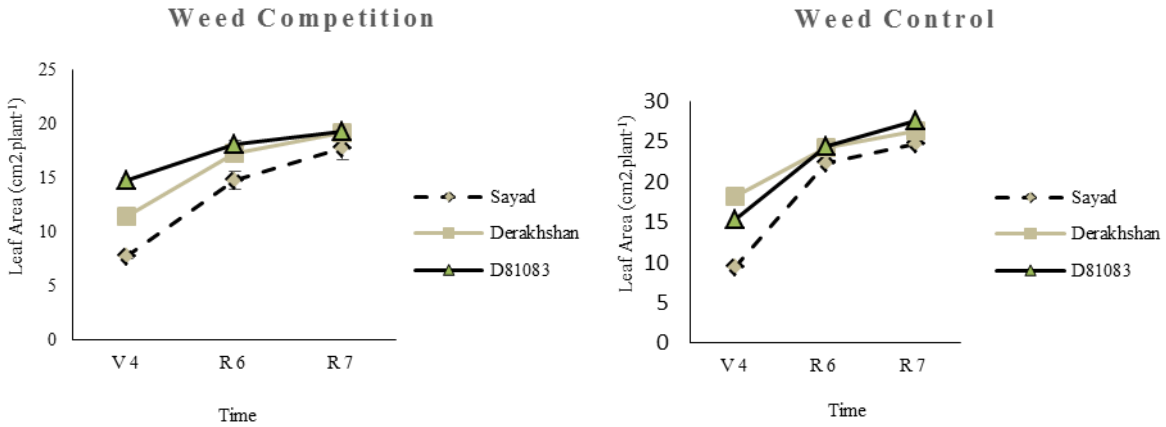


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده رقابت با علف‌های‌هرز صفت ارتفاع (الف)، زیست‌توده (ب) و سطح برگ (ج) در سه زمان نمونه‌برداری

Fig. 2. Mean comparison for the main effects of weed competition for the (a) height, (b) biomass, and leaf area traits at three sampling stages

برگ‌های ایجادشده گیاه لوبیا که تحت نور غنی از فراسرخ هستند، میزان کلروفیل پایین‌تر و وزن مخصوص برگ پایین‌تری هم دارند (Bartoli *et al*., 2009). میزان کلروفیل برگ به میزان زیادی، تعیین‌کننده میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده است و لذا می‌تواند عملکرد نهایی را متأثر سازد. سایه‌اندازی علف‌های‌هرز روی گیاه زراعی میزان کلروفیل a و b را کاهش می‌دهد و این صفات به‌طور قوی و مثبتی مرتبط با تجمع وزن خشک گیاه هستند. با افزایش سایه‌اندازی علف‌های‌هرز از میزان فتوسنتز کاسته شده و سبب کاهش صدور کربوهیدرات به گره‌های ریبوزومی می‌شود. این امر بر فعالیت گره‌های ریبوزومی اثر می‌گذارد و در نتیجه میزان تثبیت نیتروژن و به دنبال آن میزان پروتئین برگ را متأثر خواهد ساخت (Mauro *et al*., 2011). در این پژوهش نیز همزمان با کاهش میزان زیست‌توده در تیمار رقابت کامل با علف‌هرز میزان کلروفیل نیز کاهش یافت. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که تیمارهای آزمایشی (تداخل و کنترل کامل علف‌های‌هرز) از لحاظ کلروفیل نسبی برگ در سطح احتمال ۱درصد و از نظر پروتئین بذر در سطح احتمال ۵ درصد

اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (Ghamari & Ahmadvand, 2015b). Saberali *et al*, (2012) گزارش کردند که حضور و عدم حضور علف‌هرز تاج‌خروس در سال اول کشت معمولاً تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل برگ ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز (گلی و لاین D81083) نداشته است، ولی در سال دوم و به‌طور کاملاً متضاد با نتیجه سال اول، غلظت کلروفیل برگ در رقم گلی و در شرایط فشار رقابتی زیاد علف‌هرز تاج‌خروس نسبت به عدم حضور آن به طور معنی‌داری کاهش یافت. Ribeiro *et al*, (2017) گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهان (لوبیا و علف‌های‌هرز) باعث کاهش میزان کلروفیل کل گیاه لوبیا و علف‌های‌هرز مجاور و همچنین کاهش میزان درشت‌مغذی‌ها (P و K) و ریزمغذی‌ها (Zn، Fe، Mn و Cu) در لوبیا و علف‌های‌هرز شد. علف‌های‌هرز از طریق رقابت بر سر منابع رشد، اثر نامطلوبی بر میزان کلروفیل برگ دارند. روند کاهشی کلروفیل در رقابت با علف‌هرز (تراکم بالای علف‌هرز همراه با گیاه زراعی) می‌تواند ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی نیز باشد (Majnoon Hosseini *et al*., 2003).



شکل ۳- روند تغییرات سطح برگ ارقام لوبیاقرمز در سه مرحله نمونه‌برداری در شرایط کنترل و رقابت با علف‌های‌هرز

Fig. 3. Trend of leaf area changes of red been cultivars at three sampling stages under weed competition and weed control

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و رقابت با علف‌هرز بر ارتفاع در مرحله R7 و سطح برگ در مرحله V4

Table 6. Mean comparison of interaction of cultivar and weed competition on height at R7 stage and leaf area at V4 stage

میانگین صفت ± خطای استاندارد Mean adjective ± Standard error				
رقم Cultivar	سطح برگ، مرحله V4 (سانتی‌متر مربع در هر گیاه) Leaf area, V4 stage ($cm^2.plant^{-1}$)		ارتفاع، مرحله R7 (سانتی‌متر) Height, R7 stage (cm)	
	تداخل کامل علف‌های‌هرز Weed full interference	کنترل علف‌های‌هرز تا پایان دوره Weed control until the end of period	تداخل کامل علف‌های‌هرز Weed full interference	کنترل علف‌های‌هرز تا پایان دوره Weed control until the end of period
صیاد Sayad	$7.69^{d} \pm 0.28$	$9.41^{cd} \pm 0.52$	$31.41^{bc} \pm 1.11$	$46.64^{a} \pm 1.85$
درخشان Derakhshan	$11.44^{c} \pm 0.34$	$18.11^{a} \pm 0.58$	$29.64^{c} \pm 1.01$	$32.24^{bc} \pm 0.88$
D81083	$14.67^{b} \pm 0.24$	$15.30^{b} \pm 0.10$	$34.33^{bc} \pm 1.51$	$38.16^{b} \pm 1.28$
LSD (P = 0.05)	4.64		7.38	

در هر ستون، وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها می‌باشد.
مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال معنی‌داری ۵ درصد می‌باشد.

In each column, at least one similar letter indicates non-significant difference between the means.
Mean comparison by LSD test at a significant probability level of 5%

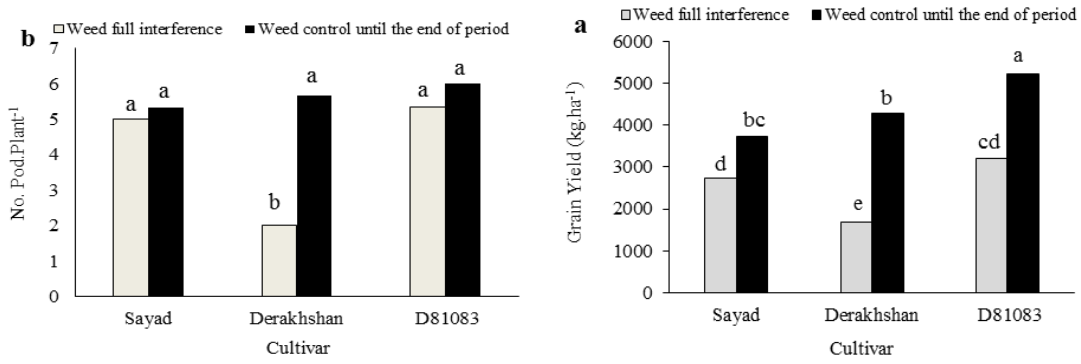
جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم و رقابت با علف‌های‌هرز برای صفات زیست‌توده در مرحله V4، وزن۱۰۰دانه و تعداد دانه در غلاف ارقام لوبیاقرمز

Table 7. Mean comparison for the main effects of cultivar and weed competition for the biomass (V4 stage), 100 seed weight and seed number per pod traits of red bean

میانگین صفت ± خطای استاندارد Mean adjective ± Standard error		
رقم Cultivar	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	زیست‌توده (مرحله V4) (گرم در هر گیاه) Biomass (V4 stage) g.plant^{-1}
صیاد Sayad	19.48 ^{b} ± 0.24	0.72 ^{b} ± 0.04
درخشان Derakhshan	22.55 ^{b} ± 1.10	1.15 ^{a} ± 0.07
D81083	32.54 ^{a} ± 0.91	1.36 ^{a} ± 0.04
LSD (P = 0.05)	4.35	0.39
رقابت علف‌هرز Weed competition	**وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)**	**تعداد دانه در غلاف No. seed pod^{-1}**
تداخل کامل علف‌های‌هرز Weed full interference	21.67 ^{b} ± 0.62	3.4 ^{b} ± 0.08
کنترل علف‌های‌هرز تا پایان دوره Weed control until the end of period	28.04 ^{a} ± 0.80	4.87 ^{a} ± 0.06
LSD (P = 0.05)	3.55	0.81

در هر ستون، وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها می‌باشد.
مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال معنی‌داری ۵ درصد می‌باشد.

In each column, at least one similar letter indicates non-significant difference between the means.
Mean comparison by LSD test at a significant probability level of 5%



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و رقابت با علف‌هرز بر صفت (الف) عملکرد دانه و (ب) تعداد غلاف در بوته

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Mean comparison of interaction of cultivar and weed competition on traits (a) grain yield and (b) Number of pod per plant

Means with a letter in common are not significantly different at P < 0.05.

جدول ۸- تجزیه واریانس شاخص رقابتی ارقام لوبیاقرمز در رقابت با علف‌هرز

Table 8. Analysis of variance of competition index for red bean cultivars under weed competition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی degree of freedom (df)	شاخص رقابتی Competitive index
بلوک Block	2	0.0922 ^{ns}
رقم Cultivar	2	0.7173 *
خطا Error	4	0.097
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		24.78

* و ^{ns}: به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و عدم معنی‌داری
* and ^{ns}: significant at P≤0.05, and non-significant difference, respectively

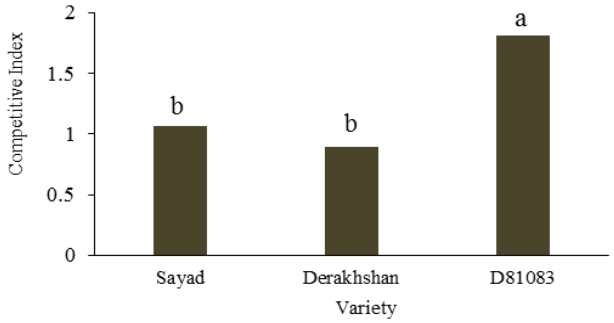
جدول ۹- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی در سه رقم لوبیا قرمز

Table 9. Analysis of variance related to the physiological traits from three red bean cultivars as affected by weed competition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom (df)	میانگین مربعات Mean of squares										
		مراحل نمونه‌برداری Sampling stages										
		مرحله سومین سه‌برگچه‌ای V4 stage					مرحله گل‌دهی R6 stage				مرحله غلاف‌دهی R7 stage				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin	کاروتنوئید Carotenoid
بلوک Block	2	10.33^{*}	1.65^{ns}	20.05^{ns}	1.81×10^{-6ns}	0.504^{**}	0.03^{ns}	0.20^{ns}	0.07^{ns}	$1.069e^{-6ns}$	0.28^{**}	3.25^{ns}	1.01^{ns}	7.73^{ns}	$3.71e^{-8ns}$	0.025^{ns}
رقم Cultivar	2	4.78^{ns}	1.63^{ns}	11.85^{ns}	1.29×10^{-6ns}	0.077^{ns}	0.03^{ns}	0.06^{ns}	0.14^{ns}	$1.22e^{-7ns}$	0.04^{ns}	1.03^{ns}	0.22^{ns}	2.12^{ns}	$1.12e^{-6**}$	0.40^{**}
رقابت با علف‌هرز Weed competition	1	19.60^{*}	6.59^{**}	48.94^{*}	6.02×10^{-6ns}	0.0066^{ns}	0.83^{ns}	0.22^{ns}	1.93^{ns}	$4.74e^{-6**}$	0.18^{*}	28.31^{**}	5.13^{**}	57.57^{**}	$1.55e^{-6**}$	0.046^{ns}
رقم × رقابت علف‌هرز Weed competition×Cultivar	2	0.13^{ns}	0.80^{ns}	1.50^{ns}	1.09×10^{-7ns}	0.14^{ns}	0.35^{ns}	0.0004^{ns}	0.34^{ns}	$2.25e^{-6**}$	0.007^{ns}	0.19^{ns}	0.02^{ns}	0.17^{ns}	$3.44e^{-7ns}$	0.025^{ns}
خطا Error	10	2.30	0.63	5.04	6.0×10^{-7}	0.036	0.25	0.05	0.52	0.00000027	0.023	2.55	0.31	4.54	$1.04e^{-7}$	0.042
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		15.15	23.04	16.66	37.73	9.64	4.99	7.57	5.41	24.15	6.07	16.47	16.28	16.19	20.74	8.63

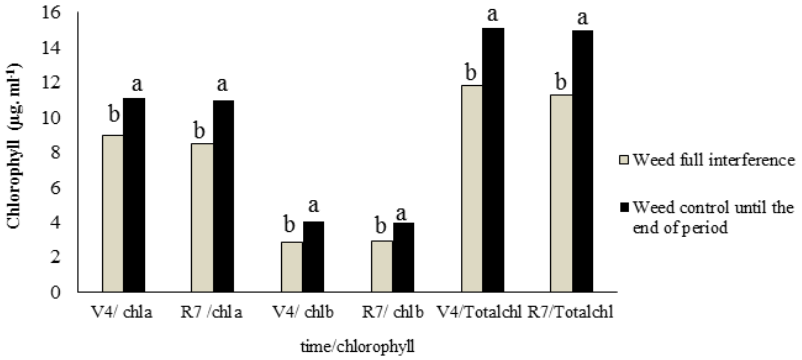
*، ** و ^{ns}: به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، و عدم معنی‌داری می‌باشد.

*, ** and ^{ns}: indicate a significant at P≤0.05 and P≤0.01 and non-significant difference, respectively.



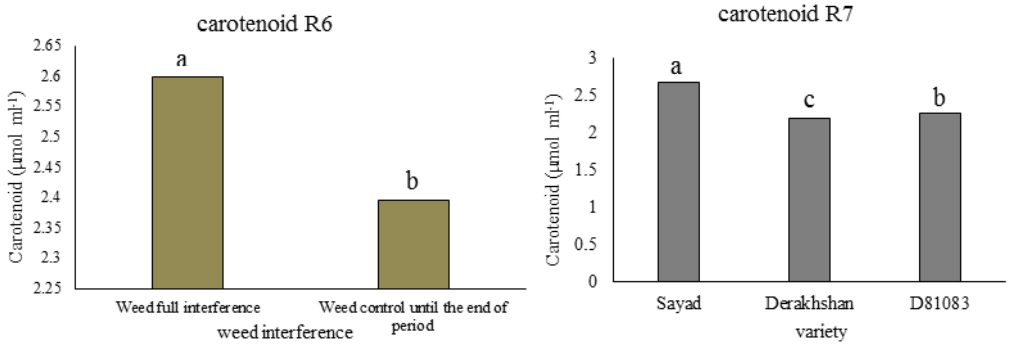
شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص رقابت ارقام لوبیاقرمز در رقابت با علف‌هرز

Fig. 5. Mean comparison of competition index for red bean cultivars under weed competition



شکل ۶- مقایسه میانگین تیمار رقابت با علف‌های‌هرز برای صفت‌های کلروفیل a، b و کلروفیل کل لوبیاقرمز در سه زمان نمونه‌برداری

Fig. 6. Mean comparison of weed competition treatment for chlorophyll a, b and total chlorophyll traits of red bean at three sampling stages

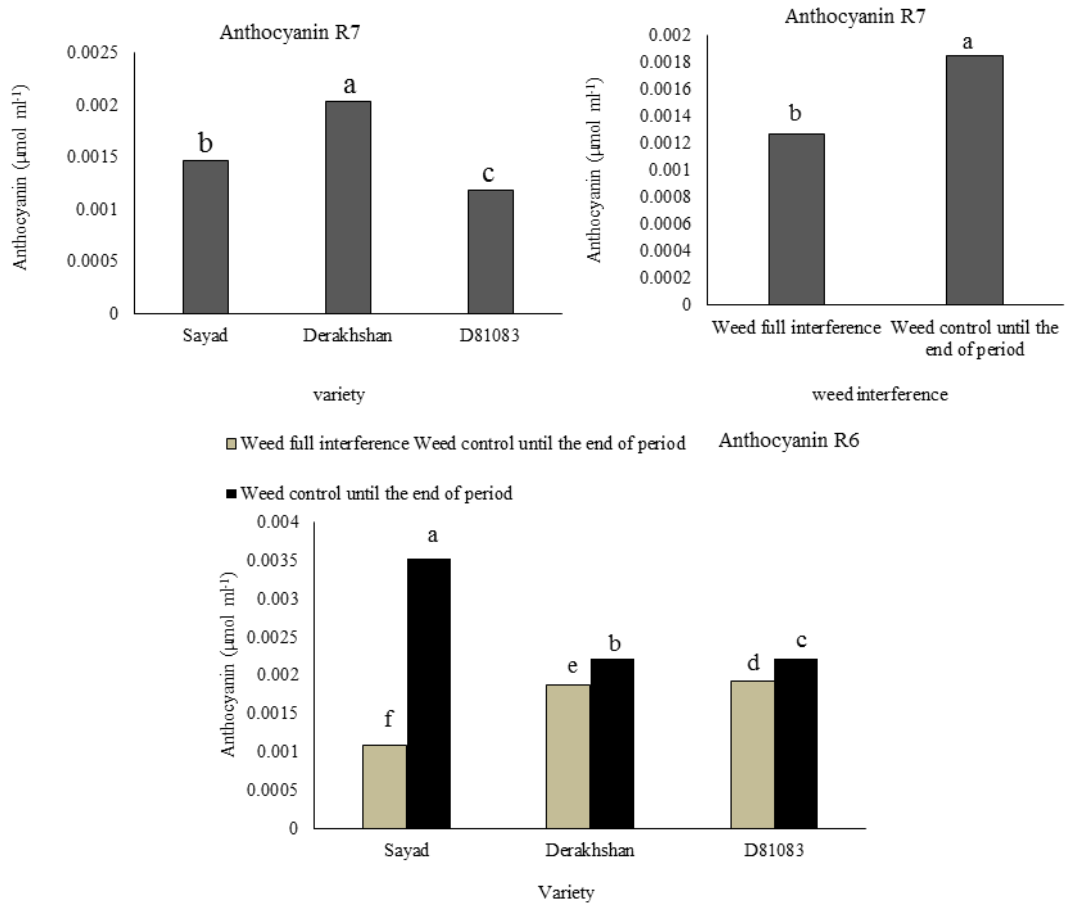


شکل ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی رقم در مرحله R6 و رقابت با علف‌های‌هرز در مرحله R7 برای صفت کاروتنوئید

Fig. 7. Mean comparison for the main effects of cultivar at R6 stage and weed competition at R7 stage for the carotenoid

در بررسی میزان آنتوسیانین و کاروتنوئید در مرحله V4 در بین سه رقم لوبیای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین رقابت با علف‌های‌هرز نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین و کاروتنوئید نداشت (جدول ۹)؛ درحالی که در مرحله R6 اثر اصلی رقابت با علف‌های‌هرز و اثر متقابل رقم در رقابت با علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری روی میزان آنتوسیانین داشتند و میزان کاروتنوئید در این مرحله فقط تحت تأثیر رقابت با علف‌های‌هرز قرار گرفت. در مرحله R7 اثر اصلی رقم و رقابت با علف‌های‌هرز روی میزان آنتوسیانین معنی‌دار بود و رقم درخشان بیشترین میزان آنتوسیانین (۰/۰۰۲۰ میکرومول بر میلی‌لیتر) را در این مرحله داشت (شکل ۸). میزان آنتوسیانین در مرحله R7 در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز کمتر از کنترل کامل علف‌های‌هرز بود (شکل ۸). میزان کاروتنوئید در این مرحله تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۹). در مرحله R6 و در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز، لاین D81083 و رقم صیاد بیشترین و کمترین میزان

آنتوسیانین را داشتند که کاملاً برخلاف شرایط کنترل علف‌های‌هرز بود (شکل ۸). بیشترین و کمترین میزان کاروتنوئید در مرحله R7 مربوط به رقم صیاد و درخشان بود (شکل ۷). در مرحله R6 بیشترین میزان کاروتنوئید (۲/۵۹ میکرومول بر میلی‌لیتر) در شرایط رقابت کامل با علف‌های‌هرز مشاهده شد (شکل ۷). تغییرات در سطوح آنتی‌اکسیدآن‌های برگی مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها در تعدادی از مطالعات رقابت گزارش شده است. این مطالعات نشان دادند که نور فراسرخ منعکس‌شده به‌وسیله علف‌های‌هرز مجاور، موجب پاسخ‌های آنتی اکسیدانی می‌شود تا از اثرات زیان‌بار افزایش ROS (گونه‌های اکسیژن فعال) جلوگیری شود. ROS مازاد به هر دوی فتوسیستم I و II آسیب می‌رساند (Agostinetto *et al*., 2017; Mckenzie -Gopsill *et al*., 2019). Lorenzo *et al*, (2019) نشان دادند که سایه گیاهان روی یکدیگر باعث افزایش ارتفاع گیاه، دمبرگ‌ها و میانگره‌های بلندتر، کاهش زیست‌توده برگ، کاهش کلروفیل کل، کاهش آنتوسیانین و افزایش سطوح کاروتنوئید می‌شود. نتایج Afifi & Swanton (2012) حاکی از آن است که قرارگرفتن گیاه ذرت (در مراحل ابتدایی رشد) در معرض نسبت R/FR کم ناشی از رقابت با علف‌های‌هرز منجر به کاهش میزان آنتوسیانین و افزایش لیگنین در بافت ساقه در مقایسه با تیمارهای عاری از علف‌های‌هرز شد. میزان آنتوسیانین در برگ‌ها تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت و در ریشه‌های ذرت این میزان در هر دو تیمار ناچیز بود. زیست‌توده ریشه و ساقه و قطر ساقه در شرایط عاری از علف‌هرز نسبت به شرایط رقابت کامل با علف‌های‌هرز بیشتر بوده است. تغییر از سنتز آنتوسیانین به سنتز لیگنین که یک ویژگی عمومی مسیر فنیل پروپانوئید می‌باشد، دلیل کاهش میزان آنتوسیانین در بافت ساقه و سپس افزایش میزان لیگنین است (Afifi & Swanton, 2012).



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و رقابت با علف‌های‌هرز در مرحله R7 و اثر متقابل رقم و رقابت با علف‌های‌هرز در مرحله R6 برای صفت کاروتنوئید

Fig. 8. Mean comparison for the main effects of cultivar and weed competition at R7 stage and interaction of cultivar and weed competition for the carotenoid at R6 stage

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر، نشان داد که استفاده از لاین D81083 در شرایط عدم دخالت علف‌های‌هرز قادر است عملکرد دانه را نسبت به شرایط تداخل کامل با علف‌های‌هرز تا دو برابر افزایش دهد. با توجه به نتایج، لاین D81083 بیشترین عملکرد دانه (۵۲۲۰ کیلوگرم در هکتار)، تعداد غلاف در بوته (۵/۳۳)، وزن۱۰۰دانه (۳۲/۵۴) و بیشترین شاخص رقابت (۱/۸۱) را در شرایط تداخل کامل با علف‌های‌هرز داشت. در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز، ارتفاع، سطح برگ و زیست‌توده در طی سه مرحله نمونه‌برداری نسبت به شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز کاهش معنی‌داری داشت. قدرت رقابتی لاین D81083 را می‌توان به ارتفاع، سطح برگ و زیست‌توده بیشتر آن ارتباط داد. نتایج این تحقیق نشان داد که علف‌های‌هرز از طریق رقابت بر سر منابع رشد، اثر نامطلوبی بر میزان کلروفیل و آنتوسیانین دارند؛ به‌طوری که در مرحله R7 رشد لوبیا مقدار کلروفیل a و b، کلروفیل کل و آنتوسیانین در تیمار رقابت کامل با علف‌های‌هرز نسبت به شرایط کنترل کامل علف‌های‌هرز به ترتیب به میزان ۲۲/۹۰، ۲۶/۸۱، ۲۴/۶۶ و ۳۳/۳ درصد کاهش یافت. لاین D81083 بیشترین میزان آنتوسیانین را در مرحله R6 در شرایط رقابت با علف‌های‌هرز و بعد از صیاد بیشترین میزان کاروتنوئید را در مرحله R7 داشت و در عین حال، بیشترین عملکرد دانه را نیز تولید کرد. با توجه به این‌که میزان کلروفیل برگ، تعیین‌کننده میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده است، پس می‌تواند بر عملکرد محصول نیز تأثیر بگذارد. به نظر می‌رسد که عملکرد دانه وابستگی زیادی با خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در طی فصل رشد دارد. تأثیر دستکاری فاکتورهای زراعی مانند کاربرد ارقام مناسب، ممکن است به عنوان یک راهکار غیرشیمیایی در کاهش اثر تداخل علف‌های‌هرز بر عملکرد محصول لوبیا مؤثر باشد. علاوه بر این افزایش توانایی رقابتی گیاه در برابر علف‌های‌هرز نیز باید در نظر گرفته شود و بایستی از حداکثر ظرفیت ژنتیکی ارقام موجود نیز در شرایط اقلیمی متفاوت استفاده شود. با این وجود، از آنجا که اثر رقابت علف‌های‌هرز بر گیاه زراعی در شرایط مختلف محیطی متفاوت است، بنابراین توصیه می‌شود که این آزمایش در سایر شرایط اقلیمی و در چند سال نیز تکرار شود.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی-ایستگاه ملی تحقیقات لوبیا خمین، برای تأمین بذور مورد نیاز این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Afifi, M., and Swanton, C. 2012. Early physiological mechanisms of weed competition. Weed Science 60: 542-551.
2. Aghaalikhani, M., Yadavi, A.R., and Modares Sanavi, S.A. 2005. The critical period of weed control of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lordegan. Scientific Journal of Agriculture 28(1): 1-11. (In Persian).
3. Agostinetto, D., Tarouco, C.P., Nohatto, M.A., Oliveira, C., and Fraga, D.S. 2017. Metabolic activity of wheat and ryegrass plants in competition. Planta Daninha v35:e017155463. Doi: 10.1590/S0100-83582017350100044.
4. Ahmadi, A., Baghestani, M.A., Mousavi, S.K., and Rastgoo, M. 2007a. Evaluation of competitive ability of two dry bean (*Phaselous vulgaris*) cultivars using critical period of weed interference experiment. Pajouhesh and Sazandegi 76: 64-70. (In Persian with English Summary).
5. Ahmadi, A., Mirzaei Talarposhti, R., Mousavi, S.K., and Mohammadi, H. 2007b. Determination of the critical period of weed control in dry bean using a thermal basis. Iranian Journal of Weed Science 3: 21-38.
6. Ahmadi, A., Rashed Mohasel, M.H., Baghestani Meybodi, M.A., and Rostami, M. 2004. The effect of critical period of weed competition on yield, yield components, and morphophysiological characteristics of dry bean (*Phaselous vulgaris* L.) cultivars. Derakhshan (K.R.D-29). Entomology and Phytopathology 72(1): 31-49. (In Persian).
7. Al-Thahabi, A., Yasin, J.Z., Abu-Irmaileh, B.E., Haddad, N.I., and Saxena, M.C. 1994. Effect of weed removal on productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Med.) in a Mediterranean environment. Agronomy and Crop Science 172: 333-341.
8. Amini, R.A., Majnoon Hosseini, N., Rahimian Mashhadi, H., Mazaheri, D., and Alizadeh, H.M. 2009. Evaluation of competitive ability of red bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) using performance drop model. Iranian Journal of Field Crop Science 40(1): 121-131. (In Persian).

9. Amini, R.A., Pezhgan, H., and Dabagh Mohammadi Nasab, A. 2014. A study of competitive ability of different bean genotypes against weed. Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 491-501. (In Persian).
10. Bartoli, C.G., Tambussi, E.A., Diego, F., and Foyer, C.H. 2008. Control of ascorbic acid synthesis and accumulation and glutathione by the incident light red/far red ratio in *Phaseolus vulgaris* leaves. FEBS Letters 583: 118-122.
11. Burnside, O.C., Wiens, M.J., Holder, B.J., Weisberg, S., Ristau, E.A., Johnson, M.M., and Cameron, J.H. 1998. Critical period for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Weed Science 46: 301-306.
12. Casal, J.J. 2012. Shade Avoidance. The Arabidopsis Book, American Society of Plant Biologists. DOI: 10.1199/tab.0157.
13. de Aguiar, A.C.M., da Silva, D.R.O., Basso, C.J., Soriani, H.H., Novello, B.D., and Muraro, D. S. 2019. Interference of volunteer corn in growth and chlorophyll fluorescence of bean. Revista Ceres Vicosa 66(3): 210-219.
14. Eshaghi, M., Rastgu, M., Poor Yusef, M., and Fotovat, R. 2011. Effect of sowing density and growth habit on yield, yield components and weed community of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 19-34.
15. Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2013. Effect of different periods of interference and weed control on height, yield and yield components of red bean. Journal of Crop Production and Processing 3(9): 71-79. (In Persian).
16. Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2015a. Evaluation of traits of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under weed interference conditions using boltzmann model. Journal of Agricultural Science and Sustainable 24(4): 91-101. (In Persian with English Summary).
17. Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2015b. Effect of weed competition on seed's protein, seed's electrical conductivity and leaf's relative chlorophyll content of dry bean. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 107: 67-73. (In Persian with English Summary).
18. Ghanbari Motlagh, M., Rastgoo, M., Pur Yusef, M., Saba, J., and Afsahi, K. 2011. Effect of sowing date and weed interference on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars with different growth habitat. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 1-20. (In Persian with English Summary).
19. Green-Tracewicz, E., Page, E., and Swanton, C. 2011. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant-to-plant variability in biomass and yield per plant. Weed Science 59: 43-49.
20. Horvath, D.P., Hansen, S.A., Moriles-Miller, J.P., Pierik, R., Yan, C., Clay, D.E., Scheffler, B., and Clay, S.A. 2015. RNAseq reveals weed-induced *PIF3*-like as a candidate target to manipulate weed stress response in soybean. New Phytologist 207: 196-210.
21. Kropff, M.J., and Lotz, L.A.P. 1992. Systems approaches to quantify crop-weed interactions and their application in weed management. Agricultural Systems 40: 265-282.
22. Lak, M.R., Dorri, H.R., Ramazani, M.K., and Hadizadeh, M.H. 2005. Determination of the critical period of the weed control of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 9(3): 161-168. (In Persian).
23. Lak, M.R., Dorri, H.R., and Farahani, L. 2013. Effect of weeds interference on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Iranian Society of Weed Science 9: 65-78. (In Persian with English Summary).
24. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.
25. Lorenzo, C.D., Iserte, J.A., Lamas, M.S., Antonietti, M.S., Gagliardi, P.G., Hernando, C.E., Dezar, C.A.A., Vazquez, M., Casal1, J.J., Yanovsky, M.J., and Cerdán, P.D. 2019. Shade delays flowering in *Medicago sativa*. The Plant Journal 99(1): 7-22. DOI: 10.1111/tpj.14333.
26. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Science 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary).
27. Mckenzie-Gopsill, A.G., Amirsadeghi, S., Earl, H.J., Jones, A.M.P. Lukens, L., Lee, E., and Swanton, C.J. 2019. Early physiological and biochemical responses of soyabean to neighbouring weeds under resource-independent competition. Weed Research 59(4) DOI: 10.1111/wre.12365.
28. Mamun, M.A.A., Shultana, R., Siddique, M.A., Zahan, M.S., and Pramanik, S. 2011. Efficacy of different commercial product oxadiazon and pyrazosulfuron-ethyl on rice and associated weeds in dry season rice cultivation. World Journal of Agricultural Sciences 7: 341-346.

29. Mauro, R.P., Occhipinti, A., Longo, A.M.G., and Mauromicale, G. 2011. Effects of shading on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and photosynthesis of subterranean clover. Journal of Agronomy and Crop Science 197: 57-66.
30. Ministry of Agriculture-Jahad. 2015. Agricultural Statistics of the Growing Year 2014-2015. Volume 1: Crops. Ministry of Agriculture-Jahad. Adjutancy of Planning and Economics. Center of Information and Communication Technology. 1-26 pp. https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj1-95-96-site.pdf
31. Mojaddam, M., Shokohfar, A.R., Derogar, N., and Bandani, M. 2016. The effect of weed control period and nitrogen rate on yield and yield components of cowpea. Journal of Agronomy and Plant Breeding 12(2): 47-55. (In Persian with English Summary).
32. Mola, T., and Belachew, K. 2015. Determination of critical period of weed-common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) competition at Kaffa, Southwest Ethiopia. Greener Journal of Agricultural Sciences 5(3): 93-100.
33. Moriles, J., Hansen, S., Horvath, D.P., Reicks, G., Clay, D.E., and Clay, S.A. 2012. Microarray and growth analyses identify differences and similarities of early corn response to weeds, shade, and nitrogen stress. Weed Science 60: 158-166.
34. Oliver, L.R., Franse, R.E., and Talbert, R.E. 1976. Field competition between tall morning glory and soybean. 1. Growth analysis. Weed Science 24: 482-488.
35. Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research 73: 149-156.
36. Radicetti, E., Mancinelli, R., and Campiglia, E. 2012. The competitive ability of different chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes against *Polygonum aviculare* under field conditions. Crop Protection 42: 312-319.
37. Rathore, M., Singh, R., Choudhary, P.P., and Kumar, B. 2014. Weed Stress in Plants. In: R.K.Gaur and P. Sharma (Eds.). Approaches to Plant Stress and Their Management. Springer, New Delhi, Heidelberg, New York, Dordrecht, London. pp: 255-265.
38. Ribeiro, V.H.V., Júnior, M.A.S., Pereira, G.A.M., Ferreira, E.A., Silva, E.B., and dos Santos, J.B. 2017. Total chlorophyll and nutrients content in bean plants and weeds in competition. Comunicata Scientiae 8(2): 307-315.
39. Saberali, S.F., Modares Sanavi, S.A.M., Baghestani, M.A., Bannayan, M., and Rahimian-Mashhadi, H. 2012. Influence of nitrogen rates on the growth and grain yield of two dry bean genotypes under redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) competition. Journal of Agroecology 2: 34-47. (In Persian with English Summary).
40. Sarani, M., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mahalati, M., and Zand, E. 2011. A study of some effective morphological characteristics in increasing of wheat (*Trticum aestivum*) coppetitive ability in competition with bromus (*Bromus japonicus*) weed. Journal of Plant Protection 25(2): 127-135. (In Persian).
41. Sims, D.A., and Gamon, J.A. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensing of Environment 81: 337-354.
42. Stagnari, F., and Pisante, M. 2011. The critical period for weed competition in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mediterranean areas. Crop Protection 30: 179-184.
43. Sterck, F.J., Duursma, R.A., Pearcy, R.W., Valladares, F., Cieslak, M., and Weemstra, M. 2013. Plasticity influencing the light compensation point offsets the specialization for light niches across shrub species in a tropical forest understorey. Journal of Ecology 101: 971-980.
44. Vrbnicanin, S., Kresovic, M., Bozic, D., Simic, A., Maletic, R., and Uludag, A. 2012. The effect of ryegrass (*Lolium italicum* L.) stand densities on its competitive interaction with cleavers (*Galium aparine* L.). Turkey Journal of Agriculatural and Forestry 36: 121-131.
45. Wang, G., McGiffen J.R., Lindquist, J.L. Ehlers, J.D., and Sartorato, I. 2007. Simulation study of the competitive ability of erect, semi-erect and prostrate cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes. Weed Research 47: 129-139.
46. Woolley, B.L., Michaels, T.E., Hall, M.R., and Swanton, C.J. 1993. The critical period of weed control in white bean (*Phaseolus vulgaris*). Weed Science 41: 180-184.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 68-87 (Research Article)

Evaluation of response of Red bean cultivars with two different growth habits on weed competition

Tabatabaiepour[1], S.Z., Tahmasebi[2*], Z., Taab[3], A.R. & Rashidi Monfared[4], S.

1. PhD. of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran; z.tabatabaiepoor@ilam.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran; a.taab@ilam.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran; rashidims@modares.ac.ir

Received: 9 June 2019
Accepted: 27 January 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81211

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has been considered as an important source of protein and calorie. This plant plays an important role in supplying the human's protein. Bean crop is highly susceptible to weeds due to low growth rate early in the growing season. Therefore, competition with weeds causes a significant reduction in grain yield at the end of the growing season. Weed competition is a kind of non-living stress, which affects plant yield. Weeds and crops are always competing for obtaining nutrients, water, light and space (CO_2). Examining the effect of weed interference time during the critical period provides valuable information regarding the physiological outcome of competition between weeds and crops. Red bean cultivars, with different morphological and genetic characteristics, show different responses in the presence of weeds, which may ultimately result in possible difference in yield. Unlimited growth genotypes showed higher competitive ability than those with limited growth genotypes. However, there are contradictory reports about the effect of growth habits on competitive ability. Measurement of growth indices is necessary to study the competitive ability of species during the growth period. The aim of this study was to investigate the response of some morphophysiological traits of three red bean cultivars with two different growth habits to weeds.

Materials and Methods

A field experiment was conducted to investigate the morphological and physiological characteristics of three red bean cultivars with two different growth habits (semi erect and erect) under weed competition in the experimental research station at the Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran. The experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with two factors including: cultivars (Sayad, Derakhshan and line D81083) and weed competition at two levels (weed free and infested during the growing season) with three replications. The traits related to red bean such as plant height, biomass, chlorophyll a, b and total chlorophyll, anthocyanin and carotenoid at the stages V4, R6, R7 and grain yield and yield components were measured at physiological maturation stage. The importance value of weed (IVW) was measured in two stages V4 and R9. Competitive index (CI) was used to evaluate the competitive ability of common bean varieties against weeds. The software of SPSS 22, SAS 9.4 and Excel 2013 were used for test normality, data analysis and drawing charts, respectively. Means comparison was performed by the least significant difference test (LSD).

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

Results and Discussion

Convolvulus arvensis had the highest importance value of weed (IVW) index from the beginning of growth until stage V4. At stage R9, the *Purtulaca oleracea* and *Amaranthus retroflaxus* had the highest values of IVW by 27.33% and 21.92%, respectively. The latter are dominant species in the western regions of the country. The results showed that cultivar type and weed competition had significant effects on the bean crop height at all studied stages. In addition, the effect of interaction between cultivar and weed competition was significant on leaf area (LA) and height at V4 and R7 stages, respectively. At all stages, traits such as height and leaf area of red bean cultivars were significantly decreased owing to weed competition compared to the weed control. Line D81083 and Sayad had the highest and lowest leaf area in competition with weeds during all stages, respectively. The effect of interaction between cultivar and weed competition was significant on grain yield and number of pods per plant. Line D81083 and Derakhshan cultivars had the highest and lowest seed yield in competition with weeds, respectively. Line D81083 had the most competitive index among the cultivars. There were no significant differences between Sayad and Derakhshan in all studied traits. Weed competition had a significant effect on chlorophyll a, b and total chlorophyll at V4 and R7 stages. Anthocyanin and carotenoids were not affected by the treatments at V4 stage. Overall, chlorophyll a, b and total chlorophyll were significantly increased in the absence of weeds. The effect of differences in anthocyanin value was significant based on the cultivar and weed presence, while carotenoid content was only affected by the cultivar type at R7 stage.

Conclusion

The present study showed that use of line D81083 could increase grain yield of red bean up to 2-fold under weed free conditions compared to crop-weed interference conditions. Line D81083 had the highest grain yield, pod per plant, 100-grain weight, and competition index when full-season weed competition occurred.

Keywords: Growth traits, Non-chemical weed management, Photosynthetic pigments, Shading

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۹۹-۸۸، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 88-99 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.83900

تأثیر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت دیرهنگام

علی حیدرزاده[۱]، سیدعلی‌محمد مدرس ثانوی[۲*] و حسین ابراهیمی اسبورزی[۳]

۱. دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ali.heidarzadeh@modares.ac.ir

۲. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، hossein_ebrahimi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸

چکیده

به منظور مطالعه اثر بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف بر روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل نحوه کاربرد آمینواسیدها در سه سطح بذرمال، محلول‌پاشی و بذرمال+محلول‌پاشی به عنوان عامل اول و کاربرد انواع آمینواسیدها در پنج سطح آرژنین، آسپارتیک اسید، پرولین، اسیدآمینه تجاری و آب مقطر (شاهد) به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. مقدار مصرف اسیدهای آمینه یک گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد بیشترین کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b از بذرمال با آسپارتیک اسید به ترتیب با ۱۶/۱۸، ۹۲/ ۱۳ و ۲/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد. بذرمال و محلول‌پاشی با اسید آسپارتیک با ۱۳/۱۱ غلاف در بوته بیشتر از سایر تیمارها بود. کاربرد اسیدآمینه آسپارتیک اسید با ۷۱/۸۸ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد را تولید کرد که بیش از سه برابر عملکرد حاصل از استفاده از آب مقطر (شاهد) بود. کاربرد آرژنین (۵۱/ ۵۵ گرم در متر مربع)، اسیدآمینه تجاری (۴۴/۴۵ گرم در متر مربع) و پرولین (۳۲/۷۸ گرم در متر مربع) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفت. کاربرد آسپارتیک اسید به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی با بیشترین عملکرد به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرژنین، آسپارتیک اسید، پرولین، شاخص برداشت، عملکرد بذر، کلروفیل.

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik.) با حدود ۲۸ درصد پروتئین، یکی از مهم‌ترین حبوبات است و به عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود و به سبب توانایی تثبیت نیتروژن (Ghanem *et al.*, 2015) موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی خصوصاً غلاتی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare*) بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال دارد (Erskine & Saxena, 1993). در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، حدود ۷۹۹ هزارهکتار معادل ۲۷/۷درصد سطح برداشت محصولات زراعی به حبوبات اختصاص یافته است. از این مقدار نخود (*Cicer arietinum*) ۶۲/۸، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) ۱۳/۶، عدس ۱۷/۱ و سایر حبوبات ۶/۵ درصد از کل سطح برداشت حبوبات می‌باشد. همچنین از ۸۲/۲ میلیون تن از انواع محصولات زراعی تولید شده است که سهم حبوبات ۰/۸۵ درصد معادل ۶۹۹ هزار تن بود که از این بین عدس با سطح کشت ۱۳۶ هزار هکتار معادل ۱/۲۴ درصد و با تولید ۸۲ هزار تن معادل ۰/۱ درصد دارای مقام سوم تولیدات حبوبات کشور را دارا می‌باشد. از ۱۳۶ هزار هکتار تولید عدس در کشور حدود شِش هزار هکتار آن به صورت کشت آبی و ۱۳۰ هزار هکتار آن به صورت کشت دیم مدیریت می‌شود و از مجموع ۸۲ هزار تن تولیدات عدس در کشور هفت هزار تن مربوط به کشت آبی و ۷۵ هزار تن مربوط به کشت دیم می‌باشد همچنین عملکرد این گیاه در مزارع آبی ۱۲۳۰ کیلوگرم در هکتار و در اراضی دیم ۵۷۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۹۶-۱۳۹۵). با توجه به این‌که بیش از ۹۵ درصد اراضی زیر کشت عدس در کشور ایران به صورت دیم می باشد، لذا خشکی و کمبود آب در خاک بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد این گیاه دارد (Parsa &

* نویسنده مسئول: modaresa@modares.ac.ir

Bagheri, 2008). همچنین تنش‌های زیستی مانند حشرات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز و تنش‌های غیرزیستی مانند درجه حرارت، حاصلخیزی خاک و خشکسالی از عوامل مهم محدودکننده در تولید عدس می‌باشند (Korbu, 2009). راهکارهای متعددی برای کاهش میزان آسیب سلولی ناشی از تنش‌های غیرزنده و افزایش تحمل به آن وجود دارد که یکی از این راهکارها استفاده از مواد اسمولیت مانند پرولین، گلایسین بتائین، ترهالوز و... به صورت محلول‌پاشی می‌باشد که به‌طور چشمگیری باعث کاهش اثرات مخرب تنش درگیاهان می‌شوند.

آرژنین به عنوان یکی از آمینواسیدها پیش‌ماده تولید پلی آمین‌ها، پرولین و نیتریک اکسید است که می‌تواند نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی در گیاه در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی ایفا نماید. تأثیر کاربرد خارجی این آمینواسید در کاهش تنش شوری در گیاه گندم (Chen *et al.*, 2011) و تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) (Nasibi *et al.*, 2011) و تنش سرما در گیاه پسته (*Pistacia vera*) (Nasibi *et al.*, 2013) گزارش شده است. اسیدهای‌آمینه با اثر بر افزایش تحمل به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه اثر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاهان مؤثر واقع می‌شوند و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاه تأثیر دارند. (Faten *et al.*, 2010). امروزه کاربرد ترکیب‌ها آلی زیستی آمینواسیدی در زراعت گیاهان مورد توجه قرارگرفته است که دلیل این توجه نقش اساسی اسیدهای‌آمینه در حیات موجودات می‌باشد. ارزش استفاده از فراورده‌های زیستی با مجموعه‌ای از اسیدهای‌آمینه آزاد در این است که به دلیل غنای آمینواسیدی این فرآورده‌ها، سلول نیازی به بیوسنتز مجدد این ترکیب‌ها نداشته و انرژی موردنیاز جهت این بیوسنتز، در گیاه ذخیره می شود. این فراورده‌ها با تأثیر بر روند پروتئین‌سازی در سطوح ژنی و با تأثیر بر سوخت‌وساز پایه گیاهی، رشد و تکوین گیاه را منظم نموده و در مراحل مختلف رشد، کارآیی و کاربرد خاص خود را با محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار می‌دهند. درواقع تغذیه برگی اسیدهای‌آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین در گیاهان باشد (Raeisi *et al.*, 2014). کاربرد پرولین (برونزاد)، روش کارآمدی برای کاهش اثرات نامطلوب تنش‌ها بوده و میزان تأثیر محلول‌پاشی پرولین بر گیاهان، به گونه گیاهی، مرحله رشد گیاه، زمان استفاده و میزان غلظت پرولین بستگی دارد (Ashraf & Foolad, 2007). استفاده از اسیدآمینه پرولین به صورت محلول‌پاشی در غلظت‌های کم تا حدود بسیار زیادی تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی را بهبود می‌بخشد (Deivanai *et al.*, 2001). درعین حال، غلظت بالای پرولین در بسیاری از موارد برای گیاهان مضر بوده و در مواردی نیز بر متابولیسم‌های حیاتی گیاهان اثرات منفی و جبران‌ناپذیر را بر جای می‌گذارد و باعث کاهش رشد می‌شود (Nanjo *et al.*, 2003). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل‌توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه های فرعی، وزن تر و خشک گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*) می‌شود (Karima *et al.*, 2005). محلول‌پاشی پرولین به طور قابل توجهی اثرات منفی تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی، رشد و محتوای کلروفیل دو رقم گندم را کاهش داد (Talat *et al.*, 2013).

با توجه به این‌که کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و همچنین به خاطر بارندگی‌های شدید در ابتدای فصل بهار امکان ازبین‌رفتن محصول زراعی کشت شده وجود دارد. راهکارهای مختلفی برای استفاده از زمان باقی‌مانده از فصل زراعی وجود دارد که با کشت دیرهنگام گیاهانی که دوره رشدی کوتاهی دارند، می‌توان اشاره کرد که عدس می تواند گزینه مناسبی برای این موضوع باشد و از طرفی در تاریخ کشت‌های دیرهنگام، دمای بالا از جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده جلوگیری کرده (Kakani *et al.*, 2002) و همچنین به دلیل گرمای انتهای فصل بهار و ابتدای فصل تابستان در کشت تأخیری این گیاه، عملکرد کاهش می‌یابد. از این رو برای کاهش اثرات آن، در این پژوهش تأثیر نحوه کاربرد اسیدهای آمینه خالص و تجاری روی عملکرد و اجزای عملکرد عدس مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش عدس به بذرمال و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف در کشت دیرهنگام در سال زراعی۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در ۱۷ کیلومتری غرب تهران با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۲۷۵ متر از سطح دریا پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عوامل مورد بررسی شامل نحوه کاربرد آمینواسیدها در سه سطح بذرمال، محلول‌پاشی و بذرمال+محلول‌پاشی به عنوان عامل اول و کاربرد آمینواسیدها در پنج سطح آرژنین، آسپارتیک اسید، پرولین، اسیدآمینه تجاری پروآمین تولید شده در کشور اسپانیا (شامل پرولین (۹/۷۸٪)، سرین (۱۱/۳۲٪)، اسیدگلوتامیک (۹/۴۸٪)، گلایسین (۹/۴۸٪)، لیوسین (۵/۴۰٪)، والین (۴/۷۶٪)، آسپارتیک اسید (۶/۲۲٪)، آرژنین (۵/۲۹٪)، ترونین (۴/۲۰٪)، آلانین (۴/۱۵٪)،

فنیل آلانین (۴/۲۸٪)، سیستین (۱/۱۶٪)، لایسین (۱/۴۸٪) تیروزین (۰/۷۰٪)، هیستیدین (۱/۴۶٪)، متیونین (۰/۶۰٪) و ایزولیوسین (۳/۰۵٪)) و آب مقطر (شاهد) به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. مقدار مصرف اسیدهای آمینه طبق توصیه شرکت تولیدکننده اسیدآمینه تجاری یک گرم در لیتر بود. بعد از عملیات شخم و آماده‌سازی مزرعه، در اردیبهشت ماه (کشت تأخیری) اقدام به کشت بذر رقم بیله‌سوار با وزن۱۰۰۰دانه ۴۸گرم شد. تیمارهای مربوط به بذرمالی قبل از کشت به مدت دو ساعت با اسیدهای آمینه آغشته شدند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول پنج متر و فاصله بین خطوط ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، به طوری که تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع حفظ شود (Mahmoudi, 2006). به منظور تأمین نیاز غذایی عدس، نمونه خاکی از مزرعه تهیه و عناصر غذایی آن تعیین (جدول ۱) و میزان نیتروژن مورد نیاز عدس (۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قبل از کاشت به عنوان آغازگر) با توجه به نتایج آن تأمین شد. آبیاری با نوار تیپ و مبارزه با علف‌های‌هرز به صورت دستی و در صورت نیاز انجام شد. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه یک ماه بعد از کشت در سه مرحله به فواصل ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت. برای محلول‌پاشی از سمپاش بادی پشتی با فشار دائم به حجم ۱۲ لیتر استفاده شد. نوع نازل سمپاش از نوع مارپیچی با طرح پاشش مخروط توپر و میزان پاشش ۰/۱ لیتر در مترمربع (۱۰۰۰ لیتر در هکتار) بود. به منظور بررسی تأثیر عوامل مورد بررسی کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل بعد از آخرین مرحله محلول‌پاشی زمانی که برگ‌ها سبز بودند، سطح برگ بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، شاخص برداشت و عملکرد بذر در زمان رسیدگی اکولوژیک اندازه‌گیری شدند. سطح برداشت برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد با رعایت حذف اثر حاشیه، دو متر مربع بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Farm soil physicochemical properties

Soil depth (cm) عمق خاک (سانتی‌متر)	Soil texture بافت خاک	N (%) نیتروژن (درصد)	P (mg kg^{-1}) فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	K (mg kg^{-1}) پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	pH اسیدیته خاک	EC (dS m^{-1}) هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	Organic matter (%) ماده آلی (درصد)
0-30	Sandy loam لومی شنی	0.063	29.4	440	7.91	0.971	1.1766
30-60	Sandy loam لومی شنی	0.044	45.9	407	7.59	1.627	0.7060

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b به روش Hiscox & Israelstam (1979) انجام گرفت. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی را در ۱۰ میلی‌لیتر در دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO) ریخته و مدت یک ساعت درون حمام بن‌ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. مقدار جذب عصاره حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ قرائت شد و میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل به ترتیب طبق روابط (۱)، (۲) و (۳) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد:

رابطه (۱):

$$Chlorophyll\ a = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645})V/100W$$

رابطه (۲):

$$Chlorophyll\ b = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663})V/100W$$

رابطه (۳):

$$Total\ Chlorophyll = Chlorophyll\ a + Chlorophyll\ b$$

برای تجزیه وتحلیل داده‌ها مطابق روش تجزیه واریانس (PROC ANOVA) از برنامه آماری SAS استفاده شد. سپس مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حفاظت شده انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کلروفیلa ، b و کل عدس تحت تأثیر نحوه کاربرد و اسیدآمینه قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b از بذرمال با آسپارتیک اسید به ترتیب با ۵۷، ۴۹ و ۵۸ درصد بیشتر از عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال به‌دست آمد (جدول ۳)، اما کلروفیل b با بذرمال و محلول‌پاشی آسپارتیک اسید (۱/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیشتر از عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال و محلول‌پاشی) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کلروفیل b با کلروفیل a (r=۰/۹۳**) و کلروفیل کل با کلروفیل a (r=۰/۹۹**) و کلروفیل b (r=۰/۹۰**) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول۶). نیتروژن علاوه بر ایفای نقش در تشکیل پروتئین‌ها،

جزء لازم مولکول کلروفیل هم می‌باشد. از طرفی اسیدهای آمینه از ترکیب‌ها آلی نیتروژنه و واحد سازنده پروتئین‌ها می‌باشند و در سنتز ترکیب‌ها آلی مانند رنگیزه‌ها نقش دارند (Kamar & Omar, 1987). همچنین آسپارتیک اسید به دلیل نقشی که انتقال و ذخیره نیتروژن دارد (Jahani *et al.*, 2018) سبب افزایش کلروفیل شده است. اسیدهای آمینه به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاه مؤثر می‌باشند (Faten *et al.*, 2010). در تحقیقی نیز نشان داده شد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه کلروفیل کل را افزایش داد (El-Negar *et al.*, 2002). جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطح برگ عدس و نسبت برگ به ساقه آن تحت تأثیر نحوه کاربرد و اسیدآمینه قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین سطح برگ از بذرمال و محلول‌پاشی اسید آمینه تجاری با ۱۳۷/۸۸ سانتی‌متر مربع در بوته به‌دست آمد (جدول۳)، ولی بیشترین نسبت برگ به ساقه مربوط به تیمار بذرمال و محلول‌پاشی با آسپارتیک اسید با ۱/۴۳۳ بود (جدول۳) که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی آب مقطر (۱/۲۴۰) مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن۱۰۰۰دانه عدس تحت تأثیر نحوه کاربرد و اسیدآمینه قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین وزن۱۰۰۰دانه از بذرمال با اسید آمینه تجاری با ۹/۷۵درصد بیشتر عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال به‌دست آمد (جدول ۵) که تفاوت معنی‌داری با بذرمال آسپارتیک اسید (۸/۷۱ درصد بیشتر از عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال) مشاهده نشد (جدول ۵). وزن۱۰۰۰دانه با کلروفیل a (r=۰/۶۷**) و کلروفیل کل (r=۰/۶۵**) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول۶). لذا افزایش کارآیی رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل می‌تواند یکی از دلایل افزایش وزن۱۰۰۰دانه عدس باشد که مستقیم در فرآیند فتوسنتز نقش دارد. از طرفی آسپارتیک اسید به دلیل نقشی که در انتقال و ذخیره نیتروژن دارد (Jahani *et al.*, 2018)، سبب ذخیره مواد غذایی در بذر شده و با افزایش مواد ذخیره‌شده در بذر وزن۱۰۰۰دانه نیز افزایش می‌یابد. همچنین جدول تجزیه واریانس نشان داد که تعداد غلاف در بوته عدس تحت تأثیر نحوه کاربرد و اسیدآمینه قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین تعداد غلاف در بوته از بذرمال و محلول‌پاشی با اسید آسپارتیک با ۱۳/۱۱ عدد به‌دست آمد (جدول ۵). تعداد غلاف در بوته با سطح برگ بوته (r=۰/۵۵*) همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد (جدول ۶)، لذا افزایش تعداد غلاف در بوته به دلیل افزایش سطح برگ بوته می‌باشد. برگ‌ها به عنوان منابع فتوسنتزی اولین نقش را در افزایش تولید گیاه دارند، در نتیجه با افزایش سطح آن، میزان تولید مواد غذایی افزایش می‌یابد و با افزایش مواد غذایی گیاه توانایی تولید غلاف بالاتری خواهد داشت که همبستگی مثبت بین تعداد غلاف در بوته و سطح برگ بوته مؤید این موضوع می‌باشد. کاربرد اسیدهای آمینه این امکان را برای گیاه فراهم می‌آورد تا انرژی ذخیره‌شده را صرف رشد بیشتر، افزایش عملکرد و کیفیت محصول نماید (Thomas *et al.*, 2009).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیکی عدس تحت تأثیر نوع و نحوه کاربرد اسیدهای آمینه
Table 2. Analysis of variance of physiological traits affected by type and mode of application of amino acid

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	سطح برگ بوته Leaf area of plant	نسبت برگ به ساقه Leaf /stem
Block بلوک	2	0.27170889^{ns}	0.01824000^{ns}	0.4158289^{ns}	27.7^{ns}	0.001^{ns}
Mode of application (H) نوع کاربرد اسیدآمینه	2	25.0**	0.641**	33.1**	4187**	0.001ns
Type of amino acid (T) نوع اسیدآمینه	4	12.1**	0.586**	18.0**	3078**	0.006*
H×T اثر متقابل	8	11.4**	0.455**	16.0**	2126**	0.010**
Error خطا	28	0.300	0.029	0.501	37.4	0.002
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		6.15	11.2	6.73	14.4	11.0

ns ، * و ** به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین (±انحراف استاندارد) صفات فیزیولوژیکی تحت تأثیر برهمکنش نوع و نحوه کاربرد اسیدهای آمینه با یکدیگر

Table 3. Mean (±standard deviation) comparison of physiological traits affected by interaction of type and mode of application together

تیمارها Treatments		کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll a (mg gF.W*$^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll b (mg gF.W^{-1})	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Total Chlorophyll (mg gF.W^{-1})	سطح برگ بوته (سانتی‌مترمربع در بوته) Leaf rea of plant (cm^2 per plant)	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem
بذرمال Priming	آرژنین Arginine	9.07±0.09^{de}	1.50±0.02^{cd}	10.56±0.12^{e}	47.47±4.90^{c}	1.11±0.08^{bc}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	13.92±0.08^{a}	2.26±0.14^{a}	16.18±0.26^{a}	36.78±7.46^{d}	1.01±0.05^{b-d}
	پرولین Proline	11.05±0.19^{c}	1.83±0.07^{b}	12.88±0.26^{c}	47.45±0.83^{c}	1.11±0.03^{bc}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	9.47±0.01^{d}	1.46±0.02^{c-e}	10.92±0.01^{de}	55.87±3.58^{bc}	0.96±0.02^{b-d}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	8.80±0.49^{de}	1.52±0.17^{cd}	10.32±0.66^{ef}	21.96±3.05^{fg}	0.90±0.09^{cd}
محلول‌پاشی Spraying	آرژنین Arginine	10.41±0.12^{c}	1.63±0.02^{bc}	12.03±0.13^{cd}	17.50±0.58^{g}	0.74±0.06^{d}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	6.84±0.20^{hi}	1.08±0.01^{fg}	7.92±0.22^{ij}	34.48±3.27^{de}	1.02±0.13^{b-d}
	پرولین Proline	7.33±0.30^{gh}	1.19±0.05^{e-g}	8.52±0.35^{hi}	25.89±4.36^{e-g}	0.79±0.05^{d}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	6.95±0.57^{g-i}	1.27±0.14^{d-g}	8.22±0.70^{h-j}	24.48±5.08^{e-g}	0.87±0.05^{cd}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	8.44±0.71^{ef}	1.34±0.14^{d-f}	9.78±0.85^{e-g}	27.07±0.58^{d-g}	1.24±0.06^{ab}
بذرمال و محلول‌پاشی Priming+spraying	آرژنین Arginine	6.24±0.24^{i}	1.03±0.06^{g}	7.27±0.31^{j}	47.11±1.63^{c}	0.90±0.04^{cd}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	12.04±0.36^{b}	2.53±0.19^{a}	14.57±0.54^{b}	64.39±3.11^{b}	1.43±0.26^{a}
	پرولین Proline	9.21±0.24^{de}	1.52±0.04^{cd}	10.72±0.28^{e}	19.04±1.96^{fg}	0.91±0.11^{cd}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	7.87±0.14^{fg}	1.27±0.01^{d-g}	9.14±0.13^{fgh}	137.88±2.84^{a}	1.18±0.15^{a-c}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	7.45±0.04^{gh}	1.30±0.09^{d-g}	8.75±0.13^{g-i}	28.04±0.93^{d-f}	0.89±0.12^{cd}

*F.W: Fresh Weight (وزن تر)

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان نمی‌دهند.

Means with the same letter are not significantly different at 1% probability level.

نتایج نشان داد که اثر متقابل نوع اسیدآمینه و نحوه کاربرد آن تأثیر معنی‌داری روی عملکرد بذر عدس گذاشت (جدول ۴). مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد انواع مختلف اسیدهای آمینه به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی نشان داد که کاربرد اسیدآمینه آسپارتیک اسید به صورت محلول‌پاشی و پرایمینگ با ۷۹/۲ گرم در مترمربع عملکرد دانه بیشتری از عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال و محلول‌پاشی داشت (شکل ۱). کمترین میزان تولید بذر عدس از استفاده از آب مقطر به جای اسیدهای آمینه به صورت محلول‌پاشی به‌دست آمد (شکل ۱). آسپارتیک اسید به دلیل نقشی که در انتقال و ذخیره نیتروژن به‌خصوص در گرده‌افشانی و دانه‌بندی دارد، سبب افزایش عملکرد شده است (Jahani *et al.*, 2018). در بررسی اثر کاربرد اسیدهای آمینه مشاهده شد که کاربرد اسیدآمینه آسپارتیک اسید با بیش از

۴۹/۸ گرم در متر مربع از شاهد (آب مقطر) بالاترین عملکرد بذر را تولید کرد (شکل ۱) که بیش از سه‌برابر عملکرد حاصل از استفاده از آب مقطر (شاهد) می‌باشد (شکل ۱).

کاربرد آرژنین، اسیدآمینه تجاری و پرولین به ترتیب ۳۳/۴، ۲۲/۵ و ۱۰/۷ گرم در متر مربع از شاهد عملکرد بذر بالاتری داشتند (شکل ۱). از اسیدهای آمینه مورد استفاده، آسپارتیک اسید به دلیل نقش انتقال و ذخیره نیتروژن (Jahani *et al.*, 2018) و آرژنین به عنوان پیش‌ساز سنتز پلی‌آمین‌ها و نیتریک اکسید و همچنین به عنوان واسطه در متابولیسم سایر اسیدهای آمینه مانند گلوتامین و پرولین (Forde and Lea, 2007) سبب افزایش عملکرد بذر نسبت به شرایط عدم استفاده از اسیدهای آمینه شده است. عملکرد بذر با سطح برگ (r=۰/۵۳*)، کلروفیل b (r=۰/۵۶**) و تعداد غلاف در بوته (r=۰/۹۹**) همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد (جدول ۶)، در نتیجه کاربرد اسیدهای آمینه با تأثیر بر منبع فتوسنتز (سطح برگ) و رنگریزه فتوسنتزی سبب افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه شده و همچنین با افزایش تعداد غلاف در بوته که از اجزای عملکرد در عدس به شمار می‌رود، باعث افزایش عملکرد بذر شده است. نتایج بررسی های مختلف مؤید آن است که اسیدهای آمینه به عنوان منبع تأمین نیتروژن، در افزایش نورساخت و بهبود سرعت رشد پرشدن دانه ها نقش مؤثری دارند که این موضوع نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه دارد (Haj Seyed Hadi & Rezaee Ghale, 2016). به‌علاوه اسیدهای آمینه به دلیل این‌که واحدهای سازنده پروتئین بوده و در سنتز آن‌ها نقش دارند، با افزایش آن‌ها، میزان پروتئین نیز افزایش یافته است. این نتایج، با یافته‌های (Karima *et al*, 2005) در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*) مطابقت دارد.

همچنین نحوه کاربرد پرایمینگ و محلول‌پاشی با هم نسبت به تک‌تک آن‌ها عملکرد بالایی را تولید نمود (شکل ۱). لذا طبق این پژوهش کاربرد آسپارتیک اسید به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی با بیشترین عملکرد به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود. به طوری که مشاهده شد، کاربرد اسیدهای آمینه توانستند اثرات تنش حاصل از کشت تأخیری را کاهش دهند. آرژنین و پرولین به عنوان مولکول‌های سیگنالینگ عمل کرده و در فعالیت آنزیم‌ها نقش دارند (Häusler *et al.*, 2014) و در کاهش اثرات تنش گرمای حاصل از کشت تأخیری نقش مهمی ایفا می‌کنند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص برداشت، عملکرد و اجزای عملکرد عدس تحت تأثیر نوع و نحوه کاربرد اسیدهای آمینه

Table 4. Analysis of variance of harvest index, lentil yield, yield components affected by type and mode of application of amino acid

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته The number of pods per plant	وزن۱۰۰۰دانه 1000 Grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بذر Seed yield
Block بلوک	2	0.082^{ns}	0.82^{ns}	157.89**	973.71^{ns}
Mode of application (H) نوع کاربرد اسیدآمینه	2	38.7**	19.9*	561**	212383**
Type of amino acid (T) نوع اسیدآمینه	4	61.7**	1.65ns	666**	338919**
H×T اثر متقابل	8	11.1**	12.3*	141**	58745**
Error خطا	28	6.51	4.36	26.4	2543
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		7.67	5.81	18.7	11.1

ns ، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داربودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

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

جدول ۵- مقایسه میانگین (±انحراف استاندارد) شاخص برداشت و اجزای عملکرد تحت تأثیر برهمکنش نوع و نحوه کاربرد اسیدهای آمینه با یکدیگر

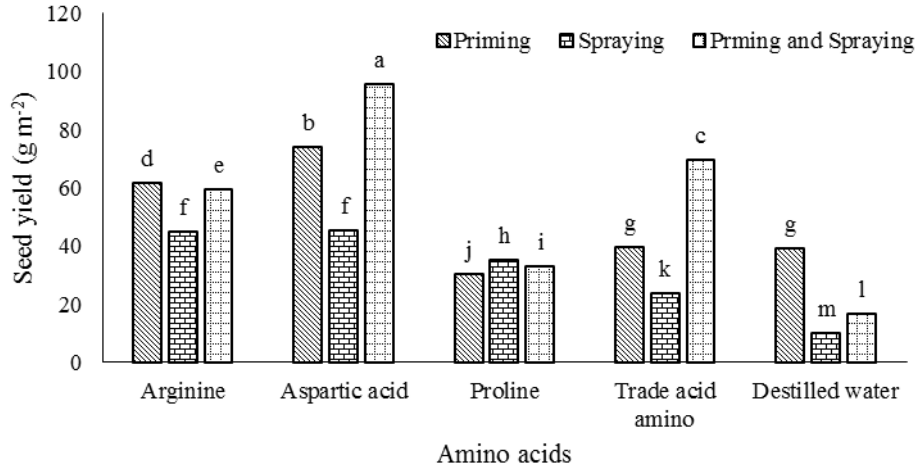
Table 5. Mean (±standard deviation) comparison of harvest index and lentil yield components affected by interaction of type and mode of application together

تیمارها Treatments		وزن۱۰۰۰دانه (گرم) 1000 Grain weight (g)	تعداد غلاف در بوته The number of pods per plant	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
بذرمال Priming	آرژنین Arginine	37.3±1.4^{a-c}	8.30±0.40^{c}	30.7±4.9^{de}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	38.3±1.7^{ab}	9.68±0.13^{b}	51.1±5.4^{a}
	پرولین Proline	36.7±1.3^{a-c}	4.13±0.21^{hi}	24.3±3.6^{def}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	38.7±0.3^{a}	5.14±0.36^{fg}	20.7±4.4^{fg}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	35.2±1.8^{a-d}	5.56±0.19^{ef}	24.6±4.7^{d-f}
محلول‌پاشی Spraying	آرژنین Arginine	36.9±0.6^{a-c}	6.08±0.29^{de}	19.3±0.7^{fg}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	34.1±1^{cd}	6.66±0.22^{d}	27.9±1.5^{d-f}
	پرولین Proline	35.5±0^{a-d}	4.95±0.25^{fg}	23.7±1.3^{ef}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	32.1±0.3^{d}	3.77±0.39^{i}	22.1±1.3^{e-g}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	38.2±0.6^{ab}	1.33±0.24^{k}	9.6±1.7^{h}
بذرمال و محلول‌پاشی Priming+spraying	آرژنین Arginine	34.6±0.6^{cd}	8.60±0.25^{c}	41.9±5.3^{b}
	آسپارتیک اسید Aspartic acid	36.5±1^{a-c}	13.11±0.24^{a}	40.3±1.8^{bc}
	پرولین Proline	35.6±1^{a-c}	4.61±0.26^{gh}	30±3.7^{de}
	اسیدآمینه تجاری Trade amino acid	35.1±2.0^{cd}	9.90±0.17^{b}	32.6±3.5^{cd}
	آب مقطر (شاهد) Distilled water	33.8±1.5^{cd}	2.44±0.27^{j}	14.3±1.1^{gh}

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان نمی‌دهند.

Means with the same letter are not significantly different at 1% probability level.

کاربرد خارجی پرولین سبب طویل‌شدن ریشه گیاه شده که این امر نیز در مقاومت گیاهان به شرایط تنش بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Cambri *et al.*, 2008; Biancucci *et al.*, 2015). همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT)، گایاکول پراکسیداز (POX) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO) با کاربرد خارجی آسپارتیک اسید در گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Akladious & Abbas, 2013) و کاربرد خارجی آسپارتیک اسید سبب افزایش فعالیت ویژه آنزیم فنل‌پراکسیداز در شرایط مواجه با تنش می‌شود و در نتیجه اثرات مخرب آن را کاهش می‌دهد (Sairam *et al.*, 2005). در نتیجه به خاطر ارزش غذایی بالای عدس در صورت تأخیر در کشت آن، می‌توان از کاهش عملکرد حاصل از تنش تأخیری با کاربرد اسیدآمینه آسپارتیک اسید جلوگیری کرد. گزارش شده است که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در عملکرد گیاهان نقش مثبتی دارد (Slawik, 2005) و اهمیت تغذیه برگی اسیدهای آمینه را به عنوان یک منبع مهم در سنتز پروتئین گیاهان دانست (Raeisi *et al.*, 2014). افزایش عملکرد در اثر کاربرد اسیدهای آمینه در گیاه سیر (Shalaby & El-Ramady, 2014)، سیب‌زمینی (Awad *et al.*, 2007)، خیار (Karuppaiah *et al.*, 2000)، و فلفل شیرین (Al-Said *et al.*, 2008) گزارش شده است.



شکل ۱- تأثیر نوع و نحوه کاربرد انواع اسیدهای آمینه روی عملکرد بذر

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

Fig. 1. Effect of type and how of application of amino acids on seed yield

The similar letters indicate non significant difference at 0.01 probability level.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت عدس تحت تأثیر نحوه کاربرد و اسیدآمینه قرار گرفت (جدول۴). بیشترین شاخص برداشت از بذرمال با اسید آسپارتیک با ۲۶/۵ درصد اختلاف از عدم استفاده از اسیدآمینه در شرایط بذرمال به‌دست آمد (جدول ۵). شاخص برداشت با تعداد غلاف در بوته (r=۰/۸۴**) و عملکرد بذر (r=۰/۸۴**) همبستگی مثبت و معناداری را نشان داد (جدول ۶). در نتیجه افزایش شاخص برداشت به دلیل افزایش تعداد غلاف در بوته و عملکرد بذر می‌باشد، به طوری که کاربرد اسیدآمینه با تأثیر در افزایش تعداد غلاف در بوته از اجزای عملکرد و عملکرد بذر سبب افزایش شاخص برداشت عدس گردید.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی

Table 6. Correlation coefficients between studied traits

Traits صفات	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Chlorophyll a کلروفیل a (A)	1.00								
Chlorophyll b کلروفیل b (B)	0.93**	1.00							
Total Chlorophyll کلروفیل کل (C)	0.99**	0.95**	1.00						
Leaf area سطح برگ بوته (D)	0.01	0.05	0.02	1.00					
Leaf/stem of plant نسبت برگ به ساقه (E)	0.36	0.51	0.39	0.47	1.00				
1000 Grain weight وزن۱۰۰۰دانه (F)	0.67**	0.49	0.65**	0.05	0.35	1.00			
The number of pods per plant تعداد غلاف در بوته (G)	0.84**	0.40	0.51	0.55*	0.42	0.13	1.00		
Seed yield عملکرد بذر (H)	0.46	0.56*	0.48	0.53*	0.44	0.21	0.99**	1.00	
Harvest index شاخص برداشت (I)	0.42	0.46	0.43	0.31	0.22	0.09	0.84**	0.84**	1.00

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

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

منابع

1. Agricultural Statistics, Crops. Volume 1: 1395-1396. (In Farsi).
2. Akladious, S.A., and Abbas, S.M. 2013. Alleviaton of seawater stress on tomato by foliar application of aspartic acid and glutathione. Journal of Stress Physiology & Biochemistry 9(3): 282-298.
3. Al-Said, M.A., and Kamal, A.M. 2008. Effect of folair spray with folic acid and some amino acids and some amino acids on flowering yield and quality of sweet pepper. Journal of Agricultural Science 33(10): 7403-7412.
4. Ashraf, M., and Foola, M.R. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abioti stress tolerance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.
5. Awad, E.M., Abd El-Hameed, A.M., and Shall, Z.S. 2007. Effect of glycine, lysine and nitrogen fertilizer rates on growth, yield and chemical composition of potato. Journal of Agricultural Science 32(10): 8541-8551.
6. Biancucci, M., Mattioli, R., Moubayidin, L., Sabatini, S., Costantino, P., and Trovato, M. 2015. Proline affects the size of the root meristematic zone in Arabidopsis. BMC Plant Biology 15: 263.
7. Cambri, D., Filippini, L., Apone, F., Arciello, S., Colucci, G., and Portoso, D. 2008. Effect of Aminoplant on expression of selected genes in Arabidopsis thaliana spinach (*Spinacia oleracea* L.). Folia Horticulturae 22: 9-13.
8. Chen, J., Wu, F.H., Wang, W.H., Zheng, C.J., Lin, G.H., Dong, X.J., He, J.X., Pei, Z.M., and Zheng, H.L. 2011. Hydrogen sulphide enhances photosynthesis through promoting chloroplast biogenesis, photosynthetic enzyme expression, and thiol redox modification in *Spinacia oleracea* seedlings. Journal of Experimental Botany 62: 4481-4493.
9. Deivanai, S., Xavier, R., Vinod, V., Timalata, K., and Lim, O.F. 2011. Role of exogenous proline in ameliorating salt stress at early stage in two rice cultivars. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7(4): 157-174.
10. El-Naggar, A.H. 2009. Response of *Dianthus caryophyllus* L. plants to foliar nutrition. World Journal of Agricultural Sciences 5: 622-630.
11. Erskine, W., and Saxena, M.C. 1993. Lentil in South Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11-15 March 1991, New Delhi, India, ICARDA, Aleppo, Syria, 236 pp.
12. Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science 6: 583-588.
13. Forde, B.G., and Lea, P.J. 2007. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. Journal of Experimental Botany 58: 2339-2358.
14. Ghanem, M.E., Marrou, H., Biradar, C., and Sinclair, T.R. 2015. Production potential of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa. Agricultural Systems 137: 24-38.
15. Haj Seyed Hadi, M.R., and Rezaee Ghale, H. 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Jour Gross nal of Medicinal and Aromatic Plants 31(6): 1057-1070. (In Persian).
16. Häusler, R.E., Ludewig, F., and Krueger, S. 2014. Amino acids-A life between metabolism and signaling. Plant Science 229: 225-237.
17. Hiscox, A., and Israelstam, G. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany 57: 1332-1334.
18. Jahani, R., Hassani, A., and Samadi, A. 2018. Effect of foliar application of Urea, Aspartic Acid and Glutamic Acid on growth, physiological and biochemical characteristics of Anise Hyssop (*Agastache foeniculum*). Applied Soil Research 5(2): 95-107. (In Persian).
19. Kakani, V.G., Prasad, P.V.V., Craufurd, P.Q., and Wheeler, T.R. 2002. Response of in vitro pollen germination and pollen tube growth of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotype to temperature. Plant Cell and Environment 25: 1651-1661.
20. Kamar, M.E., and Omar, A. 1987. Effect of nitrogen levels and spraying with aminal-forte (amino acids salvation) on yield of cucumber and potatoes. Journal of Agricultural Science Mansoura University 12(4): 900-907.
21. Karima, M., Gamal, E.D., and Abdel-Wahed, M.S.A. 2005. Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. International of Journal of Agriculture and Biology 7(3): 376-380.
22. Karuppaiah, P., Manivonnar, K., Andrasakaron, S.V., and Kuppusamy, G. 2000. Responses of cucumber to foliar application of nutrients on light mine spoil. Journal of the Indian Society of soil Science 49(1): 150-153.

23. Korbu, L. 2009. Improving Production and Productivity of Chickpea and Lentil in Ethiopia Production Manual. Melkasa, Ethiopia.
24. Mahmoudi, A.A. 2006. Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (Local var. Robat) under dryland conditions of Nothern Khorasan. Iranian Journal of Crop Sciences: 8(3): 232-240 (In Persian).
25. Nanjo, T., Fujita, M., Seki, M., Kato, M., Tabata, S., and Shinozaki, K. 2003. Toxicity of free proline revealed in an arabidopsis TDNA- agged mutant deficient in proline dehydrogenase. Plant Cell Physiology 44: 541-548.
26. Nasibi, F., and Kalantari, K.H. 2009. Influence of nitric oxide in protection of tomato seedling against oxidative stress induced by osmotic stress. Acta Physiologia Plantarum 1: 1037-1044.
27. Nasibi, F., Barand, A., and Kalantari, K.H. 2013. The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* in vitro culture. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 51: 918-1925.
28. Parsa, M., and A. Bagheri. 2008. Legumes. Mashhad University Jahad Press. 522p. (In Persian).
29. Raeisi, M., Farahani, L., and Palashi, M. 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. International Journal of Biosciences 4(1): 463-468.
30. Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Agarwal, S.A., and Meena, R.C. 2005. Difference in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. Plant Biology 49: 85-91.
31. Shalaby, T.A., and El-Ramady. 2014. Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). Australian Journal of Crop Science 8(2): 271-275.
32. Slawik, M. 2005. Production of Norway spruce seedlings on substrate mixes using growth stimulants. Journal of Forest Science 51(1): 15-23.
33. Talat, A., Nawaz, K., Hussian, K., and Hayat Bhatti, K. 2013. Foliar application of proline for salt tolerance of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. World Applied Sciences Journal 22(4): 547-554.
34. Thomas, J., Mandal, A., and Raj Kumar, R. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp.). International Journal of Agricultural Research 4: 228-236.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 88-99 (Research Article)

Effect of priming and foliar application of different amino acids on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in late sowing

Heidarzadeh[1], A., Modarres-Sanavy [2*], S.A.M. & Ebrahimi-Esborezi[3], H.

1. PhD., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Iran; ali.heidarzadeh@modares.ac.ir
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Iran
3. MSc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Iran; hossein_ebrahimi@modaresa.ac.ir

Received: 23 October 2019
Accepted: 6 April 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.83900

Introduction

Lentil is used mainly for human consumption as a source of protein and carbohydrate in soups, stews and vegetarian dishes. It is grown to improve economic returns to producers, diversify and lengthen crop rotations, and reduce nitrogen fertilizer requirement. Lentil, a member of the legume family, Leguminosae, can supply a significant portion of its nitrogen requirement by fixing nitrogen from the air when it is inoculated with the appropriate rhizobial inoculant. The pattern of nutrients in the proximal composition of lentil is similar to that of other grain legumes, but with seed protein content of 19.5–35.5%. Fiber concentration is low and is largely within the seed testa, so the fiber in lentil meal can be reduced if it is de-hulled before grinding. In addition to high-quality protein, essential amino acids, and major minerals, its seed contains iron up to 505 mg per kg and zinc up to 330 mg per kg on a whole seed basis. Amino acids help in tissue protein formation. Some amino acids are not synthesized in the body and it is necessary to take them in diet. Lentils contain different amino acids that can be used by most people. This research was carried out to study the effect of different Amino Acids on the activity of antioxidant enzymes, proline content and seed yield of Lentil in delayed planting.

Materials and Methods

In order to study the effect of different amino acids on yield and biochemical traits of lentil, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the research farm of agricultural faculty, Tarbiat Modares University, through May to July 2018. The factors studied included mode of application (priming, spraying and priming+spraying) and type of amino acids (Arginine, Aspartic acid, Proline, trade amino acid and distilled water (control)). The amount of amino acids used was 1 g per liter. In this study, leaf, stem, pod and total fresh weight, leaf area, leaf to stem, chlorophyll content (a, b and total), the number of pods per square meter, 1000 grain weight, harvest index and seed yield were determined. Statistical analysis of data was performed using SAS software version 9.4. To compare the means, the least significant difference (LSD) test was used at a 5% probability level. Also Excel software was used to obtain different equations and draw curves and chartsharts.

Results and Discussion

The results showed that the highest total chlorophyll (16.18 mg $gF.W^{-1}$), chlorophyll a (13.92 mg $gF.W^{1}$) and chlorophyll b (2.53 mg $gF.W^{-1}$) was obtained from the priming with aspartic acid. The number of pods per plant (13.11) was more than the others in priming and spraying with aspartic acid. Amino acid application produced more leaf than control (distilled water). The arginine, aspartic acid, proline and commercial amino acids produced 46, 55, 20 and 52% more leaf fresh weight, respectively. The application of aspartic acid with 88.87 g m^{-2} produced the highest yield (more than three-fold relative to the control),

*** Corresponding Author:** modaresa@modares.ac.ir

followed by the application of arginine (55.51 g m^{-2}), commercial amine (44.4 g m^{-2}) and proline (32.78 g m^{2}). The application of aspartic acid via both priming and spraying is suggested as the best treatment.

Conclusion

Plants create amino acids from primary elements they absorb from the environment. Carbon and oxygen are obtained from the air. Hydrogen and nitrogen are obtained from the soil. Inside the plant, amino acids are formed through metabolic pathways. Plants, like all other forms of life, require amino acids to create cells. These cells are then used to build various vital parts of a plant like roots and leaves. Amino acids are quite literally the foundation of life, especially when it comes to plants. If plants can utilize supplementary amino acids without creating them out of oxygen, carbon, nitrogen, hydrogen and sometimes sulfur, they would have much more available energy to use where it is necessary. When amino acids are properly applied, the impacts are profound. According to the results of this study, amino acids can reduce the stress of delayed planting. In the absence of amino acid, yield reduction will be higher. The application of aspartic acid via both priming and spraying is suggested as the best treatment.

Keywords: Arginine, Aspartic acid, Chlorophyll, Harvest index, Proline, Seed yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۱۰-۱۰۰، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 100-110 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84964

ارزیابی اجزای عملکرد، عملکرد و توان رقابتی برخی ارقام نخود در تداخل با علف‌های‌هرز

سیدمحسن سیدی[1*] و جواد حمزه‌ئی[2]

۱. بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

۲. دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران؛
j.hamzei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

چکیده

به منظور بررسی اثر تداخل علف‌های‌هرز بر اجزای عملکرد، عملکرد و توان رقابتی برخی ارقام نخود، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز و پنج رقم نخود (ترک، هاشم، آرمان، آزاد و محلی) بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف‌های‌هرز بر همه صفات به جز شاخص برداشت معنی‌دار بود. همچنین، اثر رقم بر کلیه صفات به جز شاخص برداشت معنی‌دار شد. اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم نیز فقط بر عملکرد دانه و بیولوژیک معنی‌دار شد. بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۳۶/۰۰ گرم در متر مربع) از رقم هاشم در شرایط وجین علف‌هرز به‌دست آمد. کمترین میزان این ویژگی با حدود ۷۵ درصد کاهش به رقم محلی در شرایط عدم وجین تعلق گرفت. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۹۴/۷۵ گرم در متر مربع) به رقم هاشم در شرایط وجین علف‌هرز تعلق داشت و کمترین آن با حدود ۷۰ درصد کاهش از رقم محلی در شرایط عدم وجین علف‌هرز به‌دست آمد. بیشترین و کمترین بیوماس و تراکم علف‌هرز نیز به‌ترتیب به رقم هاشم و محلی اختصاص داشت. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین شاخص توانایی تحمل رقابت (۵۲/۳۰) متعلق به رقم هاشم و پایین‌ترین میزان این شاخص (۳۹/۱۲) متعلق به رقم محلی بود. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان رقم هاشم را به عنوان رقمی مقاوم در برابر علف‌های‌هرز دانست، ولی در مقابل رقم محلی دارای کمترین توانایی در برابر هجوم علف‌های هرز بود.

واژه‌های کلیدی: توانایی تحمل رقابت، حبوبات، علف‌هرز، عملکرد، وجین

مقدمه

حبوبات از جمله گیاهان زراعی هستند که در سراسر دنیا کشت می‌شوند و به شرایط آب و هوایی متفاوت از معتدل تا گرمسیر و از مرطوب تا خشک، سازگاری یافته‌اند. این محصولات، ارزش غذایی زیادی دارند و یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی سرشار از پروتئین می‌باشند، به‌طوری‌که حبوبات بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌روند و نیز در تغذیه دام و در نتیجه تأمین پروتئین حیوانی، نقش بسیار مهمی دارند (Majnoun Hosseini, 2008; Parsa & Bagheri, 2013).

نخود از مهم‌ترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم به خصوص در تناوب با جو و گندم در مناطق با بارندگی کم تا متوسط به حساب می‌آید. دانه آن سرشار از پروتیین بوده و نقش مهمی در تغذیه انسان و حتی دام دارد (Parsa & Bagheri, 2013). بنابراین، با توجه به ارزش اقتصادی بالا و نقش زراعی مثبت در تناوب با غلات دیم نظیر گندم، کاشت نخود در مناطق دیم توصیه شده است (Parsa & Bagheri, 2013). قدرت تثبیت نیتروژن فراوان در ریشه گیاهان خانواده لگومینوز باعث ایجاد انگیزه نسبت به کاشت آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردیده است، به‌طوری‌که در شرایط مناسب توسط میکروارگانیسم‌های ریشه لگوم، مقادیری نیتروژن تثبیت شده و به زمین اضافه می‌گردد که این امر باعث کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد (Walley *et al.*, 2007). در سامانه‌های کشاورزی، گیاهان در شرایط حاصلخیزی بالا تا متوسط رشد داده می‌شوند و در موارد بسیاری به منظور افزایش عملکرد،

* نویسنده مسئول: mohsensayyedi@yahoo.com

مقادیر زیادی از منابع (آب و مواد غذایی) به این سامانه‌ها تزریق می‌گردد. رقابت در این گونه سامانه‌ها می‌تواند به‌عنوان فرآیند جذب و استفاده از منابع مشترک توسط گیاه و علف های‌هرز همراه آن، تعریف گردد. علف‌های‌هرز از گذشته‌های دور به عنوان رقیب گیاهان زراعی مطرح بوده و باعث کاهش تولید آن‌ها می‌شوند (Lance & Liebman, 2003). در بوم-نظام‌های زراعی، علف‌های‌هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کمی و کیفی عملکرد گیاهان زراعی می‌باشند. این گیاهان از نظر کاهش محصول اهمیت بسیار داشته و کشاورزان از این عامل خسارات فراوانی متحمل می‌شوند. اگر علف‌های‌هرز به‌طور مناسب کنترل نشوند، عملکرد گیاهان زراعی بسته به توانایی رقابت علف‌های‌هرز تا حدود زیادی کاهش می‌یابد. (Ghamari & Ahmadvand, 2012). امروزه پدیده‌ای بنام علف‌های‌هرز مقاوم در جهان باعث نگرانی و کم‌رنگ‌شدن کنترل شیمیایی این گیاهان شده و لزوم توجه هرچه بیشتر به این پدیده را دوچندان نموده است و از این‌رو تمایل بیشتری برای استفاده از روش‌های غیرشیمیایی جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها نشان داده شود (Khalil Tahmasbi *et al.*, 2017). ارقام مختلف یک گیاه زراعی دارای ویژگی‌های متفاوت رشد و نمو هستند و از لحاظ توان رقابتی با علف‌های‌هرز، بین ارقام یک گیاه نیز تفاوت زیادی دیده می‌شود (Mazaheri et al., 2006). برخی پژوهشگران گزارش کردند که قدرت رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در مقابل علف‌هرز ناخنک (*Goldbachia laevigata* L.) متفاوت بوده و این تفاوت را به ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک آن‌ها مانند ارتفاع بوته، تعداد ساقه بارور، ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی نسبت داده‌اند (Baghestani & Zand, 2004). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی توانایی رقابت متفاوتی با علف‌های‌هرز دارند و ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته و سطح برگ در افزایش توان رقابتی بسیار مهم هستند (Baghestani *et al.*, 2005). با توجه به مطالب ارائه‌شده، قدرت رقابتی و توان ارقام مختلف محصول متفاوت بوده و همین عامل می‌تواند به عنوان یک ابزار در مدیریت پایدار علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این‌که علف‌های‌هرز به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده در کشت نخود می‌باشد و هرساله از علف‌کش‌ها جهت کنترل آن استفاده می‌شود، لذا در این پژوهش به بررسی واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص توانایی تحمل ارقام نخود دیم در شرایط تداخل و کنترل علف‌های‌هرز پرداخته شده است تا بر اساس آن بهترین رقم که از قدرت رقابتی و یا تحمل بالا در مقابل علف-هرز برخوردار باشد، معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا واقع در عباس‌آباد انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۱۸۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی ۲۰ساله منطقه ۳۱۵ میلی‌متر گزارش شده است. نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. میزان کل بارندگی در طول اجرای آزمایش در سال اول و دوم به‌ترتیب حدود ۷۶ و ۸۰ میلی‌متر بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics the experimental area soil

رس (درصد) % Clay	سیلت (درصد) % silt	شن (درصد) % Sand	بافت Texture	فسفر قابل جذب Phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب Potassium (ppm)	نیتروژن (درصد) Nitrogen %	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC dS/m	کربن آلی (درصد) % Organic matter
27	30	43	Sandy clay	4.59	590	0.13	7.46	0.409	1.32

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز و پنج رقم نخود (ترک، آزاد، آرمان، هاشم و محلی) تیمارهای آزمایش بودند. ابعاد هر کرت ۳/۵ متر در ۳متر بود. در هر کرت ۶ خط کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در تاریخ های ۲۵اسفند سال ۱۳۹۱ و ۲۶اسفند ۱۳۹۲ انجام گرفت. بنابر توصیه کودی آزمایشگاه آب و خاک تنها ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره و به صورت پایه به خاک اضافه شد. واحد های آزمایشی بر حسب

نیاز بر علیه آفات و بیماری ها مورد کنترل قرار گرفتند. در طول اجرای آزمایش آبیاری واحدهای آزمایشی صورت نگرفت و شرایط رشدی گیاهان به صورت دیم بود. وجین علف‌های‌هرز در کرت‌های عاری از علف‌هرز به صورت دستی انجام گرفت. در این آزمایش صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. برداشت نهایی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، در اواسط تیر ماه ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام گرفت. در مرحله رسیدگی یک ردیف از هر طرف و نیم متر از دو انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان حاشیه درنظرگرفته شد و بر اساس بوته‌های برداشت‌شده، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بیولوژیک اندازه‌گیری و محاسبه شد. برای تعیین وزن۱۰۰۰دانه، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰تایی از بذور هر واحد آزمایشی جدا شد و پس از توزین، متوسط وزن چهار نمونه به عنوان وزن۱۰۰۰دانه بر حسب گرم در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز در زمان رسیدگی فیزیولوژیک محصول زراعی (اواخر خرداد ۱۳۹۲ و ۹۳) با استفاده از یک کوادرات ۱×۱ متر و به صورت تصادفی از سه نقطه هر کرت انجام و نمونه‌ها برای تعیین وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۱ وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور محاسبه تحمل ارقام نخود به رقابت با علف‌های هرز از شاخص تونایی تحمل رقابت (Ability Withstand Competition, AWC) بر اساس معادله زیر استفاده شد (Watson *et al*., 2002).

معادله (۱): $$AWC = (\frac{V_{infested}}{V_{pure}}) \times 100$$

در معادله (۱) AWC: بیان‌کننده قدرت تحمل گیاه زراعی (نخود) به علف‌هرز، $V_{infested}$: عملکرد رقم i در شرایط آلوده به علف‌هرز و V_{pure}: عملکرد همان رقم در شرایط عاری از علف‌هرز می‌باشد. هر چقدر مقدار این شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل به علف‌هرز است.

قبل از انجام آنالیز واریانس تست نرمالیته و یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی صورت گرفت و سپس تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از طریق نرم‌افزار آماریSAS و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

تعداد غلاف و دانه در بوته

اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفات تعداد غلاف و دانه در بوته معنی‌دار شد؛ اما اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده کنترل علف‌هرز نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۹/۸۶ غلاف در بوته) از تیمار وجین علف‌هرز و کمترین میزان آن از تیمار عدم وجین علف هرز به‌دست آمد. تیمار عدم وجین در مقایسه با تیمار وجین علف‌هرز تعداد غلاف در بوته را ۳۹/۵۵ درصد کاهش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد کوچک‌بودن بوته‌های نخود در تداخل با علف‌های‌هرز، فرصت کافی را برای گسترش سایه‌انداز علف‌های‌هرز فراهم می‌کند. لذا، در تیمار عدم کنترل علف های‌هرز، به علت رقابت آن‌ها با نخود بر سر منابع محیطی (نور، آب و عناصر غذایی) مورد نیاز در رشد، از ظرفیت فتوسنتزی و توان بوته‌ای آن در تغذیه اندام‌های زایشی کاسته شده و در نتیجه تعداد غلاف در بوته به علت ریزش گل‌ها، کاهش می‌یابد. از سوی برخی پژوهشگران تعداد غلاف در بوته، مهم‌ترین و حساس‌ترین جزء عملکرد دانه در گیاه عدس معرفی و اظهار شد که این صفت به شدت تحت تأثیر رقابت علف‌های‌هرز قرار می‌گیرد (Malek Maleki *et al*., 2013). در نخود نیز کاهش تعداد غلاف در بوته بر اثر رقابت علف‌های‌هرز گزارش شده است (Hamzei *et al*., 2012). همچنین، مقایسه میانگین ارقام حاکی از این بود که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته (به ترتیب ۹/۷۵ و ۶/۲۳ غلاف در بوته) از رقم هاشم و محلی به‌دست آمد (جدول ۳). علت کاهش تعداد غلاف در برخی ارقام را نیز می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام و نیز تفاوت در توان رقابتی آن‌ها با علف‌های‌هرز نسبت داد. تعداد دانه در بوته از ۵/۹۱ دانه در تیمار عدم وجین به ۱۱/۵۸ دانه در غلاف در تیمار وجین علف‌هرز افزایش یافت. در آزمایش حاضر، علت کاهش تعداد دانه در بوته را می‌توان چنین بیان کرد که احتمالاً با افزایش سایه‌اندازی علف‌های‌هرز و در نتیجه کاهش فتوسنتز و به دنبال آن کاهش تجمع مادهٔ خشک، مواد کمتری به دانه‌ها اختصاص داده شده و رقابت بین دانه‌ها برای جذب بیشتر مواد فتوسنتزی باعث می‌شود تا دانه‌هایی که زودتر تشکیل شده و به عنوان مخزن قوی‌تر عمل می‌کنند، مانع از رشد دانه‌هایی شوند که دارای قدرت کمتری در جذب فتوآسیمیلات‌ها هستند. کاهش تعداد دانه در بوته گیاهان لوبیا و عدس در اثر رقابت علف‌های‌هرز، توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Aghaalikhani *et al*., 2006; Pour

Taheri *et al*., 2012). در بین ارقام، رقم هاشم بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۱/۱۲) و رقم محلی کمترین تعداد دانه در بوته (۵/۸۷) را داشتند (جدول ۳).

وزن۱۰۰۰دانه

اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر وزن۱۰۰۰دانه به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل علف‌هرز در رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد، به‌طوری‌که مقایسه میانگین اثر ساده کنترل علف‌های‌هرز نشان داد که بیشترین وزن۱۰۰۰دانه (۲۴۸/۹۶ گرم) به تیمار وجین علف های‌هرز و کمترین آن با ۱۰/۸۰ درصد کاهش نسبت به تیمار وجین علف‌هرز از تیمار عدم وجین علف‌هرز به‌دست آمد (جدول ۳). وجود علف‌های‌هرز در زمان پرشدن دانه بر وزن۱۰۰۰دانه تأثیر منفی دارد. در واقع در اثر رقابت علف های‌هرز از مقدار مواد غذایی که باید جهت تشکیل دانه‌ها و ذخیره در اندام‌های اندوخته‌ای مثل دانه صرف شود، کاسته شده و در نتیجه دانه‌های تشکیل‌شده در چنین شرایطی از اندازه کوچک‌تر و وزن کمتری برخوردار خواهند بود. در آزمایشی مشاهده شد که وزن۱۰۰۰دانه سیاهدانه در نتیجه افزایش رقابت علف‌های‌هرز کاهش معنی‌داری یافت (Hussain *et al*., 2009). برخی دیگر از محققان نیز نشان دادند که افزایش تداخل علف‌های‌هرز با نخود منجر به کاهش معنی‌دار وزن۱۰۰۰دانه این گیاه شد (Mohammadi *et al*., 2005). نتیجه بررسی اثر رقم بر وزن۱۰۰۰دانه نشان داد که رقم هاشم با وزن۱۰۰۰دانه ۲۴۵/۱۷ گرم در مقایسه با رقم محلی با وزن۱۰۰۰دانه ۲۱۵/۵۸ گرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که افزایش مقصدهای فیزیولوژیک در ارقام مقاوم به حضور علف‌هرز که بر اثر افزایش تعداد غلاف و دانه در بوته پدید آمده است، باعث کاهش اختصاص فرآورده‌های تولیدی گیاه به دانه‌ها شده و وزن۱۰۰۰دانه کم شده است.

عملکرد بیولوژیک و دانه

نتایج نشان دادند که اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر عملکرد دانه و بیولوژیک به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۹۴/۷۵ گرم در متر مربع) به رقم هاشم در شرایط وجین علف‌هرز تعلق گرفت. کمترین میزان این ویژگی (۱۱۶/۷۵ گرم در متر مربع) از رقم محلی در شرایط عدم وجین علف‌هرز به‌دست آمد. رقم هاشم در شرایط وجین علف‌های‌هرز از افزایش حدود ۷۰ درصدی از نظر عملکرد بیولوژیک در مقایسه با رقم محلی در شرایط عدم وجین، برخوردار بود (شکل۱). در تیمار کنترل علف‌هرز نیز به دلیل بهبود شرایط محیطی، نور و عوامل رشد به راحتی در دسترس گیاه قرار گرفته که این امر باعث توسعه سطح برگ و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح شده است. بالاتربودن زیست‌توده ارقام مختلف در شرایط رقابتی را می‌توان به عنوان یکی از صفات مؤثر در توانایی رقابت آن‌ها دانست که می‌تواند باعث کاهش زیست‌توده علف‌های‌هرز شود. در پژوهشی مشخص شد که در تعیین سهم هر یک از صفات سویا در قابلیت رقابت با علف‌های‌هرز، هر چه میزان کل ماده خشک بیشتر باشد، تأثیر بیشتری بر کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز داشته و از توانایی رقابتی بیشتر با علف‌های‌هرز برخوردار خواهد بود (Sadaghi *et al*., 2001).

مقایسات میانگین اثرات متقابل ارقام نخود در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز برای صفت عملکرد دانه حاکی از آن بود که بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۳۶/۰۰ گرم در متر مربع) از رقم هاشم در شرایط وجین علف‌هرز به‌دست آمد. در مقایسه با تیمار مذکور، کمترین عملکرد دانه با حدود ۷۵ درصد کاهش از رقم محلی در شرایط عدم وجین به‌دست آمد (شکل ۱). در نبود عوامل کنترل‌کننده علف‌های‌هرز، رقابت گیاه با علف‌های‌هرز بر سر منابع مشترک افزایش یافته، به طوری‌که تا حد زیادی از عملکرد محصول کاسته می‌شود. از طرفی، کاهش در عملکرد دانه را می‌توان به اثر نامطلوب علف های‌هرز بر اجزای عملکرد دانه گیاه زراعی نسبت داد که با کاهش اجزای عملکرد منجر به کاهش عملکرد نهایی دانه می گردد. نتایج مطالعه‌ای نیز حاکی از آن است که عملکرد دانه کلزا به طور معنی‌داری در رقابت با علف‌های‌هرز کاهش یافت (Hamzei *et al*., 2007). در پژوهشی دیگر روی ارقام گندم، عملکرد اقتصادی تحت تأثیر علف‌هرز کاهش یافته و این کاهش به صورت خطی و در ارقام مختلف متفاوت بود (Deihimfard *et al*., 2007).

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر تیمار کنترل علف‌هرز و رقم و اثر متقابل این دو عامل قرار نگرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد از عوامل عدم تأثیر پذیری این ویژگی از این عوامل تأثیر بالای عوامل ژنتیکی بر شاخص برداشت نخود باشد (Majnoun Hosseini, 2008).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد نخود

Table 2. Analysis of variance for the effect of weed control and cultivar on yield and yield components of chickpea

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد غلاف در بوته No. of sheath per plant	تعداد دانه در بوته No. of grain. plant	وزن۱۰۰۰دانه 1000 Seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
سال Year	1	4.81^{ns}	3.75^{ns}	365.06^{ns}	2496.15^{ns}	182.00^{ns}	11.88^{ns}
تکرار × سال Rep (Y)	4	0.29	0.70	2.46	313.22	10.77	4.15
کنترل Weeding	1	228.15**	481.66**	15424.06**	376833.75**	45567.70**	9.71^{ns}
کنترل در سال W × Y	1	1.35^{ns}	1.00^{ns}	3.26^{ns}	1632.81^{ns}	245.53^{ns}	43.21^{ns}
رقم Cultivar	4	20.23**	49.26**	2072.39*	41228.98**	5495.07**	19.65^{ns}
کنترل × رقم W × C	4	0.20^{ns}	2.30^{ns}	11.44^{ns}	3793.77**	319.58*	9.16^{ns}
رقم در سال C × Y	4	0.26^{ns}	1.05^{ns}	1.44^{ns}	18.94^{ns}	6.43^{ns}	1.95^{ns}
کنترل × رقم در سال W × C × Y	4	0.27^{ns}	1.26^{ns}	1.39^{ns}	24.62^{ns}	5.21^{ns}	2.74^{ns}
خطای آزمایش Error	36	1.60	1.20	901.85	672.89	111.95	11.63
ضریب تغییرات % C.V		15.99	12.56	12.89	10.49	12.74	10.21

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

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

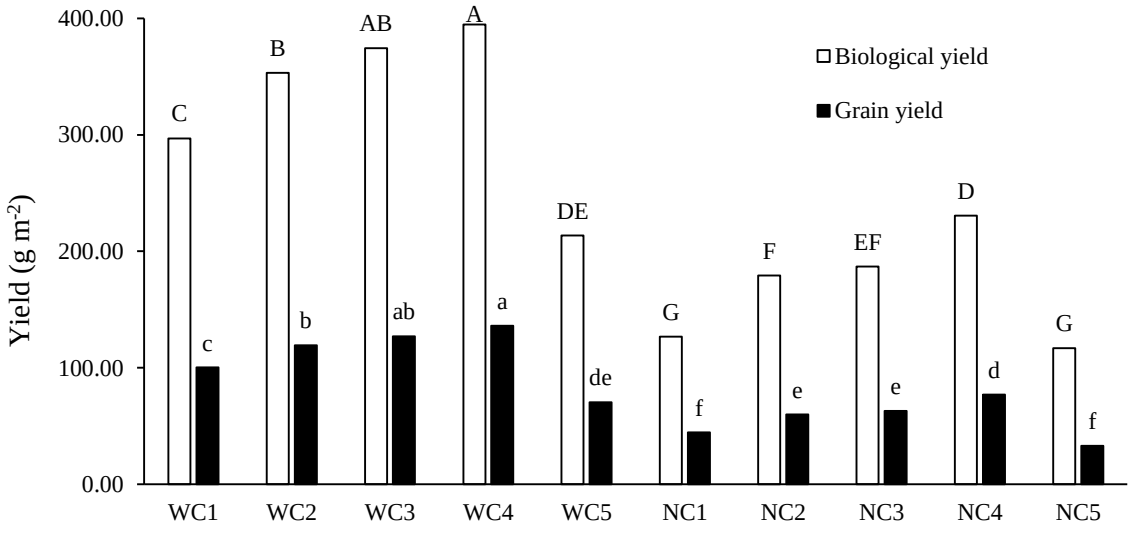
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد نخود

Table 3. Mean comparison for the effect of weed control and cultivar on yield and yield components of chickpea

تیمار Treatment		تعداد غلاف در بوته No. of sheath per plant	تعداد دانه در بوته No. of grain per plant	وزن۱۰۰۰دانه (گرم) 1000 Seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g m^{-2})	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g m^{-2})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
	وجین Weeding	9.86^{a}	11.58^{a}	248.96^{a}	326.53^{a}	110.60^{a}	33.79^{a}
	عدم وجین Non-weeding	5.96^{b}	5.91^{b}	216.90^{b}	168.03^{b}	55.48^{b}	32.98^{a}
رقم Cultivar	ترک Tork	7.08^{cd}	7.66^{c}	222.33^{ab}	211.88^{c}	72.37^{c}	34.49^{a}
	آزاد Azad	8.13^{bc}	9.33^{b}	239.33^{ab}	266.21^{b}	89.58^{b}	33.54^{a}
	آرمان Arman	8.29^{b}	9.75^{b}	242.25^{a}	280.54^{b}	95.08^{b}	33.78^{a}
	هاشم Hashem	9.75^{a}	11.12^{a}	245.17^{a}	312.67^{a}	106.45^{a}	33.95^{a}
	محلی Mahali	6.33^{d}	5.87^{d}	215.58^{b}	165.13^{d}	54.70^{d}	33.18^{a}

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter are not significant.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر عملکرد بیولوژیک و دانه نخود

Fig. 1. Mean comparison for the effect of weed control and cultivar on biological and grain yield of chickpea

W: وجین علف‌هرز؛ N: عدم وجین علف‌هرز؛ C1 تا C5: ارقام نخود به‌ترتیب، ترک، آزاد، آرمان، هاشم و محلی

W: weeding; N: Non-weeding; C1 to C5: Tork, Azad, Arman, Hashem, Mahali chickpea cultivars, respectively

ویژگی‌های مورد ارزیابی علف‌های‌هرز

در این آزمایش علف‌های‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.)، شقایق وحشی (*Papaver dubium* L.) و دم‌روباهی سبز (*Setaria viridis* L.) علف‌های‌هرز غالب را تشکیل دادند. نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر تراکم و بیوماس علف‌های‌هرز در حالت عدم کنترل علف‌هرز نشان داد که این ویژگی‌ها در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر ارقام نخود قرار گرفتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که بیشترین تراکم علف‌هرز (۲۰/۵۰ بوته در متر مربع) به رقم محلی تعلق گرفت و کمترین تراکم علف‌های‌هرز (۱۰/۶۷ بوته در متر مربع) نیز به رقم هاشم اختصاص داشت (جدول ۵). رقم هاشم در شرایط تداخل علف‌های‌هرز بالاترین عملکرد دانه را داشت. این امر ممکن است به دلیل فتوسنتز بالا در طی فصل رشد به دلیل دسترسی بیشتر به منابع توسط این رقم باشد که باعث کاهش تراکم علف‌هرز شده است. در گیاه سویا نیز چنین نتایجی گزارش شد (Crotser & Wit, 2000). با توجه به این‌که تجمع بیوماس بیان‌گر بهره‌برداری بهتر یک گونه از منابع رشدی می‌باشد، می توان نتیجه گرفت که علف‌های‌هرز در رقابت با ارقام ضعیف با استفاده بیشتر و بهتر از این منابع بیوماس بیشتری را تولید کرده و با تسخیر بیشتر آشیانه‌های اکولوژیک، باعث کاهش تجمع بیوماس ارقام ضعیف شده است، به‌طوری‌که در این آزمایش بیشترین بیوماس علف‌های‌هرز (۱۰۴/۹۹ گرم در متر مربع) در رقم محلی مشاهده شد و کمترین میزان این ویژگی (۵۲/۵۰ گرم در متر مربع) از رقم هاشم به‌دست آمد. متفاوت‌بودن توان رقابتی ارقام سویا (Crotser & Wit, 2000) و گندم (Farbodnia *et al*., 2009) در تداخل با علف‌های‌هرز نیز گزارش شده است.

شاخص توانایی تحمل رقابت

نتایج بیانگر این مطلب است که بالاترین شاخص توانایی تحمل رقابت (۵۲/۳۰) متعلق به رقم هاشم و پایین‌ترین این ویژگی (۳۹/۱۲) متعلق به رقم محلی بود (شکل ۲). تولید شاخ و برگ کم در رقم محلی قدرت رقابتی این رقم را در مقابل علف‌های‌هرز کاهش داد. بالابودن شاخص تحمل رقم هاشم نسبت به سایر ارقام به‌دلیل پایین‌بودن بیوماس تولیدی علف‌های‌هرز در حضور این رقم می‌باشد. از آنجا که تاکنون در برنامه‌های به نژادی، انتخاب در جهت تحمل به علف‌هرز صورت نگرفته است و اغلب انتخاب‌ها در شرایط عاری از علف‌هرز بوده است، لذا تنها عملکرد گیاه در شرایط کشت خالص و یا حتی کشت مخلوط علف‌هرز و محصول نمی‌تواند شاخص تعیین‌کننده رقابت باشد. در این موارد زیست‌توده علف‌هرز تولیدی در حضور آن رقم نیز فاکتور مهمی می‌باشد. جهت تلفیق‌نمودن تمام این عوامل با یکدیگر امروزه از شاخص رقابت و توانایی تحمل نیز استفاده می‌شود. برخی محققان در مطالعات خود توان رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا را در مقابل علف‌های‌هرز استفاده و گزارش کردند ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و سطح برگ را در افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی در مقابل علف‌های‌هرز، بسیار مهم است (Baghestani *et al*., 2005).

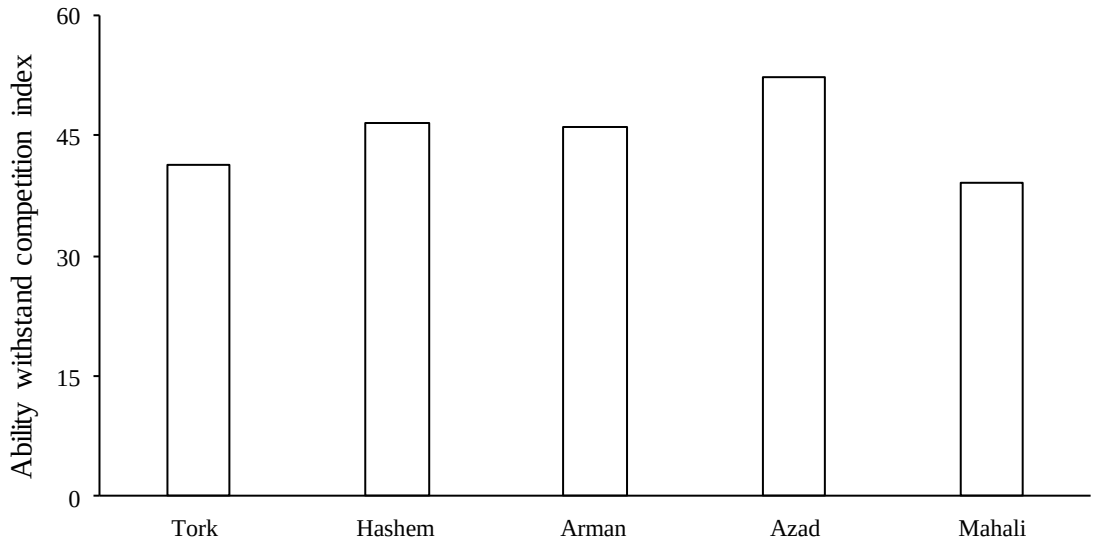
جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر تعداد و بیوماس علف‌های‌هرز

Table 4. Mean comparison for the effect of weed control and cultivar on weed number and biomass

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد علف‌هرز Weed number	بیوماس علف‌هرز Weed biomass
سال Year	1	2.70^{ns}	20.83^{ns}
تکرار × سال Rep (Y)	4	1.50	39.16
رقم Cultivar	4	87.61**	2439.45**
رقم در سال C × Y	4	1.61^{ns}	2.08^{ns}
خطای آزمایش Error	16	4.29	175.66
ضریب تغییرات % C.V		14.09	16.50

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

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



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر بر شاخص توانایی تحمل رقابت ارقام نخود

Fig. 2. Mean comparison for the effect of weed control and cultivar on ability withstand competition of chickpea cultivars

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد ارقام مختلف نخود در حضور علف‌های‌هرز کاهش یافت؛ اما کاهش عملکرد در ارقام مختلف روند یکسانی نداشت، به‌طوری‌که رقم هاشم و محلی به‌ترتیب به‌عنوان رقم قوی و ضعیف در برابر علف‌های‌هرز شناسایی شدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش می‌توان گفت که با ارزیابی عملکرد و شاخص رقابت ارقام مختلف نخود در شرایط حضور علف‌های‌هرز می توان ارقامی را شناسایی و انتخاب کرد که از توانایی رقابتی خوبی با علف‌های‌هرز برخوردار بوده و بتوانند بدون نیاز و یا با نیاز کمتر به مصرف علف‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی علف های‌هرز عملکرد قابل قبولی تولید نمایند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌های‌هرز و رقم بر بر تعداد و بیوماس علف‌های‌هرز

Table 5. Mean comparison for the effect of weed control and cultivar on weed number and biomass

رقم Cultivar	تعداد علف‌هرز (در متر مربع) Weed number (per m^2)	بیوماس علف‌هرز (گرم در متر مربع) Weed biomass (g m^{-2})
ترک Tork	16.17^{b}	93.00^{ab}
آزاد Azad	12.33^{cd}	73.50^{c}
آرمان Arman	13.83^{bc}	77.00^{bc}
هاشم Hashem	10.67^{d}	52.50^{d}
محلی Mahali	20.50^{a}	104.99^{a}

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter are not significant.

منابع

1. Aghaalikhani, M., Yadavi, A., and Modares Sanavi, S.M.A. 2006. Determination of critical period of weed control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lordegan. Journal of Agricultural Science 28: 118-124. (In Persian with English Summary).
2. Ahmad Khan, L., Gul, H., and Azim Khan, M. 2003. Effect of post-emergence herbicide for controlling weeds in canola. Asian Journal Plant Science 3: 294-296.
3. Baghestani, M.A., Lemieux, C., and Leroux, G. 2005a. Early root and shoot competition between spring cereal cultivars and wild mustard (*Brassica kaber*). Iranian Journal of Weed Science 1(1): 19-40. (In Persian with English Summary).
4. Baghestani, M.A., and Zand, E. 2004. Investigated morphophysiological characteristics of the affecting the competitive power of wheat with weed pterygium (*Goldbachia iaevigata* L) and wild oat (*Avena fatua*) In Karaj Region. Journal of Plant Pests and Diseases 72(1): 91-111. (In Persian with English Summary).
5. Crotser, P.M., and Wit, W.W. 2000. Effect of *Glycine max* L., canopy characteristics interference and weed free period on *Solanum ptycuntum* growth. Weed Science 48: 20-26.
6. Deihimfard, R., Hejazi, A., Zand, E., Baghestani, M.A., Akbari, G.A., and Soufizadeh, S. 2007. Evaluation of some characteristics affecting competitiveness of eight Iranian wheat cultivars with rocket weed. Weed Science 1: 59-78.
7. Farbodnia, A., Baghestani, M.A., Zand, E., and Nor Mohammadi, G. 2009. Evaluation of competitive ability of wheat cultivars against weeds Daphnia. Journal of Plant Protection 2(23): 47-81. (In Persian with English Summary).
8. Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2012. Weed interference affects dry bean yield and growth. Natural Science Biological 4: 10-15.
9. Hamzei, J., Mohammady Nasab, A.D., Khoie, F.R. Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. Critical period of weed control in three winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Turkish Journal of Agricultural and Forestry 31: 83-90.
10. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. Effect of additive intercropping on suppressed weeds, yield and yield components of chickpea and barley. Journal of Crop production and Processing 3: 43-55. (In Persian with English Summary).
11. Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I., and Awan, M. 2009. Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research 15(1): 71-81.
12. Kavurmaci, Z., Karadavut, U., Kokten, K., and Bakoglu, A. 2010. Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba*). International Journal of Agriculture and Biology 12: 318-320.
13. Khalil Tahmasbi, B., Taghi Alebrahim, M., Fakhari, R., Zand, E and De Prado, R. 2017. A look at the phenomenon of weed resistance to herbicides; from theory to exploitation. Weed Research Journal 9(1): 83-101. (In Persian with English Summary).

14. Lance, R.G., and Liebman, M. 2003. A laboratory exercise for teaching critical period for weed control concepts. Weed Technology 17: 403-411.
15. Majnoun Hosseini, N. 2008. Agronomy and Production of Legume. Jahad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. (In Persian).
16. Malek Maleki, F., Majnoun Hosseini, N., and Alizade, H. 2013. A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. Electronic Journal of Crop Production 6 (2): 135-148. (In Persian with English Summary).
17. Martin, S.F., Van Acker, R.C., and Friesen, L.F. 2001. Critical period of weed control in spring canola. Weed Science 49: 326-333.
18. Mazaheri, D., Movahedi Dehnavi, M., Seyed Hadi, M.R., and Darzi, M.T. 2006. Plant Ecology. Publications by Tehran University. Iran. (In Persian).
19. Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F.R., Mohammadi, S.A., and Zehtab Salmasi, S. 2005. Critical period of weed interference in chickpea. Weed Research 45:57-63. (In Persian with English Summary).
20. Parsa, M., and Bagheri, A. 2013. Pulses. Publications by Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).
21. Pour Azar, R., and Ghadiri, H. 2000. Wild Oats competition with three varieties of wheat in greenhouse situation, effects of plant density. Journal of Crop Science 3(2): 59-72.
22. Pour-Taheri, S.N., Rahimi, M.M., Vaezi, B., and Ahmadikhah, A. 2012. Effect of seed density and weed control on yield and yield componentsof two lentil dryland-specific cultivars in subtropical conditions. Electronic Journal of Crop Production 4(5): 135-149. (In Persian with English Summary).
23. Rohrig, M., and Stutzel, H. 2001. Canopy development of *Chenopodium album* in pure and mixed stands. Weed Research 41: 111-228.
24. Sadeghi, H. 2001. Identifying traits affecting the competitiveness of soybean (*Glycin max* L) with weed for use in breeding programs. MSc. Thesis, Higher Education Complex Aboureyhan. University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
25. Santos, B.M., Dusky, J.A., Stall, W.M., and Gilreath, J.P. 2004. Influence of common lambsquarter (*Chenopodium album* L.) densities and phosphorus fertilization on sugarbeet. Crop Protection 23: 173-176.
26. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Dabbagh Mohammadinasab, A. 2009. Influence of nitrogen and weed interference on grain yield, yield components and leaf chlorophyll value of Soybean. Journal of Sustainable Agriculture 1: 1-23. (In Persian with English Summary).
27. Walley, F.L., Clayton, G.W., Miller, P.R., Carr, P.M., and Lafond, G.P. 2007. Nitrogen economy of pulse crop production in the northern Great Plains. Agronomy Journal 99: 1710-1718.
28. Watson, P.R., Derksen, D.A., Van Acker, R.C., and Blrvine. M.C. 2002. The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. Proceedings of the 2002 National Meeting-Canadian Weed Science Society Pp: 49-57.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 100-110 (Research Article)

Evaluation of yield components, yield and competitive power of chickpea cultivars under weed interference

Seyedi[1*], S.M. & Hamzei[2], J.

1. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran
2. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; j.hamzei@yahoo.com

Received: 6 January 2020
Accepted: 29 April 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84964

Introduction

Weeds are among the main limiting factors in agriculture. In fact, the problem of weeds is a basic problem in farms, which can lead to major yield loss. Weeds can decrease soil nutrients and threaten crops by competing for water and light or by their allelopathic effects. Crop yield losses due to weeds depend on a number of factors such as grown species, weed number per area, weed competitive value, and crop developmental stage. Weeds can decrease grain quality, cause unequal maturation and harvesting difficulties, and act as the hosts for pathogens and pests. In addition, environmental and human health impact of herbicides, increasing resistance to herbicides, scarce by herbicides and increased conservation agriculture were the main factors stimulating the interest in developing new weed control methods. Chickpea is a weak crop against weed. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the earliest cultivated legumes and has been found in the Middle East 7500-years ago. It plays an important role in human nutrition as a source of protein, energy, fiber, vitamins, and minerals for large population sectors in the developing world and is considered a healthy food in many developed countries.

Materials and Methods

In order to evaluate yield components, yield and competitive power of chickpea cultivars, an experiment was conducted on a sand claysoil at the Agricultural Research Station (latitude 35˚1' N, longitude 48˚31' E and 1690 m altitude), Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran. The long-term average air temperature and average air temperature during the growing season was 12.5˚C and 22˚C, respectively. The experiment was done within two seasons, 2013 and 2014. The same field was used in both years and the same treatments were applied to the same plots. Experiment was conducted as the factorial based on randomized complete block design (RCBD) with three replications. Experimental treatments included weeding, no weeding of weeds, and five cultivars of chickpea (Tork, Hashem, Arman, Azad and Mahali). Analysis of variance was used for statistical analyses (Version 9.2, SAS). Differences between treatments were compared by least significant difference (LSD) test at the 5% probability.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effect of weed control on all traits except harvest index was significant. The effect of cultivar on all traits except harvest index was significant. The effect of weed control × cultivar interaction was statistically significant only on grain and biological yield. The highest grain yield (136.00 g m^{-2}) was obtained for Hashem cultivar in weeding condition. The lowest value of this trait with about 75% reduction was obseverd for Mahali cultivar under no weeding condition. Maximum biological yield (394.75 g m^{-2}) was observed for Hashem cultivar under weeding condition and the lowest value, with about 70% reduction, was found for Mahali cultivar under no weeding condition. Maximum and minimum weed biomass (104.99 and 52.50 g m^{-2}, respectively) and weed density (20.50 and 10.67 per m^2) was found for

***Corresponding Author:** mohsensayyedi@yahoo.com

Hashem and Mahali cultivar, respectively. Therefore, results showed that the highest ability withstand competition (52.30) was observed for Hashem cultivar, and the lowest value of this index (39.12) was for the Mahali cultivar. The results showed that increasing the biomass of chickpea plants increased the ability withstand competition index, and decreased weed density and weed biomass. Therefore, Hashem cultivar can be known as a resistant cultivar against weeds, but Mahali cultivar has the lowest ability against weed invasion. In general, the use of resistant varieties is a good solution to reduce weed damages.

Conclusion

The results of this experiment showed that the yield of different chickpea cultivars decreased in the presence of weeds. However, yield reduction in different cultivars was not the same. As a result, Hashem and local cultivars were identified as the strongest and weakest cultivars against weeds, respectively. By evaluating the yield of different chickpea varieties and competitiveness index, the varieties with good competitive ability in the presence of weeds can be identified. Additionally, this has the potential for weed control management without chemical herbicides.

Keywords: Ability withstand competition, Weed, Weeding, Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۲۶-۱۱۱، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 111-126 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84409

اثر همزیستی میکوریزایی و سودوموناس بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) تحت شرایط تنش رطوبتی

محمد صالحی[۱]، علی فرامرزی[۲*]، منوچهر فربودی[۳]، ناصر محبعلی‌پور[۴] و جلیل اجلی[۵]

۱- دانشجوی سابق دکتری، رشته زراعت، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ mohsale@gmail.com
۲- استادیار گروه اکولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران
۳- استادیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ farboodi@gmail.com
۴- استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ n.mohebalipour@gmail.com
۵- استادیار گروه اکولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ jalil.ajali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۴

چکیده

آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی۹۴-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی- آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه اجرا شد. تیمارهای تنش رطوبتی در سه مرحله شامل: آبیاری معمولی، قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی و تیمارهای تلقیح شامل: بدون تلقیح، تلقیح با گلوموس موسه، تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹و تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بود. بر اساس تجزیه واریانس داده ها، اثر تیمارهای تنش رطوبتی براساس اکثر صفات رشدی معنی‌داری بود و از لحاظ نوع تلقیح به غیر از صفات تعداد برگ در بوته و قطر ساقه، از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تنش رطوبتی در مرحله گلدهی بیشترین کاهش در محتوی نسبی آب برگ را منجر گردید. تلقیح گلوموس موسه به ترتیب منجر به افزایش ۴۴/۳ و ۸/۴ درصدی وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. مرحله تشکیل غلاف حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه براساس نیاز به آبیاری تعیین گردید. تلقیح توأم سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و گلوموس موسه به‌طور هم‌افزایی موجب بالاترین وزن خشک ساقه+غلاف، درصد کلونیزاسیون ریشه و درصد نیتروژن دانه شد. بیشترین میزان پروتئین دانه با ۱۶/۵ درصد در تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن غلاف و در تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ مشاهده شد. تلقیح سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بالاترین پاسخ رشد میکوریزایی را در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تلقیح، تنش خشکی، سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، کلونیزاسیون، گلوموس موسه، ماش

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) در گروه حبوبات خشک قرار دارد که شامل گونه‌هایی از جنس *Phaseolus* است. تقریباً ۹۰ درصد تولید ماش در مقیاس جهانی در آسیا تولید می‌شود (Vijayalashmi *et al.*, 2003). این گیاه جهت بهبود سیستم‌های زراعی به‌صورت علوفه یا غلاف‌های سبز و بذور برای سبزیجات استفاده می‌شود و تقریباً در تمام طول سال رشد می‌کند. دانه ماش از لحاظ پروتئین و آمینواسیدها غنی و شامل حدوداً ۲۵ درصد پروتئین است که تقریباً سه برابر غلات می‌باشد (Tantasawat *et al.*, 2010). بنابراین، ماش به‌عنوان منبع باارزشی از پروتئین در جوامع روستایی و کشورهای درحال‌توسعه، جاهایی که پروتئین‌های گوشت در جیره غذایی عموم غالب نیست، مصرف می‌شود.

تنش خشکی یک فاکتور محدودکننده خیلی مهم در مرحله استقرار و رشد گیاه است که روی رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد (Shao *et al.*, 2008)؛ به‌طوری که ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری در سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) (Heuer & Nadler, 1995) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculaat*) (Manirannan *et al.*, 2007) تحت تأثیر شرایط تنش آبی قرار گرفت. کاهش در ارتفاع گیاه با کاهش در بزرگی سلول و افزایش پیری برگ تحت تنش آبی در ارتباط است (Bhatt & Srinivasa, 2005). همچنین در سویا، طول ساقه تحت شرایط کمبود آب کاهش یافت (Specht *et al.*, 2001) و کاهش بیش از ۲۵ درصدی ارتفاع در نهال‌های مرکبات که در معرض تنش آب بودند، مشاهده شد (Wu *et*

* **نویسنده مسئول:** aliifaramrzii52@gmail.com

al., 2008). تنش آبی به‌طور زیاد از گسترش سلول و رشد سلول به دلیل فشار تورگر پایین جلوگیری می کند. در ارزن تنظیم اسمزی باعث حفظ تورگر سلول برای زنده‌مانی شد یا رشد گیاه تحت شرایط خشکی سخت‌تر را موجب گردید (Shao *et al.*, 2008). توسعه سطح برگ بهینه برای فتوسنتز و عملکرد ماده خشک مهم است. تنش کمبود آب رشد برگ و نیز سطح برگ را در گونه‌هایی همانند سپیدار (Wullschleger *et al.*, 2005) و بسیاری گونه‌های دیگر به شدت کاهش داد (Farooq *et al.*, 2009). وزن‌تر زیاد گیاه و وزن خشک برگ تحت شرایط محدود آب از ویژگی‌های قابل‌تحسین هستند. یک اثر مضر معمول تنش آب روی گیاهان کاهش در تولید بیوماس خشک و تر گیاه می‌باشد (Farooq *et al.*, 2009). بهره‌وری گیاه تحت تنش خشکی به‌شدت به فرایندهای تشکیل ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس مربوط است (Kage & Stutzel, 2004). کاهش بیوماس به دلیل تنش آب تقریباً در همه ژنوتیپ های آفتابگردان مشاهده شده است (Tahir & Mehid, 2001). بااین‌حال، برخی ژنوتیپ‌ها تحمل به تنش بهتری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها نشان می دهند. در ژنوتیپ‌های چغندرقند، تنش آبی ملایم روی وزن خشک‌ریشه اثر گذاشت، درحالی‌که وزن خشک ساقه بیشتر از وزن خشک‌ریشه تحت تنش شدید کاهش پیدا کرد (Mohammadian *et al.*, 2005). در آزمایشی مشاهده شد که رشد برگ در گندم در مقایسه با ذرت بسیار حساس به تنش آب بود (Sacks & Burman, 1997). کاهش بیوماس در سویا (Tadayyon & Soltanian, 2016)، لوبیا معمولی و ماش (Webber *et al.*, 2006) تحت شرایط تنش خشکی نیز مشاهده شده است. لذا تنش خشکی روی رشد، ماده خشک و عملکرد قابل‌برداشت در تعدادی از گونه‌های گیاه اثر می‌گذارد، اما تحمل هریک از گونه‌ها به این تهدید به‌طور برجسته‌ای متفاوت است. در تحمل به خشکی و تولید بیوماس بالا کشت گیاهان با سیستم ریشه‌ای منشعب، به دلیل توانایی که آن‌ها در استخراج آب بیشتر از خاک و انتقال آن به قسمت‌های بالای زمینی جهت فتوسنتز دارند، روش سودمندی می باشد (Jaleel *et al.*, 2009). روابط همزیستی بین قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (AM) و ریشه‌های گیاهان عالی در طبیعت گسترده است و چندین مطالعات اکوفیزیولوژیکی اثبات کرده است که همزیستی آربسکولار میکوریزا جزء کلیدی در کمک‌کردن به گیاهان جهت غلبه بر تنش آبی و افزایش مقاومت به خشکی است (Esmaielpour *et al.*, 2013; Mousavi *et al.*, 2006). با توجه به لزوم استفاده از روش‌های طبیعی و ارگانیک در افزایش عملکرد به منظور کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و معرفی بهترین سویه قارچ و باکتری همزیست با ریشه گیاهان بر اساس رقم زراعی و سازگاری با اقلیم مختلف، این پژوهش با هدف بررسی نقش تلقیح گلوموس موسه، سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و تلقیح توأم آن‌ها در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش در شرایط مختلف تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت در نیمه اول خرداد ماه سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه انجام شد. طرح آزمایشی به‌صورت اسپیلت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. مشخصات طرح آزمایشی شامل ۳۶ کرت هر کدام به ابعاد ۳ ×۱/۵ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر که به‌صورت پشته و فاصله بین تکرارها ۷۵سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل شِش ردیف کاشت بود. تراکم کاشت مطلوب ۱۸۰ بوته در هر کرت (۵×۵۰ سانتی‌متر) و عمق کاشت مطلوب دو تا سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Habibzadeh *et al.*, 2011). بر اساس نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک (جدول ۱) به هنگام کاشت کود اوره (محتوی ۴۶ درصد نیتروژن) به نسبت ۵۰ کیلوگرم در هکتار در هر واحد آزمایشی استفاده شد. تیمارهای اعمال‌شده شامل عامل اصلی نوع تلقیح: بدون تلقیح، تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، تلقیح با قارچ گلوموس موسه و تلقیح توأم با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹+ گلوموس موسه و عامل فرعی تنش شامل آبیاری نرمال، قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی بود. لازم به ذکر است که باکتری سودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کرج تهیه گردید. محلول سوسپانسیون تهیه شده حاوی 10^8تا 10^9 عدد باکتری زنده و فعال بود و قارچ گلوموس موسه از شرکت زیست‌فناور توران فراهم شد که در هر گرم حاوی تقریباً ۳۰ قارچ زنده و فعال بود که از طریق کشت روی گیاه میزبان تکثیر شده بود. رقم پرتو ماش از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. عمل تلقیح بذور با باکتری صبح هنگام انجام شد. بدین صورت که بذور با ۵۰ میلی لیتر محلول سوسپانسیون باکتری با غلظت10^8- 10^9 سلول در هر میلی لیتر به‌طور کامل مخلوط گردید، به‌طوری‌که بذور کاملاً در محلول باکتری غوطه‌ور شود. جهت افزایش چسبندگی باکتری‌ها به بذور از محلول ۲درصد شکر استفاده شد. سپس بذور روی کاغذ ضخیم در سایه پخش گردیدند تا خشک شوند. آبیاری نخست موسوم به خاک آب در ۱۹خردادماه انجام شد. آبیاری‌های بعدی متناسب با تیمارهای

مربوط انجام گرفت که شامل قطع آبیاری در مرحله گلدهی، قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی و آبیاری نرمال بود. به منظور محاسبه میزان آبیاری واحدها از روش (WSC[1]) فلوم تیپ۳ استفاده شد. متعاقباً علف‌های‌هرز مزرعه به‌صورت دستی در طول مراحل رشد ماش کنترل گردید و از زمان سبزشدن بذرها تا برداشت نهایی هیچ‌گونه علائم آفت و بیماری در محصول مشاهده نشد. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول۱ و میانگین بارش و دمای ماهانه در سال ۱۳۹۵ در جدول ۲، آمده است.

صفات مربوط به وزن خشک

ارتفاع بوته: میانگین ارتفاع ۱۰گیاه از هر کرت به طور تصادفی اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری گردید.

تعداد برگ: میانگین تعداد برگ در هر ۱۰بوته شمارش و یادداشت گردید.

وزن خشک برگ: پس از خشک‌کردن برگ بوته‌های انتخاب شده به‌طور تصادفی در دمای اتاق وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال توزین شد.

وزن خشک ساقه+غلاف: از توزین وزن خشک ساقه و غلاف ۱۰بوته انتخابی با ترازوی دیجیتال به‌دست آمد. ۵

وزن خشک گیاه: از مجموع وزن خشک برگ و ساقه+غلاف بوته‌های انتخاب‌شده از هر کرت محاسبه و یادداشت‌برداری شد.

تعداد شاخه برگی: میانگین تعداد شاخه برگی از ۱۰گیاه به‌طور تصادفی شمارش و یادداشت‌برداری شد.

قطر غلاف: تعداد غلاف ۱۰بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین قطر غلاف‌ها از قسمت میانی با استفاده از کولیس اندازه‌گیری و یادداشت شد.

محتوی نسبی آب برگ(درصد): اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) به روش Ritchie & Nguyen (1990) بدین صورت انجام شد که از آخرین برگ توسعه‌یافته تمامی تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری و در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شد و بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای۷۰درجه سلسیوس در آون قرار داده و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد. با قراردادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده‌هزارم در رابطه ۱، محتوی نسبی آب برگ به‌دست آمد.

رابطه ۱: $RWC=Fw-Dw/Sw-Dw \times 100$

که درآن، Fw: وزن تر؛ Dw: وزن خشک و Sw: وزن اشباع می‌باشد.

میزان نیتروژن دانه: با استفاده از روش گرهارد و دستگاه کجلدال که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می باشد، محاسبه شد (Bremmer & Mulvaney, 1982).

میزان پروتئین دانه: با به‌دست‌آوردن میزان نیتروژن و با استفاده از روش تبدیل، میزان پروتئین بذور محاسبه و یادداشت شد.

کلونیزاسیون ریشه: برای تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه از روش Giovannetti & Mosse (1980) استفاده شد. بر اساس این روش ریشه‌های رنگ‌آمیزی‌شده در سطح پتری دیش‌هایی که دارای شبکه مربعی بودند، پخش گردید و زیر بینوکولار مشاهده شدند و تعداد تقاطع‌های آن‌ها با خطوط عمودی و افقی تعیین شد. از بین این برخوردها آن‌هایی که با بخش کلونیزه‌شده ریشه تقاطع داشتند نیز به طور جداگانه شمارش شدند و به صورت کسری از کل تقاطعات به دست آمدند. چنانچه این کسر در ۱۰۰ ضرب شود، کلونیزاسیون ریشه به صورت درصد به دست می‌آید (رابطه۲):

رابطه ۲:

۱۰۰× تعداد کل تقاطع‌های بین ریشه و شبکه/ تعداد تقاطع‌های ریشه میکوریزایی با شبکه = میزان کلونیزاسیون ریشه

جهت تعیین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی از روابط ۳ و ۴ زیر استفاده شد (Amraie *et al.*, 2015).

رابطه ۳:

۱۰۰× وزن دانه گیاه میکوریزایی /(وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی- وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصد وابستگی میکوریزایی

رابطه ۴:

۱۰۰× وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی/ (وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی- وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصدپاسخ رشد میکوریزایی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تجزیه واریانس از نرم‌افزار MSTAT_C[2] و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) و نرم‌افزار SPSS Ver. 16 و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2013) استفاده گردید.

۱. Washington State College

۲. Manufactured by Plant and Soil Science Michigan State University, Est lansing

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Results of soil physicochemical analysis at the site of the experiment

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	آهک (درصد) Lime (%)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silty (%)	شن (درصد) Sand (%)	بافت خاک Soil texture	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلو گرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	رطوبت اشباع خاک (درصد) S.P (%)
1.107	7.76	25.7	48	29	23	Clay	1.5	0.1	5.70	301	75.19

جدول۲- میانگین بارش و دمای ماهانه در سال ۱۳۹۵

Table 2. The monthly average precipitation and temperature in 2016

ماه Month	دما (سلسیوس) Temperature (°c)		بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
	ماکزیمم Maximum	مینیمم Minimum	
خرداد May	31.5	14.5	15.8
تیر June	35.9	20.0	0.4
مرداد July	37.4	20.6	0
شهریور August	34.3	17.5	20.3

منبع: ایستگاه سینوپتیک و هواشناسی میانه. ایران

Source: Miyaneh Synoptic and Meteorological Station. Iran

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که بین سطوح اصلی تنش خشکی و نوع تلقیح از لحاظ ارتفاع بوته به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$) و یک درصد ($P<0/01$) وجود دارد. اختلاف بین اثرات متقابل نوع تلقیح×تنش رطوبتی در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$) معنی‌دار گردید (جدول۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش رطوبتی ارتفاع بوته در تیمارهای قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی به ترتیب ۲۱/۱ درصد و ۲۹/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که رشد کم یک حالت سازگارکننده برای زنده‌ماندن گیاه در شرایط تنش است؛ به این دلیل که گیاه مواد غذایی و انرژی را به‌جای استفاده برای رشد شاخساره به سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش هدایت می‌کند (Khalid, 2006). نوع تلقیح در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه در شرایط تنش رطوبتی مؤثر بود، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در تیمارهای تلقیح با *Glomus mosseae* و تلقیح توأم *P. fluorescence*+*G.mosseae* strain 169 به ترتیب با ۳۰/۶ و ۶/۲ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ۴). اثر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر و پتاسیم را مهم‌ترین سازوکار در ارتباط با اثر آن بر رشد رویشی گیاهان ذکر کرده‌اند (Abdelhafez & Abdel-Monsief, 2006). اثر متقابل تیمار تنش رطوبتی و نوع تلقیح نشان داد که تیمار آبیاری نرمال+ تلقیح *G.mosseae* موجب افزایش ۵۲/۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد گردید و تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ *Pseudomonas fluorescence* strain 169 کاهش ۳۵/۹ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد را موجب شد (شکل۱). چنین به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش فشار تورژسانس سلول‌های ساقه در حال ازدیاد طولی و تولید مواد اصلی از فتوسنتز موجب می‌شود طول میانگره‌های ساقه و درنتیجه ارتفاع بوته به شدت کاهش یابد.

تعداد برگ در بوته

بر اساس نتایج، از لحاظ تعداد برگ در بوته بین سطوح مختلف تنش رطوبتی اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) مشاهده شد (جدول ۳). تنش رطوبتی در مرحله گلدهی ۲۴/۳ درصد و در مرحله غلاف‌بندی ۳۵/۲ درصد تعداد برگ در بوته را نسبت به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) کاهش داد (جدول ۵). کاهش در خصوصیات رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی در مرزه (Esmaielpour *et al.*, 2013) و گندم (Armin *et al.*, 2014) نیز گزارش شده است. اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ در بوته بین تیمارهای نوع تلقیح مشاهده نشد (جدول ۳). افزایش سطح ریشه عامل اصلی افزایش دسترسی به

آب و عناصر غذایی و بهبود رشدگیاه می‌باشد. در هنگام قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی ازیک‌طرف گیاه وارد فاز زایشی می‌شود که بدین دلیل کاهش در تعداد برگ‌ها مشهود بوده و از طرف دیگر برگ‌های پایینی تحت شرایط تنش ریزش کرده که موجب کمترین تعداد برگ در این مرحله از تنش خشکی شده است. از لحاظ تعداد برگ در بوته بین اثرات متقابل تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح مختلف تنش رطوبتی و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد وجود دارد (جدول ۳). بالاترین وزن خشک برگ در تیمار آبیاری نرمال با ۴/۲ گرم در بوته مشاهده گردید که با اعمال تنش در مرحله گلدهی و غلاف‌بندی کاهش در وزن خشک برگ مشهود بود، به طوری که این کاهش در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی نسبت به تیمار شاهد ۳۲/۰ درصد بود (جدول ۵). کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم‌شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد (Hu & Schmidhalter, 2005). تلقیح با گلوموس موسه منجر به بیشترین افزایش در وزن خشک برگ شد، به طوری‌که این افزایش نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد) ۴۴/۳ درصد بود (جدول ۴). تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، ۱۲/۹ درصد وزن خشک برگ را افزایش داد (جدول ۴). لذا تلقیح در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه از قبیل وزن خشک برگ مؤثر نشان داد. همزیستی میکوریزا اغلب منجر به تغییر سرعت حرکت آب در خارج و داخل گیاهان میزبان شده و روی آب‌گیری بافت و فیزیولوژی برگ اثر می‌گذارد (Ague *et al.*, 2001).

گاهی اوقات رابطه همزیستی میکوریزا از طریق اجتناب از خشکی، گیاهان را در مقابل تنش حفظ می‌کند و این کار با افزایش جذب عناصر غذایی و سایر عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه انجام می‌شود (Ague *et al.*, 2001).

وزن خشک ساقه و غلاف

تجزیه واریانس صفات نشان داد بین سطوح مختلف تنش و نوع تلقیح از لحاظ وزن خشک ساقه+غلاف اختلاف معنی‌دار ($P< ۰/۰۵$) وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات حاکی از متغیربودن مجموع وزن خشک ساقه و غلاف از ۹/۹گرم در بوته در شرایط آبیاری نرمال تا ۶/۹ گرم در بوته در شرایط تنش قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی بود (جدول ۵).

اختلاف در جذب آب، عناصر غذایی معدنی و تولید ماده خشک در فواصل مختلف آبیاری عامل مهم تغییرات سرعت رشد محصول بیان شده است (Habibzadeh *et al.*, 2012). مقایسه میانگین مجموع وزن خشک ساقه+غلاف برحسب نوع تلقیح بیانگر وجود بالاترین مقدار در تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، با افزایش ۶/۴درصدی و کمترین این مقدار در تیمار تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با کاهش ۱۵/۳درصدی آن نسبت به تیمار بدون تلقیح می‌باشد (جدول ۴). با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح تنش و نوع تلقیح، سازوکار تلقیح تنش رطوبتی در کاهش معنی‌دار ضریب تخصیص مواد به غلاف و کارآیی مصرف نور از طریق اختلال در جذب عناصر غذایی و فرایند رشدی گیاه است. بر اساس میانگین داده‌های اثرات متقابل تیمارها مشاهده گردید که رابطه هم‌افزایی مثبت بین گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ در شرایط آبیاری نرمال بیشترین وزن خشک ساقه با ۱۱/۵ گرم در بوته را موجب شد (نمودار ۱).

وزن خشک کل تک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح مختلف تنش و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P< ۰/۰۵$) (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که تلقیح با گلوموس موسه در افزایش وزن خشک بوته بسیار مؤثر بود، اگرچه اختلاف معنی‌دار با میانگین وزن خشک کل بوته در تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ نشان نداد. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت تلقیح با گلوموس موسه با ۸/۴ درصد افزایش در وزن خشک کل بوته نسبت به تیمار بدون تلقیح موجب انتقال عناصر غذایی و مواد معدنی بیشتری از ریشه به اندام‌های هوایی شده است (جدول۴). در مطالعه‌ای گزارش شده است که گیاهان تلقیح شده با گونه‌های *G.intraradices* و *G. mosseae* در مراحل گلدهی تا رسیدگی میزان وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک برگ (LDW)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول (CGR) و میزان جذب خالص (NAR) بالاتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح نشان دادند (Habibzadeh *et al.*, 2012). تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی منجر به کاهش ۳۰/۶ درصدی وزن خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری نرمال) شد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Table 3. Variance analysis (Mean squares) of morphophysiological traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات Sources of variation	میانگین مربعات (Mean squares)					
	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته The number of leaves	وزن خشک برگ Dry weight of leaves	وزن خشک ساقه و غلاف Dry weight of stem+pod	وزن خشک کل تک بوته Dry weight of plant
تکرار Replication	2	9.307^{ns}	177.620*	0.604^{ns}	0.211^{ns}	1.527^{ns}
تنش رطوبتی Moisture stress	2	164.7*	307.863*	5.747*	31.417*	62.897*
اشتباه آزمایش Error	4	23.721	25.993	0.539	3.525	5.804
نوع تلقیح Inoculation	3	61.125**	25.651^{ns}	3.278*	5.318*	8.538*
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Inoculation×Stress	6	35.261*	33.321^{ns}	0.450^{ns}	2.104^{ns}	3.646^{ns}
اشتباه آزمایش Error	18	6.779	17.729	0.820	1.793	2.908
کل Total	35					
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation %		12.85	17.78	25.48	16.61	14.68

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Continue of table 3. Variance analysis (Mean squares) of morphophysiological traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات Sources of variation	میانگین مربعات Mean squares			
	درجه آزادی Degree of freedom	محتوی آب نسبی برگ Relative water content	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه در بوته The number of branches
تکرار Replication	2	77.622	1.456^{ns}	5.272*
تنش رطوبتی Moisture stress	2	1031.412*	1.354*	6.831*
اشتباه آزمایش Error	4	33/.764	0.913	0.591
نوع تلقیح Inoculation	3	55.910	0.225^{ns}	2.736**
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Inoculation×Stress	6	125.880	0.773^{ns}	1.138^{ns}
اشتباه آزمایش Error	18	119.081	0.556	0.531
کل Total	35			
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		21.56	25.48	10.58

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

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

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilezek) بر اساس اثرات فرعی نوع تلقیح

Table 5. Mean Comparison of morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) based on sub-effects of inoculation.

تیمار تنش خشکی Drought stress	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته The number of leaves per plant	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry weight of leaves (gr)	وزن خشک ساقه + غلاف Dry weight of stem+pod (gr)	وزن خشک کل (تک بوته) (گرم) Dry weight of plant (gr)	محتوی نسبی آب برگ Relative water content	تعداد شاخه در بوته The number of branch per plant
آبیاری نرمال Normal irrigation	24.375[a]	28.718[a]	4.289[a]	9.914[a]	14.203[a]	55.53[a]	7.496[a]
قطع آبیاری موقع گل دهی Cutting irrigation in flowering stage	19.227[b]	21.733[b]	3.456[b]	7.330[b]	10.786[a]	39.93[b]	7.129[a]
قطع آبیاری موقع غلاف بندی Cutting irrigation in pod filling stage	17.184[b]	18.588[c]	2.916[b]	6.935[b]	9.856[b]	56.40[a]	6.045[b]

در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه مشخص‌شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column, among means followed by same latter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%).

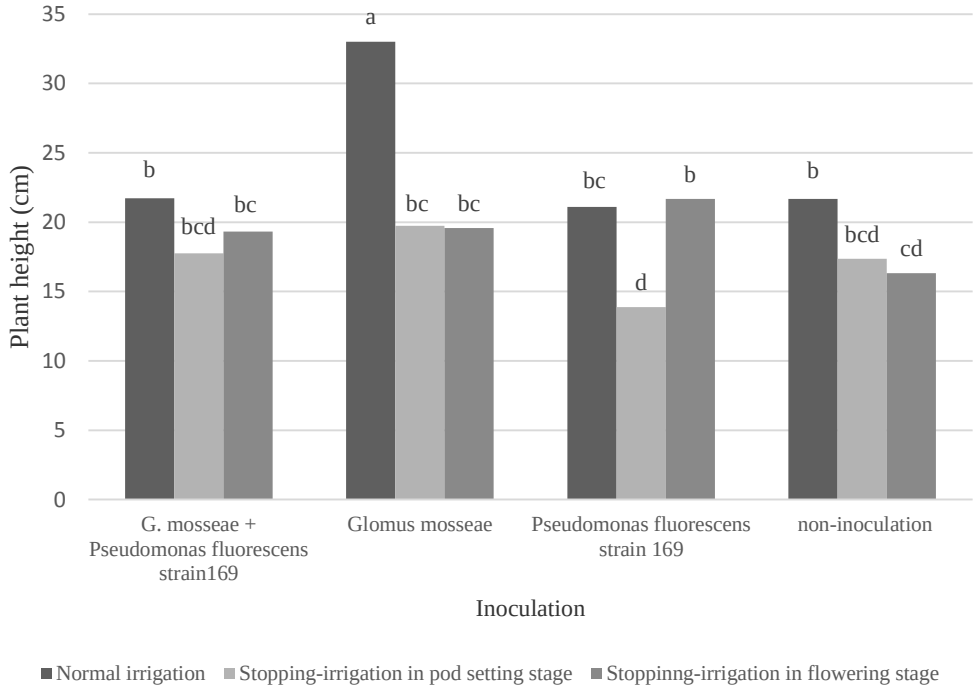
جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) بر اساس اثرات اصلی تنش خشکی

Table 4. Mean comparison of morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) based on the main effects of drought stress

نوع تلقیح Inoculation	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry weight of leaves (gr)	وزن خشک ساقه + غلاف (گرم) Dry weight of stem + pod (gr)	وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant (gr)	تعداد شاخه در بوته The number of branch per plant
بدون تلقیح No-inoculation	18.456[b]	3.067[b]	8.344[a]	11.411[ab]	6.694[b]
سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescence* 169	18.883[b]	3.259[b]	7.060[b]	10.319[b]	7.711[a]
گلوموس موسه *Glomus mosseae*	24.106[a]	4.426[a]	7.950[a]	12.376[a]	6.621[b]
گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ *Glomus mosseae* + *Pseudomonas fluorescence* strain 169	19.603[b]	3.463[b]	8.884[a]	12.354[a]	6.533[b]

در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه مشخص‌شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column among means followed by same latter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش رطوبتی و نوع تلقیح بر اساس ارتفاع بوته ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Fig. 1. Interaction effects of moisture stress and inoculation on height of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

محتوی نسبی آب برگ

نتایج حاصل، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارهای مختلف تنش از لحاظ محتوی نسبی آب برگ بود و بین اثر اصلی نوع تلقیح و اثرات متقابل نوع تلقیح×تنش رطوبتی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد (جدول۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد اثر قطع آبیاری موقع گلدهی بر کاهش محتوی نسبی آب برگ بیشتر بود، ولی تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی اثر معنی‌داری در محتوی نسبی آب برگ نسبت به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) نشان نداد (جدول۵). وقتی پتانسیل خاک کاهش می‌یابد، گیاهان برای حفظ قدرت جذب آب باید پتانسیل آب درونی را به‌قدری کاهش دهند تا به یک شیب مطلوب برسد. برای ایجاد جریان آب از خاک به داخل ریشه‌ها مهم‌ترین مکانیسم تنظیم اسمزی بیان شده است که گیاه پتانسیل اسمزی را توسط انباشتگی یون‌های آلی یا مواد محلول کاهش می‌دهد(Esmaielpour *et al.*, 2013).

تعداد شاخه در بوته

از آنجایی که شاخه‌های جانبی می‌توانند تعیین‌کننده تعداد برگ‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز باشند، بررسی این شاخص در شرایط تنش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rafie Shirvan & Asgharipoor, 2010). نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارهای مختلف تنش رطوبتی و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارهای نوع تلقیح است (جدول ۳). تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار در تعداد شاخه در بوته گردید، به‌طوری‌که بیشترین تعداد در تیمار آبیاری نرمال با ۷/۴ شاخه و کمترین آن در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی با ۶/۰۴ شاخه مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۹/۳درصد کاهش نشان می‌دهد (جدول ۴). در سایر تحقیقات نیز اثرات سطوح مختلف تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های بوته مورد بررسی قرارگرفته و روند نزولی تعداد شاخه جانبی در پتانسیل‌های منفی گزارش شده است (Leport *et al.*, 1998). در گیاهان تلقیح‌شده با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ افزایش ۱۵/۱درصدی تعداد شاخه در بوته نسبت به تیمار بدون تلقیح حاصل شد (جدول۵) که بیانگر نقش مثبت همزیستی سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ در افزایش تعداد شاخه در بوته است.

نیتروژن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد بین تیمارهای نوع تلقیح و برهمکنش نوع تلقیح×تنش رطوبتی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (جدول۶). مطابق جدول مقایسه میانگین صفات بر اساس اثرات اصلی تیمارها گیاهان تلقیح شده با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با میانگین ۲/۱ درصد بیشترین میانگین درصد نیتروژن را به خود اختصاص دادند؛ درحالی‌که بین سطوح مختلف تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۷). باکتری سودوموناس فلورسنت ۱۶۹ با قارچ گلوموس موسه به خاطر نقشی که به‌عنوان باکتری‌های کمک‌کننده دارند، موجب هم‌افزایی و اثر افزایشی بر فعالیت گلوموس موسه به خصوص از طریق افزایش سطوح جذب ریشه و هیف‌های قارچی گشته و افزایش در جذب نیتروژن و افزایش درصد نیتروژن دانه را منجر شده است. بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و کمترین این مقدار در تیمار آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ به ترتیب با ۲/۶ و ۱/۳ درصد مشاهده شد (جدول ۷). در نهایت، در این بررسی انجام همزیستی میکوریزایی بر درصد نیتروژن دانه تأثیر مثبت داشته و عکس‌العمل آن در شرایط دیم نسبت به آبیاری نرمال (شاهد) بیشتر بود.

پروتئین دانه

اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از لحاظ پروتئین دانه بر اساس نوع تلقیح و اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش رطوبتی مشهود می‌باشد (جدول۶). مطابق جدول مقایسه میانگین صفات بر اساس اثرات اصلی تیمارها کمترین مقدار پروتئین دانه در تیمار آبیاری نرمال مشاهده گردید و تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ منجر به بیشترین درصد پروتئین دانه با مقدار ۱۳/۲درصد شد (جدول ۷). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش رطوبتی، میزان پروتئین دانه ماش در شرایط تنش بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود و تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی و تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با ۱۶/۵درصد بیشترین پروتئین دانه را منجر شد (جدول ۷). محققان، افزایش در پروتئین دانه تحت تنش رطوبتی را در سویا (Navvabpour *et al.*, 2017) و آفتابگردان (Esmaielpour *et al.*, 2013) نیز گزارش کرده اند.

درصد کلونیزاسیون ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که این ویژگی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نوع تلقیح و در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثرمتقابل تیمارها قرار گرفت (جدول۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بر اساس اثرات اصلی نوع تلقیح بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه با ۴۶/۴ درصد مربوط به تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بود (جدول ۷). در گیاه ذرت، بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در شرایط ۳۳ درصدی ظرفیت زراعی و در همزیستی با گونه *G.mosseae* را ۸۲/۶۷درصد و کمترین میزان کلونیزاسیون را ۴۸درصد در شرایط ۱۰۰ درصدی ظرفیت زراعی و همزیستی با *G.intraradices* گزارش کرده اند (Shahhosini *et al.*, 2013). کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه نیز که معادل ۳۲/۴ درصد بود، به تیمار بدون تلقیح اختصاص یافت (جدول ۷). مشاهده گردید که با اعمال تنش رطوبتی میزان کلونیزاسیون ریشه کاهش یافت. تیمار عدم آبیاری در مرحله غلاف‌بندی و تلقیح همزمان گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، ۵۵/۳درصد کلونیزاسیون ریشه را موجب گردید که بالاترین درصد کلونیزاسیون بین تیمارهای آزمایشی بود (جدول ۷). کاهش درصد کلونیزاسیون با اعمال تنش احتمالاً به دلیل کاهش در تندش و رشد ریسه‌ها است (Ali Asgharzadeh, 2010). تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ نسبت به گلوموس موسه درصد کلونیزاسیون بیشتری را موجب شد (جدول۷). بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاه بزرک را ۳۲/۸۲درصد در تیمار بدون تنش خشکی و در تلقیح با گونه *Glomus intraradices* و کمترین این میزان را ۸/۶۸درصد در تیمار تنش شدید و شاهد بدون تلقیح گزارش نموده‌اند (Tadayyon & Soltanian, 2016).

درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی

تیمار گلوموس موسه به تنهایی بیشترین درصد میکوریزایی را به خود اختصاص داد که موجب شد ریشه‌های کم‌انشعاب ماش به دلیل وجود شبکه گسترده‌ای از ریسه‌های خارجی ناشی از قارچ گلوموس موسه در خاک به‌عنوان ادامه‌دهنده سیستم ریشه‌ای ضعیف گیاه عمل نموده و قادر سازد آب و مواد غذایی را از مناطق دور از دسترس ریشه به گیاه منتقل دهد. با اعمال تنش در مرحله غلاف‌بندی وابستگی میکوریزایی افزایش‌یافت (جدول ۸) که با وجود این، درصد

وابستگی میکوریزایی تلقیح دوگانه گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بیشتر از سایر تیمارهای تلقیح بود (جدول ۸). لذا تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی باعث داشتن گیاهانی باریشه‌های موئی کم شده و ریشه‌های ضعیف درصد وابستگی میکوریزایی بیشتری نسبت به شرایط رشدی نرمال و گیاهان دارای سیستم ریشه‌ای پرانشعاب داشتند. سایرین نیز درصد وابستگی میکوریزایی برای گیاهان در معرض تنش را نسبت به گیاهان دیگر بیشتر گزارش کردند (Omidi *et al.*, 2011). براساس جدول ۸، درصد پاسخ رشد میکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بوده و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بالاترین درصد پاسخ رشدی را در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی داشت (جدول ۸). چنین به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش رطوبتی گیاهان با همکاری میکوریزایی با سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ قابلیت دسترسی‌شان به عناصر غذایی، آب و مواد معدنی را با توجه به تولید مسلیوم و ریسه افزایش می‌دهند. بیان شده است که موتانت BSP53a سودوموناس فلورسنس عامل تولید زیادی اسید اندول استیک و توسعه ریشه در ماش می‌باشد (Glick, 2012).

نتیجه‌گیری

بین تیمارهای تنش رطوبتی بر اساس اکثر صفات رشدی تنوع معنی‌داری مشاهده شد و از لحاظ نوع تلقیح به غیر از صفات تعداد برگ در بوته و قطر ساقه در بقیه صفات اختلاف معنی‌دار بود. تنش رطوبتی اکثر پارامترهای رشدی گیاه را کاهش داد، به‌طوری‌که در مرحله گلدهی بیشترین کاهش در محتوی نسبی آب برگ را موجب شد. تلقیح گلوموس موسه به ترتیب باعث افزایش ۴۴/۳ و ۸/۴ درصدی وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. مرحله تشکیل غلاف حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه بر اساس نیاز به آبیاری تعیین گردید. میکروب‌های خاک توانست اثرات تنش رطوبتی را از طریق افزایش ارتفاع گیاه به‌طور مستقیم و وزن خشک ساقه و غلاف، وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه را به طور غیرمستقیم کاهش دهد. محتوی پروتئین دانه در شرایط تنش رطوبتی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود. قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی به همراه تلقیح گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با مقدار ۱۶/۵ درصد بیشترین محتوی پروتئین دانه را موجب گردید.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات درصد نیتروژن، درصد پروتئین دانه و درصدکلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L Wilczek)

Table 6. Variance analysis (mean squares) of nitrogen percentage of seed, grain protein percentage and root colonization percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات Sources of variation	میانگین مربعات Mean squares			
	درجه آزادی Degree of freedom	درصد نیتروژن دانه Nitrogen percentage of seed	درصد پروتئین دانه Protein percentage of seed	درصد کلونیزاسیون ریشه Root colonization percentage
تکرار Replication	2	3.090*	15.36*	0.033
تنش رطوبتی Moisture stress	2	0.382ns	1.826*	0.033ns
اشتباه آزمایش Error	4	0.483	2.724	0.021
نوع تلقیح Inoculation	3	0.005*	0.110**	0.30**
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Moisture stress×Inoculation	6	0.006*	0.113**	0.015*
اشتباه آزمایش Error	18	0.002	0.021	0.007
کل Total	35			
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		11.46	7.25	20.93

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

ns, * & **: No significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول۷ - مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه، درصد پروتئین دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Table 7. Mean comparison of nitrogen percentage of seed, grain protein percentage and root colonization percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

تیمارها Treatments	نیتروژن دانه (درصد) Nitrogen of seed (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	کلونیزاسیون ریشه (درصد) Root colonization (%)
آبیاری نرمال Normal irrigation	1.463^{a}	9.091^{b}	39.1^{a}
قطع آبیاری موقع گلدهی Cutting-irrigation in flowering stage	2.313^{a}	14.385^{a}	33.5^{a}
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی Cutting-irrigation in pod setting stage	2.319^{a}	14.420^{a}	44.0^{a}
بدون تلقیح No-inoculation	2.057^{a}	12.789^{b}	32.4^{d}
تلقیح باسودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescens* strain169	1.840^{b}	11.439^{c}	46.4^{a}
تلقیح با گلوموس موسه *Glomus mosseae*	2.097^{a}	13.037^{ab}	37.7^{c}
تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.133^{a}	13.263^{a}	38.9^{b}
آبیاری نرمال+بدون تلقیح Normal irrigation+No-inoculation	1.467^{h}	9.117^{h}	43.3^{d}
آبیاری نرمال+تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*Pseudomonas fluorescens* strain169	1.433^{h}	8.910^{h}	31^{j}
آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه Normal irrigation+*Glomus mosseae*	1.557^{g}	9.677^{g}	37^{g}
آبیاری نرمال+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	1.393^{h}	8.660^{i}	45^{e}
قطع آبیاری موقع گلدهی+ بدون تلقیح Cutting-irrigation in flowering stage+No-inoculation	2.397^{c}	14.903^{c}	23.7^{k}
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Cutting-irrigation in flowering stage+*Glomus mosseae*	2.250^{e}	13.990^{e}	36.6^{h}
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه Cutting-irrigation in flowering stage+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.263^{e}	14.077^{e}	36.6^{i}
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Cutting-irrigation in flowering stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.343^{d}	14.570^{d}	39.3^{f}
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ بدون تلقیح Cutting-irrigation in pod setting stage+No-inoculation	2.307^{de}	14.347^{d}	30.3^{j}
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ cutting-irrigation in pod setting stage+Glomus mosseae	1.837^{f}	11.417^{f}	49.3^{b}
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه Cutting-irrigation in pod setting stage+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.470^{b}	15.357^{b}	40.13^{e}
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ cutting-irrigation in pod setting stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.663^{a}	16.560^{a}	55.3^{a}

در هر ستون، بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه نشان داده‌شده‌اند، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column, among means followed by same letter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%).

جدول ۸- درصد پاسخ رشد میکوریزایی و درصد وابستگی میکوریزایی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) در تیمارهای مختلف

Table 8. Mycorrhizal growth response percentage and mycorrhizal dependency percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) under different treatments

تیمارها Treatments	وابستگی میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal dependency (%)	پاسخ رشد میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal growth response (%)
بدون تلقیح No-inoculation	0	0.0
تلقیح باسودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescens* strain169	10	20
تلقیح با گلوموس موسه *Glomus mosseae*	14	17
تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *G. mosseae*+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	16	16.6
آبیاری نرمال Normal irrigation	0	10.2
قطع آبیاری موقع گلدهی Stoppinng-irrigation in flowering stage	10	11
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی Stopping-irrigation in pod setting stage	10	11
آبیاری نرمال+بدون تلقیح Normal irrigation+ No-inoculation	0	0.00
آبیاری نرمال+تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	13	19
آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه Normal irrigation+ *Glomus mosseae*	17	17
آبیاری نرمال+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	11	18
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ بدون تلقیح Stopping-irrigation in pod setting stage+ No-inoculation	0	0.001
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stopping-irrigation in pod setting stage+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	13	16
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه Stopping-irrigation in pod setting stage+ *Glomus mosseae*	14	17
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stopping-irrigation in pod setting stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain 169	18	17
قطع آبیاری موقع گلدهی+ بدون تلقیح Stoppinng-irrigation in flowering stage+ No-inoculation	0	0.01
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *Glomus mosseae*	18	16
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	14	11
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *G. mosseae*+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	10	19

سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ به دلیل نقشی که به عنوان باکتری کمک‌کننده دارد، به طور هم‌افزایی روی فعالیت گلوموس موسه از طریق افزایش سطح جذب ریشه و ریسه‌ها موجب بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه، بالاترین پاسخ رشدی میکوریزایی، جذب نیتروژن و نهایتاً درصد نیتروژن دانه شد.

سپاسگزاری

برخود وظیفه می‌دانیم از زحمات آقایان دکتر علی ایمانی (بخش تحقیقات باغبانی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج)، دکتر حمیدرضا اصغری (دانشکده مهندسی کشاورزی- دانشگاه صنعتی شاهرود) و دکتر محمدباقر خورشیدی بنام (مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی) به خاطر مساعدت‌هایی که در تهیه مواد آزمایشی و اجرای آزمایش داشتند، تقدیر و تشکر نماییم.

منابع

1. Abdelhafez, A.A., and Abdel-Monsief, R.A. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of Cantaloupe and Cucumber under different water regimes. Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(6): 503-508.
2. Ali Asgharzadeh, N. 2010. Soil Microbiology and Biochemistry. Al-Dera Pal, Francis E Clark (Eds.). Publication of Tabriz University. Iran.
3. Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiae, M., Paknejad, F., and Rajae, F. 2015. Evaluation of the effects of biofertilizers (Mycorrhizal and Azotobacter) on yield and some agronomical characteristics in different wheat cultivars. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 12(2): 1-17. (In Persian with English Summary).
4. Armin, M., Sharifinia, M.R., and Mortazavi, E. 2014. The effects of mycorrhizal symbiosis in increased tolerance to drought stress in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Crop Ecophysiology 1(6): 1-15. (In Persian with English Summary).
5. Auge, R.M., Stodola, A.J.W., Times, J.E., and Saxton, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.
6. Bhatt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load response of Okra to water stress. Indian Journal of Plant Physiology 10: 54-59.
7. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, P: 595-624. In: A.L. Page, *et al.,* (Eds.), and Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph 9, Part 2, ^{2}nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
8. Esmaeilpour, B., Jalilvand, P., and Hadian, J. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology Journal (5)2: 169-177. (In Persian with English Summary).
9. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.
10. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
11. Glick, B.R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Volume 2012, Article ID 963401, PP: 15.
12. Habibzadeh, Y., Zardoshti, M.R., Pirzad, A., and Jalilian, J. 2012. Effect of mycorrhiza fungi on growth indices and grain yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under water deficit stress. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 2(60): 57-68. (In Persian with English Summary).
13. Heuer, B., and Nadler, A. 1995. Growth, development and yield of potatoes under salinity and water deficit. Australian Journal of Agricultural Research 46: 1477-1486.
14. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Plant Nutrition 168: 541-549.
15. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and Vam, R.P. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture & Biology 11: 100-105.
16. Kage, H., Kochler, M., and Stützel, H. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. European Journal of Agronomy 20: 379-394.
17. Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp). International Agrophysics 20: 289-296.
18. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomson, B.D., and Siddique, K.H.M. 1998. Water relation, gas exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy 9: 295-303.

19. Manirannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridharan, R., and Panneerselvam, R. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. by propiconazole under water deficit stress. Colloids Surf. B: Biointerfaces 57: 69-74.
20. Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., and Sadeghian, S.Y. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. Turkish Journal of Botany 29: 357-368.
21. Mousavi Jangali, S.A., Omani, B., Sharifi, M., and Hossein Nezhad, Z. 2006. Effect of phosphate soluble microorganisms with mycorrhiza on some quality traits and yield of corn (SC704). The 9th Congress of Agronomy and Plant Breeding, Karaj. Seed and Plant Improvement Research Institute. P: 1. (In Persian with English Summary).
22. Navvabpour, S., Hezar Jaribi, A., and Mazandarani, A. 2017. Investigating the effect of drought stress on important agronomic traits and protein and seed oil content in *Glycin max* L. genotypes. Environmental Stress in Crop Sciences Journal 4(10): 491-503. (In Persian with English Summary).
23. Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M.R. 2011. Evaluation of quality traits in Bastard saffron (*Carthamus tinctorius* L.) under the effect of azotobactor and mycorrhizal symbiosis. Journal of Agroecology 6(2): 338-324. (In Persian with English Summary).
24. Rafie Shirvan, M., and Asgharipoor, M.R. 2010. Response of yield and morphological traits of some mungbean, (*Vigna radiata* L.) genotypes to drought stress. New Agriculture Science Journal 15(5): 68-76. (In Persian with English Summary).
25. Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
26. Sacks, M.M., Silk, W.K., and Burman, P. 1997. Effect of water stress on cortical cell division rates within the apical meristem of primary roots of maize. Plant Physiology 114: 519-527.
27. Shahhosini, Z., Gholami, A., and Asghari, H.R. 2013. The Effects of mycorrhizal symbiosis on yield and some growth characteristics of maize under water deficit condition. Iranian Journal of Field Crop Science 2(24): 249-260. (In Persian with English Summary).
28. Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C., and Hong-Mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologie 331: 433-441.
29. Specht, J.E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G.L., Chung, J., Markwell, J.P., Germann, M., Orf , J.H., and Lark, K.G. 2001. Soybean response to water. A QTL analysis of drought tolerance. Crop Science 41: 493-509.
30. Tadayyon, A., and Soltanian, M. 2016. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on root colonization and phosphorus uptake of linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress conditions. Journal of Plant Processes Function 5(15): 147-156. (In Persian with English Summary).
31. Tahir, M.H.N., and Mehid, S.S. 2001. Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations under water stress and normal conditions. International Journal of Agricultural Biology 3: 236-238.
32. Tantasawat, P., Trongchuen, J., Prajongjai, T., Thongpae, T., Petkhum, Ch., Seehalak, W., and Machikowa, Th. 2010. Variety identification and genetic relationships of mung bean and black gram in Thailand based on morphological characters and SSR analysis. African Journal of Biotechnology 9(27): 4452-4464.
33. Vijayalakshmi, D., Amirthaveni, S., Devadas, R.P. Weinberger, K., Tsou, S.C.S., and Shanmugasundaram, S. 2003. Enhanced Bioavailability of Iron from Mungbeans and its Effects on Health of School Children. AVRDC technical Bulletin No. 30. Shanhua, Taiwan.
34. Webber, M., Barnett, J., Finlayson, B., and Wang, M. 2006. Pricing China's irrigation water. Working Paper, School of Anthropology, Geography and Environmental Studies, the University of Melbourne, Victoria, Australia. BMC. Plant Biology 10: 34-34.
35. Wu, Q.S., Xia, R.X. and Zou, Y.N. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. European Journal of Soil Biology 44: 122-128.
36. Wullschleger, S.D., Yin, T.M., DiFazio, S.P., Tschaplinski, T.J., Gunter, L.E., Davis, M.F., and Tuskan, G.A. 2005. Phenotypic variation in growth and biomass distribution for two advanced-generation pedigrees of hybrid poplar. Canadian Journal for Research 35: 1779-1789.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 111-126 (Research Article)

Symbiosis effects of *Mycorrhizal* and *Pseudomonas* on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under moisture stressed condition

Salehi[1], M., Faramarzi*[2], A., Farboodi[3], M., Mohebalipour[4], N. & Ajalli[5], J.

1. PhD. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; mohsale@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
3. Assistant Professor, Department of Soil Science, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; farboodi@gmail.com
4. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; n.mohebalipour@gmail.com
5. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran, jalil.ajali@yahoo.com

Received: 1 December 2019
Accepted: 13 May 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84409

Introduction

Environmental stresses especially drought are important and effective factors reducing plant production. Mung bean (*Vigna radiata* (L) Wilczek) from leguminosae family mostly grows in tropical areas and has a lower water requirement compared to other legumes. The role of mycorrhizal symbiosis to protect plants under drought conditions is considerable. The main effects of drought stress at the flowering stage are aborting flowers and eventually declining seed yield while the major effects of drought stress are on reproductive organs of plants in the pod filling stage. Therefore, effects of drought stress occurring due to lack of water are in different growth stages which can be divided into flowering and pod filling stages. The aim of this study was to improve some morphophysiological traits, nitrogen, protein, root colonization, mycorrhizal dependency and mycorrhizal growth response percentage of mung bean by *Glomus mosseae* and *Pseudomonas fluorescence* strain 169 symbiosis under different imposed moisture stress conditions.

Materials and Methods

A split plot Randomized Complete Block Design experiment with three replications was conducted in the research farm of Islamic Azad University of Miyaneh branch, Iran, during 2016. The main factors allocated to three levels of drought stress included: normal irrigation (control), stopping irrigation in flowering stage, stopping irrigation in pods formation stage. Sub-factor was considered for four treatments of inoculation including: non-inoculation (control), inoculation by *G. mosseae*, *P. fluorescens* strain169 and *G. mosseae+P. fluorescens* strain169. Parto variety of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) used in this study was provided by Seed and Plant improvement Institute, Karaj, Iran. Suspension solutions of *Pseudomonas fluorescens* strain169 with 108-109 live and active bacteria per ml (CFUml-1) were provided by Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran. Glomus mosseae was obtained from Zist Fanavaraneh Turan biotech firm, which had approximately 30 live fungi per gram and was produced by culturing in host plants, used in the form of soil mixed spores and hyphae. Inoculation of seeds by *Pseudomonas fluorescence* strain 169 was done in the morning by mixing them in an aluminum paper. The 2% glucose solution was added to increase the number of bacteria attached to seeds, and the seeds were then allowed to be dried in shadow. In order to increase the efficiency of fungi and bacteria in sowing time, seeds were not sterilized. Based on physicochemical analysis, the soil clay and organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium amount in

***Corresponding Author:** aliifaramrzii52@gmail.com

the experimental farm was 1.5%, 0.1%, 5.70 ($mg.kg^{-1}$) and 301 ($mg.kg^{-1}$), respectively. In this study, traits such as protein of seed (%), nitrogen of seed (%) and root colonization (%), relative water content (%) as well as mycorrhizal dependency (%) and mycorrhizal growth response (%) were measured, and the average of ten samples from each plot for plant height (cm), the number of leaves per plant, dry weight of leaves (g), dry weight of stem+pod (g), dry weight of plant (g), stem diameter (mm) and the number of branches were collected and calculated. All measured data were analyzed for simple analysis of variance using MSTAT-C software. Mean comparison was carried out by the Duncan test at 5% probability level using SPSS (Ver.16).

Results and Discussion

Results displayed significant variation among drought stress treatments for the majority of growth characteristics. Based on inoculation treatments, there were significant differences between all measured traits except the number of leaves per plant and stem diameter. Drought stress decreased the majority of morphophysiological traits. *Glomus mosseae* increased dry weight of leaves and dry weight of plant by 44.3% and 8.45% respectively. *G.mosseae* was more effective to increase growth characteristics of mung bean. According to water requirement, pods forming stage was the most sensitive growth stage. Co-inoculation of *P. fluorescence* strain 169+*G. mosseae* synergistically affected root colonization percentage and nitrogen percentage of seeds. Protein content of seeds in drought stressed condition was more than normal irrigation plots. Plants located in cutting irrigation in pods filling stage plots plus inoculated by *G. mosseae*+*P. fluorescence* 169 had the highest protein content of seed with average 16.560%.

Conclusion

This study indicated that major differences between *G. mosseae*, *Pseudomonas fluorescence* strain 169 and interaction of them for their ability to enhance growth characteristics of mung bean. *G. mosseae* and *P. fluorescence* strain 169 could alleviate drought stress effects through enhancing the plant height directly. Pod formation stage was identified as a susceptible growth stage of the plant under water deficit condition. In addition, stopping irrigation in pod formation stage had a high negative influence on the number of leaves and branches in plant. The majority of measured growth characteristics was positively affected by soil microbial mass. Plants inoculated by *P. fluorescence* 169+*G.mosseae* under cutting irrigation in pod filling stage had the highest root colonization by 55.3%. Synergistic effects of *G. mosseae* and *P. fluorescens* 169 increased dry weight of stem+pod, dry weight of plant, which seems to be an important finding for physiologists and soil scientists. *Glomus mosseae* individually improved plant height and dry weight of leaves in cooperation with other treatments.

Keywords: Colonization, Drought stress, Inoculation, Morphological traits, Mung bean

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۴۳-۱۲۷، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 127-143 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81231

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای تحت نظام‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و محمدحسن هاتفی فرجیان[3]

۱. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، mh-hatefifarajian@mail.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز با فلفل دلمه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گونه، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل آرایش‌های جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای، آرایش‌های افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کشت خالص هر دو گونه بود. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته لوبیاسبز برای کشت خالص به‌ترتیب معادل ۵۷۹۲۱/۷ و ۱۰۵۱/۰۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب معادل ۱۱۲۵۲/۵ و ۵۲۵/۸ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، بالاترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در کشت خالص و بالاترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای برای آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب معادل ۳۲۷۶۶/۷ و ۷۸۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز و افزایشی ۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب با ۲۱۱۸۳/۳ و ۲۱۸۸۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای برای آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز با ۳۵۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. در نهایت بیشترین مقدار نسبت برابری زمین کلی (به‌ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۲۵) از آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای به‌دست آمد. بدین منظور می‌توان از گیاهان خانواده بقولات در جهت افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد محصولات کشاورزی به‌خصوص سبزیجات و صیفی‌جات بهره برد.

واژه‌های کلیدی: تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد میوه، عملکرد نیام سبز، نسبت برابری زمین، وزن خشک بوته

مقدمه

بوم‌نظام‌های کشاورزی، محیط‌های دستکاری‌شده‌ای هستند که توسط کشاورزان مدیریت شده و همیشه در مراحل اولیه توالی اکولوژیکی قرار می‌گیرند. در این بوم‌نظام‌ها، شمار زیادی از گونه‌های گیاهی که از خاستگاه خود به دیگر مناطق جهان منتقل شده‌اند، کشت می‌شوند (Long *et al*., 2000). با توجه به نقش اکولوژیکی تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی اهمیت آن حتماً فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی مانند گردش مواد غذایی، کنترل علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی را در بر دارد (Altieri, 1999). ازبین‌رفتن تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی تهدیدی برای بقای این بوم‌نظام‌ها و در نهایت امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود (Koocheki *et al*., 2004).

یکی از راه‌های افزایش تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی، استفاده از چندکشتی است (Mclaughlin & Minrau, 1995). استفاده از کشت مخلوط به عنوان یکی از اجزای مؤثر در کشاورزی پایدار، ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم، آفت‌کش‌های شیمیایی و ثبات در بوم‌نظام‌های زراعی خواهد شد (Mahdavi Damghani *et al*., 2006). در کشت

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

مخلوط اگر کمبود منابع وجود نداشته باشد، رقابت فقط بر سر کسب نور است و نور عامل محدودکننده عملکرد محسوب می شود (Ottman & Welch, 1989). تفاوت در فرم و ساختمان گیاهان همراه در کشت مخلوط، امکان نفوذ نور بیشتر به داخل پوشش گیاهی و بهره‌برداری بهتر از آن را فراهم آورده و باعث افزایش تولید کشت مخلوط می‌گردد (Tsubo *et al*., 2004). در کشت مخلوط هنگامی حداکثر عملکرد به دست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند (Mazaheri, 1994). انتخاب گیاه زراعی همراه با نیازهای مشابه دارای اهمیت می‌باشد. به عبارت دیگر گیاهان زراعی همراه باید بر مبنای نیاز آبی و تغذیه‌ای گیاه اصلی انتخاب شوند (Farhoodi *et al*., 2003). گیاهان خانواده بقولات از جمله گیاهانی محسوب می‌شوند که به دلیل قدرت تثبیت نیتروژن از جایگاه ویژه‌ای در کشت مخلوط برخوردارند.

لوبیاسبز با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.) از خانواده بقولات (Fabaceae) می‌باشد. با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در گیاه لوبیاسبز، قراردادن آن در زراعت مخلوط به پایداری نظام‌های زراعی کمک می‌کند زیرا از عوامل عمده‌ای که در زراعت‌های مخلوط بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد، عنصر پرمصرف نیتروژن است (Bagheri *et al*., 2001). فلفل دلمه‌ای با نام علمی (*Capsicum annum* L.) از تیره سیب‌زمینی‌سانان (Solanaceae)، گیاهی است علفی و یک-ساله که از لحاظ اقتصادی دارای ارزش بالایی است (Khajehpoor *et al*., 2011). این گیاه از جمله سبزیجات مهم است که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری پرورش می‌یابد.

در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیاسبز بیشترین تعداد غده در تراکم پنج بوته سیب‌زمینی در واحد سطح مشاهده شد (Raei *et al*., 2011). در پژوهش دیگری، در بین شش آرایش کشت، سودمندی آرایش کشت متناوب ذرت شیرین و لوبیاسبز در خطوط مجزا (یک در میان) نسبت به کشت‌های خالص و مخلوط بهتر بوده و به عنوان مناسب‌ترین آرایش کشت مخلوط توصیه گردید (Najafi & Mohammadi, 2005). Pooramir *et al*, (2010) در بررسی اثر آرایش‌های مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های افزایشی نشان دادند که بیشترین مقادیر عملکرد دانه و زیست‌توده نخود از کشت خالص و کمترین عملکرد دانه و زیست‌توده از نسبت کشت ۱۰۰ درصد کنجد+۱۰درصد نخود به‌دست آمد. این محققان علت کاهش عملکرد را به‌دلیل کاهش نسبت نخود در مخلوط گزارش کردند. Mansoori *et al*, (2013) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا دریافتند که عملکرد دانه و زیست‌توده لوبیا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت، ولی در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگتر از یک بود و بر کشت خالص برتری داشتند. Jahani *et al*, (2008) گزارش کردند که در کشت مخلوط عدس و زیره سبز وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیست‌توده، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد دانه در هر چتر زیره‌سبز و عملکرد دانه آن به طور معنی‌داری افزایش می یابد. نتایج پژوهشی نشان داد که بین آرایش‌های کشت از نظر همه صفات مورد بررسی در لوبیاسبز و سورگوم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین از نظر نسبت برابری زمین، کشت دو ردیف سورگوم و یک ردیف لوبیا از بقیه تیمارها برتر بود (Aghaei *et al*., 2016). نتایج یک آزمایش نشان داد که برتری عملکرد گیاهان در کشت مخلوط نتیجه تثبیت و انتقال نیتروژن لگوم‌ها در زراعت مخلوط است (Chalk, 1996).

نظام کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم به علت استفاده مفید از منابع، عملکرد بیشتری را تولید می‌کند. کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی با ارزن در نواحی نیمه‌خشک، عملکرد ارزن را ۱۳ تا ۱۵ درصد افزایش داد (Hulet & Gosseye, 2000). Saime *et al*, (1998) گزارش کردند که عملکرد دو گیاه ذرت و لوبیا در کشت مخلوط آن‌ها بیشتر از تک‌کشتی این دو گیاه است. در آزمایش کشت مخلوط رازیانه با نخود عنوان شد که عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۴۸ درصد کاهش نشان داد، اما بیشترین مقدار نسبت برابری زمین از تیمار ۱:۱ حاصل شد (Awasthi *et al*., 2011). Carvalho *et al*, (2010) نیز اظهار داشتند کاهش عملکرد رازیانه در کشت مخلوط رازیانه با لوبیا و لوبیا چشم‌بلبلی بسیار پایین بود و کشت مخلوط سبب بهبود عملکرد نسبی رازیانه شد. در این مطالعه نسبت برابری زمین تحت شرایط کشت مخلوط افزایش نشان داد.

با درنظرگرفتن این موضوع که الگوی رشد اندام هوایی در این دو گیاه متفاوت است و نیز این‌که گیاهان خانواده بقولات، تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و باعث بهبود محتوی نیتروژن خاک می‌شوند و از طرفی فلفل دلمه‌ای به جهت افزایش عملکرد میوه، نیاز به نیتروژن دارد، این پژوهش با هدف مطالعه اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز با فلفل دلمه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در

۱۰کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا اجرا شد. در این مطالعه صفت‌های رشدی و عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل آرایش‌های جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰درصد فلفل دلمه‌ای، آرایش‌های افزایشی شامل ۲۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کشت خالص هر دو گیاه بود. ابتدا کرت‌هایی به ابعاد ۳/۵ در ۳ متر ایجاد و در داخل هر کرت شِش ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر نیز یک متر بود. کاشت لوبیاسبز رقم سان‌ری به وسیله بذر و فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیاواندر به وسیله نشای چهاربرگی به صورت همزمان در ۱۵خردادماه۱۳۹۵ در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بذرهای فلفل دلمه‌ای در اوایل بهار در گلخانه‌ای خصوصی در شهرستان فریمان، درون سینی نشا کاشته شد و نشای فلفل دلمه‌ای از این طریق تهیه گردید. بلافاصله پس از کاشت، آبیاری به منظور تسهیل در جوانه‌زنی بذر لوبیاسبز و همچنین استقرار نشای فلفل دلمه‌ای انجام گرفت و پس از آن آبیاری زمین هر پنج روز یک‌بار به روش نشتی انجام شد. در مرحله چهاربرگی، لوبیاسبز با تراکم مطلوب ۲۰ بوته در متر مربع (Raei *et al*., 2011) تنک شد. همچنین فاصله روی ردیف برای نشاء فلفل دلمه‌ای ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که در این صورت تراکم مطلوب آن، ۶/۶۶ بوته در متر مربع بود (Fateh & Barzegar, 2019).

در پایان فصل رشد، صفات و ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته برای لوبیاسبز و همچنین ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، طول و عرض میوه، قطر میوه، ضخامت گوشت میوه برای فلفل دلمه‌ای محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد، نیام سبز لوبیاسبز از اواخر تیرماه تا اواخر شهریورماه و میوه فلفل دلمه‌ای از اوایل مردادماه تا اواخر مهرماه، هر بار از سطحی معادل یک متر مربع جمع آوری شد. همچنین وزن خشک بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در انتهای فصل، از سطحی معادل یک متر مربع جمع‌آوری شد. برای ارزیابی کشت مخلوط فلفل دلمه‌ای با لوبیاسبز در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین براساس عملکرد اقتصادی (معادله ۱) استفاده شد (Vandermeer, 1989):

معادله ۱: $LER=(\frac{Y1}{B1})+(\frac{Y2}{B2})$

در این معادله Y_1 و Y_2 به‌ترتیب عملکرد گونه‌های لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت مخلوط و B_1 و B_2 نیز عملکرد گونه‌های لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای در کشت خالص است.

به منظور تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار Minitab-17 و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم شکل‌ها، نرم‌افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته ($p\leq$۰/۰۱) و تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته لوبیاسبز ($p\leq$۰/۰۵) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی با فلفل دلمه‌ای قرار گرفتند (جدول ۱).

همچنین ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، طول میوه، عرض میوه، قطر میوه، ضخامت گوشت میوه، وزن خشک بوته و عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای ($p\leq$۰/۰۵) به طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی با لوبیاسبز قرار گرفتند (جدول ۲).

ارتفاع بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای

بررسی اثر آرایش‌های کشت خالص و مخلوط جایگزینی و افزایشی بر ارتفاع بوته لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای نشان‌داد که بیشترین ارتفاع بوته لوبیاسبز با ۵۱/۶ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۳۹/۳ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای به علت تقسیم‌شدن مساوی کرت بین دو گیاه و همچنین استفاده از منابع محیطی به طور مساوی در دو گیاه، رقابت بین‌گونه‌ای کاهش یافته و لوبیاسبز توانسته ارتفاع خود را به طور مطلوبی افزایش دهد. در پژوهشی، بررسی عملکرد کمی و کیفی کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) با سویا (*Glycine max*) و لوبیاسبز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس در لگوم نشان داد که تأثیر آرایش کشت بر روی تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (Aghaei *et al*., 2016).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز

Table 1. Analysis of variance (mean square) of yield and yield components of green bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branch per plant	تعداد نیام در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در نیام Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	عملکرد نیام سبز در هکتار Green pod yield per hectare	وزن خشک بوته در هکتار Plant dry weight per hectare
تکرار Replication	2	52.05*	2.91ns	48.71ns	0.29**	1739.3ns	44945818ns	17894ns
تیمار Treatment	4	65.67**	3.8*	242.76*	0.16*	4840.6*	910021816**	145945**
خطا Error	8	6.12	0.77	41.17	0.03	805.8	30409084	11811
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)		0.05	0.1	0.19	0.03	0.17	0.17	0.13

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

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

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 2. Analysis of variance (mean square) of yield and yield components of bell pepper

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Height	تعداد میوه در بوته Number of fruit per plant	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	قطر میوه Fruit diameter	ضخامت گوشت میوه Fruit flesh thickness	وزن خشک بوته در هکتار Plant dry weight per hectare	عملکرد میوه در هکتار Fruit yield per hectare
تکرار Replication	2	2.88ns	0.15ns	0.28*	0.15ns	0.41**	0.004*	2188167ns	369319ns
تیمار Treatment	4	17.13*	14.87*	0.29*	0.43*	0.24*	0.003*	10089333*	65506999*
خطا Error	8	3.74	3.77	0.05	0.07	0.04	0.0005	1776083	14686429
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)		0.04	0.18	0.03	0.03	0.02	0.03	0.21	0.15

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

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

جدول ۳- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر اجزای عملکرد لوبیاسبز

Table 3. Effect of replacement and additive intercropping treatments on yield components of green bean

الگوهای کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخه فرعی (تعداد در بوته) Sub branch (No.plant^{-1})	نیام (تعداد در بوته) Pod (No.plant^{-1})	دانه (تعداد در نیام) Seed (No.pod^{-1})	دانه (تعداد در بوته) Seed (No.plant^{-1})
۲۵٪ لوبیاسبز+۷۵٪ فلفل دلمه‌ای 25% Gb+75% Bp	46.5ab*	8.1ab	49.0a	5.08a	231.3a
۵۰٪ لوبیاسبز+۵۰٪ فلفل دلمه‌ای 50% Gb+50% Bp	51.6a	8.8a	33.9ab	4.5b	163.8ab
۲۰٪ لوبیاسبز+۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 20% Gb+100% Bp	39.3c	6.1b	27.0b	4.9ab	122.5b
۴۰٪ لوبیاسبز+۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 40% Gb+100% Bp	42.3bc	8.0ab	30.3b	4.8ab	148.9b
۱۰۰٪ لوبیاسبز 100% Gb	43.3bc	9.0a	27.9b	5.0ab	163.9ab

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Gb: لوبیاسبز؛ Bp: فلفل دلمه‌ای

*Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.
Gb: Green bean; Bp: Bell pepper

به طور کلی، از نظر ارتفاع، آرایش‌های جایگزینی برتر از آرایش‌های افزایشی بود و این شاید به این علت بوده است که در آرایش‌های افزایشی با توجه به این‌که لوبیاسبز شکل رشدی رونده دارد و ارتفاع فلفل دلمه‌ای هم زیاد است و همچنین حداکثر تراکم کشت در فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کاشت افزایشی وجود دارد، فلفل دلمه‌ای با سایه‌اندازی، مانع رشد لوبیاسبز شده است.

همچنین، بیشترین ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای با ۵۱/۰سانتی‌متر در آرایش کشت خالص و کمترین آن ۴۵/۳سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول ۴- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر اجزای عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 4. Effect of replacement and additive intercropping treatments on yield components of bell pepper

الگوهای کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	میوه (تعداد در بوته) Fruit (No.plant^{-1})	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	قطر میوه (سانتی‌متر) Fruit diameter (cm)	ضخامت گوشت میوه (سانتی‌متر) Fruit flesh thickness (cm)
۷۵٪ فلفل دلمه‌ای+۲۵٪ لوبیاسبز 75% Bp+25% Gb	47.0ab*	11.1ab	7.8a	7.8a	7.03a	0.65ab
۵۰٪ فلفل دلمه‌ای+۵۰٪ لوبیاسبز 50% Bp+50% Gb	50.5ab	7.5b	7.5ab	6.8b	6.3b	0.58b
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای+۲۰٪ لوبیاسبز 100% Bp+20% Gb	45.3b	10.0ab	7.10b	7.06ab	6.5ab	0.67a
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای+۴۰٪ لوبیاسبز 100% Bp+40% Gb	47.8ab	10.1ab	7.2ab	7.1ab	6.9ab	0.63ab
۱۰۰٪ فلفل دلمه‌ای 100% Bp	51.0a	13.6a	7.18b	7.3ab	6.6ab	0.60ab

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Gb: لوبیاسبز؛ Bp: فلفل دلمه‌ای

*Means with the same letter(s) in each column have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.
Gb: Green bean; Bp: Bell pepper

نتایج آزمایشی بر روی کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین ارتفاع بوته (۴۵/۰۳ سانتی‌متر) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به دست آمد (Mobasser *et al*., 2018). در تراکم‌های بالا، احتمالاً با افزایش رقابت درون‌گونه‌ای طول میانگره‌ها زیاد می شود و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. این‌طور به نظر می‌رسد که معنی‌دارنشدن اثر آرایش‌های کشت مخلوط در مورد ارتفاع فلفل دلمه‌ای، عدم دریافت نور کافی و در نتیجه کاهش رقابت در جذب نور بوده است. از این‌رو رقابت نوری در بین دو گونه تقلیل یافته و ارتفاع، تحت تأثیر آرایش‌های کشت قرار نگرفته است (Kiani *et al*., 2014). طی آزمایشی بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع لوبیا در کشت‌های مخلوط، نسبت به خالص گزارش شده است (Rezvan Beidokhti, 2004). Tuna & Orak (2007) در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) گزارش کردند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. کاهش ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای با افزایش تراکم آن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش، اغلب ناشی از تشدید رقابت برون‌گونه‌ای در استفاده از منابع موجود بوده است. در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور و مواد غذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرارگرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Hashemi Dezfoli *et al*., 1998).

تعداد شاخه فرعی در بوته لوبیاسبز

بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته لوبیاسبز به‌ترتیب با ۹/۰ و ۸/۸ شاخه فرعی در آرایش کشت خالص و آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۶/۱ شاخه فرعی مشاهده گردید (جدول ۳). در اینجا نیز همانند ارتفاع، به نظر می‌رسد که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌دلیل تقسیم‌شدن مساوی کرت بین دو گیاه و همچنین استفاده به یک میزان از منابع

محیطی در دو گیاه، رقابت بین‌گونه‌ای کاهش یافته و لوبیاسبز توانسته شاخه فرعی خود را به طور مطلوبی افزایش دهد. در آرایش کشت خالص نیز به‌دلیل این‌که رقابت بین‌گونه‌ای وجود نداشته است، فضای لازم جهت افزایش تعداد شاخه فرعی برای بوته‌های لوبیاسبز فراهم شده و این صفت در این آرایش کشت افزایش داشته است. برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که تعداد شاخه‌های جانبی لوبیا در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به کشت خالص کاهش معنی‌داری نشان داد (Wahua *et al*., 1981). طبق پژوهشی که بر روی ترکیبات مختلف کاشت در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* L. Wilczek) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) انجام شده است، تعداد شاخه جانبی در بوته ماش از نظر تیمارهای آرایش کاشت اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری‌که تیمارهای ۵۰ درصد سیاهدانه+۵۰ درصد ماش (ردیف های متناوب) و ۷۵ درصد سیاهدانه+۲۵ درصد ماش (دو ردیف سیاهدانه+یک ردیف ماش) به‌ترتیب بیشترین (۷/۵ عدد) و کمترین (۶/۰۷ عدد) تعداد شاخه جانبی در بوته ماش را دارا بودند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2009).

تعداد نیام در بوته لوبیاسبز و میوه در بوته فلفل دلمه‌ای

بیشترین تعداد نیام در بوته لوبیاسبز با ۴۹/۰ نیام در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۲۷/۰ نیام در بوته مشاهده گردید (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌دلیل داشتن تعداد شاخه کمتر درمقایسه با سایر تیمارها، از تعداد نیام کمتری نیز برخوردار بوده است. در آزمایشی مشاهده شد که اثر آرایش کشت بر تعداد غلاف در بقولات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (Aghaei *et al*., 2016). Mardani *et al*, (2015) در آزمایشی نشان دادند که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با افزایش تراکم لوبیاسبز در آرایش‌های کشت مخلوط، تعداد نیام در بوته کاهش یافت. Elmore & Jackops (1984) و Wahua & Miller (1978) در کشت مخلوط سورگوم و سویا گزارش کردند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در بوته سویا کاهش یافت. نتایج مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط افزایشی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) و ماش، نشان داد که تعداد نیام در بوته در کشت ماش با تراکم‌های ۳۷/۵ و ۵۰درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد نیام در نسبت‌های کاشت ۱۲/۵ و ۲۵ درصد بود (Fathollahzadeh Dizaji & Mirshekari, 2013).

همچنین بیشترین تعداد میوه در بوته فلفل دلمه‌ای با ۱۳/۶ میوه در بوته در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه ای+۵۰درصد لوبیاسبز با ۷/۵ میوه در بوته مشاهده گردید (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که در آرایش کشت خالص با توجه به این‌که رقابت بین‌گونه‌ای وجود ندارد و به‌دلیل ارتفاع بیشتر در این آرایش کشت، ضمن این‌که نور بیشتری جذب کرده، توانسته است تعداد میوه خود را افزایش دهد. در آرایش‌های کشت مخلوط نیز آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵ درصد لوبیاسبز به‌دلیل غالب‌بودن فلفل دلمه‌ای و کاهش رقابت بین‌گونه‌ای توانسته است تعداد میوه خود را در مقایسه با سایر آرایش‌های کشت مخلوط، افزایش دهد. در کشت مخلوط گوجه‌فرنگی (*Licopersicon esculentum* Mill) با لوبیاسبز مشاهده شد که اثر نوع کشت بر تعداد میوه در بوته گوجه‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و تعداد میوه در بوته در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت مخلوط بود (Henareh *et al*., 2011). Raei *et al*, (2011) در بررسی اثرات تراکم لوبیاسبز و سیب‌زمینی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در کشت خالص و کشت‌های مخلوط دریافتند که اثرات تراکم‌های سیب‌زمینی و لوبیاسبز بر تعداد غده در سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

تعداد دانه در نیام و بوته لوبیاسبز

بیشترین تعداد دانه در نیام لوبیاسبز با ۵/۰۸ دانه در هر نیام در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۴/۵ دانه در نیام مشاهده گردید (جدول ۳). این‌گونه به‌نظر می‌رسد که با توجه به این‌که تعداد نیام در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای از سایر آرایش‌های کشت بیشتر بوده است و همچنین رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های لوبیاسبز نیز کمتر بوده، لوبیاسبز در این آرایش کشت توانسته تعداد دانه در نیام خود را افزایش دهد. Aghaei *et al*, (2016) در مطالعه‌ای نشان دادند که تأثیر آرایش کشت بر روی تعداد دانه در نیام معنی‌دار شد. Alizadeh *et al*, (2010) در مطالعه کشت مخلوط لوبیا و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum L.*) بیان داشتند که کشت ردیفی از نظر تعداد دانه در غلاف از سایر تیمارها بالاتر

بود و این از آن جهت قابل توجیه است که کشت ردیفی به خاطر عدم حضور گیاهان همنوع در ردیف‌های مجاور، کمترین رقابت درون‌گونه ای را متحمل شده است.

همچنین بیشترین تعداد دانه در بوته لوبیاسبز با ۲۳۱/۳دانه در بوته در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۱۲۲/۵ دانه در هر بوته مشاهده گردید (جدول۳). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با توجه به این‌که تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای از سایر آرایش‌های کشت بیشتر بوده است، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تعداد دانه در بوته نیز افزایش می‌یابد. Zaefarian & Bagheri Shirvan (2014) بیان داشتند که بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار ۵۰:۵۰ سویا: ریحان بود که به لحاظ آماری اختلافی با نسبت ۷۵:۲۵ سویا: ریحان نداشت. در پژوهش دیگری نیز بیان شده است که با افزایش تراکم و سایه اندازی بوته‌ها بر یکدیگر از تعداد شاخه در بوته کاسته می‌شود و عملکرد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Kashiri *et al.*, 2007).

طول، عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه فلفل دلمه‌ای

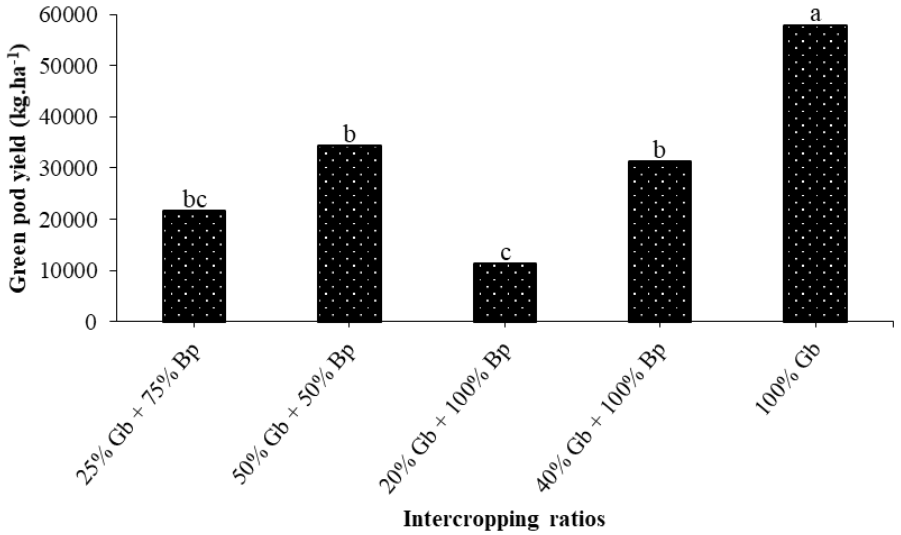
بیشترین میزان طول، عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب با ۷/۸، ۷/۸، ۷/۰۳ و ۰/۶۷ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵درصد لوبیاسبز و کمترین میزان طول میوه با ۷/۱سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز و کمترین میزان عرض، قطر و ضخامت گوشت میوه به‌ترتیب با ۶/۸، ۶/۳ و ۰/۵۸ سانتی‌متر در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه ای+۵۰درصد لوبیاسبز مشاهده گردید (جدول ۴). می‌توان چنین نتیجه گرفت که در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز درمقایسه با سایر الگوهای کشت مخلوط، به‌دلیل غالب‌بودن گیاه فلفل دلمه‌ای و همچنین کم‌شدن رقابت بین‌گونه‌ای بین لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای و درون‌گونه‌ای بین بوته‌های فلفل دلمه‌ای، گیاه فلفل دلمه‌ای توانسته ضمن استفاده بهینه از منابع موجود، تعداد میوه خود را افزایش داده و در نهایت شاخص‌های اندازه‌گیری شده در میوه نیز افزایش یافتند. در پژوهشی بر روی کشت مخلوط گل‌کلم (*Brassica oleracea* var. botrytis) با برخی سبزیجات، عنوان شد که بیشترین قطر بخش خوراکی گل‌کلم با ۲۴/۶۳ سانتی‌متر در کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط گل‌کلم و تربچه (*Raphanus sativus*) با ۲۲ سانتی‌متر مشاهده گردید (Yildirim & Guvence, 2005).

عملکرد نیام سبز و وزن خشک بوته لوبیاسبز

بیشترین عملکرد نیام سبز لوبیاسبز با ۵۷۹۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای با ۱۱۲۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۱).

Khamooshi (2014) در کشت مخلوط لوبیا و رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill) نشان داد که کشت خالص لوبیا بیشترین میزان عملکرد دانه را با ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که دلیل آن تراکم حداکثری لوبیا در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط بود. با افزایش حضور لوبیاسبز در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، به‌دلیل افزایش تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد نیام سبز لوبیاسبز افزایش یافته است. ممکن است در کشت مخلوط افزایشی به‌سبب افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت درون و برون‌گونه‌ای گیاهان زراعی بر سر منابع محیطی از جمله نور، آب و مواد غذایی افزایش یافته و باعث کاهش عملکرد نیام سبز شده باشد. از طرفی، از آن‌جایی که تعداد بوته‌های لوبیاسبز در واحد سطح در آرایش‌های کشت مخلوط کمتر از کشت خالص لوبیاسبز بود، بنابراین پایین‌بودن عملکرد نیام سبز در آرایش های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن، دور از انتظار نیست. Hamzei & Seyedi (2018) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با لوبیا نشان دادند که در کشت مخلوط، عملکرد دانه لوبیا نسبت به کشت خالص آن کاهش نشان داد. در آزمایشی بر روی کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت و سویا، بالاترین عملکرد دانه سویا از تیمار کشت خالص با ۳۱۵۷کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (Piri *et al.*, 2017). Rezvani Moghaddam *et al*, (2009) در کشت مخلوط ماش و سیاه دانه نشان دادند که تیمار کشت خالص، بیشترین عملکرد اقتصادی ماش را دارا بود.

همچنین بیشترین وزن خشک بوته لوبیاسبز با ۱۰۵۱/۰۳کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای با ۵۲۵/۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۲).



شکل ۱- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر عملکرد نیام سبز لوبیاسبز

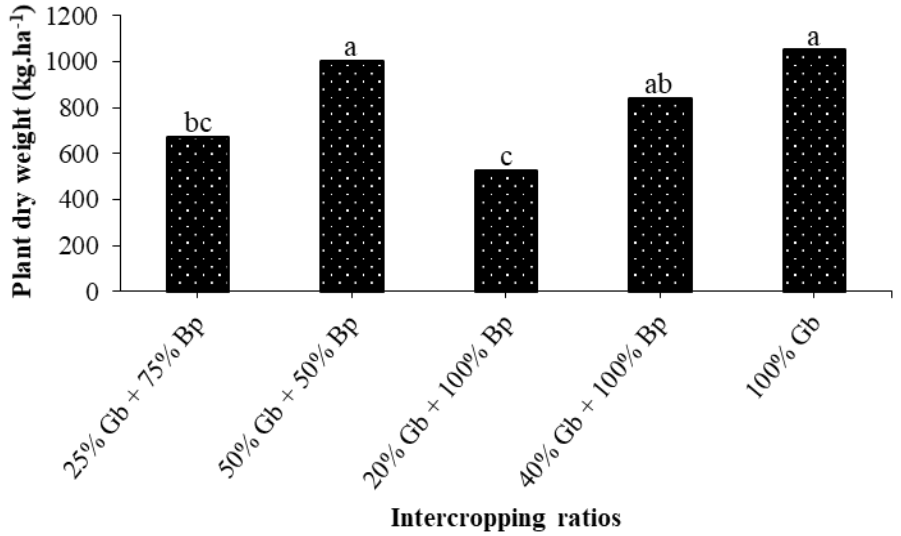
(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on green pod yield of green bean

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.



شکل ۲- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر وزن خشک بوته لوبیاسبز

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on plant dry weight of green bean

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

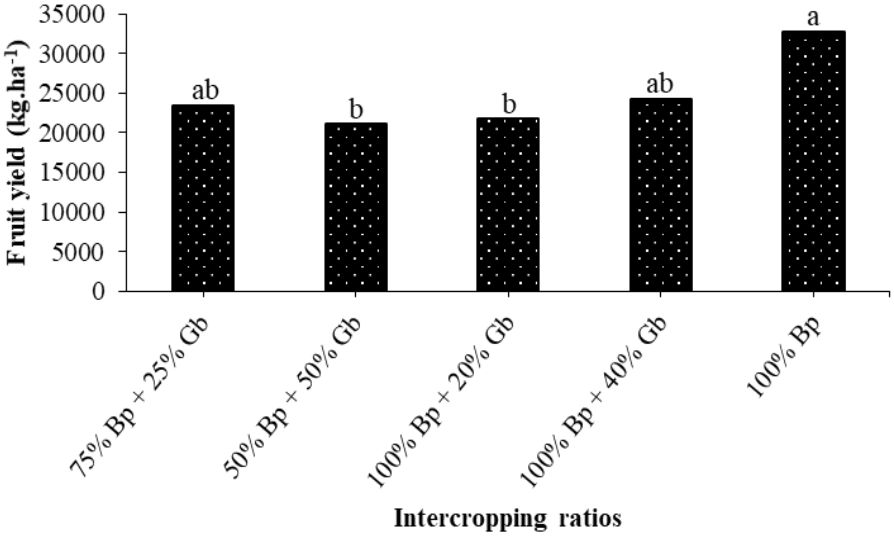
Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

Mansouri *et al*, (2013) در کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا اظهار داشتند که از لحاظ عملکرد زیست‌توده، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای افزایشی کشت مخلوط وجود داشت که دلیل آن اختلاف تراکم لوبیا در این تیمارها بود. در کشت مخلوط همیشه‌بهار و نخود (*Cicer arietinum* L.)، بیشترین عملکرد زیست‌توده نخود از تیمار کشت خالص با ۲۴۷۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (Valizadegan, 2015). به‌دلیل بیشتربودن تعداد بوته‌های لوبیاسبز در کشت خالص،

طبیعی به‌نظر می‌رسد که عملکرد زیست‌توده در آن بیشتر از کشت مخلوط با فلفل دلمه‌ای باشد.

عملکرد میوه و وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای

بیشترین عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای با ۳۲۷۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار در آرایش کشت خالص و کمترین آن در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰ درصد لوبیاسبز و افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۰ درصد لوبیاسبز به‌ترتیب با ۲۱۱۸۳/۳ و ۲۱۸۸۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۳).



شکل ۳- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

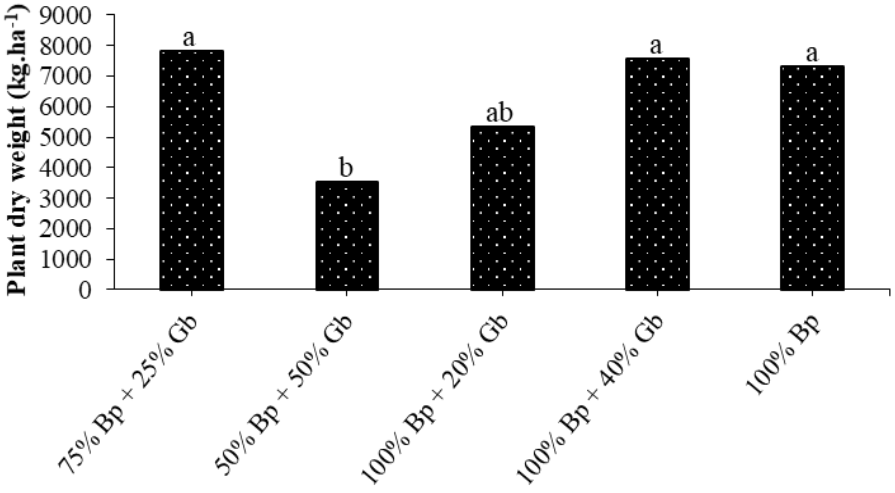
Fig. 3. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on fruit yield of bell pepper

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

نتایج تحقیقی نشان داد که عملکرد در هکتار در گوجه فرنگی در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت مخلوط با لوبیاسبز بوده است (Henareh *et al*., 2011). Muoneke & Ndukwe (2008) گزارش کردند که کشت مخلوط بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) با تراکم بالای آمارانتوس (*Amaranthus hybridus* L.) سبب کاهش رشد و عملکرد هر دو گیاه در مقایسه با کشت خالص شد. Muoneke & Embah (2007) نیز گزارش کردند که، افزایش تراکم بامیه در کشت مخلوط باعث افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای برای کسب فضا و نور شده که در نتیجه باعث کاهش عملکرد در بامیه می‌شود. با توجه به تعداد بوته کمتر فلفل دلمه‌ای در آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و همچنین رقابت بین‌گونه‌ای بالا در آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی، کاهش عملکرد در این آرایش‌ها نسبت به کشت خالص توجیه‌پذیر است. در نهایت، با توجه به این‌که بالاترین تعداد میوه در بوته نیز مربوط به کشت خالص فلفل دلمه‌ای بود، لذا کشت خالص به دلیل این‌که فضای بیشتری در اختیار گیاه قرار داده است، عملکرد میوه بالاتری نیز داشته است.

همچنین بیشترین وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب با ۷۸۱۶/۶، ۷۵۵۰/۰ و ۷۳۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار در آرایش های کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد فلفل دلمه-ای+۶۰ درصد لوبیاسبز و کشت خالص و کمترین آن در آرایش کشت مخلوط جانشینی ۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای+۵۰درصد لوبیاسبز با ۳۵۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۴).



شکل ۴- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on plant dry weight of bell pepper

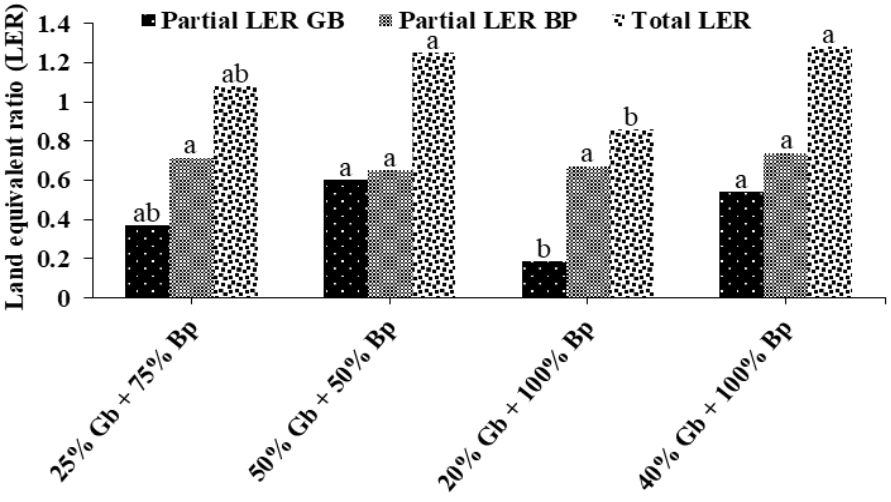
(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

وزن خشک بوته فلفل دلمه‌ای همانند عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در آرایش کشت خالص جزو بالاترین مقادیر در کنار آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد فلفل دلمه ای+۲۵ درصد لوبیاسبز و کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای+۴۰ درصد لوبیاسبز بود، اگرچه این سه آرایش کشت اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در کشت مخلوط گوجه‌فرنگی و ریحان، نتایج نشان داد که عملکرد ماده خشک بدون میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر سطوح رطوبتی، نوع کشت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت و بیشترین عملکرد ماده خشک بخش هوایی در کشت مخلوط و سطح رطوبتی ۰/۷ ظرفیت زراعی به‌دست آمد که این مقدار نسبت به کشت خالص اختلاف دو برابری را نشان داد (Salehi *et al.*, 2018). در آزمایشی وزن خشک تولیدشده در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص لوبیا چشم-بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و ذرت بود. میانگین وزن خشک در کشت های مخلوط ۱/۲ برابر کشت خالص ذرت و ۱/۷ برابر کشت خالص لوبیاچشم بلبلی بود (Eskandari & Javanmard, 2014).

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه لوبیاسبز اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند ($p\leq$۰/۰۱). همچنین آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه فلفل دلمه‌ای اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. بیشترین نسبت برابری زمین جزئی لوبیاسبز مربوط به آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای و آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰درصد فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب معادل ۰/۶ و ۰/۵۴ و کمترین میزان نیز ۰/۱۹ که مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- اثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای بر نسبت برابری زمین

(Gb: لوبیاسبز و Bp: فلفل دلمه‌ای)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. Effect of replacement and additive intercropping ratios of green bean and bell pepper on land equivalent ratio (LER)

(Gb: Green bean and Bp: Bell pepper)

Means with the same letter(s) have not significant difference at 5% probability level according to Tukey Test.

همچنین بیشترین نسبت برابری زمین جزئی فلفل دلمه ای مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای معادل ۰/۷۴ و کمترین میزان نیز ۰/۶۵ که مربوط به آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود، در آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای، گیاه لوبیاسبز از منابع محیطی نهایت استفاده را برده است، در صورتی‌که فلفل دلمه‌ای از منابع محیطی نتوانسته به میزان مطلوبی بهره ببرد. همچنین در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای، گیاه فلفل دلمه ای بیشترین بهره را از منابع محیطی برده است. به‌طور کلی، نسبت برابری زمین جزئی فلفل دلمه‌ای در تمام آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نسبت برابری زمین جزئی لوبیاسبز بیشتر بود که می‌توان نتیجه گرفت فلفل دلمه-ای گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با لوبیاسبز اثر مثبت دریافت کرده است که این امر به احتمال زیاد مربوط به بهبود شرایط رشدی می‌باشد. به‌طور کلی این امر به علت تفاوت‌های ریخت‌شناسی موجود بین قسمت‌های مختلف گیاهان می‌باشد که باعث به‌حداقل‌رسیدن رقابت بین آن‌ها برای جذب منابع و درنتیجه بهبود کارآیی مصرف منابع (نور، آب و مواد غذایی) در آن‌ها می‌شود. در کشت مخلوط لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای نیز در کنار تثبیت زیستی نیتروژن توسط لوبیاسبز و در نتیجه افزایش حاصلخیزی خاک، اختلافات ریخت‌شناسی موجود در ریشه و قسمت‌های هوایی دو گیاه، از یک‌سو باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود در خاک و از سوی دیگر نفوذ بهتر نور به درون کانوپی و استفاده مطلوب‌تر از آن شده است. در پژوهشی، نتایج تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در آزمایشی مشاهده شد که بیشترین نسبت برابری زمین جزئی سیب‌زمینی (۰/۷۳) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. در این پژوهش، بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۵۶) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی و کمترین نسبت برابری زمین (۰/۹۵) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (Mobasser *et al.*, 2018). همچنین در بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و نخود مشخص شد که نسبت برابری زمین جزئی زیره سبز بیشتر از نخود بود (Abbasi Alikamar *et al.*, 2006).

نتایج نشان داد که آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی از نظر نسبت برابری زمین کلی اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند ($p\leq$۰/۰۱). در اکثر آرایش‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، نسبت برابری زمین کلی بیشتر از یک بود

که این نشان از برتری عملکرد اقتصادی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارد. تنها در آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای نسبت برابری زمین کلی کمتر از یک (۰/۸۶) بود. بیشترین نسبت برابری زمین کلی مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای و آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد لوبیاسبز+۵۰ درصد فلفل دلمه‌ای به‌ترتیب معادل ۱/۲۸ و ۱/۲۵ بود که بیانگر سودمندی زراعی ۲۸ و ۲۵ درصدی کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص این دو محصول است که نشان‌دهنده کارآیی بیشتر استفاده از زمین در این آرایش‌های کشت می‌باشد. کمترین میزان نیز ۰/۸۶ که مربوط به آرایش کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بود، به‌دست آمد (شکل ۵). بنابراین می‌توان آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای را به عنوان بهترین آرایش کشت مخلوط توصیه کرد. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد اقتصادی مخلوط، بیشتر از محصول خالص باشد. بسیاری از محققان برتری کشت مخلوط را با محاسبه نسبت برابری زمین تأیید کرده‌اند (Najibnia *et al*., 2014). Jokar *et al*, (2005) میانگین نسبت برابری زمین برای کشت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.) را ۱/۵۶ به‌دست آوردند. از نظر نسبت برابری زمین، کشت دو خط سورگوم و یک خط لوبیا با نسبت برابری زمین ۱/۶ از بقیه تیمارها برتر بود (Aghaei *et al*., 2016). در پژوهشی، ارزیابی سودمندی کشت مخلوط با استفاده از شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین در ترکیب تیماری ۵:۱۵ سیب‌زمینی: لوبیا حاصل گردید (Raei *et al*., 2011). در پژوهشی بر روی کشت مخلوط همیشه‌بهار و نخود اظهار شد که در اغلب آرایش‌های کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین بیشتر از یک بود (Valizadegan, 2015). همچنین بررسی شاخص کارایی استفاده از زمین در مطالعه‌ای نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط ۶۰ درصد لوبیا+آفتابگردان دارای کارایی استفاده از زمین بالاتر از یک بودند (Hamzei & Seyedi, 2018).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاسبز و فلفل دلمه‌ای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی قرار گرفت. مقایسه آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی نشان داد که تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد لوبیاسبز+۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گیاه لوبیاسبز در مقایسه با آرایش‌های دیگر کشت مخلوط برتری داشت. این‌طور به‌نظر می‌رسد که در این آرایش، بوته‌های لوبیاسبز فضای بیشتری را برای رشد و دریافت نور در اختیار داشتند و توانستند در اکثر صفات مورد ارزیابی برتری داشته باشند. همچنین آرایش کشت مخلوط جایگزینی ۷۵درصد فلفل دلمه‌ای+۲۵ درصد لوبیاسبز در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گیاه فلفل دلمه‌ای نسبت به سایر آرایش‌های کشت مخلوط، برتری داشت. آرایش کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیاسبز+۱۰۰ درصد فلفل دلمه‌ای بالاترین میزان نسبت برابری زمین کلی (۱/۲۸) را دارا بود که نشان از سودمندی کشت مخلوط آن آرایش کشت نسبت به کشت خالص دارد. به‌طور کلی، در این آرایش کشت مخلوط، ضمن این‌که لوبیاسبز تثبیت زیستی نیتروژن انجام داده و حاصلخیزی خاک را سبب شده است، رقابت درون‌گونه‌ای که در کشت خالص وجود داشته، در این‌جا کاهش پیدا کرده و هر دو گیاه توانسته‌اند از منابع محیطی اطراف خود نهایت استفاده را ببرند که در نهایت باعث افزایش نسبت برابری زمین کلی شده است. در انتها پیشنهاد می‌شود به جهت افزایش کارایی این نوع کشت مخلوط و همچنین بررسی دقیق‌تر نسبت برابری زمین، تیماری که در آن تراکم گیاه لوبیاسبز در مقایسه با فلفل دلمه‌ای بیشتر بوده، طراحی شود.

منابع

1. Abbasi Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M., and Zand, E. 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping. Iranian Journal of Field Crop Research 4(1): 83-95. (In Persian with English Summary).
2. Aghaei, M.A., Fotokian, M.H., and Aghighi Shahverdi, M. 2016. Assessment of yield quantity and quality in intercropping of sorghum with soybean and green bean. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(1): 115-130. (In Persian with English Summary).
3. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 3(2): 383-397. (In Persian with English Summary).

4. Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.
5. Awasthi, U.D., Tripathi, A.K., Dubey, S.D., and Kumar, S. 2011. Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea+fennel intercropping system under scarce moisture condition. Food Legumes 24(3): 211-214.
6. Bagheri, A., Mahmoodi, A., and Ghezeli, F. 2001. Cultivation and Breeding of Bean. Jahad Daneshgahi of Mashhad Publishers. (In Persian)
7. Carvalho, L.M., Oliveira, I.R., Almeida, N.A., and Andrade, K.R. 2010. The intercropping of fennel with beans and cowpeas in the agrestic region of Brazil. ISHS Acta Horticulture.
8. Chalk P.M. 1996. Nitrogen transfer from legumes to cereals in intercropping. In: Proceeding of the International Workshop: Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru, Andhra Pradesh, 21-25. November 1994. Pp: 351-374.
9. Elmore R.W., and Jackops J.A. 1984. Yield and yield components of sorghum and soybean of varying plant height when intercropped. Agronomy Journal 76: 561-564.
10. Farhoodi, R., Rahnama, A., and Esmaeilzadeh, H. 2003. Location of saffron cultivation in intercropping. Third National Conference of Saffron, December 2-3, 2003. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
11. Fateh, M., and Barzegar, T. 2019. The effect of foliar application of Naphthalene Acetic Acid on growth, yield and fruit quality of Sweet Pepper cv. California Wonder. Journal of Vegetables Sciences 3(5): 1-10. (In Persian with English Summary).
12. Fathollahzadeh Dizaji, R., and Mirshekari, B. 2013. Additive intercropping of marigold (*Calendula officinalis*) and mung bean (*Vigna radiata*): a strategy for yield improvement and weeds control. Research in Field Crops 1(2): 56-68. (In Persian with English Summary).
13. Hamzei, J., and Seyedi, M. 2018. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield performance under additive intercropping with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and different tillage systems. Journal of Agroecology 10(2): 416-429. (In Persian with English Summary).
14. Hashemi Dezfoli, A., Koocheki, A., and Bannayan, M. 1998. Maximizing Crop Yields. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
15. Henareh, M., Jodae, A., Hasanii, Gh., and Anvieh, L. 2011. Study on yield and profitability of tomato at intercropping with snap bean. Applied Field Crops Research 89: 79-86. (In Persian with English Summary).
16. Hulet, H., and Gosseye, P. 2000. Effect of intercropping cowpea on dry-matter and grain yield of millet in the semi-arid zone of Mail, http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5488E/x5488e0r.Htm.
17. Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary).
18. Eskandari, H., and Javanmard, A. 2014. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(4): 101-110. (In Persian with English Summary).
19. Jokar M., Ghanbari A., and Ghadiri H. 2005. Investigation of intercropping corn and cucumbers and its effect on weed control. MSc. Thesis of Agriculture. University of Zabol, Iran. (In Persian).
20. Kashiri, H., Kashiri, M., Zeinali, E., and Bagheri, M. 2007. Investigating effects of row spacing and plant density on yield and yield components of three soybean cultivars in summer cultivation. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 13(2): 147-156. (In Persian with English Summary).
21. Khajehpoor, G., Hassandokht, M.R., Hassanpoor, A., and Ahmadpoor, A. 2011. Effect of pruning and plant density on yield and yield components of greenhouse bell pepper. 7th Iranian Horticultural Science Congress, September 5-8, 2011. Isfahan University of Technology. (In Persian with English Summary).
22. Khamooshi, A. 2014. Effects of planting ratio in intercropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.) in an additive and substitution experiment on species growth and yield. MSc. Thesis of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
23. Kiani, S., Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Ebdali Mashhadi, A.R., and Sari, M. 2014. Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) at different levels of nitrogen. Journal of Agricultural Crop Management 16(4): 973-986. (In Persian with English Summary).
24. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2(2): 208-216. (In Persian with English Summary).

25. Long, J., Cromwell, E., and Gold, K. 2000. On-farm management of crop diversity: an introductory bibliography. The Schumacher Centre for Technology and Development. www.oneworld.org.
26. Mahdvi Damghani, A., Koocheki, A., and Zand, E. 2006. Design and ecosystem management in sustainable agriculture. Key Articles of the 9th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, August 27-29, 2006. Abureyhan Campus of University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
27. Mansoori, L., Jamshidi, Kh., Rastgoo, M., Saba, j., and Mansoori, H. 2013. The Effect of additive intercropping of corn and bean on yield, yield components and weed control in climatic condition of Zanjan. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 483-492. (In Persian with English Summary).
28. Mardani, F., Balouchi, H.R., Yadavi, A., and Salehi, A. 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenumgreacum* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 13(3): 623-636. (In Persian with English Summary).
29. Mazaheri, D. 1994. Intercropping. University of Tehran Press. (In Persian).
30. Mclaughlin A., and Minrau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 201-212.
31. Mobasser, H., Barjasteh, S.H., and Keshtehgar, A. 2018. Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanuum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr. Journal of Agroecology 10(2): 400-415. (In Persian with English Summary).
32. Muoneke, C.O., and Mbah, E.U. 2007. Productivity of Cassava with Okra intercropping systems as influenced by okra planting density. African Journal of Agricultural Research 2(5): 223-231.
33. Muoneke, C.O., and Ndukwe, O. 2008. Effects of plant population and spatial arrangement on the productivity of Okra/Amaranthus intercropping system. Agronomy Science 7(1): 54-66.
34. Najafi, E., and Mohammadi, J. 2005. Study of yield and its components in sweet maize and green bean intercropping. Articles of the First National Congress of Beans. November 20-21, 2005. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
35. Najibnia, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Porsa, H. 2014. Water captures efficiency, use efficiency and productivity in sole cropping and intercropping of rapeseed, bean and corn. European Journal of Sustainable Development 3(4): 347-358.
36. Ottman, M.J., and Welch, L.F. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. Agronomy Journal 81: 167-174.
37. Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of Corn (*Zea maize* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(3): 705-721. (In Persian with English Summary).
38. Pooramir, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of yield and yield components of Sesame and Chickpea in intercropping of replacement series. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 757-767. (In Persian with English Summary).
39. Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common Bean and Potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary).
40. Rezvan Beidokhti, S.H. 2004. Comparison of various combinations of maize and bean in intercropping. MSc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
41. Rezvani Moghadam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)-black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian with English Summary).
42. Saime, J., Willey, R.W., and Morse, S. 1998. The response of maize/bean intercropping to applied nitrogen on oxisols in northern Zambia. Crop Science 11: 45-52.
43. Salehi, Y., Zarehaghi, D., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Neyshabouri, M.R. 2018. The effect of intercropping and deficit irrigation on the water use efficiency and yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and Basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 28(3): 209-220. (In Persian with English Summary).
44. Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2004. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semiarid regions I. Model development. Field Crops Research 90: 48-61.
45. Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/ oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. International Journal of Agricultural and Biological Science 2: 14-19.

46. Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantiting in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(3): 15-30. (In Persian with English Summary).
47. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press.
48. Wahua, T.A.J., and Miller, D.A. 1978. Relative yield totals and yield components of intercropped sorghum and soybean. Agronomy Journal 10: 287-291.
49. Wahua, T.A.J., Babaloia, O., Akenova, M.E. 1981. Intercropping morphologically different type of maize with cowpea: LER and growth attributes of associated cowpea. Experimental Agriculture 17: 407-413.
50. Yildirim, E., and Guvence, I. 2005. Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and highly sustainable. European Journal of Agronomy 22: 11-18.
51. Zaefarian, F., and Bagheri Shirvan, M. 2014. Effect of different intercropping ratios on soybean, basil and European borage. Agricultural Crop Management 16(1): 197-214. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 127-143 (Research Article)

Evaluation of yield and yield components of green bean and bell pepper under replacement and additive intercropping systems

Koocheki[1*], A., Nassiri Mahallati[2], M. & Hatefi Farajian[3], M.H.

1. Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir
3. PhD. Student of Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; mh-hatefifarajian@mail.um.ac.ir

Received: 10 June 2019
Accepted: 27 May 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.81231

Introduction

The use of intercropping as an effective component in sustainable agriculture, while increasing the ecological and economic diversity, cause increasing yield per unit area, yield stability under adverse environmental conditions, increasing the quantity and quality of the product, increasing water use efficiency, control of soil erosion, reducing pesticides use and increasing stability in agroecosystems. Plants from the family of legumes are among the plants that have a special place in intercropping because of their nitrogen fixation ability. Usefulness of intercropping cultivation of sweet corn and green bean has been reported to be better than monoculture. This study was designed and conducted with the aim of studying the effect of replacement and additive intercropping green bean with bell pepper on yield, yield components and land equivalent ratio in Mashhad weather conditions.

Materials and Methods

The experiment was conducted in 2015-2016 growing season based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental treatments were 25% green bean+75% bell pepper, 50% green bean+50% bell pepper in replacement intercropping, 20% green bean+100% bell pepper and 40% green bean+100% bell pepper in additive intercropping and monoculture of green bean and bell pepper. Green beans have planted by seed and bell pepper transplants were sown at the same time in June 2016 in rows with a distance of 50 cm. In 4-leaf stage, green bean was thinned with an optimum density of 20 plants per square meter. In addition, the spacing on the row was considered 30 cm for transplants of bell pepper; in this case, its optimum density was 6.66 plant per square meter. At harvest time, green pod yield for green bean, fruit yield for bell pepper, other yield components and plant dry weight for two plants were measured, and land equivalent ratios were also calculated.

Results and Discussion

The highest green pod yield and plant dry weight for green bean with 57921.7 and 1051.03 kg ha^{-1}, respectively, was observed in monoculture and the lowest values for 20% green bean+100% bell pepper with 11252.5 and 525.8 kg per ha, respectively. With the increase in the presence of green bean in replacement and additive intercropping, the green pod yield of green bean increased due to increasing of biological nitrogen fixation. For bell pepper, the highest fruit yield with 32766.7 kg ha^{-1} was observed in monoculture and the highest plant dry weight with 7816.6 kg ha^{-1} was observed for 75% bell pepper+25% green bean and the lowest fruit yield was obtained for 50% bell pepper+50% green bean and 100% bell pepper+20% green bean with 21183.3 and 21886 kg ha^{-1}, respectively, and the lowest plant dry weight was obtained for 50%

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

bell pepper+50% green bean with 3533.33 kg ha^{-1}. Due to the fact that the highest number of fruits per plant was observed in monoculture of bell pepper, therefore, monoculture has higher fruit yield because it has more space for plants. The highest value of total land equivalent ratio (1.28 and 1.25) was obtained in ratios of 40% green bean+100% bell pepper and 50% green bean+50% bell pepper, respectively, indicating 28 and 25% yield advantage of intercropping compared to pure stands of species of these two plants. The lowest value of total land equivalent ratio (0.86) was observed in ratio of 20% green bean+100% bell pepper.

Conclusion

Comparison of different patterns of replacement and additive intercropping showed that cultivation pattern of 25% green bean+75% bell pepper was superior for most of the traits evaluated in green bean and bell pepper compared to other patterns. Additive intercropping pattern of 40% green bean+100% bell pepper had the highest total land equivalent ratio (1.28) which indicate the beneficial effect of mixed cropping pattern over pure cropping. Since green bean through biological nitrogen fixation, leads to reduction in the use of chemical fertilizers, intercropping of this plant with other plants such as bell pepper can increase the resources efficiency and improve yield quantity for bell pepper.

Keywords: Biological nitrogen fixation, Fruit yield, Green pod yield, Land equivalent ratio, Plant dry weight

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۵۵-۱۴۴، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 144-155 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84970

اثر کودهای زیستی و شیمیایی و روش‌های کنترل علف‌هرز بر زیست‌توده و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.)

ابراهیم ایزدی دربندی[1]* و آرش مقصودی[2]

۱. دانشیار گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشجوی دکتری علوم علف‌های‌هرز، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛
arashwenger@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در عدس، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش در فاکتور اول شامل کودهای زیستی پتاپاور، فسفرپاور، مایکورایزا، مخلوط همه کودهای زیستی و کود شیمیایی و در فاکتور دوم سه تیمار کنترل علف‌هرز شامل کاربرد علف‌کش پندیمتالین به‌صورت پیش‌رویشی، کاربرد علف‌کش پایریدیت به‌صورت پس‌رویشی و در مرحله سه تا چهاربرگی و دوبار وجین در طول فصل رشد بود. نتایج نشان داد که کاربرد پس‌رویشی پایریدیت اگرچه علف‌های‌هرز را به خوبی کنترل کرد، اما منجر به کلروز و نکروز در عدس شد. پندیمتالین منجر به حصول بیشترین عملکرد زیست‌توده و دانه در عدس شد. در بین کودها، کود شیمیایی منجر به افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز و همچنین بیشترین عملکرد عدس شد. در بین کودهای زیستی، کود پتاپاور بیشترین عملکرد عدس را باعث شد و مخلوط کودهای زیستی منجر به کاهش عملکرد و زیست‌توده عدس نسبت به سایر کودها شد. با توجه به اثرات متقابل روش‌های کنترل و کودهای مصرف‌شده در این آزمایش بهترین نتیجه عملکرد زیست‌توده (۸۰۰ گرم در متر مربع) و دانه (۱۶۴ گرم در متر مربع) عدس را کاربرد کود زیستی پتاپاور به همراه پندیمتالین به‌صورت پیش‌رویشی به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: پایریدیت، پتاپاور، پندیمتالین، لگوم، مایکورایزا

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik.) از گیاهان زراعی مهم تیره بقولات است که در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی و خاکی قادر به رشد است (Parsa & Bagheri, 2008). در ایران، عدس با ۱۷/۱ درصد از کل سطح زیرکشت حبوبات بعد از نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان دومین گیاه زراعی مهم از گروه حبوبات است که غالب کشت آن به‌صورت دیم است و استان اردبیل با ۲۷/۹ هزار هکتار رتبه اول سطح زیرکشت آن در ایران را به خود اختصاص داده است (Jihad Statistic, 2017). به‌طور کلی حبوبات از جمله عدس به‌دلیل صفاتی از جمله سرعت رشد اولیه کم، سرعت توسعه کانوپی کم و ارتفاع کم، در صورت کنترل‌نشدن علف‌های‌هرز دچار خسارت شدیدی خواهند شد (Hanson & Thill, 2001; Parsa & Bagheri, 2008). Al-Thahabi *et al*, (1994) این میزان کاهش عملکرد را ۵۸ درصد، Mohamed *et al*, (1997) ۸۴درصد و Karim-Mojeni *et al*, (2004)، ۶۳ درصد گزارش کردند. افزایش کاربرد نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه کودهای شیمیایی از قبیل نیتروژن، اغلب ضمن این‌که در کوتاه مدت نیازهای تغذیه‌ای گیاه را تامین می‌کنند، از طریق تحریک بیشتر رشد علف‌های‌هرز، منجر به تشدید اثرات منفی آن‌ها خواهند شد. از آنجایی که میزان رقابت بین علف‌هرز و گیاه زراعی بسیار وابسته به فراهمی عناصر غذایی است، مدیریت صحیح عناصر غذایی برای مدیریت علف‌های‌هرز مورد توجه است (Evans *et al.*, 2003; Cathcart & Swanton, 2003). جنبه‌های مختلفی از مدیریت عناصر غذایی از جمله نوع کود، زمان کاربرد، میزان کاربرد و فرم مصرف آن، می‌تواند شرایط تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی را تغییر دهد (Blackshaw *et al*., 2004; Van Delden *et al.*, 2002). کاربرد کودهای زیستی، ضمن امنیت زیست‌محیطی و صرفه اقتصادی، روشی پایدار و سودمند در تغذیه گیاهان، به‌ویژه در شرایط و محدودیت‌های موجود در شرایط کشت دیم و کم

* نویسنده مسئول: e-izadi@um.ac.ir

آبیاری هستند و از طرفی در کاهش اثرات سوء علف‌های‌هرز نیز سودمند خواهند بود (Pezeshkpour *et al.*, 2014).

کودهای زیستی از طریق افزایش رشد ریشه و افزایش جذب ریشه‌ای، رشد گیاهان را افزایش می‌دهند. با این‌حال با افزایش رشد اندام زیرزمینی می‌توانند گیاه را در شرایط دیم که دچار تنش کم‌آبی می‌شود، محافظت کنند (Miransari *et al.*, 2009). علاوه بر باکتری‌های تثبیت‌کننده عناصر غذایی، قارچ‌های مایکورایزا نیز عملی مشابه در تثبیت عناصر غذایی انجام می‌دهند و می‌توانند در فراهمی عناصر غذایی در گیاهان زراعی و مدیریت آن نقش مهمی ایفا کنند (Dimitrios *et al.*, 2011). افزایش تحمل به خشکی (Al-Karaki & Al-Raddad, 1997)، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان به‌خصوص عناصر غذایی غیرمتحرکی چون فسفر، روی و مس (Davies *et al.*, 1992) تحمل به تنش شوری و بیماری‌های گیاهی و نیز افزایش فتوسنتز از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی می‌باشد. به نظر می‌رسد کودهای زیستی بر توان رقابتی گیاهان و متعاقب آن در مدیریت علف‌های‌هرز نیز مؤثر باشند (Dimitrios *et al.*, 2011). همچنین قارچ مایکوریزا در رشد برخی از علف‌های‌هرز یکساله اثرات منفی دارد (Francis & Read, 1995).

در ایران تعداد علف‌کش ثبت‌شده برای عدس شامل دو علف‌کش پندیمتالین و پرومترین است که هردو به‌صورت پیش‌رویشی کاربرد دارند (Zand *et al.*, 2017). Karim-Mojeni *et al*, (2004) در آزمایش خود اثر علف‌کش پایریدیت را به‌صورت پس‌رویشی در عدس بررسی کردند و نتایج رضایت‌بخشی را نشان داد. متریبوزین نیز از علف‌کش هایی است که در کشت عدس به‌صورت پس‌رویشی و پیش‌رویشی در مزارع کشورهای مختلفی از جمله استرالیا و کانادا به کار می‌برند (McMurray *et al.*, 2018).

کاربرد یک روش مدیریتی به تنهایی، علاوه بر افزایش سرعت سازگاری علف‌های‌هرز به آن روش، منجر به ناپایداری در نظام‌های زراعی می‌شود. تلفیق روش‌های مختلف می‌تواند باعث افزایش کارآیی روش‌های مدیریتی گردد و همچنین به پایداری نظام‌های زراعی کمک کند (Swanton & Weise, 1991).

این تحقیق به منظور مقایسه تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در تلفیق با کنترل شیمیایی و مکانیکی (وجین) علف‌های‌هرز در بهبود عملکرد و مدیریت علف‌های‌هرز عدس صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. که عوامل مورد بررسی در آن شامل سطوح مختلف تغذیه گیاه در پنج سطح:

۱- تلقیح بذور عدس با باکتری های آزادکننده فسفر (*Pseudomonas sp.*) (فسفرپاورباکتر)

۲- تلقیح بذور عدس با باکتری‌های آزادکننده پتاسیم (*Thiobacillus sp.*) (پتاپاورباکتر)

۳- تلقیح بذور عدس با قارچ مایکوریزا (*Piriformospora indica*)

۴- تلقیح بذور عدس با مخلوط باکتری‌های فسفرپاورباکتر، پتاپاورباکتر و قارچ مایکوریزا

۵- کاربرد کودهای شیمیایی (مخلوط کود اوره و سولفات پتاسیم)

روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در سه سطح:

۱- دوبار وجین دستی به‌ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پُرشدن غلاف‌ها

۲- کنترل علف‌های‌هرز با علف‌کش پندیمتالین به‌صورت پیش‌رویشی

۳- کنترل علف‌های‌هرز با استفاده از علف‌کش پایریدیت به‌صورت پس‌رویشی

طبق دستورالعمل[1] کودهای بیولوژیک فسفرپاور و پتاپاور قبل از کاشت و در آزمایشگاه با غلظت یک در هزار بر روی بذور عدس اسپری شدند و قارچ مایکورایزا در هنگام کشت بر روی بذور عدس پاشیده شد. کود شیمیایی (مخلوط سولفات پتاسیم و اوره) پس از کاشت بذور به‌صورت دست‌پاش با میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های مورد نظر توزیع شد. زمین مورد آزمایش در تاریخ ۲۰ اسفند ماه شخم برگردان و دیسک زده شد و آماده کشت گردید. بذور عدس (توده محلی رباط) در تاریخ ۲۳ اسفند به‌صورت خطی با فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر در کرت‌هایی با ابعاد ۲/۵ در ۳ مترکشت شد و پس از ظهور گیاهچه‌ها، اقدام به اعمال تراکم مطلوب (۱۰۰بوته در متر مربع) شد. در ضمن با توجه به بارندگی‌های مناسب فصل رشد این کشت نیز به‌صورت دیم انجام گرفت و میزان بارندگی در جدول ۱ گزارش‌شده است.

علف‌کش پندیمتالین با دز مصرفی ۳/۷ لیتر ماده موثره در هکتار در تاریخ ۲۶ اسفند ماه به‌صورت پیش‌رویشی با سمپاش

۱. دستورالعمل شرکت دانش‌بنیان زیست‌فناور خوشه

شارژی پشتی با نازل بادبزنی (شماره ۸۰۰۱ با فشار ۲/۵کیلوپاسکال) اعمال شد. همچنین علف‌کش پایریدیت با دز ۱/۲لیتر ماده موثره در هکتار، در مرحله ۴-۳برگی علف‌های‌هرز با سمپاش مذکور سم‌پاشی شد. وجین علف‌های‌هرز در دو مرحله شامل ابتدای گلدهی و غلاف‌دهی عدس انجام شد.

جدول ۱- میزان بارش‌ها در طول فصل رشد
Table 1. Amount of precipitation in growing season

ماه month	میزان بارندگی (میلی متر) Precipitaion (mm)
اسفند- Mar.	52
فروردین- Apr.	64
اردیبهشت- May	91
خرداد- Jun.	41
تیر- Jul.	15
مجموع- Sum	263

نمونه‌گیری از علف‌های‌هرز شامل بررسی تراکم و زیست‌توده آن‌ها در سه مرحله (گلدهی، پُرشدن غلاف و برداشت گیاه زراعی) از مساحتی به میزان نیم متر مربع با کمک کوادراتی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع انجام شد. علف‌های‌هرز پس از شمارش و شناسایی به تفکیک گونه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و پس از آن با کمک ترازوی دیجیتال به دقت یک صدم گرم وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی اثر تیمارها بر عملکرد، در آخر فصل رشد و رسیدگی کامل بوته‌ها در تاریخ ششم تیرماه، وزن خشک و عملکرد دانه عدس از مساحتی به میزان یک متر مربع برداشت شد و صفات مذکور اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس با کمک نرم‌افزار Minitab Ver 17 و مقایسات میانگین توسط آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

فلور و جمعیت علف‌های‌هرز

نتایج نشان داد که هشت گونه علف‌هرز (یک گونه شبه باریک‌برگ و هفت گونه پهن‌برگ) در مزرعه مشاهده شدند که در بین آن‌ها تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) و اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.) دارای بیشترین فراوانی نسبی بودند (جدول ۲).

جدول ۲- فهرست و برخی خصوصیات گونه‌های علف‌هرز شایع در مزرعه مورد مطالعه
Table 2. List and some of the charactristics of weed spices in studied farm

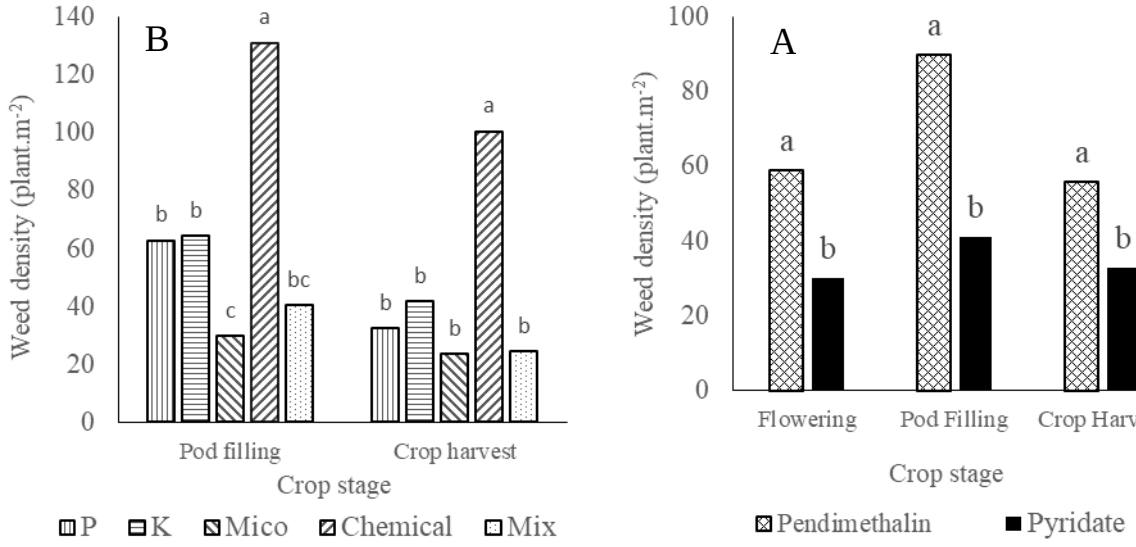
Persian name نام فارسی	Scientific name نام علمی	Family خانواده	Relative frequency (%) فراوانی نسبی (درصد)	Life cycle چرخه زندگی
اویارسلام	*Cyperus rotundus* L.	Cyperaceae	26.13	perennial
پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulaceae	3.73	perennial
تاج خروس	*Amaranthus Spp.*	Chenopodiaceae	6.52	Annual
تاج‌ریزی سیاه	*Solanum nigrum* L.	Solanaceae	47.25	Annual
خرفه	*Portulaca oleracea* L.	portulaceae	1.86	Annual
داتوره	*Datura stramonium* L.	Solanaceae	0.93	Annual
سلمه تره	*Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	10.50	Annual
شاه‌تره وحشی	*Fumaria Spp.*	Papaveraceae	3.03	Annual

تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های‌هرز

اثر علف‌کش‌ها بر تراکم علف‌های‌هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری و اثر نوع کودها و اثر متقابل علف‌کش‌ها و تغذیه گیاهی بر تراکم علف‌های‌هرز در دو مرحله پُرشدن غلاف و برداشت گیاه زراعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

با توجه به شکل ۱، بیشترین تراکم علف‌های‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری، مربوط به تیمار کاربرد کود شیمیایی بود و کودهای زیستی تراکم کمتری از علف‌های‌هرز را به خود اختصاص دادند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل۱). به نظر می‌رسد که کودهای شیمیایی منجر به تحریک بیشتر جوانه‌زنی علف‌های‌هرزشده‌اند و تراکم علف‌های‌هرز در این تیمار نسبت به کاربرد کودهای زیستی افزایش پیدا کرده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که تراکم و جوانه‌زنی علف‌های‌هرز در شرایط کاربرد کودهای

شیمیایی از جمله اوره افزایش می یابد (Mohammaddoust *et al.*, 2011 Major *et al.*, 2005;). در رابطه با اثر علف‌کش‌ها بر تراکم علف‌های‌هرز، بیشترین تراکم (۹۰ بوته در متر مربع) مربوط به تیمار کاربرد پندیمتالین در مرحله پُرشدن غلاف‌ها بود و در هر سه مرحله رشدی عدس، اختلاف معنی‌داری نسبت به کاربرد پایریدیت داشت (شکل ۱). علف‌کش پندیمتالین اثری بر اویارسلام نداشت و به‌دلیل غالبیت بالای این گونه (جدول ۱)، بیشترین تراکم علف‌های‌هرز در این تیمار مشاهده شد.



شکل ۱- اثر نوع علف‌کش و روش‌های تغذیه گیاهی بر تراکم علف‌های‌هرز

Fig. 1. Effect of herbicide (A) and crop nutrition methods (B) on weed density

در بررسی اثرات متقابل علف‌کش‌ها و تغذیه گیاهی، بیشترین (۲۰۲/۶ بوته در متر مربع) و کمترین (۲۰ بوته در مترمربع) تراکم علف‌های‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری به‌ترتیب در تیمار کاربرد پندیمتالین به همراه کود شیمیایی و پایریدیت به همراه مایکورایزا بود و از نظر آماری بین کودهای زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). به‌طور کلی تیمارهایی که در آن‌ها کودهای زیستی استفاده شده بود، دارای تراکم کمتری از علف‌هرز بودند و اثر متقابل آن‌ها با پایریدیت اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت. به نظر می‌رسد علف‌کش پایریدیت در کاهش تراکم علف‌های‌هرز مؤثرتر از پندیمتالین بوده و این مهم در تلفیق با کودهای زیستی نیز بیشتر دیده می‌شود.

از آنجا که یکی از مؤثرترین عوامل تجزیه علف‌کش‌ها در خاک باکتری‌ها هستند (Zand *et al.*, 2014)، اضافه‌کردن کودهای زیستی به خاک که شامل باکتری هستند، احتمالاً منجر به تجزیه علف‌کش‌های خاک کاربردی از قبیل پندیمتالین می‌شود و این مسئله می‌تواند در کارآیی آن‌ها در کنترل علف‌های‌هرز در طول فصل رشد تأثیرگذار باشد. حال این‌که در علف‌کش شاخ و برگ مصرف و تماسی پایریدیت که کارآیی آن تحت تأثیر خصوصیات خاک نیست، تأثیری نداشته باشد.

تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های‌هرز

اثر روش‌های تغذیه گیاهی بر زیست‌توده علف‌های‌هرز در دو مرحله پُرشدن غلاف و برداشت گیاه زراعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر علف‌کش‌ها و اثر متقابل آن با تغذیه گیاهی نیز در تمامی مراحل نمونه‌برداری معنی‌دار شد.

در بین تیمارهای آزمایش، کاربرد کود شیمیایی دارای بیشترین زیست‌توده علف‌های‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری بود (شکل ۲).

Mohammad doust *et al,* (2011) در بررسی اثر کودهای شیمیایی در مزارع گندم آلوده به علف‌هرز، نشان دادند که در تیماری که کود نیتروژن استفاده‌شده بود، وزن خشک علف‌های‌هرز حدود دو برابر نسبت به تیمار بدون کود افزایش پیدا کرد. سایر محققان نیز اشاره کردند که کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز نسبت به تیمارهای بدون کود شد که منطبق با نتایج این آزمایش است (Tulikov & Sugrobov, ؛Blackshaw *et al.*, 2004 1984).

در بین تیمارهای کودهای زیستی، در مرحله پُرشدن غلاف، بیشترین زیست‌توده علف‌های‌هرز (۴۱/۷ گرم در مترمربع) و کمترین مقدار آن (۱۰/۹ گرم در متر مربع) به‌ترتیب مربوط به کاربرد فسفرپاور و مایکورایزا بود و در مرحله برداشت گیاه زراعی، بیشترین زیست‌توده (۵۱/۴ گرم در مترمربع) و کمترین (۲۴/۷ گرم در متر مربع) به‌ترتیب مربوط به تیمار پتاپاور و مایکورایزا بود (شکل ۲).

به نظر می‌رسد کود مایکورایزا شرایط را برای رشد گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز مختل کرده و منجر به کاهش رشد هر دو شده است. این موضوع در مطالعه‌ای مشابه در کاربرد کودهای زیستی از جمله مایکورایزا در نخود مشاهده شد (Izadi-Darbandi *et al.*, 2019).

در رابطه با علف‌کش‌ها، در طول فصل رشد، زیست‌توده علف‌های‌هرز در هر دو علف‌کش افزایش یافت. با وجود این، در تیمارهای مربوط به علف‌کش پندیمتالین بیشترین زیست‌توده علف‌های‌هرز مشاهده شد که با توجه به نتایج مربوط به تراکم علف‌های‌هرز (بالابودن تراکم در این تیمار) این نتیجه دور از انتظار نیست.

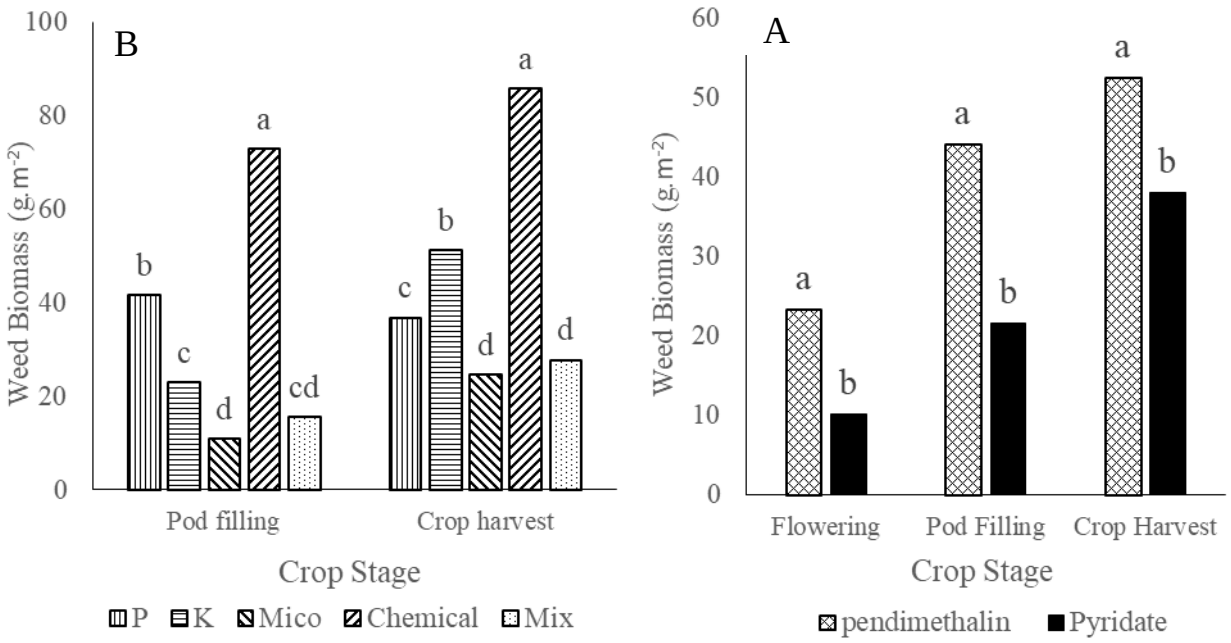
نتایج حاصل از اثرات متقابل روش‌های تغذیه و علف‌کش ها نشان داد که بیشترین زیست‌توده علف‌هرز در هرسه مرحله نمونه‌برداری، مربوط به تیمار کاربرد کود شیمیایی به همراه پندیمتالین بود و در بین تیمارهای کودهای زیستی، مایکورایزا در سه مرحله نمونه‌برداری دارای کمترین زیست‌توده بود، به‌طوری که در مرحله گلدهی و پُرشدن غلاف، در تلفیق با کاربرد پندیمتالین و در مرحله برداشت گیاه زراعی در تلفیق با کاربرد پایریدیت دارای کمترین زیست‌توده علف‌هرز بود (جدول ۳).

با توجه به نتایج مذکور، به نظر می‌رسد کود مایکورایزا با رفتارهای انگلی این قارچ‌ها در محیط ریشه آن‌ها را پارازیته کرده و شرایط را برای رشد و جوانه‌زنی علف‌های‌هرز مختل کرده است و در این تیمار کمترین تراکم و زیست‌توده علف‌هرز مشاهده شد (شکل ۲ و ۱). در سایر مطالعات نیز به اثرات مثبت مایکورایزا بر رشد و عملکرد گیاه زراعی و همچنین کنترل علف‌های‌هرز اشاره‌شده است (Jordan *et al.*, 2000; Rinaudo *et al.*, 2010).

جدول ۳- اثر متقابل علف‌کش و تغذیه گیاهی بر تراکم علف‌های‌هرز

Table 3. The effect of interaction of herbicides and crop nutrition on weed density

Treatment تیمار			Weed density (plant.m^{-2}) تراکم علف‌های‌هرز (بوته در متر مربع)	
Weed control کنترل علف‌هرز	×	Crop nutrition methods روش‌های تغذیه گیاهی	Pod filling پُرشدن غلاف	Crop harvest برداشت گیاه زراعی
Pendimethalin پندیمتالین	×	Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	90 b	38.6 cd
Pendimethalin پندیمتالین	×	Petapowerbacter پتا پاور باکتر	90.6 b	58.6 bc
Pendimethalin پندیمتالین	×	Mycorrhiza مایکورایزا	33 c	27.6 d
Pendimethalin پندیمتالین	×	Chemical fertilizer کود شیمیایی	202.6 a	134.6 a
Pendimethalin پندیمتالین	×	Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	34.6 c	21.3 d
Pyridate پایریدیت	×	Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	36 c	26.6 d
Pyridate پایریدیت	×	Potasium پتا پاور باکتر	38.6 c	25.3 d
Pyridate پایریدیت	×	Mycorrhiza مایکورایزا	26.6 c	20 d
Pyridate پایریدیت	×	Chemical fertilizer کود شیمیایی	60 bc	66.6 b
Pyridate پایریدیت	×	Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	46.6 c	28 d



شکل ۲- اثر نوع علف‌کش (A) و روش‌های تغذیه گیاهی (B) بر زیست‌توده علف‌های‌هرز

Fig. 2. Effect of herbicide (A) and crop nutrition methods (B) on weed Biomass

جدول ۴- اثر متقابل علف‌کش و تغذیه گیاهی بر زیست‌توده علف‌های‌هرز

Table 4. Interaction the effect herbicide and crop nutrition methods on weed Biomass

Treatment تیمار			Weed biomass ($g.m^{-2}$) زیست‌توده علف‌های‌هرز (گرم در متر مربع)		
Weed control کنترل علف‌هرز	×	Crop nutrition methods روش‌های تغذیه گیاهی	Flowering گلدهی	Pod filling پُرشدن غلاف	Crop harvest برداشت گیاه زراعی
Pendimethalin پندیمتالین		Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	18 bcd	38.5 bc	13 f
Pendimethalin پندیمتالین		Petapowerbacter پتا پاور باکتر	26.9 ab	26.08 cd	73.34 b
Pendimethalin پندیمتالین		Mycorrhiza مایکورایزا	12.7 bcd	8.57 e	24.96 ef
Pendimethalin پندیمتالین		Chemical fertilizer کود شیمیایی	37.4 a	133.3 a	128.33 a
Pendimethalin پندیمتالین		Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	21.7 abc	14.6 de	23.62 ef
Pyridate پایریدیت		Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	8.3 cd	44.9 b	60.8 c
Pyridate پایریدیت		Petapowerbacter پتا پاور باکتر	5.2 d	20.13 de	29.6 e
Pyridate پایریدیت		Mycorrhiza مایکورایزا	19.6 bcd	13.4 de	24.45 ef
Pyridate پایریدیت		Chemical fertilizer کود شیمیایی	7.5 cd	12.86 de	43.46 d
Pyridate پایریدیت		Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	9.8 cd	16.86 de	32.25 de

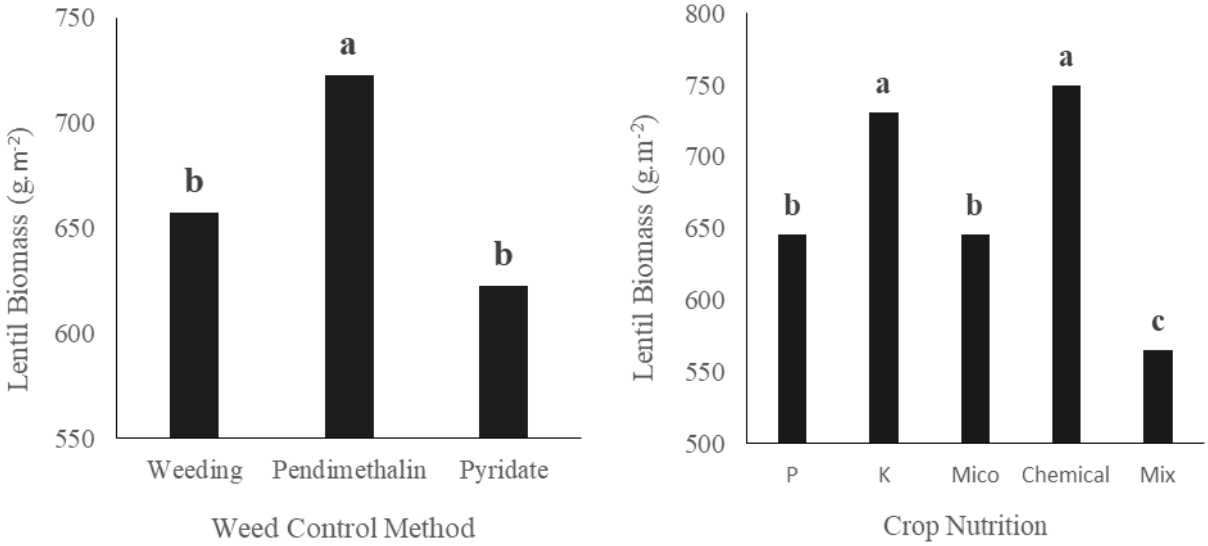
تأثیر تیمارهای آزمایش بر عدس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش های تغذیه گیاهی و کنترل علف‌های‌هرز و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر زیست‌توده و عملکرد دانه عدس معنی‌دار شد.

عملکرد زیست‌توده و دانه عدس

زیست‌توده

با توجه نتایج حاصل، بیشترین عملکرد زیست‌توده عدس (۷۲۲/۸ گرم در متر مربع) در روش‌های کنترل علف‌هرز مربوط به کاربرد پندیمتالین بود و کمترین زیست‌توده (۶۲۲/۸ گرم در متر مربع) در تیمار کاربرد پایریدیت مشاهده شد. حبوبات از جمله عدس، گیاهانی هستند که در مراحل اولیه رشد نسبت به حضور علف‌های‌هرز بیشترین حساسیت را دارا بوده و معمولاً علف‌کش‌های پیش‌کاشت و پیش‌رویشی دارای بهترین کارآیی در افزایش عملکرد این گیاهان محسوب میشوند (Parsa & Bagheri, 2008). کاربرد علف‌کش پایریدیت منجر به خسارت و گیاه‌سوزی بر عدس شد و در مقایسه با عملکرد تیمار وجین (۶۵۷/۶ گرم در متر مربع) اختلاف معنی‌داری نداشت. در رابطه با اثر کاربرد کودها بر عملکرد زیست‌توده عدس نیز دو تیمار کاربرد کود شیمیایی و پتاپاور بیشترین زیست‌توده را به خود اختصاص دادند (شکل ۵). در مطالعه‌ای در رابطه با اثرات کود شیمیایی اوره بر عملکرد گیاه زراعی و علف‌های‌هرز، نشان داده شد که کاربرد کود اوره علاوه بر افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز، عملکرد گیاه زراعی را افزایش داده است (Mohammaddoust *et al.*, 2011). کمترین عملکرد زیست‌توده (۵۶۵ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار کاربرد مخلوط کودهای زیستی بود (شکل ۵). به نظر می‌رسد اختلاط کودهای زیستی منجر به خسارت و کاهش رشد عدس شده است، در حالی که کاربرد هر کدام از آن‌ها به تنهایی به‌خصوص پتاپاور اثرات بهتری داشته است. احتمالاً این پاسخ به خاطر اثرات آنتاگونیستی که این میکروارگانیسم‌ها بر یکدیگر و گیاهان دارند، ایجاد شده باشد (Jordan *et al.*, 2000).



شکل ۳- اثر روش‌های تغذیه گیاهی و روش کنترل علف‌هرز بر عملکرد زیست‌توده عدس

Fig. 3. Effect of crop nutrition methods and weed control method on lentil Biomass

دانه

در بین روش‌های کنترل علف‌های‌هرز، بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۳۱/۳ گرم در متر مربع) در تیمار کاربرد پندیمتالین بود و اختلاف معنی‌داری با کاربرد پایریدیت نداشت (شکل ۶). در بین تیمارهای روش‌های تغذیه، بیشترین عملکرد دانه (۱۵۱/۹ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار کود شیمیایی و کمترین آن (۱۰۳/۱ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار مخلوط کودهای زیستی بود و در بین کودهای زیستی نیز کود پتاپاور با ۱۲۸/۴ گرم در متر مربع دارای بیشترین عملکرد دانه بود (شکل ۶). کودهای شیمیایی به‌دلیل فرم خاصی که دارند، دسترسی سریع‌تر و بهتری به گیاه زراعی می‌دهند به همین خاطر اثرات کودهای شیمیایی بیشتر از کودهای زیستی است.

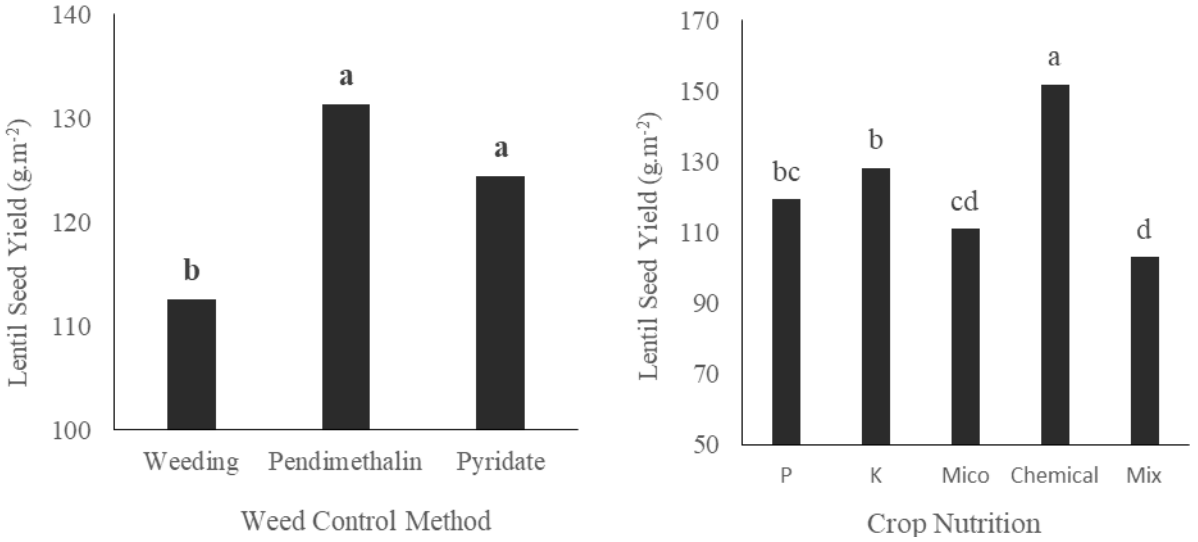
در بررسی اثرات متقابل تأثیر روش‌های کنترل علف‌های‌هرز و تغذیه نیز مشاهده شد که بیشترین زیست‌توده عدس (۸۵۰ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار (۴۸۳ گرم در متر مربع) به‌ترتیب مربوط به تیمار کود

شیمیایی به همراه وجین دستی و مخلوط کودهای زیستی به همراه وجین دستی بود. همچنین تیمار پتاپاور به همراه پندیمتالین نیز از نظر آماری با کود شیمیایی به همراه وجین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه (۱۶۴ گرم در مترمربع) و کمترین مقدار (۹۰ گرم در متر مربع) به‌ترتیب مربوط به تیمار پتاپاور و پندیمتالین و مخلوط کودهای زیستی و وجین دستی بود. همچنین تیمار پتاپاور و پندیمتالین نیز با تیمار کود شیمیایی و وجین دستی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). با توجه به اثرات ساده و متقابل به نظر می‌رسد که کاربرد کود شیمیایی منجر به افزایش عملکرد عدس نسبت به کودهای زیستی شده و بیشترین عملکرد در این تیمار حاصل شده است که از ویژگی‌های کودهای شیمیایی است که در بالا اشاره شد. در بین کودهای زیستی نیز اثرات ساده و متقابل نشان‌دهنده برتری کود پتاپاور نسبت به سایر کودهای زیستی بود. مطالعات نشان می‌دهند که بقولات نسبت به غلات پاسخ بیشتری به کاربرد پتاسیم می‌دهند (Parsa & Bagheri, 2008). در آزمایشی مشابه، در بررسی اثرات کودهای زیستی مختلف بر عملکرد نخود نیز نشان دادند که بهترین نتیجه رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط استفاده از کود زیستی پتاپاور حاصل شد (Izadi-Darbandi *et al.*, 2019). در آزمایش‌های سایر محققان اثر علف‌کش پندیمتالین در افزایش عملکرد عدس گزارش شده است (Karim-Mojeni *et al.*, 2004; Parsa & Bagheri, 2008).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمایش، در کاربرد کود شیمیایی بیشترین عملکرد گیاه زراعی حاصل شد، اما منجر به افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز نسبت به کودهای زیستی نیز شد. افزایش تراکم علف‌های‌هرز در کاربرد کود شیمیایی احتمالاً به‌دلیل نقش تحریک‌کننده آن‌ها در جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز باشد. اگرچه در رابطه با اثرات کودهای زیستی بر صفات علف‌هرز، کمترین تراکم و زیست‌توده علف‌هرز مربوط به تیمار مایکورایزا بود و سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما در بین کودهای زیستی، کود پتاپاور که واجد باکتری‌های تثبیت‌کننده پتاسیم در خاک است، بهترین نتیجه را بر عملکرد گیاه زراعی داشت. در بین روش‌های کنترل علف‌های‌هرز، علف‌کش پندیمتالین بیشترین تأثیر را بر بهبود عملکرد گیاه زراعی داشت، اگرچه پایریدیت علف‌های‌هرز را بهتر کنترل کرده بود، اما به‌دلیل انتخابی‌نبودن آن در عدس، منجر به خسارت به گیاه زراعی شد.

لذا توصیه ما با توجه به نتایج آزمایش، کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پندیمتالین به همراه کود پتاپاور در مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز عدس است.



شکل ۴- اثر روش‌های تغذیه گیاهی و روش کنترل علف‌هرز بر عملکرد دانه عدس

Fig. 4. Effect of crop nutrition methods and weed control method on lentil seed yield

جدول ۵- اثر متقابل روش کنترل علف‌هرز و روش‌های تغذیه گیاهی بر عملکرد عدس

Table 5. Interaction effect of weed control method and crop nutrition methods on lentil yield

Treatment تیمار			Lentil yield عملکرد عدس	
Weed control **کنترل علف‌هرز**	×	**Crop nutrition methods** **روش‌های تغذیه گیاهی**	**Biomass ($g.m^{-2}$)** **زیست‌توده (گرم در متر مربع)**	**Seed ($g.m^{-2}$)** **دانه (گرم در متر مربع)**
Pendimethalin پندی متالین	×	Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	716 bcd	115 efg
Pendimethalin پندی متالین		Petapowerbacter پتا پاور باکتر	800 ab	164 a
Pendimethalin پندی متالین		Mycorrhiza مایکورایزا	650 def	116 ef
Pendimethalin پندی متالین		Chemical fertilizer کود شیمیایی	750 bc	144 bc
Pendimethalin پندی متالین		Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	697 cde	117 ef
Pyridate پایریدیت	×	Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	650 def	137 cd
Pyridate پایریدیت		Petapowerbacter پتا پاور باکتر	676 cde	122 de
Pyridate پایریدیت		Mycorrhiza مایکورایزا	621 ef	103 efgh
Pyridate پایریدیت		Chemical fertilizer کود شیمیایی	650 def	156 ab
Pyridate پایریدیت		Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	516 g	101 fgh
Hand Weeding وجین دستی	×	Phosphorpowebacter فسفر پاورباکتر	571 fg	105 efgh
Hand Weeding وجین دستی		Petapowerbacter پتا پاور باکتر	716 bcd	98 gh
Hand Weeding وجین دستی		Mycorrhiza مایکورایزا	666 cde	113 efg
Hand Weeding وجین دستی		Chemical fertilizer کود شیمیایی	850 a	155 ab
Hand Weeding وجین دستی		Mix of biofertilizers مخلوط کودهای زیستی	483 g	90 g

منابع

1. Al-Karaki, G.N., and Al-Raddad, A. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Journa of Mycorrhiza 7(2): 83-88.
2. Al-Thahabi, S.A., Yasin, I.Z., Abu-Irmaileh, B.E., Haddad, N.I., and Saxena, M.C. 1994. Effect of weed removal on productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Med.) in a Mediterranean environment. Journal of Agronomy Crop Science 41(1): 60-65.
3. Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., and Janzen, H.H. 2004. Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. Journal of Weed Science 52: 614-622.
4. Cathcart, R.J., and C.J. Swanton. 2003. Nitrogen management will influence threshold values of green foxtail (*Setaria viridis*) in corn. Journal of Weed Science 51: 975-986.
5. Davies, F.T., Potter, J.R., and Linderman, R.G. 1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development on pepper plants independent of plant size and nutrient content. Journal of Plant Physiology 139: 289-294.
6. Dimitrios, B., Anestis, K., Aristidis, K., Sotiria, P., and Vassilios, T. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi: a blessing or a curse for weed management in organic olive crops? Australian Journal of Crop Science 5: 858-868.
7. Evans, S.P., Knezevic, S.Z., Shapiro, C., and Lindquist J.L. 2003. Nitrogen level affects critical period for weed control in corn. Journal of Weed Science 51: 408-417.

8. Francis, R.M., and Read, D.J. 1995. Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. Candan Journal Botany 73: 1301-1309.
9. Hanson, B, and Thill, D. 2001. Effects of imazethapyr and pendimethalin on lentil (*Lens culinaris*), pea (*Pisum sativum*), and a subsequent winter wheat (*Triticum aestivum*) crop. Journal of Weed Technology 15: 190-194.
10. Izadi-Darbandi, E., Nabati, J., Nezami, A., and Oskoueian, A. 2019. Effect of biological fertilizers on improvement of chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth and yield by different weed control methods. Journal of Soil Biology 7(2): 195-210. (in Persian with English Summary).
11. Jihad Keshavarzi Statistics. Information Technology Center. Ministry of Agriculture. Iran. 2017.
12. Jordan, N.R., Zhang, J., and Huerd, S. 2000. Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. Journal of Weed Research 40(5): 397-410.
13. Karim-Mojeni, 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 culinars*). Journal of Agronomy Science 1: 68-79. (In Persian).
14. Major J., Steiner C., Ditommaso A., Falcao N., and Lehmann J. 2005. Weed composition and cover after three years of soil fertility management in the central Brazilian Amazon: compost, fertilizer, manure and charcoal applications. Journal of Weed Biology and Management 5: 69-76.
15. 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.
16. Mohamed, E., Nourai, A., Mohamed, G., Mohamed, M., and Saxena, M. 1997. Weeds and weed management in irrigated lentil in northern Sudan. Journal of Weed Research 37: 211-218.
17. Mohammaddoust Chamanabad, H.R., Tulikov, A.M., and Baghestani, M.A. 2006. Effect of long-term fertilizer application and crop rotation on the infestation of fields by weed. Journal of Weed Science 12: 221-234.
18. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad. 524 Pp. (In Persian).
19. Pezeshkpour, P., Ardakani, M.R., and Vazan, S. 2014. Effects of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate soulbilizing bacteria on some characteristics related to chickpea root growth under autumn in the dryland condition. Bulletin of Environment. Journal of Pharmacology and Life Sciences 3(2): 19-25.
20. Rinaudo, V., Bàrberi, P., Giovannetti, M., and van der Heijden, M.G. 2010. Mycorrhizal fungi suppress aggressive agricultural weeds. Plant and Soil 333(1-2): 7-20.
21. Smith W.E., and Read D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd Ed. Academic Press, San Diego, CA, USA.
22. Swanton, C.J., and Weise, S.F. 1991. Integrated weed management: The rationale and approach. Journal of Weed Technology 5: 65-76.
23. Van Delden, A., Lotz, L.A., Bastiaans, L., Franke, A.C., Smid, H.G., Groeneveld, R.M.W., and Kropff. M.J. 2002. The Influence of nitrogen supply on the ability of wheat and potato to suppress *Stellaria Media* growth and reproduction. Journal of Weed Resarch 42: 429-445.
24. 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).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 144-155 (Research Article)

Effect of biological and chemical fertilizers and weed control methods on lentil (*Lens culinaris* Medik.) biomass and seed yield

Izadi-Darbandi[1*], E. & Maghsoudi[2], A.

1. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. PhD. Student of Weed Science Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, arashwenger@yahoo.com

Received: 6 January 2020
Accepted: 10 June 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84970

Introduction

Lentil is the second most important of legume crops in Iran and is mostly cultivated in the rainfed conditions. Weed competition is a major limitation to lentil production worldwide due to its slow early growth rate, short height, and lack of protective canopy development. Since the level of competition between weeds and crops is highly dependent on nutrient availability, proper nutrient management is considered as a method of weed management. Various aspects of nutrient management such as fertilizer type, application time, amount of application, and form of fertilizer can also change weed interference conditions with crop. It is believed that the application of biofertilizers, while providing environmental security and economic benefits, is a sustainable and beneficial method of plant nutrition and reducing the adverse effects of weeds. In Iran, two herbicides registered for lentil including pendimethalin and promethrin, that both of which are pre-emergence. Applying a single management method alone, in addition weed adaptation, leads to agroecosystem instability. Integrated weed management can increase the efficiency of management methods and also contribute to the sustainability of farming systems. This study was conducted to compare the effects of biological and chemical fertilizers in combination with chemical and mechanical weeding to improve crop yield and management of weeds in lentil farms.

Materials and Methods

The experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications at Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Investigated factors included five levels of plant nutrition (inoculation of lentil seeds with phosphorus-releasing bacteria (Phosphorobacter), inoculation of lentil seeds with potassium-releasing bacteria (Potapowerobacter), inoculation of lentil seeds with mycorrhizal fungi, inoculation of lentil seeds with a mixture of Phosphoraverbacter, Potapaverbacter and Mycorrhizal fungi, and application of chemical fertilizers based on soil test results without inoculation with biological fertilizers) and three weed control methods (weeding twice before flowering and pod filling lentil stage, respectively, weed control with pendimethalin as pre-emergence herbicide, and weed control with pyridate as post-emergence herbicide). Lentils were planted at 100 plants m^{-2} density. Biological fertilizers were sprayed on lentil seeds in lab, before planting. Chemical fertilizer (mixture of potassium sulfate and urea) was distributed at the rate of 50 kg ha^{-1} in the plots after sowing. Pentimethalin and pyridate were applied with a dose of 3.7 and 1.2 L ha^{-1}, respectively, in 3-4 leaf stage of weeds. Weed sampling was done in three lentil growth stages (flowering, pod filling, and crop harvest) from 0.5 m^{-2}. Matured crops were harvested from 1 m^{-2} and placed in lab for 48 hours to be dried for biomass and seed yield measurements.

Results and Discussion

The results showed that despite significant weed control, the application of pyridate damaged lentil crop and reduced biomass and seed yield. Pendimethalin resulted in the highest lentil biomass and seed yield and no damage to lentil crop. Among the fertilizers, chemical fertilizer increased weed density and biomass, also

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

increased lentil biomass and seed yield. Among the biofertilizers, Petapowerbacter (potassium fertilizer) showed that the highest yield of lentil (730.8 g m^{-2}), and the biofertilizer mixture resulted in a decrease the yield and biomass of lentil compared to the other fertilizers. Due to the interactions between the control methods and the fertilizers, the highest biomass (800 g m^{-2}) and seed (164 g m^{-2}) yield were obtained in the integration of potassium biofertilizer with pendimethalin.

Conclusion

According to the results of the experiment, application of chemical fertilizer resulted in the highest crop yield and also increased weed density and biomass compared to biofertilizers. Among the biofertilizers, Petapowerbacter, which contains potassium-stabilizing bacteria in the soil, had the best effect on crop yield. However the effects of biofertilizers on weed traits, the lowest density and biomass of weeds were related to mycorrhizal treatment and the other treatments were not significantly different. Among the weed control methods, pendimethalin had the greatest effect on improving crop yield. Although pyridate weed control was better, but caused damage to the crop and yield was decreased. Therefore, according to the results this experiment, we recommend the use of pendimethalin in combination with Petapowerbacter in integrated weed management of lentil.

Keywords: Legume, Mycorrhizal, Pendimethalin, Petapower, Pyridate

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۷۰-۱۵۶، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 156-170 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.83229

تأثیر فواصل مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک اکوتیپ‌های مختلف گوار (*Cyamopsis tetragonaloba*)

منیره دادگر[۱]، سمیه رستگار[۲*] و حسین پیری[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس؛ monireh.dadgar.2017@gmail.com
۲. دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس
۳. استادیار گروه باغبانی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر؛ hsalar1970@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ایرانشهر اجرا شد. در این آزمایش سه سطح آبیاری با فواصل ۵، ۷ و ۹روزه به‌عنوان فاکتور اصلی و اکوتیپ‌های مختلف گوار (سرباز، سراوان، ایرانشهر،RGC1033، هندی،گرمبیت) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. کاشت بذر گوار در اسفندماه انجام شد و پس از استقرار گیاه در مرحله پنج‌برگی آبیاری با دورهای مختلف آغاز و تا مرحله برداشت بذرها ادامه یافت. با افزایش فاصله آبیاری ارتفاع گیاه اکوتیپ سرباز و سراوان به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما تأثیری بر سایر اکوتیپ‌ها نداشت. طول ریشه اکوتیپ هندی با افزایش فاصله آبیاری به طور معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که در اکوتیپ اصلاح‌شده RGC1033 و اکوتیپ‌های ایرانشهر و سرباز با افزایش فواصل آبیاری طول ریشه افزایش یافت. افزایش دور آبیاری باعث کاهش معنی‌دار حداکثر کارآیی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) در اکوتیپ‌های سرباز، گرمبیت و ایرانشهر شد. با افزایش دور آبیاری شاخص برداشت کاهش یافت، به طوری‌که بیشترین میانگین شاخص برداشت در دور آبیاری پنج روز به‌دست آمد. بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک در دور آبیاری هفت روز و اکوتیپ سراوان مشاهده شد. با توجه به صفات مختلف بررسی‌شده، اکوتیپ اصلاحی RGC1033 و اکوتیپ سراوان در بیشتر صفات مورد بررسی دارای بیشترین میانگین بودند. با توجه به نتایج به دست آمده دور آبیاری هفت روز مناسب‌ترین دور آبیاری جهت کشت گوار در مناطق جنوبی کشور پیشنهاد می شود.

واژه‌های کلیدی: تنش، خصوصیات رویشی، فواصل آبیاری، گوار

مقدمه

گوار با نام انگلیسی Cluster bean و نام علمی *Cyamopsis tetragonaloba* گیاهی یک‌ساله از خانواده بقولات (Fabaceae) است. گیاه دارای چرخه عمر کوتاه سه تا چهار ماه است و می‌تواند دوره‌های خشکسالی و شوری را تحمل و در آن به خوبی رشد کند. تولیدکنندگان اصلی این گیاه در جهان هند، پاکستان، آمریکا، استرالیا و تعدادی از کشورهای آفریقایی می‌باشند. تقاضای جهانی گوار در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری یافته که موجبات معرفی این گیاه را در کشورهای دیگر فراهم ساخته است (Sij *et al*., 2000). گوار به‌عنوان یک محصول خوراکی برای مصرف انسان و احشام در پاکستان کشت می‌شود (Rahman & Shafivar, 1967). به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای، غلاف گوار می‌تواند جایگزین گوشت شود (حدود ۷۰ درصد اسیدآمینه ضروری که می‌تواند درگوشت یافت شود). علاوه بر محتوای پروتئین آن، غلاف همچنین حاوی مواد آلی و معدنی و انواع ویتامین‌ها می‌باشد. میزان آهن آن دو برابر آهن اسفناج است (Chuarasia & Saxena, 2012). دانه گوار منبع اصلی صمغ است. به دلیل وجود مقادیر زیادی صمغ گالاکتومانان در دانه‌های گوار، به‌عنوان یک غلیظ‌کننده در محصولاتی مانند بستنی و یا به‌عنوان تثبیت‌کننده در پنیر استفاده می‌شود. صمغ گوار به‌عنوان کاهنده کلسترول، فشارخون و قند خون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sharma *et al*., 2011). عصاره پودر گوار دارای فعالیت ضدسرطانی است (Badr *et al*., 2014). در سال ۲۰۱۲، تقاضای جهانی برای صمغ گوار افزایش یافته است و قیمت تقریبا به ۲/۳برابر افزایش یافته است (Gresta *et al*., 2014).

*نویسنده مسئول: rastegarhort@gmail.com

گیاهان در طبیعت به طور مداوم در معرض تنش‌های زنده و غیرزنده قرار دارند. در میان این تنش‌ها، تنش خشکی یکی از معمول‌ترین تنش‌های محیطی است که تقریباً تولیدات گیاهان زراعی را در ۲۵ درصد از زمین‌های جهان محدود می‌کند. ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک جهان طبقه بندی می‌گردد (Sarmdnya, 1993). در میان عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. یک‌سوم از اراضی قابل کشت در جهان از کمبود آب کافی رنج می‌برند و با تغییرات آب و هوایی و افزایش جمعیت این مشکل در آینده جدی‌تر خواهد شد (El- Houerou, 1996). نزدیک به نیمی از اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند. افزایش دمای زمین به دلیل تغییرات جوی و کمبود بارش، روند رو به افزایش تبدیل زمین‌های کشاورزی را به زمین های خشک شدت بخشیده است. لذا شناسایی گیاهان مقاوم و مکانیسم‌هایی که منجر به مصرف بهینه آب و عملکرد زراعی بالا می گردند، حیاتی به نظر می‌رسد (Morris *et al*.,1991). برنامه‌ریزی صحیح آبیاری سبب استفاده بهینه از منابع محدود آب می‌گردد. تحقیقات نشان می‌دهند که تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد به ژنوتیپ بستگی گیاه دارد (Bannayan *et al*., 2008).

به دلیل ناشناخته‌بودن گیاه گوار تاکنون تحقیقات اندکی در ایران انجام شده است. نتایج پژوهش Amiri Deh Ahmadi *et al*, (2010) نشان داد تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش وزن دانه در بوته، وزن خشک تجمعی، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه، سرعت فتوسنتز خالص و افزایش نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ در نخود شد. نتایج نشان داد استفاده از فسفر باعث کاهش اثرات تنش کم‌آبی می‌شود. نتایج نشان داد اثر فزاینده فسفر و تیو اوره موجب افزایش فتوسنتز خالص، سطح برگ، افزایش محتوای کلروفیل، افزایش متابولیسم نیتروژن در گوار و نیز بهبود قابل توجه در رشد و عملکرد بذر در شرایط تنش آب می‌شود (Burman *et al*., 2003).

کشت گیاهانی که بتوانند کمبود آب را در طول دوره رشد در مناطق نیمه‌خشک مانند ایران تحمل کنند، ضروری است. باتوجه به محدودیت منابع آب در کشور، ارزیابی توده‌های گوار تحت تنش کم‌آبی از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا در این پژوهش توده‌های محلی استان سیستان و بلوچستان مورد ارزیابی قرار گرفتند تا مناسب‌ترین توده جهت کشت به کشاورزان توصیه گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ایرانشهر اجرا گردید. خصوصیات مختلف خاک محل آزمایش در جدول ۱ و اطلاعات هواشناسی در جدول ۲ نشان داده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سه سطح فواصل آبیاری ۵، ۷ و ۹روز و ۶ اکوتیپ گوار (سرباز، سراوان، ایرانشهر، RGC1033، هندی، گرمبیت) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. بعد از انجام مراحل آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی و پشته، اولین آبیاری قبل از کاشت صورت گرفت. عملیات کاشت بذر گوار در هفته دوم اسفندماه به صورت دستی انجام شد. پس از استقرار گیاه در مرحله پنج‌برگی، تیمارهای آبیاری آغاز و تا برداشت بذرها ادامه یافت. در پایان فصل رشد، طول اندام هوایی و طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن ۱۰۰دانه اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه Spad مدل Minolta-502 اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، ابتدا گیره‌های دستگاه اندازه گیری فلورسانس کلروفیل (مدل Hansatech Instrument ساخت انگلستان) به برگ‌ها وصل شدند. بعد از ۲۰ دقیقه قرارگرفتن در تاریکی، حداکثر کارآیی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) قرائت شد. در نهایت تجزیه داده‌های آماری با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسات میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش:

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق‌خاک Depth soil (cm)	درصد اشباع S.P	بافت خاک Soil texture	درصد شن % Sand	درصد لای % Silt	درصد رس % Clay	پتاسیم قابل جذب Available Potassium (PPm)	فسفرقابل جذب Available Phosphorus (PPm)	ازت‌کل Total Nitrogen %	کربن‌آلی Organic Carbon %	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)	واکنش گل اشباع PH
0-30	30.99	Sandy loam	60	34	61	345	8.04	0.03	0.32	3.59	7.52

جدول ۲- داده‌های هواشناسی مربوط به فصل زراعی ۹۷ - ۱۳۹۶ در ایرانشهر

Table 2. Meteorological data for 2017-2018 crop season in Iranshahr

ماه Month	میانگین دما Mean temperature	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد) Mean of maximum temperature (°C)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد) Mean of minimum temperature (°C)	حداکثر مطلق دما (سانتی‌گراد) Absolute maximum temperature (°C)	حداقل مطلق دما (سانتی‌گراد) Absolute minimum temperature (°C)	میزان بارش درماه (میلی‌متر) Monthly precipitation (mm)
اسفند۹۶ March 2018	24.4	31.9	16.9	39.7	13.4	0.1
فروردین۹۷ April 2018	29.3	36.5	22.1	41.5	16.6	0.1
اردیبهشت۹۷ May 2018	32.8	39.9	25.7	45	20.1	21.1
خرداد۹۷ June 2018	38.5	45.8	31.3	49.1	26.2	0
تیر۹۷ July 2018	38.3	45.1	31.5	47.5	28.6	0

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش فواصل آبیاری×توده تمام صفات به‌جُز وزن ۱۰۰دانه معنی‌دار شد (جدول۳).

ارتفاع بوته

افزایش فواصل آبیاری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در اکوتیپ‌های سرباز و سراوان شد (شکل۱). نتایج نشان داد که در دور آبیاری ۹روزه، بیشترین ارتفاع گیاه (۷۷/۵سانتی‌متر) مربوط به اکوتیپ اصلاح‌شده RGC1033 بود که با اکوتیپ سراوان تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین ارتفاع گیاه (۴۲/۰۳سانتی‌متر) مربوط به اکوتیپ سرباز بود. ارتفاع بوته، صفت کلیدی برای انتخاب بهبود عملکرد در گوار است (Kumar & Ram, 2015). Bayat *et al*, (2017) نیز گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع گیاه گوار کاهش یافت. برخی محققان کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش کمبود رطوبت را به کاهش تورم نسبی و ازدست‌دادن آب پروتوپلاسم و در نهایت، کاهش تقسیم و توسعه سلول ارتباط دادند (El- Kholy & Gabaliah, 2005; Yordanov *et al*., 2003).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه گوار

Table 3. Variance analysis of studied traits in Guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares: ارتفاع بوته Plant height	طول ریشه Root length	تعداد شاخه فرعی Secondary branches No.	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	وزن‌تر ریشه Fresh weight of root	وزن‌خشک ریشه Dry weight of root
بلوک Block	2	275.33*	2.13^{ns}	0.29^{ns}	0.09^{ns}	1.09**	0.01^{ns}
آبیاری Irrigation	2	10.38^{ns}	4.98**	0.06^{ns}	2.33**	0.18^{ns}	0.12*
خطای اصلی Error a	4	5.81	1.54	0.11	0.09	0.076	0.019
اکوتیپ Ecotype	5	226.66**	6.69**	4.27**	42.28**	1.59**	0.57**
اکوتیپ×آبیاری Ecotype×irrigation	10	100.14*	12.03**	1.70**	2.93**	2.24**	0.32**
Error b	10	39.26	2.17	0.08	0.1	0.045	0.037
خطای فرعی Sub-error	20	29.94	1.01	0.26	0.06	0.074	0.033
کل Total	53						

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

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

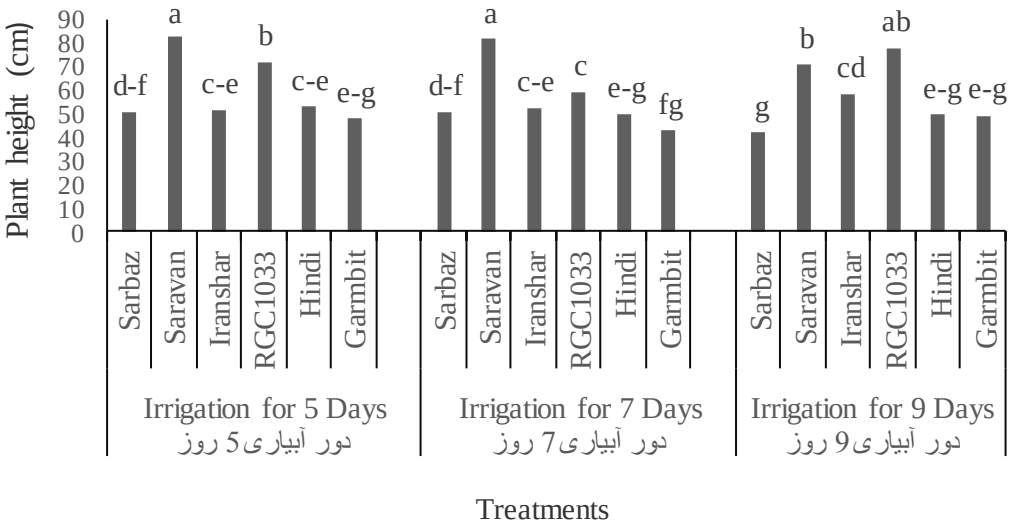
ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه گوار

Continued Table 3. Variance analysis of studied traits in Guar

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		وزن۱۰۰دانه بذر Weight of 100 seed	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	عدد کلروفیل‌متر Spad	حداکثر کارآیی کوانتومی فتوسیستم Fv/Fm II
بلوک Block	2	0.06**	0.05^{ns}	1.58*	4.63^{ns}	0.005^{ns}
آبیاری Irrigation	2	0.02^{ns}	2.21**	245.88**	77.93**	0.014^{ns}
خطای اصلی Error a	4	0.004	0.05	0.55	19.51	0.0012
اکوتیپ Ecotype	5	0.38**	54.97**	1512.34**	129.54**	0.016^{ns}
اکوتیپ×آبیاری Ecotype×irrigation	10	0.005^{ns}	3.26**	138.37**	90.80**	0.02**
خطای فرعی Sub-error	20	0.001	0.04	0.36	12.06	0.004
کل Total	53					

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

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



شکل ۱- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر ارتفاع گیاه گوار

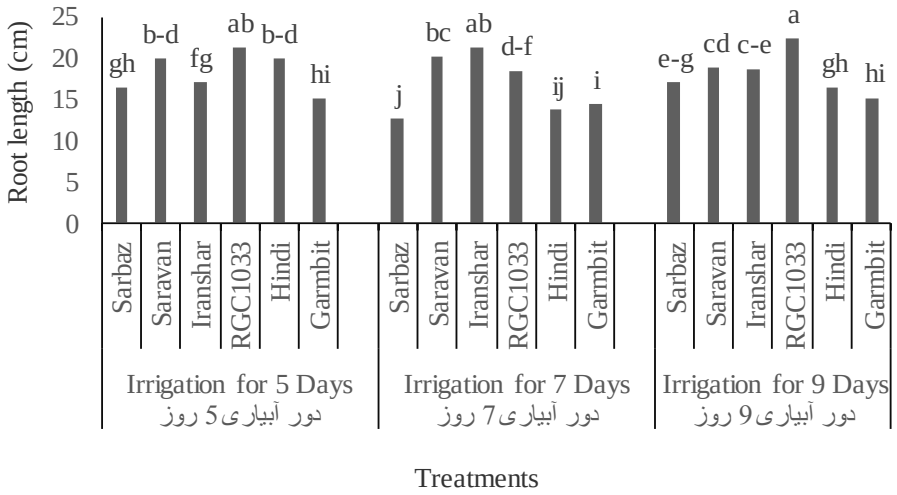
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 1. Effect of irrigation period and different ecotype on Guar plant height

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.

طول ریشه

نتایج نشان داد دور آبیاری ۹روزه باعث افزایش طول ریشه در اکوتیپ‌های RGC1033، ایرانشهر و سرباز و باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه در اکوتیپ هندی شد. در دور آبیاری ۹روزه بیشترین طول ریشه با میانگین ۲۲/۳ سانتی‌متر مربوط به اکوتیپ RGC1033 و کمترین طول ریشه (۱۲/۷سانتی‌متر) مربوط به دور آبیاری هفت‌روزه و اکوتیپ سرباز بود (شکل ۲). با توجه به مشاهدات Bayat *et al*, (2017) تنش خشکی باعث افزایش طول ریشه در گوار شد که با نتایج کنونی مطابقت دارد. اثرات نامطلوب خشکی بر رشد گیاهان می‌تواند با توسعه ریشه جبران شده و باعث افزایش جذب آب توسط گیاه شود. این فرایند با عمیق‌ترشدن ریشه‌ها، تغییر توزیع سیستم ریشه و یا تغییر اندازه آوندهای ریشه صورت می‌گیرد (Turner, 1986).



شکل ۲- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر طول ریشه گیاه گوار

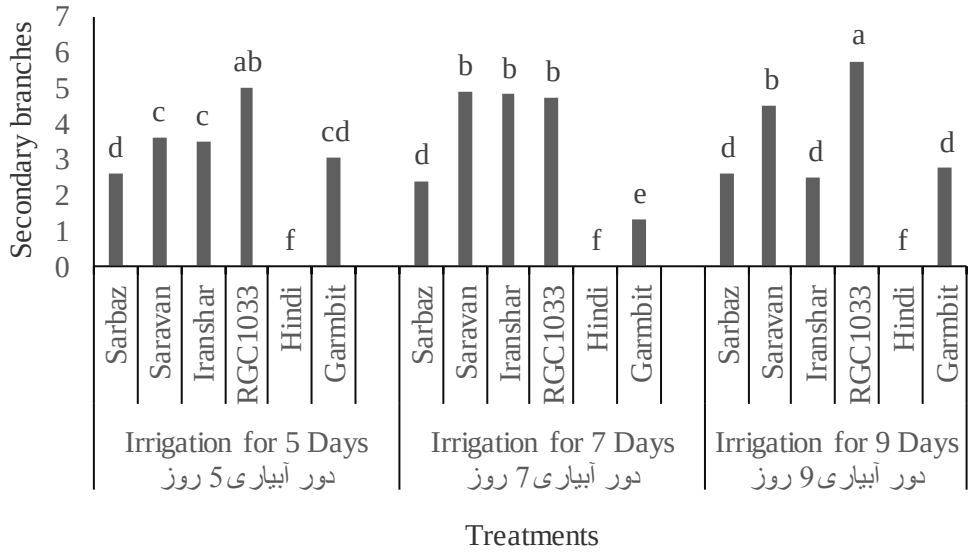
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. Effect of irrigation period and different ecotype on root length Guar plant

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج نشان داد که در دور آبیاری ۹روزه تعدادشاخه‌های فرعی در اکوتیپ‌های ایرانشهر و گرمبیت کاهش و در اکوتیپ‌های سراوان و RGC1033 افزایش یافت، در حالی‌که دور آبیاری تأثیری در اکوتیپ سرباز نداشت. بیشترین تعداد شاخه فرعی (۵/۷) مربوط به اکوتیپ اصلاحی RGC1033 و در دور آبیاری ۹روزه بود که با دور آبیاری پنج روزه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اکوتیپ هندی در تمام دور آبیاری‌ها فاقد شاخه فرعی بود (شکل ۳). برخلاف نتایج کنونی، Boutraa & Sander (2001) Sander گزارش کردند که تنش آب در مرحله گلدهی تعداد شاخه‌های جانبی دو رقم گوار را کاهش داد.



شکل ۳- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر تعداد شاخه‌های گیاه گوار

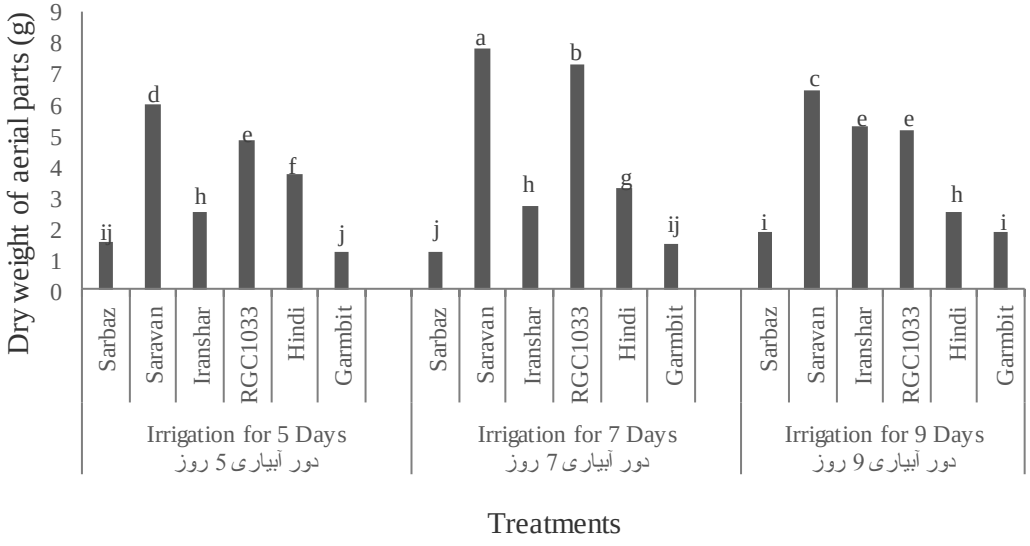
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 3. Effect of irrigation period and different ecotype on secondary branches Guar plant

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.

وزن خشک اندام‌های هوایی

نتایج مربوط به تأثیر آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی نشان داد افزایش دور آبیاری بر وزن خشک اندام‌های هوایی اکوتیپ‌های سرباز و گرمبیت تأثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ سراوان و دور آبیاری هفت روز مشاهده گردید (شکل ۴). با افزایش فواصل آبیاری به ۹روز وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. نتایج مشابهی نیز توسط Gorbani *et al*, (2010) گزارش شده است.



شکل ۴- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه گوار

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 4. Effect of irrigation period and different ecotype on dry weight of aerial parts Guar plant

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

وزن ریشه

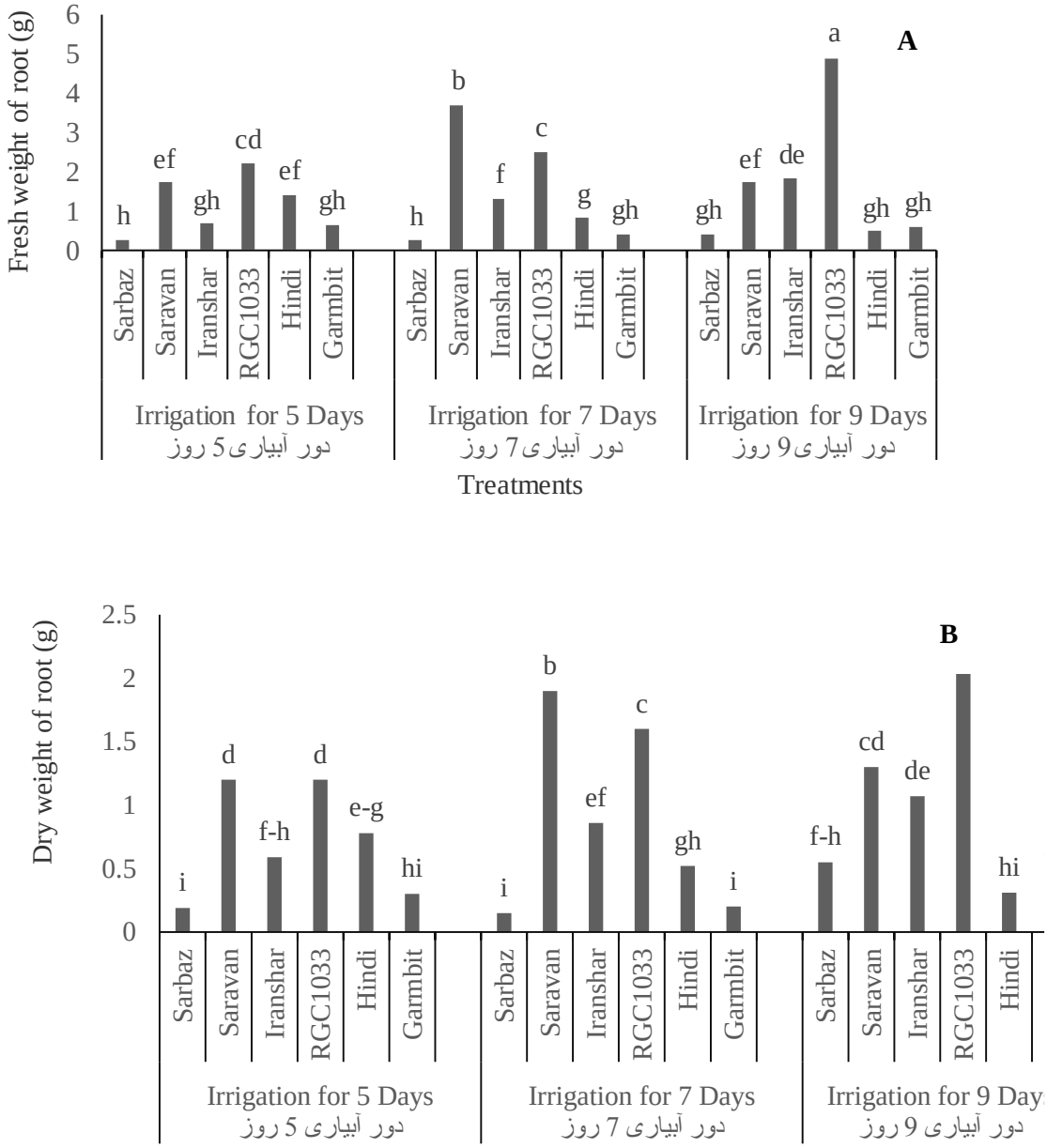
نتایج مربوط به تأثیر دور آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه در شکل ۵ ارائه شده است. در اکوتیپ ایرانشهر و RGC1033 وزن تر و خشک افزایش یافت. افزایش فاصله آبیاری باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک ریشه توده هندی شد. دور آبیاری تأثیر معنی‌داری بر اکوتیپ‌های سرباز و گرمبیت نداشت. بیشترین وزن تر و خشک ریشه در توده اصلاح‌شده RGC1033 مشاهده شد، در حالی‌که اکوتیپ‌های هندی و گرمبیت کمترین وزن تر و خشک ریشه را نشان دادند.

وزن۱۰۰دانه

نتایج نشان داد وزن بذر تحت تأثیر دور آبیاری و اثر متقابل آبیاری و اکوتیپ قرار نگرفت، ولی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اکوتیپ‌های مختلف گوار قرار گرفت (شکل۶). تأثیر ساده نوع اکوتیپ بر وزن بذر نشان داد که به ترتیب سراوان، هندی و ایرانشهر دارای بیشترین وزن بذر بودند، درحالی‌که اکوتیپ‌های سرباز، RGC1033 و گرمبیت بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای کمترین وزن بذر بودند. در نتایج کنونی وزن۱۰۰دانه بذر تحت تأثیر دور آبیاری قرار نگرفت، ولی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اکوتیپ‌های مختلف قرار گرفت. مطالعات انجام شده توسط Mahmoud *et al*, (2011) نشان داد وزن۱۰۰۰دانه در گوار در هر فصل به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر فواصل مختلف آب قرار نگرفت که با نتیجه آزمایش ما همخوانی مثبت دارد.

وزن۱۰۰دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیاست که به صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). با توجه به مشاهدات Pandey *et al*, (1981) در میان اجزای عملکرد نخود، وزن۱۰۰دانه کمتر تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی قرار می‌گیرد.

در این مطالعه اکوتیپ سراوان و هندی دارای بیشترین وزن بذر و اکوتیپ سرباز دارای کمترین وزن بذر بود. تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن۱۰۰دانه و ارتفاع بوته اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه گوار دارد (Shekhawat & Singhania, 2005).

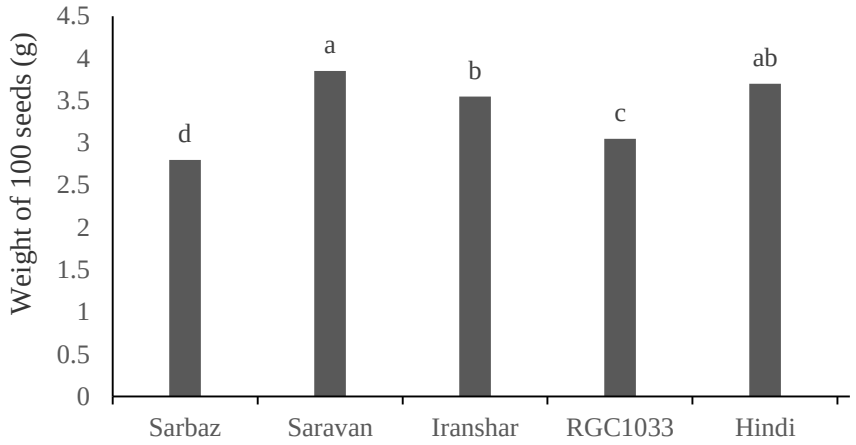


شکل ۵- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف، بر وزن‌تر ریشه (A) و وزن خشک ریشه (B) گیاه گوار

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 5. Effect of irrigation period and different ecotype on fresh weight of root guar plant (A) and dry weight of root Guar plant (B)

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.



شکل ۶- تأثیر اکوتیپ‌های مختلف بر وزن۱۰۰دانه بذر گیاه گوار

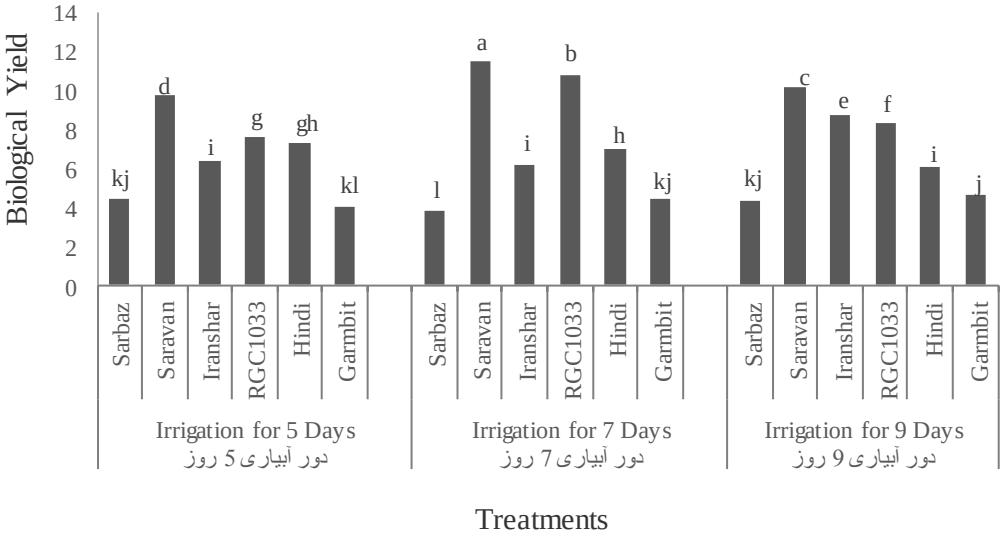
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 6. Effect of different ecotype on 100 seed weight of Guar plant

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد اثر متقابل اکوتیپ×آبیاری در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در دور آبیاری هفت روز و اکوتیپ سراوان به‌دست آمد. در تمام سطوح آبیاری اکوتیپ سراوان نسبت به بقیه اکوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک بیشتری از خود نشان داد (شکل۷). در تطابق با این نتایج، Mohammadzadeh *et al*, (2011) نیز در آزمایشی بر روی ژنوتیپ لوبیا گزارش کردند عملکرد بیولوژیک کل به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ قرار گرفت.



شکل۷- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر عملکرد بیولوژیک گیاه گوار

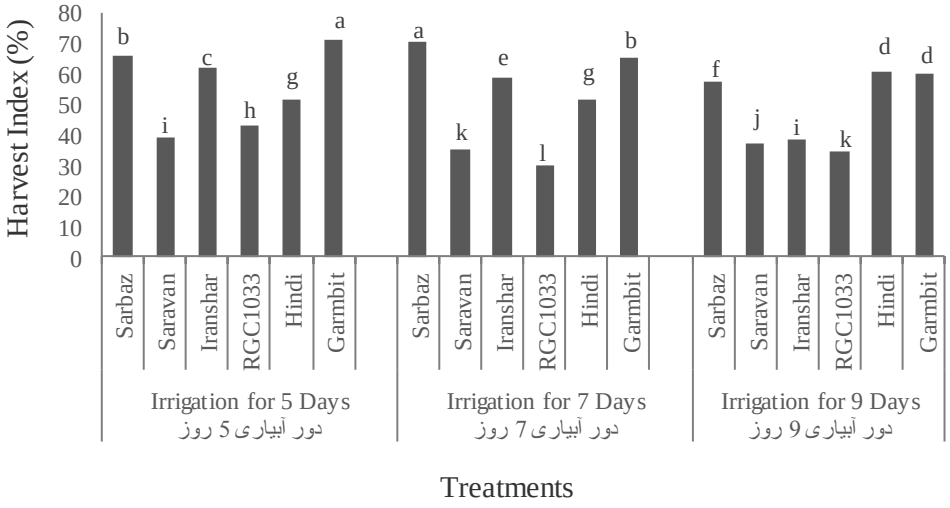
میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 7. Effect of irrigation period and different ecotype on biological function Guar plant

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.05), based on LSD Test.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد با افزایش فواصل آبیاری شاخص برداشت کاهش یافت. اکوتیپ‌های گرمبیت و سراوان در تیمار آبیاری پنج روزه به ترتیب از بیشترین و کمترین شاخص برداشت برخوردار بودند (شکل۷). در شرایط کم‌آبی، شاخص برداشت کاهش می‌یابد که علت آن کاهش تعداد غلاف‌ها است. شاخص برداشت از طریق کاهش تعداد غلاف و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی کاهش می‌یابد (Rosales *et al*., 2004). بالابودن شاخص برداشت ناشی از اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی گیاه به تولید دانه و در نتیجه عملکرد اقتصادی بوده و معیار مهم در تحمل گیاه به تنش کم‌آبی می‌باشد (Gebeyehu, 2006). در تطابق با این نتایج Bayat *et al*, (2009) نیز کاهش شاخص برداشت را در اثر تنش آبیاری در لوبیاچیتی گزارش کردند.



شکل۸- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر شاخص برداشت گیاه گوار

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 8. Effect of irrigation period and different ecotypes on harvest index Guar plant

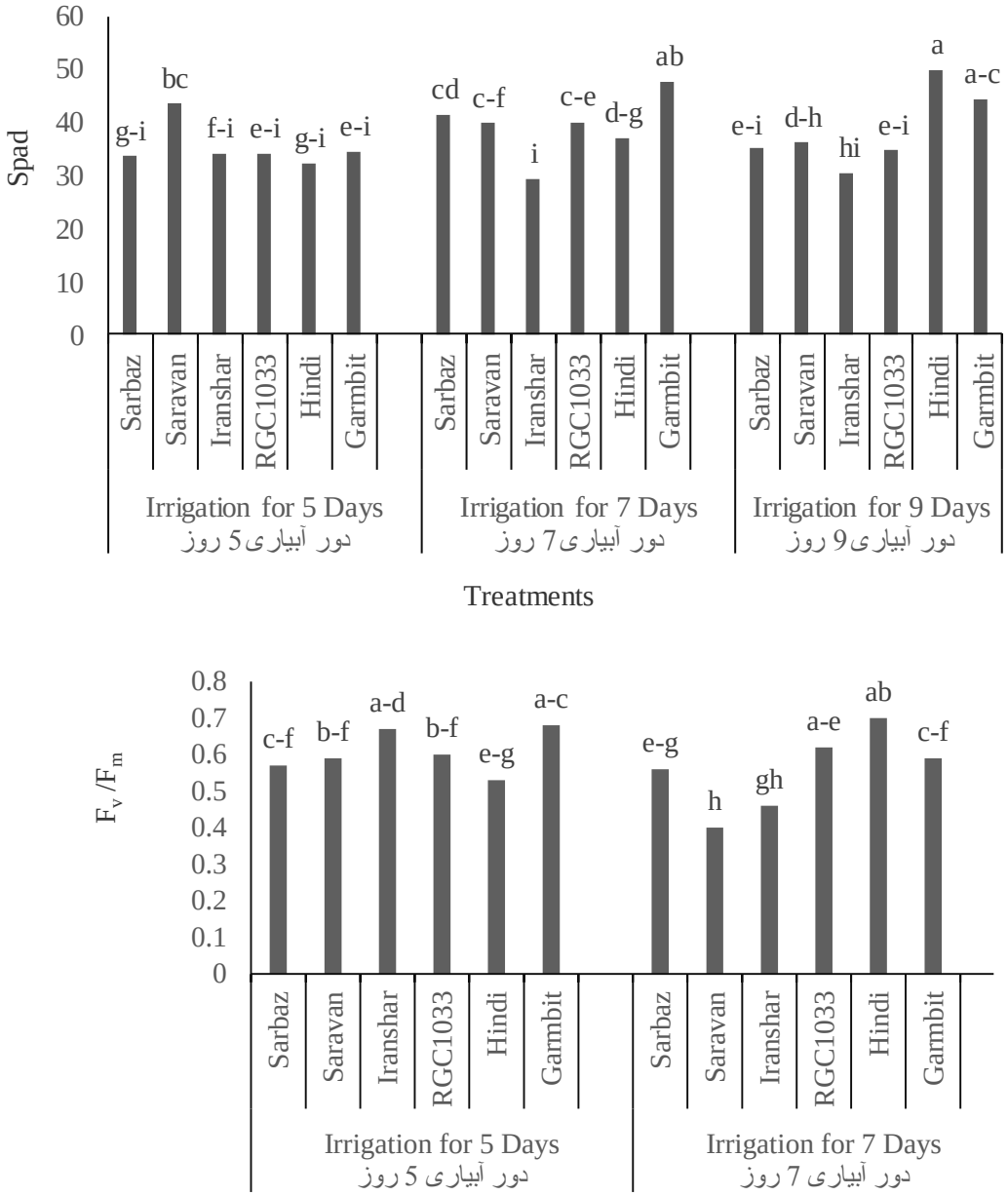
Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P \leq 0.05$), based on LSD Test.

قرائت SPAD و حداکثر کارآیی کوانتومی فتوسیستمII (F_v/F_m)

به استثنای اکوتیپ سراوان که کاهش معنی‌داری در قرائت SPAD آن مشاهده شد، اکوتیپ‌های هندی و گرمبیت بالاترین قرائت را در دور آبیاری ۹روزه نشان دادند (شکل ۸). بر اساس نتایج، دور آبیاری ۹روزه باعث کاهش معنی‌دار F_v/F_m در اکوتیپ‌های سرباز، گرمبیت و ایرانشهر شد. اکوتیپRGC1033 و هندی به ترتیب دارای بیشترین F_v/F_m برگ و اکوتیپ‌های سراوان و ایرانشهر در دور آبیاری هفت روز دارای کمترین F_v/F_m در برگ بودند (شکل ۸).

برخلاف نتایج کنونی Wazirie *et al*, (2016) در گزارش خود اعلام کردند که تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل برگ شد. کلروفیل رنگیزه اصلی کلروپلاست سلول‌های برگی است که با جذب انرژی نوری، واکنش نوری فتوسنتز را به جریان می‌اندازد. پایداری کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی، جهت تداوم فتوسنتز ضروری است و یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک محسوب می‌گردد (Ghosh *et al*., 2004). با توجه به مشاهدات Pezeashkh Pour *et al*, (2005) بر روی نخود، تنش خشکی باعث کاهش شاخص کلروفیل شده است. مطالعات انجام‌شده توسط Movahedi Dehnavi *et al*, (2004) برروی تنش خشکی ارقام گلرنگ نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش میزان کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه گردید. افزایش کلروفیل برگ در شرایط تنش احتمالاً به علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ باشد. به همین دلیل گزارش‌ها در مورد تأثیر تنش خشکی بر میزان کلروفیل برگ متفاوت است.

افزایش، کاهش یا عدم تغییر میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی، با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، طول دوره تنش و شدت تنش خشکی متفاوت می‌باشد (Al- Hakimi *et al*., 1995). مقدار فلورسانس کلروفیل به‌عنوان معیاری برای سنجش سالم‌بودن غشای تیلاکوئیدی در کارآیی نسبی انتقال الکترون از فتوسیستمII به فتوسیستمI در نظر گرفته می‌شود. نسبت F_v/F_m حداکثر کارآیی کوانتومی فتوسیستمII برای تبدیل نور جذب‌شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد. تنش های محیطی با تأثیر بر فتوسیستمII باعث کاهش این نسبت می‌شوند (Morison & Videng, 1995).



شکل ۹- تأثیر دور آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف بر کلروفیل (اسپد) (شکل بالا) و حداکثر کارآیی فتوسیستم II (F_v/F_m) (شکل پایین) گیاه گوار

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 9. Effect of irrigation period and different ecotypes on chlorophyll (spad) and F_v/F_m Guar plant

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

افزایش میزان فلورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی روی گیاهان زیادی از جمله توت‌فرنگی، کاهو و زیتون گزارش شده است (Razavi *et al*., 2008; Petridis *et al*., 2012; Hussain & Reigosa, 2011). تفاوت ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم از نظر F_v/F_m در تنش شدید پدیدار می‌شود و ژنوتیپ‌های با نسبت بالای F_v/F_m در شرایط تنش شدید، کارآیی فتوسنتزی بالاتری دارند (Sayed, 2003).

نتیجه‌گیری

افزایش فواصل آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت شد، به طوری‌که دور آبیاری پنج روز و اکوتیپ گرمبیت از بیشترین میانگین شاخص برداشت برخوردار بود. افزایش دور آبیاری موجب افزایش طول ریشه گردید. با توجه به صفات مختلف اکوتیپ اصلاحی RGC1033 و اکوتیپ سراوان دارای بیشترین مقاومت به کم‌آبی بودند، به طوری‌که در دور آبیاری ۹روزه، میانگین تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر قرار نگرفت. بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک در دور آبیاری هفت روز و اکوتیپ سراوان مشاهده شد. با توجه به صفات اندازه‌گیری‌شده (ارتفاع، طول ریشه، تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد بیولوژیک)، اکوتیپ RGC1033 و سراوان دارای بیشترین میانگین بودند. با توجه به نتایج این تحقیق دور آبیاری هفت روز مناسب‌ترین فواصل آبیاری جهت کشت گوار در مناطق جنوبی ایران پیشنهاد می شود.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از کلیه پرسنل مزرعه تحقیقات کشاورزی ایرانشهر که ما را در اجرای این تحقیقات یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2010. Effect of drought stress at different growth stages on chickpea growth indices in greenhouse conditions. Journal of Bean Research Iranian Science 1(2): 69-84.
2. Al-Hakimi, A., Monneveux, P., and Galiba, G. 1955. Soluble sugars, proline and relative water content (RCW) as traits for improving drought tolerance and divergent selection for RCW from *Triticum polonicum* into *Triticum durum*. Journal of Genetics and Breeding 49: 237-244.
3. Badr, S.E.A., Abdelfattah, M.S., El-Sayed, S.H., Abd El-Aziz, A.S.E., and Sakr, D.M. 2014. Evaluation of anticancer, antimycoplasmal activities and chemical composition of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) seeds extract. Research Jornal of Pharm Biology Chemistry Science 5(3): 413-423.
4. Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L., and Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products 27(1): 11-16.
5. Bayat, A., Sephri, A.A., Ahmadvand, G., and Derry, H.R. 2009. Effect of water deficit stress on performance and performance components pinto beans genotypes. Journal of Crop Science Iranian 12(1): 42-51.
6. Bayat, S., Sodai Zade, H., Hakimzadeh, M.A., and Mosle aria, A. 2017. Investigation of water relations and drought resistance of guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba*) under different moisture treatments. Master's Thesis, University of Yazd, Yazd, Iran.
7. Boutraa, T., and Sanders, F.E. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 187(4): 251-257.
8. Burman, U., Garg, B.K., and Kathju, S. 2009a. Effect of phosphorus application on clusterbean under different intensities of water stress. Journal of Plant Nutrition 32(4): 668-680.
9. Burman, U., Garg, B.K., and Kathju, S. 2004b. Interactive effects of thiourea and phosphorus on clusterbean under water stress. Biologia Plantarum 48(1): 61-65.
10. Chuarasia, S., and Saxena, R. 2012. Antimicrobial activity of four different varieties of green beans. Research Jornal of Pharm Biology Chemistry Science 3: 70-74.
11. Dhingra, H.R. 2014. Effect of salinity stress on morpho-physiological, biochemical and yield characters of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. Indian Journal of Plant Physiology 19(4): 393-398.
12. El-Kholy, M.A., and Gaballah, M.S. 2005. Productivity of wheat cultivars affected by seeding methods and reflected application under water stress condition. Journal Agronomy 4: 23-30.

13. Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. PhD. Thesis, University of Giessen Germany.
14. Ghorbani, T., Galeshi, S., Soltani, A., and Zeynali, E. 2010. Review some parameters physiological and biochemical in chicpea plant under drought stress. Submitted Dissertation, University of Gorgan.
15. Ghosh, P.K., Bandyopadhyay, K.K., Manna, M.C., Mandal, K.G., Misra, A.K., and Hati, K.M. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology 95(1): 85-93.
16. Gresta, F., De Luca, A.I., Strano, A., Falcone, G., Santonoceto, C., Anastasi, U., and Gulisano, G. 2014. Economic and environmental sustainability analysis of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) farming process in a Mediterranean area: two case studies. Italian Journal of Agronomy 9(1): 20-24.
17. Hussain, M.I., and Reigosa, M.J. 2011. A chlorophyll fluorescence analysis of photosynthetic efficiency, quantum yield and photon energy dissipation in PSII antennae of *Lactuca sativa* L. leaves exposed to cinnamic acid. Plant Physiology and Biochemistry 49(11): 1290-1298.
18. Kumar, V., and Ram, R.B. 2015. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield attributing traits in cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] genotypes. International Jornal of Pure Applied Biology Science 3(1): 143-149.
19. Le-Houérou, H.N. 1996. Climate change, drought and desertification. Journal of arid Environments 34(2): 133-185.
20. Mahmoud, F.E.M.A., Deng, M.M., and Awatif, A.G.B. 2011. Effect of water stress at different periods on seed yield and water use efficiency of guar under shambat conditions. Agricultural Sciences 3: 262-266.
21. Mohammad Zadeh, A., Majnun Hosseini, N., Moghadam, H., and Akbari, M. 2011. Impact of different levels drought and nitrogen on performance and performance components Red been genotypes. Journal of Crop Science Iranian 43(1): 29-38.
22. Morison, M.J., and Videng, H.D. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. Crop Science 35: 1411-1414.
23. Morris, P.C., Jewer, P.C., and Bowles, D.J. 1991. Changes in water relations and endogenous abscisic acid content of wheat and barley grains and embryos during development. Plant, Cell & Environment 14(4): 443-446.
24. Movahedi Dehnavi, M., Modares Sanawie, S.A.M., Soroush Zadeh, A., and Jalali, M. 2004. Changes in proline, total soluble sugars, chlorophyll and chlorophyll fluorescence in autumn safflower cultivars under drought stress of zinc and manganese foliar application. The Desert 9(1): 93-109.
25. Pandey, R.L., Rao, S.K., Tiwari, A.S., and Reddy, R.K. 1981. Note on estimates of heterosis for grain yield and implication in chickpea breeding (*Cicer arietinum* L.). Legume Rresearch 4: 109-111.
26. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., and Giannakoula, A. 2012. Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Plant Physiology and Biochemistry 60: 1-11.
27. Pezashk Pour, A., Noori, M., Khorgami, A., Nazari, S., and Danesh var, M. 2005. The effect of supplementary irrigation on yield and yield components of grain, leaf chlorophyll index and light infiltration in shadingf of cabbage chickpea cultivars. Proceedings of the First National Bean Conference, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Sci 205-207.
28. Rahman, M., and Shafivr, M**.** 1967. Guar meal in dairy cattle vations. PhD. Dissertation. Texas A&M University, College station, TX.
29. Razavi, F., Pollet, B., Steppe, K., and Van Labeke, M.C. 2008. Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of drought stress in strawberry. Photosynthetica 46(4): 631-633.
30. Rosales-Serna, R., Shibala, K., Gallegos, A., Lopez, T., Cereceres, O., and Kelly, I.D. 2004. Biomass distribution maturity acceleration and yield in drought stress common bean cultivars. Field Crops Research 85: 2-3.
31. Salehi, F. 2015. Principles of Breeding and Cultivation of Common Bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 p.
32. Sarmdnya, G. 1993. Environmental stresses the importance of agriculture. In: Congress Proceedings Crop Iran, Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj. 571p.
33. Saved, O.H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal research. Photosynthetica 41(3): 321-330.
34. Sharma, P., Dubey, G., and Kaushik, S. 2011. Chemical and medico-biological profile of *Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub: an overview. Journal of Applied Pharmaceutical Science 1(2): 32-37.

35. Shekhawat, S.S., and Singhania, D.L. 2005. Correlation and path analysis in cluster bean. F Research 30(4): 196-199.
36. Sij, J.W., Ott, J.P., Baughman, T.A., and Olosn, B.L.S. 2000. Simulated Hail Damage on Guar at Different Stages of Growth. Annual Report Texas University, USA.
37. Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. Functional Plant Biology 13(1): 175-190.
38. Wazirie, Z., Mousavi Nick, M., Ghanbari, A., and Ashada, M.A. 2016. Effect review seed location on the native plant on quantitative and qualitative performance Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) Under drought stress. Master's Thesis, University of Zabol, Iran. (In Persian).
39. Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2003. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. Photosynthetica 38(2): 171-186.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 156-170 (Research Article)

Effect of different irrigation intervals on some morphophysiological characteristics of different genotypes of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*)

Dadgar[1], M., Rastegar[2*], S. & Piri[3], H.

1. Graduated, MSc. in Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas; monireh.dadgar.2017@gmail.com
2. Associate Professor of Horticulture, Faculty of Agriculture and Medical Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas
3. Assistant Professor of Horticulture, University of Vellayat Iranshahr; hsalar1970@gmail.com

Received: 27 September 2019
Accepted: 7 March 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.83229

Introduction

Guar (cluster bean) *Cyamopsis Tetragonaloba* is one year plant belongs to the leguminous family. Guar has high nutritional value for humans. Global demand for guar has increased dramatically in recent years, which has led to the introduction of the plant in several countries. Water stress is the most important factor limiting planting and reducing food crops, especially in arid and semi-arid regions of the world. Therefore, identification of resistant plants and mechanisms that lead to optimal water use and high crop yields are critical. Given the limited water resources in the country, the evaluation of guar stands under drought stress is of particular importance.

Materials and Methods

The experiment was carried out at the Research Farm of Iranshahr Agricultural and Natural Resources Faculty in 2017-18. The experiment was conducted as a split-plot in a randomized complete block design with three replications. Three levels of irrigation interval (7, 5, and 9 days) and six guar stands (Sarbaz, Saravan, Iranshahr, RGC1033, Indian, and Grembit) were considered as main and sub-factors, respectively. After planting in the 5-leaf stage, the stress operation began and continued until the seeds were harvested. At the end of the growing season, samples were transferred to the laboratory and shoot length and root length, fresh and dry weight of shoot, fresh and dry root weight, number of branches, 100 seed weight were measured. Leaf chlorophyll index was measured using Spad 502 Minolta chlorophyll meter. The chlorophyll fluorescence was measured using a Handy-PEA portable fluorometer (Hansatech Instruments). Finally, statistical analysis was performed using SAS software and mean comparisons were made using the LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

Increasing irrigation intervals significantly decreased plant height in Sarbaz and Saravan. The results showed that at 9-day irrigation period, the highest plant height (77.5 cm) was related to RGC1033 which did not show any significant difference with Saravan. The lowest plant height (42.03cm) was related to Sarbaz ecotype. Results showed that the 9-day irrigation interval increased root length in RGC1033, Iranshahr and Sarbaz and significantly reduced root length in Indian ecotype. The results showed that in 9-day irrigation period the number of branches in Iranshahr and Grambit decreased but increased in Saravan and RGC1033 genotypes. While the irrigation interval had no effect on Sarbaz ecotype. Most of the branches were 5.7 in RGC1033 ecotype. The Indian ecotype lacked a branch at all irrigation intervals. At 9-day irrigation period, Saravan and Iranshahr had the highest leaf dry weight. In Iranshahr and RGC1033 genotype, fresh and dry weight increased. Increasing irrigation interval resulted in a significant decrease in the dry weight of Indian root. The irrigation period had no significant effect on Saravan and Grambit ecotypes. Increasing irrigation intervals did not have a significant effect on the Sarbaz, Grambit, and Indians. With increasing irrigation

***Corresponding Author:** rastegarhort@gmail.com

intervals in RGC1033, Saravan and Iranshahr dry weights increased. The simple effect of ecotype type on seed weight showed that Saravan, Indian, and Iranshahr had the highest seed weight, respectively. Whereas, the SG, RGC1033, and Grambit had the lowest seed weight without any significant differences together. Saravan ecotype at all irrigation levels showed more biological function than other ecotypes. Results showed that the harvest index decreased with increasing irrigation intervals. In the 5-day irrigation treatment, the Grambit and Saravan ecotypes had the highest and the lowest harvest index, respectively. The 9-day irrigation period significantly reduced F_v/F_m in Sarbaz, Grambit, and Iranshahr. RGC1033 and Indian populations had the highest Fv/Fm in leaves and Saravan and Iranshahr had the lowest Fv/Fm in leaves at 7 days irrigation period, respectively. The number of pods per plant, number of lateral branches, 100 seed weight and plant height have a direct and positive effect on guar yield. Under drought stress, plant height and leaf number decrease, resulting in lower shoot dry weight. Some researchers showed that decreasing plant height under water stress is associated with loss of protoplasmic water, resulting in reduced cell division and development. The harvest index decreased with decreasing number of pods, thereby reducing economic yield. Differences between susceptible and resistant ecotypes appear in high-stress conditions and high F_v/F_m ratio ecotypes have higher photosynthetic efficiency under severe stress conditions. Chlorophyll fluorescence is considered as a criterion for assessing the integrity of the thylakoid membrane in the relative efficiency of electron transfer from Photosystem II to Photosystem I.

Conclusion

Mean root length, the number of branches, fresh and dry weight of RGC1033 were not affected by a 9-day irrigation interval. In the 9-day irrigation period, the highest mean dry weight of leaf, main stem weight and seed weight were related to Saravan ecotype. The highest biological yield was observed in the irrigation period of 7-day and Saravan ecotype. In general, the results showed that irrigation had different effects on different guar populations. RGC1033 and Saravan ecotypes showed the lowest percentage of stress-affected variations.

Keywords: Guar, Irrigation intervals, Stress, Vegetative properties

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۸۶-۱۷۱، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 171-186 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84166

بررسی روابط بین برخی صفات زراعی مرتبط با عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum*) تحت تنش بیماری برق‌زدگی

محدثه رحمت‌پور[۱]، فاختک طلیعی[۲*]، حسین صبوری[۳] و معصومه خیرگو[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه تولیدات گیاهی،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس؛ mehregan2727@gmail.com

۲. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۳. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس؛ hos.sabouri@gmail.com

۴. پژوهشگر بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ mkheirgoo@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

چکیده

بیماری برق‌زدگی نخود که به وسیله قارچ *Ascochyta rabiei* ایجاد می‌شود، یکی از مهم‌ترین بیمارهای نخود است که کشت و تولید آن را در بیشتر مناطق دنیا و از جمله ایران محدود می‌کند. بنابراین شناسایی منابع ژنتیکی مقاومت در ژرم‌پلاسم نخود در برابر عامل بیماری، برای طراحی برنامه‌های اصلاحی بسیار ضروری است. به‌منظور ارزیابی مقاومت به بیماری برق زدگی در نخود، آزمایشی با ۷۷ ژنوتیپ پیشرفته نخود دریافتی از ایکاردا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس انجام شد و صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و میزان سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری یادداشت‌برداری شدند. نتایج نشان داد بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p<۰/۰۱$) وجود داشت. بیشترین همبستگی با بیماری برق‌زدگی، مربوط به ارتفاع بوته بود (۰/۵۰۶- و $p<۰/۰۱$). مطابق با نتایج رگرسیون مرحله‌ای، ارتفاع بوته بیشترین اثر را روی عملکرد دانه داشت. نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفت ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۰/۳۵۷) و بیشترین اثر غیرمستقیم مربوط به بیماری برق‌زدگی از طریق ارتفاع بوته بود (۰/۱۵۱-). بنابراین می‌توان از ارتفاع بوته به‌عنوان صفت برتر در برنامه‌های انتخاب غیرمستقیم بهره برد. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی ژنوتیپ‌ها را به سه گروه متحمل (۳۷ ژنوتیپ)، گروه حساس (۱۵ ژنوتیپ) و گروه مقاوم (۲۵ژنوتیپ)، تقسیم شد. به طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های مقاوم در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام مقاوم نخود به بیماری و مدیریت این بیماری قابل بهره‌برداری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: برق‌زدگی، عملکرد، مقاومت نخود، *Ascochyta rabiei*

مقدمه

حبوبات در بیشتر مناطق خشک، به‌طور وسیعی کشت می‌شوند (Goldani & Rezvani moghadam, 2004). نخود (*Cicer arietinum* L.) بعد از لوبیای معمولی و سویا سومین حبوب دآن‌های مهم در سطح جهان است (Namvar & Sharifi, 2011) و به لحاظ تولید در جنوب آسیا رتبهٔ اول را در بین حبوبات دارد (Gaur *et al*., 2010). در ایران نخود زراعی به‌جز سواحل دریای خزر که به مقدار کمی کاشته می‌شود، در اغلب نقاط کشور کشت می‌گردد (Kaiser & Okhovat 1996). در دنیا تلاش‌هایی برای فائق‌آمدن بر عوامل محدودکننده تولید اعم از تنش‌های غیرزنده (گرما، خشکسالی و شوری) و تنش‌های زنده (پژمردگی فوزاریومی، برق‌زدگی) در نخود است انجام شده است (Varshney *et al*., 2013).

از بین تنش‌های زیستی که محصول نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بیماری برق‌زدگی که توسط قارچ *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. ایجاد می‌شود، مخرب‌ترین بیماری نخود در سطح جهان است (Pande *et al*., 2005). این بیماری در مناطق مرطوب یا در سال‌های دارای بهار پُرباران، گاهی تا صددرصد محصول را نابود می‌کند، به طوری‌که زارعین مجبور به کشت مجدد می‌شوند. میزان خسارت در کشت‌های پاییزه بیشتر از کشت‌های بهاره می‌باشد (Kaser 1997; Pande *et al*., 2005). شرایط محیطی و زمینه‌ی ژنتیکی،

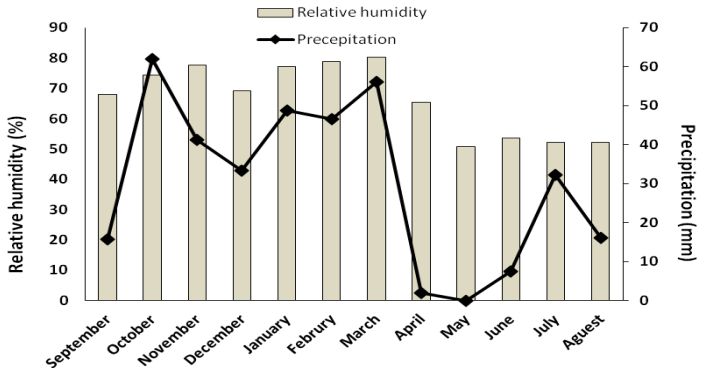
* نویسنده مسئول: taliey.fa@gmail.com

برای جمعیت عامل بیماری‌زا و نیز گیاه نخود در یک منطقهٔ خاص، دو عامل مهم در توسعهٔ اپیدمی هستند (Peever *et al*., 2004; Chen *et al*., 2004). استفاده از روش‌های مرسوم مانند ضدعفونی بذر، تعیین تاریخ کاشت مناسب، تناوب زراعی و استفاده از قارچ‌کش‌ها برای مدیریت این بیماری، با وجود موفقیت نسبی، به‌طور کامل قادر به کنترل بیماری نبوده و معمولاً غیراقتصادی هستند (Lobna ben *et al*., 2010; Kiersten *et al*., 2011). در این بین به‌کارگیری ارقام مقاوم به‌عنوان یک راه عملی و اقتصادی بیشتر مورد توجه بوده است (Checa *et al*., 2006). عوامل بیماری‌زای گیاهی به‌طور مداوم در حال تغییر می‌باشند و به همین دلیل بر مقاومت گیاه میزبان فائق می‌آیند، بنابراین توسعه مداوم ارقام مقاوم توسط اصلاح‌گران گیاهی امری ضروری خواهد بود. همچنین با توجه به تفاوت جمعیت و نژادهای این پاتوژن در مناطق مختلف، تحقیق در زمینهٔ یافتن منابع مقاومت به آن در هر منطقه امری ضروری است (Collard & Mackill 2007). در عین حال، بسیاری از ارقام کشت‌شده در حال حاضر با صفات زراعی مطلوب، به علت ظهور پاتوتیپ‌ها یا نژادهای جدید در معرض خطر بیماری قرار دارند (Jamil *et al*., 2010).

برنامه اصلی مدیریت بیماری برق‌زدگی، بر غربال‌گری ژنوتیپ‌های نخود برای گزینش منابع مقاومت استوار است. تاکنون بیش از ۲۵۰۰۰ رقم نخود برای مقاومت به این بیماری، در ایکاردا غربال‌گری شده‌اند و ۱۵۸۴ رقم نخود با درجات مختلف مقاومت معرفی شده‌اند (Pande *et al*., 2005). همچنین مطالعات متعددی برای غربال‌گری ژرم‌پلاسم نخود برای گزینش مقاومت انجام شده است (Pande *et al*., 2011; Bokhari *et al*., 2011; Kimurto *et al*., 2013; Ahmad *et al*., 2013; Pande *et al*., 2013; Salimi *et al*., 2017; Vafaie *et al*., 2017). اما ناپایداری مقاومت، مشکل اصلی کاربرد ارقام مقاوم است و سطح مقاومت در ارقام مقاوم معرفی شده کامل نمی‌باشد (Labdi *et al*., 2013). به علاوه با توجه به تکامل نژادهای جدید بیمارگر، ضرورت غربالگری پیوسته برای معرفی نمونه‌های مقاوم احساس می‌شود (Vafaie *et al*., 2017). در عین حال با توجه به گسترش روزافزون سطح زیرکشت و تولید محصولات کشاورزی، بررسی و ارزیابی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک ژنوتیپ‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با صفات مطلوب امری ضروری خواهد بود. تحقیقات نشان داده است که صفات مطلوب زراعی سهم عمده‌ای در عملکرد دانه در نخود دارند و می‌توانند موفقیت مطالعات به‌نژادی را افزایش دهند (Yucel *et al*., 2006; Fazeli & Cheghamirza 2011; Salimi *et al*., 2017). این پژوهش با هدف تعیین روابط میان عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در ۷۷ ژنوتیپ نخود دریافتی از ایکاردا و ارزیابی واکنش آن‌ها در برابر بیماری برق‌زدگی نخود در شرایط مزرعه دیم صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گنبدکاووس (با مشخصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶دقیقه عرض شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر) انجام شد. اطلاعات متوسط ماهانه بارندگی و رطوبت نسبی در شکل ۱ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- متوسط بارندگی و رطوبت نسبی ماهانه منطقه مورد آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Fig. 1. Mean monthly precipitation and relative humidity in cropping year of 2016-17

جدول ۱ -نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۶

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت Soil texture	عمق Depth	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم k	فسفر P	بُر B	نیتروژن N	کربن آلی Organic carbon	کربنات کلسیم CaCo3	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته خاک pH
	cm			($mg.kg^{-1}$)				(%)		($dS.m^{-1}$)	(1:5)
Silty loam	0-30	0.6	2.6	350	9	2	0.15	1.46	20	0.73	7.9

در این آزمایش، ۷۷ ژنوتیپ نخود (جدول ۲) دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا[1]) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر تیمار شامل یک خط یک‌متری بود و ابتدا و انتهای هر بلوک و در فاصلهٔ هر پنج تیمار، رقم بیونیج (حساس به بیماری) کاشته شد. برای ایجاد آلودگی مصنوعی از بقایای نخود آلوده‌شده سال قبل و پخش آن‌ها به‌صورت دستی بین ردیف‌ها استفاده گردید. در طول فصل رشد از درصد سبز، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک یاداشت‌برداری به عمل آمد. همچنین ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰دانه، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، تعداد غلاف‌های تک‌بذری در بوته، تعداد غلاف‌های دوبذری در بوته و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند.

علایم بیماری مشاهده‌شده، ۹بار به صورت هفتگی با استفاده از مقیاس نمره‌ای (Singh & Reddy 1993) به‌شرح زیر ارزیابی شد: ۱: بدون هیچ‌گونه علایم روی گیاه (بسیار مقاوم)؛ ۳: علایم کم و پراکنده روی برگ‌ها و ساقه‌ها، به‌طوری‌که با بررسی دقیق بتوان علایم بیماری را دید (مقاوم)؛ ۵: زخم‌های مشخص بیماری روی برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها به‌سادگی قابل مشاهده بوده و تعداد کمی از ساقه‌ها (۱۰ تا ۳۰درصد) شکسته‌اند (نیمه‌مقاوم)؛ ۷: علایم و لکه‌ها روی برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها خیلی مشخص و منجر به خسارت شده‌اند (بیش از ۵۰ درصد ساقه‌ها شکسته‌اند)، (حساس)؛ ۹: علایم و لکه‌های بیماری، بزرگ هستند، به‌طوری‌که باعث ازبین رفتن تعداد زیادی از بوته ها شده است (حساسیت بالا). برای مقایسه ژنوتیپ‌ها از سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری[2] استفاده شد که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید که در آن X_i درجه شدت بیماری در i امین ارزیابی، X_{i+1} درجه شدت بیماری در i+1 امین ارزیابی و (t_{i+1}- t_i) تعداد روزهای بین دو ارزیابی می‌باشند (Elliott *et al.*, 2013):

رابطه ۱:

$$AUDPC = \sum_{i}^{i+1} [(X_i + X_{i+1})/2](t_{i+1} - t_i)$$

مقایسه میانگین به روش (HSD) و آزمون همبستگی و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تجزیهٔ کلاستر بر اساس صفات فنوتیپی به روش WARD و بر اساس بیماری به روش UPGMA انجام شد. برای محاسبات آماری، تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه علیت از نرم‌افزارهای SPSS 22.0 استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

نتایج نشان داد که ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر مقاومت به بیماری و سایر صفات زراعی مورد مطالعه داشت (جدول ۳). این مسئله دلیل بر وجود تنوع ژنتیکی قابل‌توجه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. وجود تفاوت گسترده بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه و مقاومت به برق‌زدگی (Daba *et al.*, 2016) و عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰دانه، شمار غلاف پوک، شمار شاخهٔ اصلی و روز تا رسیدگی (Salimi *et al.*, 2017) مشاهده شده است.

مقایسه میانگین ۱۰ ژنوتیپ باارزش بالاتر و پایین‌تر در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که متوسط روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب برابر ۱۲۳/۰۴ و ۱۵۵/۷ روز بود و بیشترین مقدار این دو صفت در ژنوتیپ شماره ۲۷ (۱۳۱/۳۳ و ۱۶۲ روز) مشاهده شد. همچنین این ژنوتیپ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ در برابر برق‌زدگی بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری (۴۰۴۴/۴) معرفی شد. متوسط ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۶۴/۴سانتی‌متر بود که ۱۷/۴ درصد کمتر از بیشترین مقدار آن (۷۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ شماره ۷۳) بود. ژنوتیپ ۲۹ برای صفات ارتفاع بوته و فاصله اولین غلاف از سطح زمین کمترین مقادیر و برای تعداد غلاف تک‌بذری در بوته بیشترین مقدار (۴۰ عدد) را داشت. همچنین متوسط شمار غلاف‌های تک‌بذری و دوبذری به ترتیب برابر ۲۱/۶ و ۴/۹ عدد بود. ژنوتیپ ۷ بیشترین و ژنوتیپ‌های ۷۴ و ۲۷ کمترین تعداد تعداد غلاف دوبذری را داشتند.

۱. ICARDA

۲. Area Under Disease Progress Curve (AUDPC)

جدول ۲- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی نخود

Table 2. Characteristics of studied chickpea genotypes

Entry شماره*	Name نام	Entry شماره	Name نام
1	Sel.spl.k18-87	41	FLIP09-229C S00794(30 KR)-13/FLIP
2	SAR80J78k2-87	42	FLIP09-285C X04TH143/FLIP00-6C//FLIP97-205C
3	Flip-05-104 C	43	FLIP09-289C X04TH145/FLIP00-14//FLIP98-137C
4	Flip-06-31 C	44	FLIP09-297C X04TH149/S00547//FLIP98-233C
5	Flip-09-14 C	45	ADEL
6	Flip09-21 C	47	ILC 484 ACC no 26783-68
7	Flip-09-24 C	48	FLIP03-26C/3/98TH70/4/(FLIP93-210C/ FLIP87-8C)//S96086
8	Bivanij*Sel.95 TH1716K1	49	FLIP06-17C//2002TH 18/3/FLIP98-130C / FLIP98-120C
9	Bivanij*Sel.95TH1716K3	50	FLIP06-39C//2002TH 37/3/S99520 / FLIP98-048C
10	Azad*HashemK3	51	FLIP06-43C//2002TH 40/3/FLIP98-28C/ FLIP98-079C
11	Flip-07-33C	52	FLIP06-97C/4/2002TH 119/5/[(FLIP98-64C/ FLIP98-47C)//Sel99ter85488] /3/ FLIP98-022C
13	Bivanij	53	FLIP06-120C/3/2002TH 131/4/(ILWC 141/S85581)//FLIP98-130C
14	Flip-05-42 C	54	FLIP07-201C/3/03TH-20/4/(S00784/FLIP97-28C)//ICCV2
15	Flip-05-43 C	55	FLIP88-85C//85 TH143/3/ILC 629 / FLIP 82-144C
16	Flip-05-47 C	56	FLIP06-59C//2002TH 76/3/S99858/FLIP 97-026C
17	Flip-07-40 C	57	FLIP03-141C/3/00TH 51//FLIP98-52C/FLIP98-47C
18	Flip-06-151 C	58	FLIP05-44C/3/2000TH 39//FLIP98-29C/S99001
19	Flip-07-234 C	59	FLIP05-46C/3/2000TH 39//FLIP98-29C/S99001
20	Flip-07-242 C	60	FLIP07-11C/3/03TH-138/FLIP98-130C//FLIP99-34C.
21	Flip-07-244 C	61	FLIP07-33C/3/03TH-153/FLIP98-133C//FLIP98-117C
22	Flip-07-313 C	62	FLIP08-14C/4/00TH95//(FLIP84-182C/FLIP91-138C)/3/ S99075
23	Flip-07-327 C	63	FLIP08-58C/3/02TH3/FLIP 98- 28C // FLIP 97-102C
24	Flip-08-198 C	64	FLIP03-31C/3/98TH18//S96114/FLIP 92-148C
25	ILC 8617	66	AZAD
26	Flip-02-51 C	67	ILC 72
27	Flip-98-130 C* Flip-97-23 C	68	ILC 484
28	Saral	69	ILC 482
29	ILC 484 ACC no 26783-68	70	FLIP 84-182C
30	FLIP84-48C X81TH55/ILC 1920//ILC 2956	71	FLIP 85-01C
31	FLIP84-79C X80TH176/ILC 72//ILC 215	72	FLIP 86-06C
32	FLIP86-6C X81TH203//(ILC 3279(WH)/ILC 3355)	73	FLIP 87-45C
33	FLIP90-96C X87TH26/ILC 5342//FLIP 84-93C	74	FLIP 88-85C
34	FLIP93-93C X89TH258//FLIP 85-122C/FLIP 82-150C/3/FLIP 86-7C	75	FLIP 93-58C
35	FLIP97-281C X94TH75/FLIP 87-58C//UC 15	76	FLIP 98-121C
36	FLIP97-503C X94TH8/FLIP 86-6C//FLIP 90-109C	77	FLIP 01-29C
37	FLIP97-530C X94TH103//FLIP 91-186C/FLIP 91-96C/3/FLIP 90-109C	78	FLIP 02-51C
8	FLIP98-121C X95TH42/FLIP 90-15C/ILC 5362/3 /FLIP 93-2C	79	FLIP 03-8C
39	FLIP09-37C X04TH73/FLIP97-195C//FLIP98-108C/3/FLIP96-154C78	80	FLIP 03-123C
40	FLIP09-58C X04TH176/FLIP95-768C//FLIP97-205C		

* ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۴۶ و ۶۵ به‌دلیل بدسبزی از آزمایش حذف شدند.

* Genotype number 12, 46 and 65 were deleted because of poor seedling emergence.

برای صفت تعداد غلاف در بوته با متوسط ۳۱/۵ عدد در بوته، بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ شماره ۵۲ و برای صفت تعداد غلاف نابارور در بوته با متوسط ۲ عدد در بوته، بیشترین مقدار به ژنوتیپ شماره ژنوتیپ ۱۱ مربوط بود. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها ۶۳ کیلوگرم بر هکتار بود که بیشترین مقدار آن به ژنوتیپ شماره ۷۶ (۱۱۸/۶۷) و کمترین مقدار آن به ژنوتیپ ۵۵ (۱۴/۸۱) تعلق داشت. بیشترین و کمترین مقدار وزن۱۰۰دانه به ترتیب در ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۳۹ با میانگین ۳۵/۲ گرم اندازه‌گیری شد.

ضرایب همبستگی ساده

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که همبستگی بین عملکرد دانه نخود با سایر صفات ثابت نیست (Rezaienia *et al.*, 2017; Salami *et al.*, 2017; Yousefi *et al.*, 1997; Ozdemir, 1996). نتایج حاصل از تحلیل همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته (r=۰/۲۲۶*)، تعداد غلاف دوبذری در بوته (r=۰/۴۰۹**)، ارتفاع بوته (r=۰/۵۲۵**) و فاصله اولین غلاف از سطح زمین (r=۰/۲۷۲**) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد، اما با روز تا گلدهی (r=-۰/۲۹۰*)، روز

تا رسیدگی فیزیولوژیک (r=-۰/۴۱۵**) و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (r=-۰/۳۹۱**) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول ۵). این نتایج بیانگر آن است که با افزایش تعداد غلاف و تعداد غلاف دوبذری در بوته، شمار بذر در بوته و در نتیجه عملکرد بوته افزایش می یابد.

Singh *et al*, (1990) اظهار داشتند ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد بالا توانایی تولید شمار غلاف در بوته و دانه در بوتهٔ بیشتری در شرایط مطلوب دارند. سایر محققان نیز وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات فوق را گزارش کرده‌اند (Ali *et al*., 2012; Kayan & Adak, 2012). همچنین عملکرد دانه در بوته با صفات وزن غلاف کامل در بوته و تعداد دانه در بوته (Rezaeinia *et al*., 2017) و شمار غلاف در بوته، شمار شاخه های اصلی و فرعی، شمار دانه در بوته و ارتفاع بوته (Salami *et al*., 2017) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داده است. در این تحقیق وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، شمار دانه در بوته افزایش و در نتیجه عملکرد افزایش یافته است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو صفت پیش‌تر نیز گزارش شده است (Cheghamirza *et al*., 2013). بر اساس نتایج تحقیق حاضر همبستگی بین ارتفاع بوته و وزن۱۰۰دانه منفی می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش تعداد دانه، وزن هر دانه کاهش یافته است. با توجه به این‌که درشت‌بودن دانهٔ نخود، یکی از شرایط مهم بازارپسندی آن است، هر عاملی که باعث کاهش وزن دانه شود، از لحاظ تجاری و بازارپسندی جنبهٔ منفی پیدا می‌کند. بنابراین در تحقیقات روی این گیاه علاوه بر صفات کمّی (افزایش عملکرد)، باید به صفات کیفی مانند درشت‌بودن دانه و خوش‌پخت‌بودن نیز توجه ویژه داشت (Salami *et al*., 2017). اگرچه اندازه دانه و عملکرد اغلب همبستگی مثبتی با یکدیگر دارند (Acikgoz & Acikgoz, 1994)، اما شواهدی در ارتباط با وجود همبستگی منفی بین این دو صفت وجود دارد (Ozdemir, 1996). در این تحقیق بین عملکرد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد، اما عملکرد ارتباط معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته و تعداد غلاف دوبذری در بوته داشت. همچنین همبستگی معنی‌داری بین وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف مشاهده گردید. بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن (اندازه) دانه کاهش می‌یابد (Singh *et al*., 1990). عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین اندازه دانه و عملکرد پیش‌تر نیز به اثبات رسیده است (Rezaeinia *et al*., 2017; Kanouni & Malhotr, 2003).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فنوتیپی ارزیابی شده در ۷۷ ژنوتیپ نخود در شرایط مزرعه

Table 3. ANOVA results of phonotypic traits in 77 chick pea genotypes under field conditions

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات-Mean Squares					
		روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	روز تا بلوغ فیزیولوژیک Days to physiological maturity	روز تا پرشدن دانه Grain filling period	تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant	تعداد غلاف نابارور Number of unfertile pods	فاصله اولین غلاف از سطح زمین Height of the first pod from ground
تکرار Replication	2	15.614	6.004	33.818*	377.484*	0.432	149.233*
ژنوتیپ Genotype	76	25.544**	6.296**	21.595**	282.796**	5.405**	122.697**
خطا Error	152	12.176	3.837	10.870	26.291	0.283	42.553
Coefficient of variation (%)		2.834	1.257	10.195	16.414	27.045	24.466

ادامه جدول ۳

Table 3- Countinue

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات-Mean Squares					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف تک‌بذری Number of single seed pods	تعداد غلاف دوبذری Number of two seed pods	وزن۱۰۰دانه 100-Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری AUDPC
تکرار Replication	2	81.264	152.939*	0.186	0.835	1022.416*	687134.1*
ژنوتیپ Genotype	76	110.658**	166.959**	28.460**	33.660**	1423.358**	138100.5**
خطا Error	152	61.158	19.978	0.878	11.455	176.171	102875.0
Coefficient of variation (%)		12.103	20.812	18.428	9.586	21.124	13.387

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

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فنوتیپی در ۷۷ ژنوتیپ نخود در شرایط مزرعه

Table 4. Comparison of means of phenotypic traits in 77 genotypes of chickpea under field conditions

صفات Traits	۱۰ ژنوتیپ برتر با ارزش بالا 10 Genotype with more value	۱۰ ژنوتیپ برتر با ارزش پایین 10 Genotypes with less value	t
میانگین روز تا گلدهی Mean days to flowering	-26(127.33)-33(128.67)-71(129)-27(131.33) -55(126.33)-31(127.33)-30(127.33)-32(127.33) 48(126.33)-14(126.33)	-29(118.67)-38(119)-77(119)-22(119)-75(119) -41(116.67)-28(116.67)-15(118.67)-20(118.67) 9(116.67)	15.926**
روز تا بلوغ فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-31(159.67)-33(159.67)-49(159.67)-27(162) -71(157.33)-44(157.33)-34(157.33)-30(157.33) 35(157.33)-42(157.33)	-۶7(155)-75(155)-74(155)-73(155)-72(155)-4(155) 80(155)-79(155)-78(155)-77(155)	7.099**
دوره پرشدن دانه Grain filling period	-20(36.33)-41(38.33)-9(38.33)-29(38.33)-28(40.33) 8(36)-22(36)-77(36)-38(36)-15(36.33)	-30(28.67)-25(30)-78(30)-2(30)-74(30)-79(30) 71(26)-14(28.67)-55(28.67)-48(28.67)	12.983**
ارتفاع بوته Plant height (cm)	-69(72.66)-36(74)-15(74.33)-7(74.33)-20(76)-73(78) 30(70.33)-2(71.66)-10(71.66)-41(71.66)	-25(55.33)-54(57)-37(57.33)-45(57.33)-35(58) 29(46.33)-33(48.67)-60(51.67)-55(52.67)-13(53)	13.484**
فاصله اولین غلاف از سطح زمین Height of the first pod from ground	24(41.33)-17(42)-73(44)-10(44.33)-77(34)- 41(71.66)-74(36.67)-23(40)-18(32)-2(32.67)	36(17.33)-44(17.67)-31 (19)-35(19)-58(19.33) 29(15)-38(116)-60(16)-33(16.33)-61(17)	13.831**
عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	70(111.33)-3(117.04)-76(118.67)-69(90.33)- 20(94.33)-7(103.29)-10(86.37)-9(87)-43(87.59)- 67(89.75)	33(33.67)-71(17.67)-28(34.41)-32(35)-29(22.67)- 27(25.33)-34(29.67)-37(33.39)-55(14.81)-13(20.67)	5.098**
وزن۱۰۰دانه 100-Grain weight (g)	21(40)-18(40)-20(40.67)-75(44.33)-68(39.33)- 13(39.67)-7(39.67)-6(39)-51(39)-43(39.33)	41(30.67)-77(31)-35(31.33)-52(31.33)-66(29)- 55(29.33)-61(30)-40(30)-45(30.33)-39(26)	4.482**
تعداد غلاف در بوته Pod per plant	42(53.33)-45(53.67)-52(60)-11(45.33)-39(46.33)- 39(46.33)-31(51.33)-50(42.33)-44(43.67)-34(44)- 7(45.33)	63(19.33)-80(19.67)-14(20)-75(20.67)-23(12.67)- 19(1633)-27(17.67)-24(18.67)-18(11)-71(12)	14.780**
تعداد غلاف نابارور Number of unfertile pods	41(5)-45(5.66)-35(6)-11(6.33)-56(3.67)-30(3.67)- 61(4)-44(4.67)-60(3.67)-16(3.67)	71(0.67)-72(0.67)-73(0.67)-18(0.67)-67(0.67)- 80(0.67)-25(0.67)-53(0.67)-9(0.67)-27(0.67)	12.104**
تعداد غلاف تک‌بذری Number of single seed pods	45(35.67)-31(39)-52(39.33)-29(40)-34(30.67)- 42(33.67)-44(35)-2(29.33)-51(30.33)-36(30.67)	27(8.67)-24(10)-33(12)-16(13.67)-14(13.67)-63(7)- 18(7.33)-19(8)-71(8.67)-23(8.67)	16.289**
تعداد غلاف دوبذری Number of two seed pods	50(11)-11(12)-39(12)-7(12.33)-20(9.33)-9(9.67)- 52(10.33)-5(10.33)-8(8.67)-17(9)	30(1)-29(1)-59(1)-28(1)-71(1.33)-55(1.33)- 32(0.67)- 23(0.67)-74(0)-27(0)	21.712**
سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری AUDPC	13(3966.7)-29(3988.9)-27(4044.4)-55(3500)- 31(3616.7)-35(3681.5)-64(3255.6)-60(3333.3)- 34(3340.7)-54(3177.8)	74(1459.3)-41(1477.8)-16(1503.7)-48(1525.9)- 44(1381.5)-23(1381.5)-68(1381.5)-80(1451.9)- 6(1329.6)-72(1381.5)	20.813**

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.

**: Significant at the 0.01 probability level

اعداد بیرون پرانتز، شماره ژنوتیپ و اعداد داخل پرانتز، مقدار میانگین می‌باشد.

Numbers out of the parentheses are the genotype number and numbers are in the parentheses show the means.

نتایج حاصل از تحلیل ضرایب همبستگی (جدول ۵) نشان داد که بیماری با صفت عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت ($P<0/01$). با توجه به این‌که عامل بیماری برق‌زدگی بخش عمده‌ای از گیاه نخود را از بین می‌برد و موجب آسیب نواحی فتوسنتزی، آسیب مستقیم به دانه و همچنین مرگ گیاه می‌شود (Kimurto *et al.*, 2013)، بنابراین کاهش میزان عملکرد دانه و وزن۱۰۰دانه بر اثر بیماری توجیه می‌شود. ژنوتیپ‌های ۳۴، ۲۹، ۱۳ و ۲۷ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر حساس به بیماری بودند، عملکرد دانه کمی داشتند. همچنین ژنوتیپ شماره ۴۳ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه بود، از نظر واکنش به بیماری مقاوم بود.

Kimurto *et al,* (2013) دریافتند که بیماری برق‌زدگی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شده و عموماً ژنوتیپ‌هایی که مقاومت بیشتری به بیماری نشان دادند، عملکرد دانه بیشتری نیز داشتند. همچنین تعداد غلاف در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن۱۰۰دانه نشان داد.

جدول۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات فنوتیپی ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 5. Simple correlation coefficients between phenotypic traits in 77 chickpea genotypes

صفتTrait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	0.516**	1										
3	0.857**	0.318**	1									
4	0.439**	0.159	0.067	1								
5	-0.032	-0.039	-0.103	-0.201	1							
6	-0.270*	-0.281*	-0.234*	0.043	0.472**	1						
7	-0.391**	-0.375**	-0.218	-0.148	-0.371**	0.347**	1					
8	0.226*	-0.044	0.135	0.409**	0.525**	0.272**	0.103	1				
9	-0.056	0.038	-0.010	-0.195	-0.159	0.098	-0.054	-0.290*	1			
10	-0.028	0.050	0.028	-0.268*	-0.351**	-0.249*	-0.088	-0.415**	-0.458**	1		
11	0.034	-0.019	0.024	0.083	-0.030	-0.266*	-0.029	0.119	-0.854**	-0.018	1	
12	0.074	-0.023	0.087	-0.008	-0.425**	-0.336**	-0.277*	-0.391**	0.246*	0.417**	-0.066	1

*: معنی‌داری در سطح پنج درصد، **: معنی‌داری در سطح یک درصد

۱: تعداد غلاف در بوته، ۲: غلاف نابارور در بوته، ۳: تعداد غلاف تک‌بذری در بوته، ۴: تعداد غلاف دوبذری در بوته، ۵: ارتفاع بوته، ۶: فاصله اولین غلاف از سطح زمین، ۷: وزن۱۰۰دانه، ۸: عملکرد دانه، ۹: روز تا ۵۰درصد گلدهی، ۱۰: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۱: دوره پرشدن دانه، ۱۲: سطح زیر منحنی گسترش بیماری

1: Pod/plant, 2: Number of unfertile pods, 3: Number of single seed pods, 4: Number of two seed pods, 5: Plant height, 6: Height of the first pod from ground, 7: 100-Grain weight, 8: Grain yield, 9: Days to 50% flowering, 10: Days to physiological maturity, 11: Grain filling period, 12: AUDPC

از آنجا که بر اثر بیماری دانه‌های آلوده بی‌رنگ، چروک، فرورفته، نامرتب، فاسد و کوچک‌تر می‌شوند و در نتیجه کیفیت دانه کاهش می‌یابد (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010)، می‌توان نتیجه گرفت که بیماری برق‌زدگی عملکرد دانه را از طریق کاهش اندازه دانه پایین می‌آورد. Singh *et al*, (1990) نیز اظهار داشتند که با افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه کم می‌شود.

محل قرارگیری کنیدی‌های قارچ عامل بیماری داخل پیکنیدهایی است که روی زخم‌ها قرار دارند. این کنیدی‌ها در شرایط مرطوب از داخل پیکنید به بیرون تراوش پیدا می‌کنند و بر اثر rainsplash از روی برگچه‌ها و ساقه‌های آلوده این کنیدی‌ها حمل شده و به گیاهان و برگ‌های اطراف می‌افتند و به این صورت اسپورها از گیاه آلوده به گیاه سالم منتقل می‌شود (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010). طبیعتاً هرچه ارتفاع بوته و سطح اولین غلاف از زمین کمتر باشد، میزان اسپورهایی که بر اثر rainsplash روی گیاه می‌افتد بیشتر خواهد بود و در معرض آلودگی بیشتری قرار خواهند گرفت. درنتیجه میزان حساسیت گیاهان دارای ارتفاع کمتر به بیماری برق‌زدگی، بیشتر خواهد بود. وجود رابطه منفی و معنی‌دار (r=-۰/۴**) بین AUDPC و ارتفاع بوته در مطالعات دیگر اثبات شده است (Kiprop, 2016). در این پژوهش نیز رابطه سطح زیر منحنی گسترش بیماری و میزان نهایی بیماری با صفات ارتفاع بوته و فاصله اولین غلاف از سطح زمین در سطح یک درصد منفی و معنی‌دار شد. ژنوتیپ‌های ۲۹، ۶۰، ۱۳، ۵۴ و ۵۵ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از لحاظ حساسیت به بیماری بودند، کمترین ارتفاع بوته را در بین سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۳۵ و ۳۶، ۲۹ و ۶۰ که نسبت به بیماری حساس بودند، از لحاظ صفت فاصله اولین غلاف از سطح زمین جزو ژنوتیپ‌های با ارزش کمتر بودند. ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۷۴ جزو ژنوتیپ‌های با درجه بیماری کم، از لحاظ صفت فاصله اولین غلاف از سطح زمین جزو ژنوتیپ‌های با ارزش بالا بودند.

یکی از خساراتی که بیماری برق‌زدگی به گیاه وارد می‌کند، آسیب به نواحی فتوسنتزی (برگچه‌ها) و به دنبال آن کاهش سطح فتوسنتز گیاه می‌باشد (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010). با پایین‌آمدن سطح فتوسنتز، گیاه دیرتر به مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک خواهد رسید. در واقع افزایش بیماری باعث طولانی‌ترشدن دوره روز تا ۵۰درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک خواهد شد. در این پژوهش رابطهٔ مثبت و معنی‌داری بین سطح زیر منحنی گسترش بیماری با صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (P<۰/۰۱) و روز تا ۵۰درصد گلدهی (P<۰/۰۵) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های ۳۵ و ۳۴ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از نظر صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بودند، در گروه ژنوتیپ‌های حساس به بیماری قرار داشتند. در مقابل ژنوتیپ‌های ۷۴، ۷۲ و ۸۰ که میزان بیماری آن‌ها در بین ژنوتیپ‌های دیگر کمتر بود، طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک کمتری نیز داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۲۷ و ۳۱

که میزان بیماری زیادی را از خود نشان دادند، طول دوره روز تا ۵۰درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بیشتری نیز داشتند. ژنوتیپ ۴۱ جزو ۱۰ ژنوتیپ با مقاومت بالا به بیماری، دارای میانگین روز تا ۵۰درصد گلدهی بالایی بود و برای ژنوتیپ ۵۵ که جزو ۱۰ ژنوتیپ حساس به بیماری بود، این صفت میزان کمتری داشت. وجود رابطه منفی و معنی‌دار بین روز تا گلدهی و مقاومت به بیماری توسط Aryamanesh *et al*, (2010) و Daba *et al*, (2016) گزارش شده است.

تحلیل رگرسیون و تجزیه علیت

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در جدول ۶، نشان داده شده است. صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف دوبذری در هر بوته و سطح زیر منحنی گسترش بیماری متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. ارتفاع بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و ۲۸درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. بعد از آن صفت تعداد غلاف دو بذری در هر بوته (۳۷درصد) و بیماری (۴۲درصد) از تغییرات عملکرد را توجیه کردند.

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 6. Stepwise regression of grain yield as the dependent variable in 77 chickpea genotypes

صفت Traits	ضریب رگرسیون Regression coefficient	(R2)	Fپارامتر (F) Parameter	خطای استاندارد Standard Error
ارتفاع بوته Plant height	1.285	0.276	28.553	0.364
تعداد غلاف دوبذری در بوته Number of two seed pods	2.352	0.372	21.915	0.642
سطح زیر منحنی گسترش بیماری AUDPC	-0.008	0.417	17.438	0.003

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه علیت، صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف دوبذری در هر بوته و بیماری به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مطابق با جدول ۷، بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را صفت ارتفاع بوته (۰/۳۵۷) داشت. بعد از آن صفت تعداد غلاف دوبذری در هر بوته (۰/۳۳۶) بود و بیماری (۰/۲۳۷-) کمترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. اثر غیرمستقیم ارتفاع بوته از طریق بیماری به میزان ۰/۱۰۱ و مثبت، و برای صفت تعداد غلاف دوبذری در هر بوته، ۰/۰۶۷ بود. اثر غیرمستقیم تعداد غلاف دوبذری در هر بوته از طریق ارتفاع بوته ۰/۰۷۱ و از طریق بیماری ۰/۰۰۲ بود. اثر غیرمستقیم بیماری از طریق ارتفاع بوته ۰/۱۵۱ و منفی و از طریق تعداد غلاف دوبذری در هر بوته ۰/۰۰۲- بود. صفت ارتفاع بوته با داشتن همبستگی معنی‌دار با عملکرد و اثر مستقیم مثبت، نشان‌دهنده ارتباط قوی بین این دو متغیر بوده و انتخاب مستقیم از راه این صفت می‌تواند سودمند باشد که با نتایج Salimi *et al*, (2017) مطابقت دارد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی از خوشه‌بندی به روش Ward استفاده شد که ژنوتیپ‌ها در دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۲). جدول ۸، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات زراعی نشان می‌دهد.

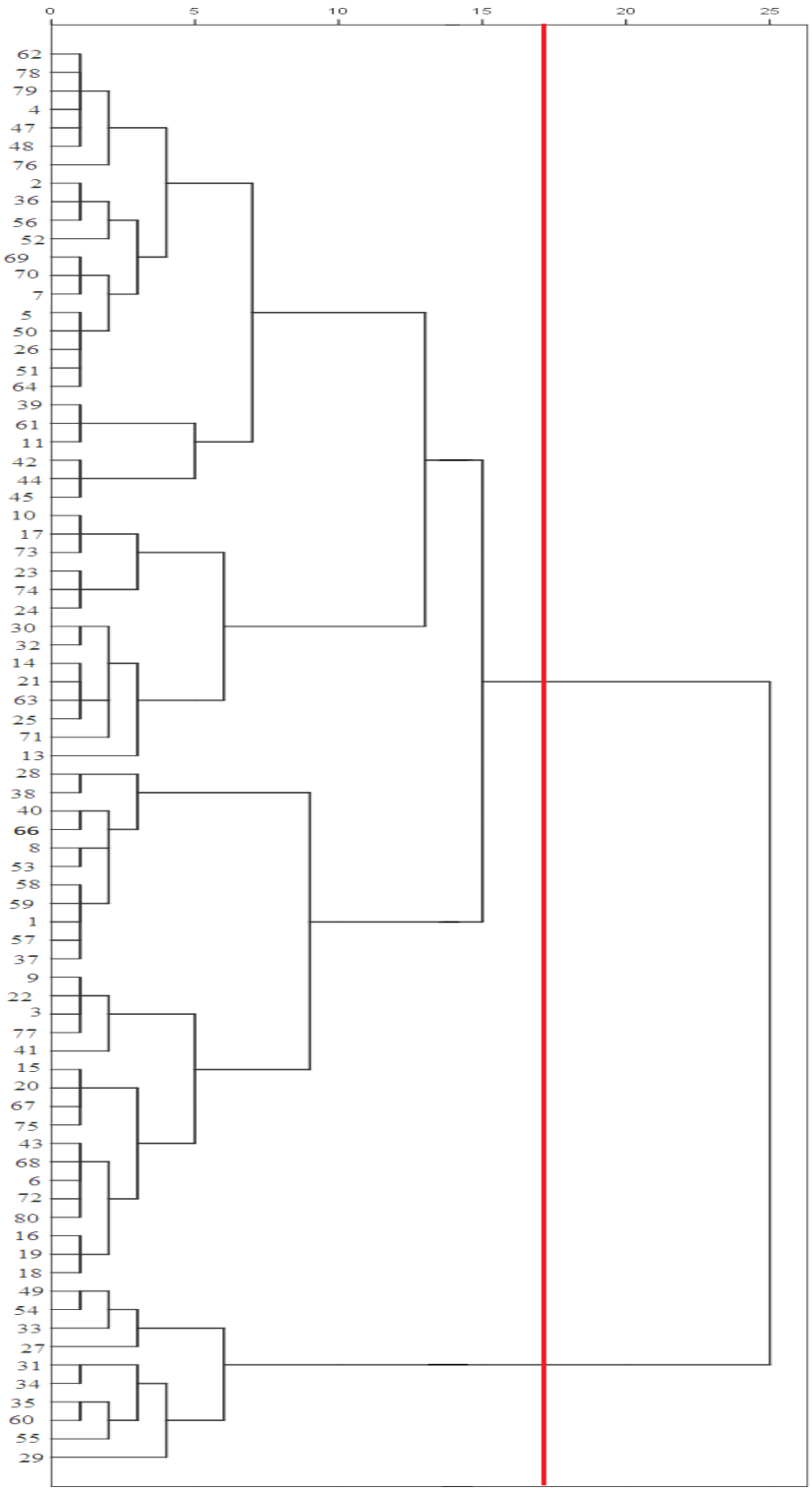
جدول ۷- تجزیه ضرایب همبستگی به اثرهای مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه در ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 7. Path analysis to direct and indirect effects for yield in 77 chickpea genotypes

Traits صفت	Direct effect اثرات مستقیم	Indirect effects through			Total effect اثرات مستقیم
		Plant height ارتفاع بوته	Number of two seed pods تعداد غلاف دوبذری در بوته	AUDPC سطح زیر منحنی گسترش بیماری	
ارتفاع بوته Plant height	0.357	-	0.067	0.101	0.525**
تعداد غلاف دوبذری در بوته Number of two seed pods	0.336	0.071	-	0.002	0.409**
سطح زیر منحنی گسترش بیماری AUDPC	-0.237	-0.151	-0.002	-	-0.391**

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at the 0.01 probability level



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات زراعی

Fig. 2. Dendrogram result from the cluster analysis method of 77 genotypes based on agrological traits

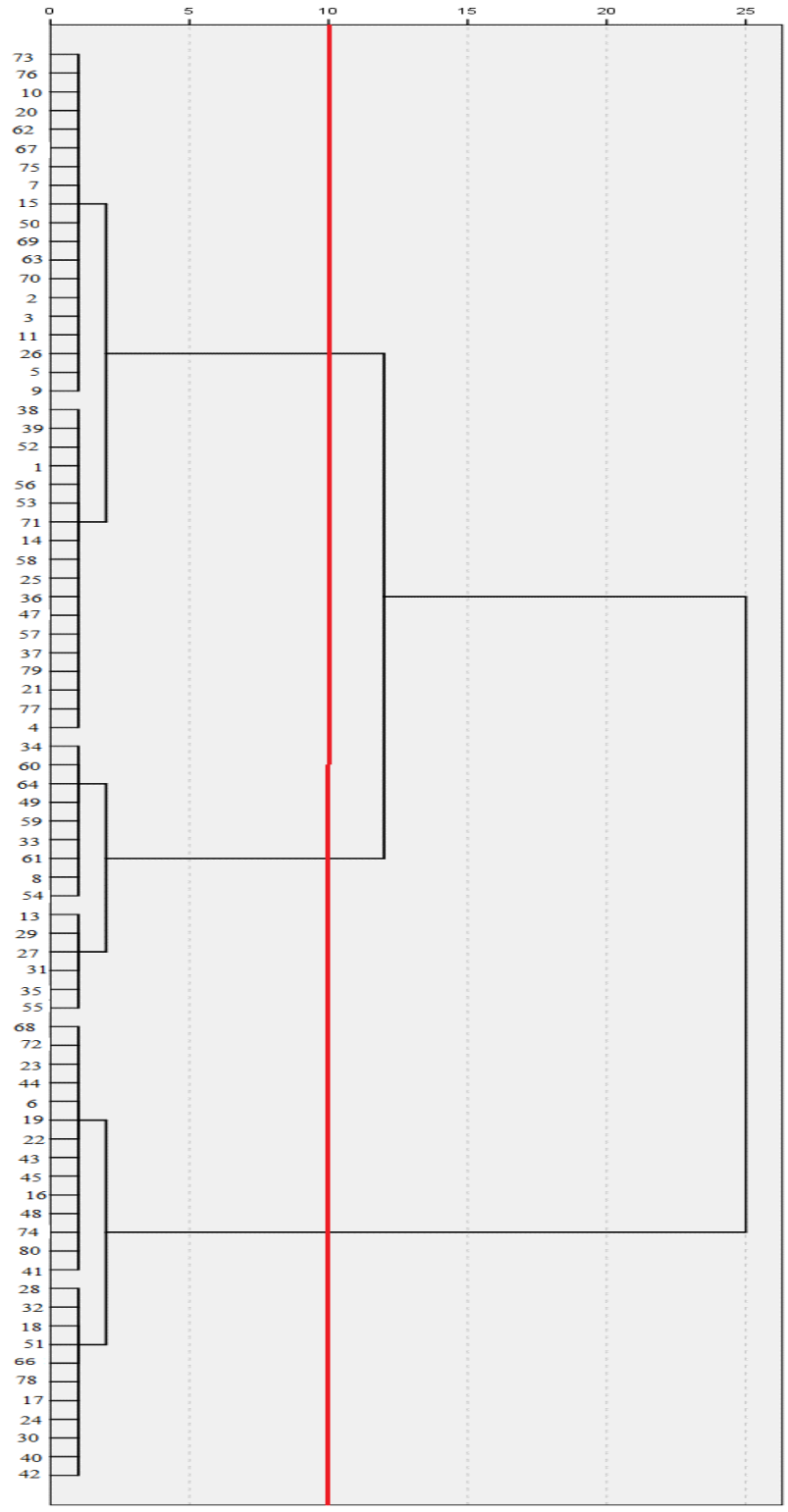
جدول ۸- میانگین گروه‌ها و انحراف از میانگین کل برای صفات فنوتیپی ارزیابی شده در ۷۷ ژنوتیپ نخود
Table 8. Group mean and deviation of mean for phenotypic traits in 77 chickpea genotypes

صفت Traits	گروه ۱ Group 1		گروه ۲ Group 2		میانگین کل Total mean
	میانگین Mean	انحراف از میانگین Deviation	میانگین Mean	انحراف از میانگین Deviation	
تعداد غلاف در بوته Pod per plant	30.82 b	-0.24	32.7 a	-1.64	31.06
تعداد غلاف نابارور Number of unfertile pods	1.89 b	-0.08	2.5 a	-0.53	1.97
تعداد غلاف تک‌بذری Number of single seed pods	21.05 b	-0.37	23.9 a	-2.48	21.42
تعداد غلاف دوبذری Number of two seed pods	4.95 a	0.27	2.9 b	1.78	4.68
ارتفاع بوته Plant height	65.8 a	0.99	58.2 b	6.61	64.81
فاصله اولین غلاف از سطح زمین Height of the first pod from ground	22.67 a	-4.33	22.5 b	4.5	27
وزن ۱۰۰دانه 100-Grain weight	35.62 a	0.33	33.1 b	2.19	35.29
عملکرد دانه Grain yield	66.64 a	3.63	38.6 b	-24.4	63
میانگین روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	122.8 b	-0.23	124.6 a	1.57	123.03
روز تا بلوغ فیزیولوژیک Days to physiological maturity	155.34 b	-0.3	157.7 a	2.06	155.64
دوره پرشدن دانه Grain filling period	32.37 b	-0.07	32.9 b	0.46	32.44

با توجه به مقایسات میانگین و انحراف معیار برای هر کلاستر، گروه یک از نظر صفات ارتفاع بوته، فاصله اولین غلاف از زمین، تعداد غلاف دوبذری، عملکرد و وزن ۱۰۰دانه نسبت به گروه دو، برتری داشت. گروه دوم نیز از نظر صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف نابارور در بوته، تعداد غلاف تک‌بذری در بوته، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا ۵۰درصد گلدهی و طول دوره پرشدن دانه بر گروه اول برتری داشت. بنابراین ژنوتیپ‌های گروه دوم به عنوان ژنوتیپ های زودرس معرفی می‌شوند. برای دو گروه، میزان آماره Pillai's Trace (۰/۵۶۸**)، آماره Wikks' Lambda (۰/۴۳۵**)، آماره Hotelling's Trace (۱/۲۹۸**) و آماره Roy's Largest Root (۱/۲۹۸**) محاسبه شد. طبق این نتایج، ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر صفات مرتبط با عملکرد دانه، به علت داشتن ارزش بیشتر جهت کاربرد در برنامه‌های اصلاحی توصیه می‌شوند. همچنین با توجه به اهمیت عملکرد دانه و زودرسی که از اهداف مهم اصلاحی نخود می باشد (Rezaeinia *et al.*, 2017)، می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های موجود در این دو گروه برای تولید ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا و زودرس استفاده کرد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی

تجزیه خوشه‌ای داده‌ها به روش Ward انجام گرفت و برش دندروگرام، ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تقسیم کرد (شکل ۳). جدول۹، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی نمایش می‌دهد. گروه یک به‌عنوان گروه متحمل (شامل ۳۷ ژنوتیپ)، گروه دوم حساس (شامل ۱۵ ژنوتیپ) و گروه سوم (شامل ۲۵ ژنوتیپ)، نسبت به برق‌زدگی مقاوم بودند. همچنین ژنوتیپ‌های گروه دوم، دارای عملکرد پایین‌تری نسبت به گروه یک و سه بودند، ولی گروه یک که واکنش متحمل داشت، عملکرد بالاتری را دارا بودند. از نظر وزن ۱۰۰دانه گروه سوم دارای بالاترین میزان میانگین و گروه دوم کمترین میزان را دارا بود. در این گروه‌بندی، ژنوتیپ ۱۳ (بیونیج، حساس) جزو گروه حساس، ژنوتیپ ۴۵ (عادل، مقاوم) جزو گروه مقاوم، ژنوتیپ ۶۶ (آزاد، متحمل) جزو گروه مقاوم و ژنوتیپ ۲۹ (سارال، متحمل) جزو گروه حساس قرار گرفتند. در مطالعه Salimi *et al*, (2017) ژنوتیپ‌ها بر اساس بیماری در سه سطح مقاوم، متحمل و حساس به بیماری گروه بندی شدند؛ در این تقسیم‌بندی تعداد ۱۱ ژنوتیپ در گروه مقاوم، چهار ژنوتیپ متحمل و ۲۰ ژنوتیپ در گروه حساس به بیماری قرار گرفتند. ۱۱ ژنوتیپی که مقاومت خوبی نسبت به بیماری از خود نشان دادند، در مزرعه نیز عملکرد متوسط به بالا داشتند.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی نخود

Fig. 3. Dendrogram result from the cluster analysis method of 77 genotypes based on AUDPC of chickpea Ascochyta blight

جدول ۹- واکنش ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس تجزیه خوشه‌ای برای سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی
Table 9. Reaction of 77 chickpea genotypes to Ascochyta blight based on cluster analysis of AUDPC

گروه Group	شماره ژنوتیپ Genotype number
گروه اول (متحمل) Group 1 (Tolerant)	38-9-15-4-58-5-7-75-77-14-26-67-21-71-11-62-3-20-79-53-2-76-37-56-70-73-10-57-1-63-47-52-69-36-39-50-25
گروه دوم (حساس) Group 2 (Susceptible)	29-13-54-8-61-33-59-55-49-35-64-31-60-27-34
گروه سوم (مقاوم) Group 3(Resistance)	42-80-74-40-48-30-24-16-17-45-78-43-66-22-19-51-6-18-44-32-23-28-72-41-68

در مطالعات متعددی که جهت غربال‌گری ژرم‌پلاسم نخود برای مقاومت به برق‌زدگی انجام شده است، فراوانی ژنوتیپ‌های مقاوم، متفاوت و اغلب کم بوده است. Shokouhifar *et al*, (2006) در بررسی واکنش ۴۲۰ توده بومی و ۹۷ لاین و رقم خارجی در برابر عامل برق زدگی در گلخانه و مزرعه نشان دادند که در مرحله غلافدهی و گلدهی، نمونه‌های مقاوم و حساس با دقت بیشتری قابل تمایز می‌باشند. مطالعه واکنش ۱۵۰ لاین الیت نخود به بیماری در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که ۲۹ لاین دارای مقاومت نسبتاً بالا و پایدار نسبت به بیماری می‌باشند (Pande *et al.*, 2011). در کنیا در بین ۳۶ ژنوتیپ نخود ارزیابی‌شده، تنها ۱۲ نمونه مقاوم به بیماری بودند (Kimurto *et al.*, 2013). Ashrafi *et al*, (2016) به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های نخود نسبت به برق‌زدگی در خزانه بین‌المللی، لاین‌های ارسالی از ایکاردا را در استان ایلام و استان گلستان (گنبدکاووس) مورد بررسی قرار دادند که از ۳۸ لاین مورد بررسی، در استان ایلام، ۱۲ لاین مقاوم، ۲۰ لاین نیمه مقاوم و در گلستان، تمامی لاین‌ها مقاومت نشان دادند.

Salami *et al*, (2017) با بررسی ۳۵ ژنوتیپ نخود کابلی نشان دادند که ژنوتیپ‌ها در سه گروه مقاوم (شامل ۱۱ژنوتیپ)، گروه متحمل (۴ ژنوتیپ) و گروه حساس (۲۰ژنوتیپ) قرار گرفتند. این نتایج مؤید تنوع کم مقاومت در بین نمونه‌های نخود است (Ahma *et al.*, 2013). مطالعات نشان داده است که اساس ژنتیکی مقاومت به این بیماری در نخود کمی بوده و میزان مقاومت در نمونه‌های نخود جزئی می‌باشد (Peveer *et al.*, 2012). همچنین روش و شرایط غربال‌گری ژنوتیپ‌های نخود و قدرت تجاوزگری پاتوتیپ مورد استفاده و همچنین اقلیم مناطق مورد بررسی، در مطالعات مختلف متفاوت بوده است و غربال‌گری نخود به دلیل تأثیرپذیری از شرایط محیطی منجر به نتایج متفاوتی می‌گردد (Vafaei *et al.*, 2017).

در این تحقیق که در شرایط دیم مزرعه و در اقلیم گنبد کاووس و با استفاده از آلودگی طبیعی به صورت پخش بقایای گیاهی آلوده در سطح مزرعه انجام شد، نتایج نشان داد که آلودگی اولیه به میزان کافی در سطح پلات‌های آزمایشی رخ داد و در ارزیابی مقاومت، در نهایت ۲۵ ژنوتیپ با سطوحی از مقاومت به بیماری معرفی شدند. این گروه عملکرد قابل‌قبولی نسبت به گروه حساس داشتند. همچنین در بررسی همبستگی مشخص شد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان بیماری و عملکرد گیاه وجود دارد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام مقاوم نخود به بیماری و مدیریت این بیماری بهره برد.

منابع

1. Acikgoz, N., and Acikgoz, N. 1994. Path analysis for evaluation of characters affecting seed yield in chickpeas at different sowing time. Crop Science Congress 2: 121-125.
2. Ahmad, S., Khan, M.A., Sahi, S.T., and Ahmad, R. 2013. Evaluation of chickpea germplasm against *Ascochyta rabiei* (Pass) Lab. Journal of Animal and Plant Sciences 23(2): 440-443.
3. Ali, Q., Ahsan, M., Khan, N.H., Ali, F., Elahi, M., and Elahi, F. 2012. Genetic analysis for various quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences 6(1): 51-57.
4. Aryamanesh, N., Nelson, M.N., Yan, G., Clarke, H.J., and Siddique, K.H.M. 2010. Mapping a major gene for growth habit and QTLs for ascochyta blight resistance and flowering time in a population between chickpea and *Cicer reticulatum*. Euphytica 173: 307-319.
5. Ashrafi, J., Rahnama, K., and Kheirgu, M. 2016. Response of chickpea genotypes to Aschochyta blight in international collection. 22th Congress of Plant Protection. Iran, Tehran. P346. (In Persian with English Summary).

6. Bokhari, A.A., Ashraf, M., Rehman, A., Ahmad, A., and Iqbal, M. 2011. Screening of chickpea germ plasm against Ascochyta blight. Pakistan Journal of Phytopathology 23(1): 5-8.
7. Checa, O., Ceballos, H., and Blair, M.W. 2006. Generation means analysis of climbing ability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Heredity 97(5): 456-465.
8. Cheghamirza, S.H., Cheghamirza, K., and Mohammadi, R. 2013. Evaluation of accessions and varieties of chickpea (*Ciser arietinum* L.) based on agro-physiological traits. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 46-472. (In Persian with English Summary).
9. Chen, W., Coyne, C.J., Peever, T.L., and Muehlbauer, F.J. 2004. Characterization of chickpea differentials for pathogenicity assay of ascochyta blight and identification of chickpea accessions resistant to *Didymella rabiei*. Plant Pathology 53: 759-769.
10. Collard, B.C., and Mackill, D.J. 2007. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363(1491): 557-572.
11. Daba, K., Deokar, A., Banniza, S., Warkentin, T.D., and Tar'an, B. 2016. QTL mapping of early flowering and resistance to ascochyta blight in chickpea. Genome 59(6): 413-425.
12. Dokken-Bouchard, F., Miller, S., McCall, P., and McVicar, R. 2010. Scouting and management of Ascochyta blight in chickpea. Saskatchewan Agriculture Publicationmm 1-18.
13. Elliott, V.L., Taylor P.W.J., and Ford, F. 2013. Changes in foliar host reaction to *Ascochyta rabiei* with plant maturity. Journal of Agricultural Science 5(7): 29-35.
14. Fazeli, F., and Cheghamirza, K. 2011. Genetic variation in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L. Kabuli type) based on agronomic traits and RAPD marker. Seed and Plant Improvement Journal 1-27(4): 555-579. (In Persian with English Summary).
15. Gaure, P.M., Tripathi, S., Gowda, C.L.L., Ranga, R.G.V., Sharma, H. ., Pande, S., and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 121 pp.
16. Goldani, M., and Rezvanimoghaddam, P. 2004. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 2005.
17. Jamil, F.F., Sarwar, M., Sarwar, N., Khan, J.A., Zaid, H.M., Yousaf, S., Imran H.M., and Haq, I. 2010. Genotyping with RAPD markers resolves pathotype diversity in the Ascochyta blight and Fusarium wilt pathogens of chickpea in Pakistan. Pakistan Journal Botany 42(2): 1369-1378.
18. Kaiser, W.J., and Okhovat, M. 1996. Distribution of *Didymella rabiei*, the telomorph of *Ascochyta rabiei* in IRAN. Plant Disease 32(3&4): 207. (In Persian with English Summary).
19. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 5(3): 185-193. (In Persian with English Summary).
20. Kayan, N., and Adak, M.S. 2012. Associations of some characters with grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal Botany 44(1): 267-272.
21. Kiersten, A.W., Carl, A.B., Samuel, M., Julie, P., Javier, A.D., Rubella, S.G., and Neil, C.G. 2011. Sensitivity of *Ascochyta rabiei* populations to prothioconazole and thiabendazole. Crop Protection 3: 1000-1005.
22. Kimurto, P.K., Towetti, B.K., Mulwa, R.S., Njogui, N., Jeptanui, L., Gangarao, N.V.P.R., Silim, S., Kaloki, P. Korir, P., and Macharia, J.K. 2013. Evaluation of chickpea genotypes for resistance to Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) disease in the dry highlands of Kenya. Phytopathologia Mediterranea 52(1): 212-221.
23. Kiprop, C.J. 2016. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for host plant resistance to Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in elgeyo-marakwet, uasin-gishu and baringo counties of Kenya. MSc. Thesis, Kenyatta University. 106 pp.
24. Labdi, M., Malhotra, R., Benzohra, I., and Imtiaz, M. 2013. Inheritance of resistance to *Ascochyta rabiei* in 15 chickpea germplasm accessions. Plant Breeding 132: 197-199.
25. Lobna Ben, M., Cherif, M., Harrabi, M., Galbraith R.F., and Strange, R.N. 2010. Effects of sowing date on severity of blight caused by *Ascochyta rabiei* and yield components of five chickpea cultivars grown under two climatic conditions in Tunisia. European Journal of Plant Pathology 126: 293-303.
26. Namvar, A., and Sharifi, R.S. 2011. Phenological and morphological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to symbiotic and mineral nitrogen fertilization. Zemdirbysté-Agriculture 98: 121-130.
27. Ozdemir, S. 1996. Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 3: 9-21.

28. Pande, S., Sharma, M.P., Gaur, M., Basandrai, A.K., Kaur, L.K.S., Hooda, D., Basandrai, B.T., Kiran, S., Jain, K., and Rathore, A. 2013. Biplot analysis of genotype×environment interactions and identification of stable sources of resistance to Ascochyta blight in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Australasian Plant Pathology 42: 561-571.
29. Pande, S., Sharma, M., Gaur, P.M., Tripathi, S., Kaur, L., Basandrai, A., Khan, T., Gowda, C.L.L., and Siddique, K.H.M. 2011. Development of screening techniques and identification of new sources of resistance to Ascochyta blight disease of chickpea. Australasian Plant Pathology 40: 149-156.
30. Pande, S., Siddique, K.H.M., Kishore, G.K., Bayaa, B., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L, Bretag, T.W., and Crouch, J.H. 2005. Ascochyta blight of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review of biology, pathogenicity, and disease management. Australian Journal of Agricultural Research 56: 317-332.
31. Peever, T.L., Salimath, S.S., Su, G., Kaiser, W.J., and Muehlbauer, F.J. 2004. Historical and contemporary multilocus population structure of *Ascochyta rabiei* (teleomorph: *Didymella rabiei*) in the Pacific Northwest of the United States. Molecular Ecology 13: 291-309.
32. Rezaeinia, M., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Abbsi, A.R., and Gharajedaghi, F. 2017. Genetic diversity and relationships between some agronomic traits of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under non-stress and terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 83-96. (In Persian with English Summary).
33. Salimi, A., Modarresi, M., Kanouni, H., and Jamali, F. 2017. Evaluation of the genetic diversity of resistance to Ascochyta blight and some of the most important traits related to chickpea yield under rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 48(2): 453-463. (In Persian with English Summary).
34. Shokouhifar, F., Bagheri, A.R., and Fallahati Rastegar, M. 2006. Identification of resistant chickpea lines against pathotypes causing Ascochyta blight disease in Iran. Iranian Journal of Biology 19: 29-42. (In Persian with English Summary).
35. Singh, K.B., and Reddy, M.V. 1993. Resistance to six races of *Ascochyta rabiei* in the world germ plasm collection of chickpea. Crop Science 33: 186-189.
36. 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.
37. Vafaei, S.H., Rezaee S., Abbasi Moghadam, A., and Zamanizadeh, H.R. 2017. Screening of chickpea germ plasms for selection of resistant genotypes to Ascochyta blight. Plant Pests and Diseases 85(1): 97-109. (In Persian with English Summary).
38. Varshney, R.K., Song, C., Saxena, R.K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A.G., Cannon, S., Baek, J., Rosen, B.D., Tar'an, B., and Millan, T. 2013. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. Nature Biotechnology 31(3): 240-246.
39. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., RahimZadeh Khoyi, F., and Moghadam, M. 1997. Study for some agronomic traits in chickpea cultivars under two irrigation regimes and path analysis of traits under study. Iranian Journal of Agricultural Sciences 28(4): 147-162. (In Persian with English Summary).
40. Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 171-186 (Research Article)

Relationships between some agronomic traits related to yield in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under Aschochyta blight stress conditions

Rahmatpour[1], M., Taliei[2*], F., Sabouri[3], H. & Kheirgu[4], M.

1. Graduated Student of Agricultural Biotechnology, Department of Crop Production, Gonbad Kavous University; mehregan2727@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University
3. Associate Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University; hos.sabouri@gmail.com
4. Researcher, Department of Crop-Horticultural Sciences, Agricultural Research Center and Natural Resources of Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization; mkheirgoo@gmail.com

Received: 10 November 2019
Accepted: 4 March 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84166

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum*) is an edible legume grown widely for its nutritious seed, which is rich in protein, minerals, vitamins, and dietary fiber and is the third most important food legume of the world after common bean and pea. Ascochyta blight, caused by *Ascochyta rabiei*, is one of the most important diseases of chickpea that limits its cultivation and production in most parts of the world, including Iran. The use of resistant cultivars is the most effective and economical strategy for management of Ascochyta blight. Therefore, identifying the genetic resources of resistance in chickpea germplasms against Ascochyta blight is very important in designing breeding programs. Furthermore genetic diversity in chickpea collection can be used in breeding program for selection of genotype with desirable agronomic traits. Studying relationships between agronomic traits under disease stress conditions would assist breeders to identify the effective traits and use proper selection intensity in their breeding programs.

Materials and Methods

In order to assess the resistance to Ascochyta blight, and the relationship of some yield related traits and relative resistance to Ascochyta blight disease, research was conducted with 77 advanced chickpea genotypes received from ICARDA in a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Gonbad-e-Kavous in 2017. Plants were inoculated by applying uniformly scattered infected chickpea debris after seedling emergence. The degree of susceptibility and resistance to disease of each line was determined using 1-9 rating scale and area under disease progress curve was also calculated. Various phonological and morphological traits including yield and yield components were measured.

Results and Discussion

According to the results of ANOVA, there was a significant difference among genotypes for all traits ($p< 0.01$) which revealed genetic variation among them. Genotype of 76 and 55 with an average of 118.67 and 14.81 kilograms grain per hectare had the highest and lowest yield, respectively. The results of phenotypic correlation under disease-stress condition showed that plant height had the highest correlation (-0.586, $p< 0.01$) with Ascochyta blight progress. AUDPC was also correlated to grain yield negatively. Genotypes 13, 27, 29, and 34 which belong to the most sensitive group to the disease, had the lowest grain yield and the resistant genotype of 34, had the highest grain yield. AUDPC had also negative correlation

[*]**Corresponding Author:** taliey.fa@gmail.com

($p< 0.01$) with plant height and height of the first pod from ground. There was a positive correlation at 1% probability level between AUDPC and days to 50% flowering and days to physiological maturity revealed that as the disease progresses, those two factors become longer. Genotypes 34 and 35 which had the longest days to physiological maturity were belonging to disease sensitive group. Stepwise regression analysis introduced AUDPC, number of two seed pods and plant height with 42% justify changes as the most effective traits. According to the results of stepwise regression, plant height had the highest effect on grain yield. The results of Path analysis showed that plant height had the most direct effect on grain yield (0.357) and the most indirect effect was related to AUDPC via plant height (-0.1151). Therefore, plant height can be used as a superior trait in indirect selection programs. Based on agronomic traits under disease stress conditions, cluster analysis set the genotypes into two groups using the square Euclidian distance and Ward method. The genotypes of first cluster, had the highest average in plant height, height of the first pod from ground, number of two seed pods, grain yield and 100-grain weight compared to the other one. The second group was earliness and had higher days to 50% flowering, days to physiological maturity and grain filling period. According to the results of cluster analysis for disease parameter based on the square Euclidian distance and Ward method, the genotypes classified in three clusters including tolerant, sensitive, and resistant where 25, 37, and 15 genotypes were placed in resistant, tolerant, and susceptible groups, respectively. The sensitive group had less grain yield than the others. Genotype 26 was highly susceptible and genotypes 6, 22, 43 and 65 were identified as highly resistant.

Conclusion

The findings of this study showed that management of Ascochyta blight is essential to provide increased and stable yields where conditions are suitable for the disease. According to the results, the studied chickpea germplasm, are valuable resources, in addition to possess new traits provide high diversity for breeders to improve the new varieties and can be employed as resistant sources in chickpea breeding programs to develop resistant cultivars to Ascochyta blight.

Keywords: Ascochyta blight, *Ascochyta rabiei*, Chickpea, Resistance, Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۰۴-۱۸۷، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 187-204 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.75861

گزینش ژنوتیپ‌های منتخب عدس (*Lens culinaris* Medik) متحمل به تنش خشکی با به‌کارگیری پنج شاخص تحمل جدید در شرایط مشهد

محمدحسن وفایی[۱]، مهدی پارسا[۲*]، احمد نظامی[۳] و علی گنجعلی[۴]

۱. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا؛ m.vafaei@basu.ac.ir
۲. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir
۴. عضو هیئت علمی دانشکده علوم و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ ganjeali@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های عدس منتخب متحمل به تنش خشکی و بررسی کارآیی شاخص‌های قدیمی و جدید تحمل به تنش، پژوهشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تحت دو شرایط رطوبتی عدم تنش خشکی (تأمین ۱۰۰درصد نیاز آبی گیاه) و تنش خشکی (تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر روی ۹ ژنوتیپ برگزیده از بین ۷۳ ژنوتیپ مورد بررسی در آزمایش زراعی سال قبل، اجرا گردید. برای اعمال دقیق محدودیت آبی، از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری استفاده شد و میزان آب ورودی توسط کنتور مورد پایش قرار گرفت. بر اساس نتایج، در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های MLC356 و MLC121 به ترتیب، با تولید ۲۶۲۱ و ۹۹۳ کیلوگرم دانه در هکتار، بالاترین و پایین‌ترین رتبه تولید دانه در واحد سطح را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش نیز ژنوتیپ‌های Cabralinta و MLC121 به‌ترتیب، با تولید ۸۷۶ و ۲۸۸ کیلوگرم دانه در هکتار، بالاترین و پایین‌ترین رتبه تولید دانه در واحد سطح را کسب کردند. ارزیابی تحمل به تنش خشکی، بر اساس هشت شاخص قدیمی (HM، TOL، MP، STI، GMP، YI، DI و REI) و پنج شاخص جدید (SSPI، ATI، SNPI، K_1STI و K_2STI) صورت گرفت. مطالعهٔ همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که شاخص جدید K_2STI و شاخص‌های قدیمی STI، GMP، REI، HM و MP برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط رطوبتی (تنش و بدون تنش) مناسب هستند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات نیز نشان داد که شاخص‌های جدید SNPI و K_2STI و شاخص‌های قدیمی YI، HM، GMP، REI و STI بهترین شاخص‌ها برای جداسازی ژنوتیپ‌های در هر دو شرایط رطوبتی هستند و بر این اساس، ژنوتیپ‌های MLC356، Cabralinta و MLC025 به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و با عملکرد بالا انتخاب شدند. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت و رسم دندروگرام، ژنوتیپ‌ها را به چهار کلاستر گروه‌بندی کرد که در این گروه‌بندی، Cabralinta و MLC025 در یک کلاستر (کلاستر دوم) قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه کلاستر، عملکرد دانه، همبستگی

مقدمه

در بین تنش‌های غیرزیستی، خشکی مهم‌ترین تنش تأثیرگذار در کاهش عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود و یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید در این مناطق است (Kafi *et al.*, 2009; Reddy *et al.*, 2004). ایران با داشتن متوسط بارندگی ۲۵۷میلی‌متر در سال، در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد (FAO, 2018). عدس گیاهی غنی از پروتئین بوده و حاوی همهٔ هشت اسیدآمینه ضروری لازم برای رشد انسان‌های بزرگسال می‌باشد. این گیاه با داشتن مقدار قابل‌توجهی از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ۱۸ اسیدآمینه از ۲۰اسیدآمینه شناسایی‌شده، جایگاه مهمی در رژیم غذایی انسان، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه دارد (Anoma *et al.*, 2014). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، سطح زیرکشت عدس کشور ۱۳۱۴۵۴ هکتار بود که حدود ۹۵ درصد آن به‌صورت دیم بوده است. استان خراسان رضوی نیز با داشتن سطح زیرکشت ۲۲۴۰ هکتار عدس، یکی از مراکز تولید این گیاه در کشور است (Agricultural Statistics, 2016).

* **نویسنده مسئول:** parsa@um.ac.ir

تحمل به خشکی صفتی کیفی است و برای اندازه‌گیری مستقیم آن روش واحدی وجود ندارد و همین موضوع، موجب مشکل‌شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda & Matsuoka, 2008). طی سالیان طولانی گذشته تصور می‌شد که عملکرد دانه، تحت شرایط تنش خشکی، دارای وراثت‌پذیری پایینی است و دلیل این امر را کنترل ژنتیکی پیچیدهٔ این صفت و همچنین برهمکنش شدید ژنوتیپ در محیط می‌دانستند (Dixit *et al.*, 2014). نتایج پژوهش‌های اخیر در مرکز تحقیقاتی ایری[1] وراثت‌پذیری متوسط تا زیاد صفت عملکرد دانه تحت تنش خشکی را نشان داده است؛ به همین سبب این پژوهشگران انتخاب مستقیم صفت عملکرد دانه برنج تحت شرایط تنش خشکی را مؤثرتر دانسته و انتخاب مستقیم بر اساس این صفت را به‌جای صفات ثانویه پیشنهاد کرده‌اند (Kumar *et al.*, 2008). مطالعات نشان داده است که انتخاب مستقیم برای عملکرد در شرایط تنش شدید، نسبت به انتخاب در شرایط بدون تنش، افزایش عملکرد بالاتری را در پی داشته است (Venuprasad *et al.*, 2008). کارآیی عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های بدون تنش و تنش می‌تواند شاخصی برای شناسایی و جداسازی رقم‌های متحمل به خشکی جهت کشت در محیط‌های در معرض خشکسالی باشد (Raman *et al.*, 2012; Tabkhkar *et al.*, 2017).

Fernandez (1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس میزان عملکردشان در شرایط تنش و عدم تنش به چهار گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد خوبی دارند (A)، ژنوتیپ‌هایی که تنها در محیط بدون تنش عملکرد بالایی دارند (B)، ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند (C) و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند (D). بر اساس نظر این پژوهشگر، مناسب‌ترین معیار برای گزینش، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد. پژوهشگران، جهت شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، شاخص‌های خشکی زیادی را بر اساس یک رابطه ریاضی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و غیرتنش پیشنهاد داده‌اند که این شاخص‌ها بر اساس تحمل و یا حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌ها هستند. به نظر Moosavi *et al*, (2008) مشکل عمدهٔ شاخص‌های قدیمی‌تر، آن است که به‌راحتی نمی‌توانند گروه‌های فرناندزی را جداسازی کنند؛ به همین دلیل، وی و همکارانش و سایر پژوهشگران، شاخص‌های جدیدتری را جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش پیشنهاد کرده‌اند.

Biosci *et al*, (2017) در بررسی عملکرد گندم دوروم شاخص‌های MP، GMP، HM و TOL را مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی تشخیص دادند. Souri & Dehghani (2006) بامطالعه بر روی ۲۵ ژنوتیپ نخود گزارش کردند که سه شاخص تحمل به تنش STI، GMP و MP نسبت به یکدیگر، دارای بالاترین ضرایب همبستگی بوده و برای جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مناسب هستند. Vafaei *et al*, (2019) بامطالعهٔ بر روی عملکرد دانهٔ ۷۳ ژنوتیپ عدس، همبستگی شدید مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه تحت هر دو شرایط (تنش و بدون تنش) با شاخص‌های GMP، STI ، HM و SNPI گزارش کرده و این شاخص‌ها را مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی دانسته‌اند.

با توجه به جایگاه و اهمیت حبوبات و به‌ویژه گیاه عدس در ایران و لزوم مواجهه با تنش فزایندهٔ خشکی در کشور، پژوهش حاضر باهدف گزینش و معرفی ژنوتیپ‌های عدس متحمل به خشکی، با تأکید بر مقایسهٔ شاخص‌های قدیمی و جدید تحمل به تنش و روابط بین آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد با عرض جغرافیایی "۲۸ '۱۸ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی "۳۸ '۴۰ °۵۹ شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. آب‌وهوای این منطقه بر اساس روش آمبرژه، خشک سرد، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه منطقه به ترتیب ۴۳/۸ و ۲۱- درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه در این منطقه ۲۳۴ میلی‌متر است (Iran Meteorological Organization, 2018). شکل ۱، مشخصات هواشناسی محل آزمایش، در سال زراعی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

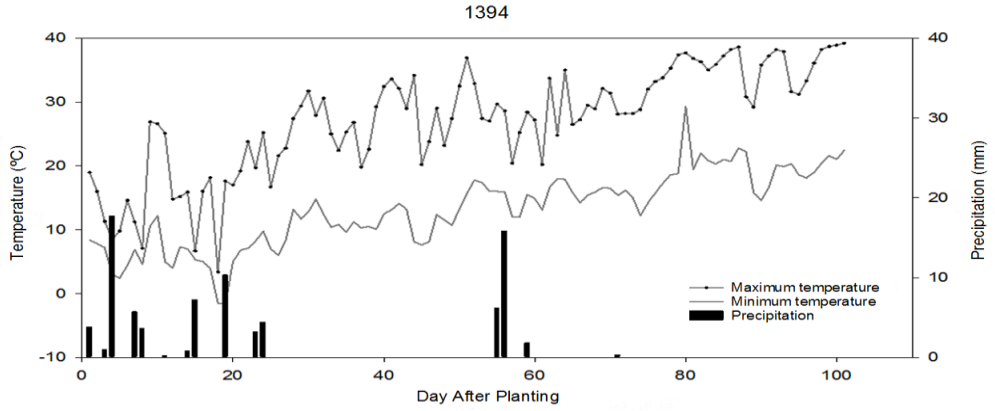
این تحقیق، در ادامه پژوهش سال قبل همین پژوهشگر (Vafaei *et al*., 2019) صورت گرفت که در آن، ۷۳ ژنوتیپ عدس تهیه‌شده از بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد (شامل بخشی از توده‌های بومی، لاین‌ها و ارقام موجود در کشور و همچنین نمونه‌هایی از سایر کشورها) در دو قطعه مجزا و تحت شرایط تنش و عدم تنش خشکی کشت شدند. پس از مشخص شدن عملکرد نهایی ژنوتیپ‌ها، با بهره‌گیری از ۱۰شاخص قدیم و جدید تحمل به تنش و ترسیم نمودار سه‌بعدی، نمودار بای‌پلات و دندروگرام، میزان تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها مشخص گردید. سپس هشت ژنوتیپ متحمل‌تر و یک ژنوتیپ

۱. International Rice Research Institute, IRRI

حساس‌تر به تنش خشکی (MLC121) از بین آن‌ها انتخاب و در این آزمایش مورد بررسی بیشتر قرار گرفتند (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، تحت دو شرایط رطوبتی عدم تنش خشکی (تأمین ۱۰۰درصد نیاز آبی گیاه) و تنش خشکی (تأمین ۴۰درصد نیاز آبی گیاه) با سه تکرار اجرا گردید.

قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰سانتی‌متری نمونه‌برداری شد و مقادیر pH، درصد ماده آلی، EC، عناصر ماکرو (N، P و K) و همچنین نوع بافت خاک تعیین گردید (جدول ۲) که بر همین اساس به ترتیب، مقدار ۳۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و نیترات آمونیوم به خاک اضافه شده و با آن مخلوط گردید.

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت در تاریخ ۲۳ اسفندماه سال ۱۳۹۳ در وسط پشته انجام گردید. در هر کرت، پنج ردیف به طول سه متر و بافاصلهٔ بین ردیف ۵۰سانتی‌متر منظور گردید و بذور بر روی پشته‌ها، در عمق سه‌سانتی‌متری و با تراکم ۲۰۰ عدد بذر در مترمربع کشت شدند. آبیاری بر اساس تخلیه رطوبتی خاک در منطقه ریشه (تفاوت بین رطوبت خاک منطقه ریشه در نقطه ظرفیت زراعی و رطوبت زمان آبیاری) صورت پذیرفت.



شکل ۱- بارندگی و دمای حداکثر و حداقل روزانهٔ ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد عدس (۲۳ اسفند ۱۳۹۳ تا اول تیرماه ۱۳۹۴)

Fig. 1. Daily precipitation and maximum and minimum temperature of Mashhad meteorological station during the lentil growing season (14 March-22 June 2015)

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های عدس مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of lentil genotypes in experiment

شماره No.	نام ژنوتیپ[1] Genotype Code (MLC[2])	منشأ Origin	
1	MLC088	آشخانه	Ashkhaneh
2	MLC239	ILL5729	ICARDA
3	MLC356	ایران	Iran
4	MLC121	گیلان	Gilan
5	MLC352	ایران	Iran
6	MLC363	ایران	Iran
7	MLC025	گناباد	Gonabad
8	ILL857	ایکاردا	ICARDA
9	Cabralinta	ایکاردا	ICARDA

۱- کُد بذر در بانک بذر پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. Mashhad Lentil Collection (MLC)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physio-chemical properties of experimental soil

ماده آلی (٪) Organic matter (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) EC (dS.m^{-1})	شاخص واکنش pH	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) pb (g.cm^{-3})	بافت خاک Soil texture
1.00	0.58	225	12.3	0.068	0.445	7.83	1.38	سیلت لوم Silt

با توجه به این‌که عمق آبیاری برای تیمار بدون تنش (تأمین ۱۰۰درصد نیاز آبی) در هر بار آبیاری معادل مقدار نیاز آبی خالص گیاه است، میزان آب موردنیاز جهت جبران کمبود رطوبت خاک در منطقهٔ ریشه تا حد ظرفیت زراعی، بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (Alizadeh, 2008).

رابطه ۱: $$D=(\theta_{fc}-\theta_i)*\rho_b*10D_{rz}$$

در این رابطه، D عمق آبیاری (میلی‌متر)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک، θ_{fc} رطوبت وزنی خاک در حالت اشباع (٪)، θ_i رطوبت وزنی موجود خاک (٪) و D_{rz} عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) است. برای به‌دست‌آوردن عمق توسعه ریشه در هر مرحله از رشد، از گیاهان کاشته‌شده در کنار ردیف‌های حاشیهٔ کرت، نمونه‌برداری به‌عمل آمد و عمق توسعهٔ ریشه اندازه‌گیری شد. زمان‌بندی آبیاری بر اساس محاسبات مربوط به کاهش رطوبت در منطقهٔ ریشه در حد آب سهل‌الوصول (PWP) انجام شد. در این روش، در تیمار آبیاری کامل، هرگاه متوسط رطوبت موجود در ناحیهٔ ریشه به مرز پایین آب سهل‌الوصول می‌رسید، آبیاری بعدی صورت می‌گرفت. حد پژمردگی دائم و مرز پایین رطوبت سهل‌الوصول نیز بر اساس روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید (Alizadeh, 2008).

رابطه ۲: $$\theta_{pwp}=(2.3+.37(\theta_{fc}*100))/100$$

رابطه ۳: $$\theta_c=\theta_{fc}-(MAD*(\theta_{fc}-\theta_{PWP}))$$

در این روابط، θ_{PWP} حد پژمردگی دائم (٪)، θ_c مرز پایینی رطوبت سهل‌الوصول و MAD ضریب حداکثر تخلیه مجاز است که این ضریب برای عدس ۵۰ گزارش گردیده است (USDA, 2016). برای اندازه‌گیری دقیق رطوبت کرت‌های مختلف و تعیین زمان دقیق آبیاری، در هر کرت، حسگر رطوبت‌سنج دیجیتالی REC-55 به‌طور ثابت نصب شد و رطوبت خاک به‌طور مداوم توسط این دستگاه و به‌طور همزمان به‌روش وزنی اندازه‌گیری گردید. مقدار آب لازم جهت تیمار تنش (تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) نیز بر اساس میزان آب موردنیاز برای تیمار غیرتنش محاسبه گردید. جهت اعمال دقیق تیمار آبی و توزیع یکنواخت آب، از سیستم آبیاری قطره ای نواری[۱] باقاصله خروجی ۱۰سانتی‌متر استفاده شد. به‌منظور جلوگیری از انتقال آب به خارج از محدودهٔ کرت آزمایشی، ابتدا و انتهای هر شیار بسته شد و مقدار آب ورودی برای هر تیمار به‌وسیله کنتور حجمی و با دقت ۰/۱ لیتر مورد پایش قرار گرفت. در طول دورهٔ رشد، مقدار ۳۰میلی‌متر بارندگی مؤثر رخ داد که در محاسبات آبی منظور گردید.

برداشت محصول بر اساس رسیدگی ژنوتیپ‌ها از تاریخ ۲۳خردادماه ۱۳۹۴ آغاز شد. به‌منظور حذف اثر حاشیه، از برداشت دو ردیف کناری هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر بالا و پایین هر ردیف صرف نظر شد و بوته‌های باقیمانده هر کرت برداشت و پس از کوبیده‌شدن و جداسازی، عملکرد دانهٔ آن‌ها محاسبه گردید. به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های منتخب متحمل به خشکی، از هشت شاخص قدیمی پیشنهادشدهٔ پیش از سال ۲۰۰۰ (HM[۲]، TOL[۳]، MP[۴]، STI[۵]، GMP[۶]، YI[۷]، DI[۸] و REI[۹]) و پنج شاخص جدید (SSPI[۱۰]، ATI[۱۱]، SNPI[۱۲]، K$_1$STI[۱۳] و K$_2$STI[۱۴]) که بعد از سال ۲۰۰۰ معرفی شده‌اند، استفاده گردید.

۱. Tape
۲. Hramonic Mean Index
۳. Tolerance Index
۴. Mean Productivity
۵. Stress Tolerance Index
۶. Geometrical Mean Productivity Index
۷. Yield Index
۸. Drought Resistance Index
۹. Relative Efficiency Index
۱۰. Stress Susceptibility Percentage Index
۱۱. Abiotic Tolerance index
۱۲. Stress Non-stress Production Index
۱۳. Modified Stress Tolerance Index (for water stress condition)
۱۴. Modified Stress Tolerance Index (for optimum condition)

جدول ۳- نام و مشخصات شاخص‌های تحمل به تنش به‌کاررفته در این پژوهش

Table 3. The name and characteristics of stress tolerance indices used in this research

نام اختصاری Abbreviated name	نام شاخص Index name	رابطه Formula	سال معرفی Proposed year	شماره منبع Reference no.
شاخص‌های تحمل به تنش پیشنهادشده قبل از سال ۲۰۰۰ Stress tolerance indices proposed before 2000				
HM	شاخص میانگین هارمونیک Hramonic Mean Index	$HM = 2(Yp * Ys) / (Yp + Ys)$	1997	23
TOL	شاخص تحمل Tolerance Index	$TOL = (Yp - Ys)$	1981	33
MP	شاخص متوسط باروری Mean Productivity	$MP = (Ys + Yp) / 2$	1981	33
STI	شاخص تحمل به تنش Stress Tolerance Index	$STI = (Ys * Yp) / (\bar{Y}p)^2$	1992	16
GMP	شاخص میانگین هندسی بهره‌وری Geometrical Mean Productivity Index	$GMP = \sqrt{(Yp * Ys)}$	1992	16
YI	شاخص عملکرد Yield Index	$YI = \bar{Y}s / Ys$	1997	17
DI	شاخص مقاومت به خشکی Drought Resistance Index	$DI = \bar{Y}s * (\bar{Y}s / \bar{Y}p) / Ys$	1998	25
REI	شاخص کارآیی نسبی Relative Efficiency Index	$REI = (Ys / \bar{Y}s) * (Yp / \bar{Y}p)$	1999	20
شاخص‌های تحمل به تنش پیشنهادشده بعد از سال ۲۰۰۰ Stress tolerance indices proposed after 2000				
K_1STI	شاخص تحمل به تنش تعدیل‌شده برای شرایط بدون تنش Modified Stress Tolerance Index (for water stress condition)	$K_1STI = \left[(Yp)^2 / (\bar{Y}p)^2 \right] * STI$	2002	13
K_2STI	شاخص تحمل به تنش تعدیل‌شده برای شرایط تنش رطوبتی Modified Stress Tolerance Index (for optimum condition)	$K_2STI = \left[(Ys)^2 / (\bar{Y}s)^2 \right] * STI$	2002	13
SSPI	شاخص درصد حساسیت به تنش Stress Susceptibility Percentage Index	$SSPI = 100 * \left[(Yp - Ys) / 2(\bar{Yp}) \right]$	2008	28

ادامه جدول ۳- نام و مشخصات شاخص‌های تحمل به تنش به‌کاررفته در این پژوهش

Continue of Table 3. The name and characteristics of stress tolerance indices used in this research

ATI	شاخص تنش‌های غیرزنده Abiotic Tolerance Index	$ATI = [\frac{(Yp - Ys)}{\bar{Yp} - \bar{Ys}}] * [\sqrt{Yp * Ys}]$	2008	28
SNPI	شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش Stress Non-stress Production Index	$SNPI = \sqrt[3]{\frac{(Yp + Ys)}{(Yp - Ys)}} * \sqrt[3]{Yp * Ys * Ys}$	2008	28

Yp و Ys: به ترتیب میانگین عملکرد دانهٔ هر ژنوتیپ در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

$\bar{Yp}$ و $\bar{Ys}$: به ترتیب، میانگین حسابی عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌ها تحت شرایط عدم تنش و تنش

Yp and Ys : Average yield of each genotype in non-stress and stress conditions, respectively

$\bar{Yp}$ and $\bar{Ys}$: Mean value of genotypes yield in non-stress and stress conditions, respectively

جدول ۴- میانگین مربعات عملکرد دانه در شرایط غیرتنش و تنش خشکی و شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های عدس

Table 4. Yield mean squared in non-stress and stress conditions with drought tolerance indices in lentil genotypes

منابع تغییرات S.O.V	df	Yp	Ys	HM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	K_1STI	K_2STI	YI	DI	REI
بلوک Block	2	79351 *	221 ns	4027 ns	2038 ns	481 ns	0.001 ns	3448 ns	0.2 ns	39404 *	3395 ns	0.01 ns	0.01 ns	0.04 **	0.15 ns	0.01 ns
ژنوتیپ Genotype	8	734889 ***	103064 ***	169944 ***	549546 ***	281589 ***	0.118 ***	206885 ***	525.7 ***	1492960 ***	352195 ***	1.14 ***	0.54 ***	0.26 ***	11.28 ***	0.80 ***
خطا Error	16	18850	1447	3795	12029	7667	0.001	7482	10.4	6668	9712	0.004	0.004	0.01	0.04	0.02
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.5	6.1	6.9	11.1	7.8	8.2	8.7	10.5	7.7	8.6	12.1	12.6	7.8	5.3	11.8

Yp: عملکرد در شرایط غیرتنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ HM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ K_1STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده ۱؛ K_2STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده ۲؛ YI: شاخص عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ REI: شاخص کارایی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress Yield; HM: Harmonic Mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical Mean Productivity Index; SSPI:Stress Susceptibility Percentage Index; ATI:Abiotic Tolerance Index; SNPI:Stress-Non stress Production Index; K_1STI: K_1(Modified) Stress Tolerance Index; K_2STI: K_2(Modified) Stress Tolerance Index

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه‌شده و رتبهٔ آن‌ها در ژنوتیپ‌های عدس

Table 5. Mean grain yield in non-stress and stress conditions and calculated drought resistance indices and their ranks in lentil genotypes

Genotype NO.	Yp (kg/h)	Ys (kg/h)	HM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	K_1STI	K_2STI	YI	DI	REI
1	1715 (3)	487 (8)	759 (6)	1228 (7)	1101 (5)	0.32 (6)	914 (6)	38 (3)	1132 (3)	900 (8)	0.36 (5)	0.19 (6)	0.78 (8)	5.39 (3)	0.83 (6)
2	1995 (2)	640 (5)	969 (4)	1355 (8)	1318 (2)	0.49 (4)	1130 (4)	42 (2)	1545 (2)	1167 (5)	0.74 (2)	0.51 (4)	1.02 (5)	5.55 (2)	1.26 (4)
3	2621 (1)	787 (3)	1211 (1)	1834 (9)	1704 (1)	0.79 (1)	1436 (1)	57 (1)	2657 (1)	1445 (3)	2.07 (1)	1.25 (1)	1.26 (3)	7.79 (1)	2.04 (1)
4	993 (9)	288 (9)	447 (9)	705 (3)	641 (9)	0.11 (9)	535 (9)	22 (7)	380 (8)	531 (9)	0.04 (9)	0.02 (9)	0.46 (9)	3.05 (6)	0.28 (9)
5	1488 (6)	670 (4)	924 (5)	818 (4)	1079 (6)	0.38 (5)	998 (5)	25 (6)	824 (6)	1208 (4)	0.32 (6)	0.44 (5)	1.07 (4)	2.95 (7)	0.99 (5)
6	1529 (5)	504 (7)	758 (7)	1025 (6)	1016 (7)	0.29 (7)	878 (7)	32 (4)	907 (5)	916 (7)	0.26 (7)	0.19 (7)	0.81 (7)	4.14 (4)	0.76 (7)
7	1715 (4)	807 (2)	1097 (3)	908 (5)	1261 (3)	0.53 (2)	1176 (2)	28 (5)	1078 (4)	1458 (2)	0.6 (3)	0.88 (3)	1.29 (2)	3.25 (5)	1.37 (2)
8	1021 (8)	570 (6)	732 (8)	451 (1)	796 (8)	0.22 (8)	763 (8)	14 (9)	347 (9)	1054 (6)	0.09 (8)	0.18 (8)	0.91 (6)	1.63 (9)	0.58 (8)
9	1474 (7)	876 (1)	1099 (2)	598 (2)	1175 (4)	0.49 (3)	1136 (3)	18 (8)	685 (7)	1644 (1)	0.41 (4)	0.97 (2)	1.4 (1)	2.21 (8)	1.28 (3)
میانگین	1616.7	625.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD (1%)	327.43	90.73	146.91	261.56	208.81	0.08	206.28	7.70	194.74	235.02	0.16	0.16	0.19	0.50	0.29

شرح اختصارات در زیرنویس جدول ۳ آورده شده است – اعداد داخل پرانتز، رتبه هر ژنوتیپ است.

The abbreviations are listed below table3 - The numbers inside parentheses are the rank of each genotype

تجزیه واریانس بر اساس الگوی طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر روی عملکرد دانه در هر دو شرایط انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح یک درصد محاسبه گردید. برای تعیین روابط بین عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های تحمل، از ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) استفاده شد. همچنین جهت تعیین فاصله ژنتیکی (میزان خویشاوندی) ژنوتیپ‌های موردبررسی، از تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward استفاده گردید. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS 9.3، برای خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و ترسیم دندروگرام از نرم‌افزار Minitab 17، برای ترسیم نمودار هواشناسی از SigmaPlot 14 و برای ترسیم نمودارهای سه‌بعدی و بای‌پلات از نرم‌افزار Statgraphics XVII-X64 استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج، ازنظر عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بین ژنوتیپ‌ها در هر دو تیمار تنش و بدون تنش مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش، به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MLC356 و Cabralinta با عملکرد ۲۶۲۱ و ۸۷۶ کیلوگرم در هکتار است. کمترین عملکرد دانه در هر دو شرایط (بدون تنش و تنش) نیز در ژنوتیپ MLC121 با عملکرد ۹۹۳ و ۲۸۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط غیرتنش ۱۶۱۶/۷کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش ۶۲۵/۴ کیلوگرم بر هکتار بود که در شرایط تنش خشکی، کاهشی معادل ۶۱/۳ درصد را نشان داد (جدول ۵). این کاهش عملکرد، ناشی از تأثیر قابل‌ملاحظهٔ تنش خشکی اعمال‌شده بر روی عملکرد بود. همچنین این کاهش، گویای آن است که در صورت کشت ژنوتیپ‌های یادشده در مشهد، برای رسیدن به عملکرد مطلوب، باید آبیاری به میزان کافی صورت گیرد.

به عقیدهٔ Blum (1988) برای انتخاب بهترین شاخص‌ها جهت غربالگری ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، باید به دنبال شاخص‌هایی بود که با عملکرد گیاه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته باشند که این همبستگی، نشان‌دهندهٔ کارآمدی شاخص‌های انتخاب‌شده در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها است. بر همین اساس، ضریب همبستگی پیرسون بین عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌ها در شرایط غیرتنش و تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی، محاسبه شده و مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶). نتایج نشان داد که بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. این قضیه نشان‌دهنده آن است که در بین ژنوتیپ‌های انتخابی، رفتارهای متفاوتی نسبت به تنش آبی وجود دارد. عملکرد در شرایط بدون تنش، ارتباط مثبت و معنی‌داری را با شاخص‌های DI، GMP، HM، MP، REI، STI، TOL، K_1STI، K_2STI، ATI و SSPI نشان داد. همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش، نیز با شاخص‌های HM، MP، STI، GMP، SNPI، K_2STI، YI و REI مثبت و معنی‌دار گردید. بر این اساس، شاخص‌های قدیمی STI، GMP، REI، HM و MP و شاخص جدید K_2STI که با عملکرد دانه در هر دو شرایط (تنش و عدم تنش) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی انتخاب شدند. این روش گزینش شاخص‌ها پیش از این نیز توسط پژوهشگران دیگر مورداستفاده قرارگرفته است؛ به‌عنوان نمونه در مطالعهٔ Rahimi *et al*, (2017) بر روی ۱۶۸ لاین اینبرد عدس، مشخص شد که شاخص‌های HM، STI، MP، GMP دارای بالاترین میزان همبستگی با عملکرد دانه در هر دو شرایط غیرتنش و تنش خشکی هستند. آن‌ها در پژوهش خود برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر از این نتایج بهره گرفته و سه ژنوتیپ برتر را انتخاب کردند. Azizi Chakherchaman *et al*, (2009) در بررسی لاین‌های امیدبخش عدس در شرایط محیطی تنش و بدون تنش به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های HM، GMP، MP و STI در هر دو شرایط محیطی، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و این شاخص‌ها به‌خوبی می‌توانند ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی (تنش و بدون تنش) را شناسایی کنند. Aktaş (2016) نیز در مطالعهٔ ۳۳ ژنوتیپ گندم، همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه در شرایط تنش و غیرتنش با شاخص‌های GMP، MP، STI، SNPI، DI و YI گزارش نموده و برای معرفی ژنوتیپ های منتخب، از این شاخص‌ها بهره گرفته است.

Fernandez (1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس میزان عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش به چهار گروه A، B، C و D تقسیم کرد. در این پژوهش نیز برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل، نمودار سه‌بعدی Yp و Ys با هر یک از شاخص‌های تحمل برگزیده توسط روش تحلیل همبستگی، ترسیم گردید (شکل‌های ۲ تا ۴).

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل در ژنوتیپ‌های عدس
Table 6. Correlation coefficient between Yp, Ys and tolerance indices in lentil genotypes

	Yp	Ys	HM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	K_1STI	K_2STI	YI	DI
Yp	-													
Ys	0.524	-												
HM	0.751 *	0.955 **	-											
TOL	0.929 **	0.173	0.455	-										
MP	0.966 **	0.726 *	0.895 **	0.803 **	-									
STI	0.906 **	0.815 **	0.943 **	0.695 *	0.978 **	-								
GMP	0.884 **	0.861 **	0.973 **	0.649	0.974 **	0.987 **	-							
SSPI	0.929 **	0.173	0.455	0.999 **	0.803 **	0.695 *	0.649	-						
ATI	0.982 **	0.422	0.665	0.953 **	0.921 **	0.864 **	0.816 **	0.953 **	-					
SNPI	0.512	0.999 **	0.948 **	0.159	0.715 *	0.806 **	0.852 **	0.159	0.410	-				
K_1STI	0.927 **	0.518	0.717 *	0.847 **	0.905 **	0.902 **	0.834 **	0.847 **	0.962 **	0.511	-			
K_2STI	0.724 *	0.895 **	0.938 **	0.449	0.855 **	0.940 **	0.920 **	0.449	0.676 *	0.894 **	0.788 *	-		
YI	0.526	0.999 **	0.956 **	0.175	0.727 *	0.816 **	0.862 **	0.175	0.424	0.999 **	0.519	0.895 **	-	
DI	0.890 **	0.085	0.370	0.993 **	0.745 *	0.629	0.576	0.993 **	0.925 **	0.076	0.817 **	0.383	0.088	-
REI	0.903 **	0.820 **	0.946 **	0.689 *	0.977 **	0.999 **	0.988 **	0.689 *	0.860 **	0.812 **	0.899 **	0.942 **	0.822 **	0.623

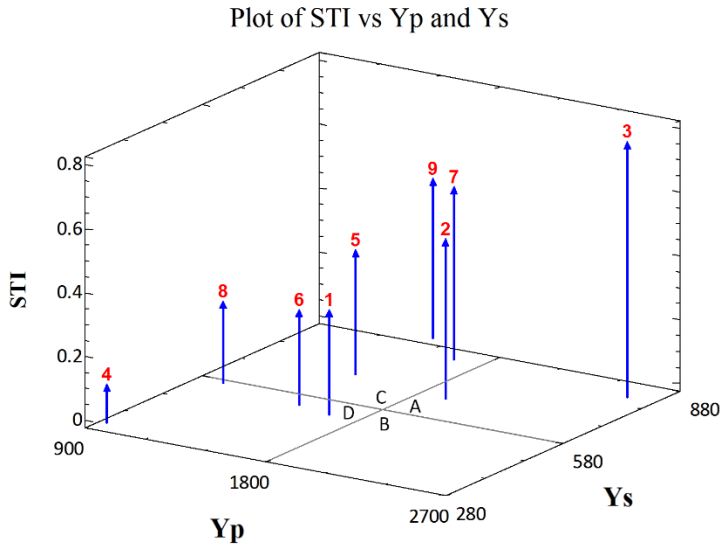
Yp: عملکرد در شرایط غیرتنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ HM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ K_1STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۱؛ K_2STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۲؛ YI: شاخص عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ REI: شاخص کارآیی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress Yield; HM: Harmonic Mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical Mean Productivity Index; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; K_1STI: K_1 (Modified) Stress Tolerance Index; K_2STI: K_2 (Modified) Stress Tolerance Index

در این شکل‌ها، عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش (YP) در محور اول، عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (Ys) در محور دوم و شاخص موردنظر در محور سوم قرار دارند. در این سه شکل، ژنوتیپ‌های MLC356 و MLC025 در ناحیهA قرار گرفتند و ژنوتیپ‌های این ناحیه در هر دو شرایط (تنش و غیرتنش) دارای عملکرد بالا هستند. ناحیهB ویژهٔ ژنوتیپ‌هایی است که در شرایط عدم تنش، عملکرد بالا و در شرایط تنش، عملکرد پایینی دارند که در این پژوهش، هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در این ناحیه قرار نگرفتند. ژنوتیپ‌های Cabralinta، MLC025 و MLC35 نیز در ناحیهC قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این ناحیه در شرایط تنش دارای عملکرد بالا و در شرایط غیرتنش دارای عملکرد نسبتاً مطلوبی بودند. ژنوتیپ‌های MLC088، MLC363، ILL857 و MLC121 نیز در ناحیهD قرار گرفتند که ژنوتیپ‌های این ناحیه در هر دو شرایط (تنش و عدم تنش) عملکرد مطلوبی ندارند. شاخصSTI یکی از شاخص‌های تحمل کارآمد بوده و مقدار بالای آن مطلوب است. ترسیم نمودار سه‌بعدی Yp و Ys با شاخص STI (شکل ۲) نشان داد که از بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، سه ژنوتیپ MLC356، MLC025 و Cabralinta دارای بالاترین میزان شاخص STI است و بر اساس این معیار، می‌توان سه ژنوتیپ یادشده را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر معرفی کرد. انتخاب بر اساس شاخص‌های GMP و REI نیز نتایج مشابهی را در بر داشت که از رسم نمودار سه‌بعدی آن‌ها صرف‌نظر گردید. Fathi *et al,* (2012) در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی از شاخص‌های STI، GMP، MP برای بررسی پایداری عملکرد و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و با عملکرد بالا استفاده کرده و بر این اساس، ژنوتیپ‌های برتر را گزینش نمود. Roozrokh *et al,* (2013) پس از مطالعه ژنوتیپ‌های نخود با غربال کردن شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی، نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، HM و MP ازجمله بهترین شاخص

ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی هستند. Tabkhkar *et al,* (2017) در بررسی ۸۳ ژنوتیپ برنج گزارش کرد که از بین ۱۱ شاخص تحمل و حساسیت به تنش، شاخص‌های STI، GMP، MRP و REI با داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه تحت هر دو شرایط (تنش خشکی و بدون تنش) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی هستند.

شاخص GMP نیز شاخص نسبتاً خوبی برای جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل است؛ اما با توجه به این‌که مقدار این شاخص از حاصل‌ضرب Yp در Ys به دست می‌آید، این احتمال وجود دارد که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش، دارای عملکرد چندان مطلوبی نیستند، ولی در شرایط غیرتنش دارای عملکرد بسیار بالایی هستند نیز به‌اشتباه، به‌عنوان ژنوتیپ متحمل معرفی شوند. برای رفع این اشکال، Schneider *et al,* (2004) پیشنهاد کردند که در ابتدا ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر بالای GMP گزینش شوند و پس از آن، به‌منظور حصول اطمینان از پایداری عملکرد در شرایط تنش، از بین ژنوتیپ‌های گزینش‌شده، ژنوتیپ‌هایی که بالاترین مقدار Ys را دارند انتخاب گردند که بر اساس این توصیه، ژنوتیپ‌های Cabralinta و MLC025 که دارای بالاترین میزان GMP بوده و در شرایط تنش به‌ترتیب، بالاترین عملکرد دانه را داشتند، انتخاب شدند.



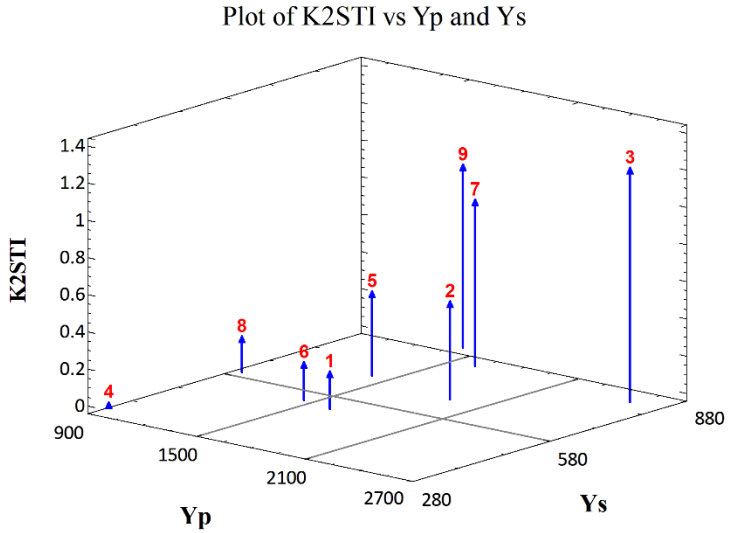
شکل ۲- پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص STI

Fig. 2. Three dimensional plot for determination drought tolerant genotypes based on stress (Ys) and non-stress yield (Yp) with STI index

شاخص K_2STI در اصل، همان شاخص STI است که با اعمال تغییراتی توانسته تا حدود زیادی از نواقص شاخص STI را اصلاح کند. این شاخص توسط Farshadfar & Sutka (2002) پیشنهاد شده و مقادیر بالای آن نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. شاخص K_2STI به‌خوبی قادر به جداسازی گروه A از B است. ترسیم نمودار سه‌بعدی این شاخص با Yp و Ys (شکل ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های MLC356، Cabralinta و MLC025 به ترتیب دارای بالاترین میزان این شاخص بوده و به جهت داشتن عملکرد بالا در هر دو شرایط (تنش و غیرتنش) برای کشت در هر دو وضعیت مناسب هستند. استفاده از نمودار سه‌بعدی Yp و Ys با شاخص HM نیز نتایج مشابهی را در برداشت.

Goodarzvand Chegini *et al,* (2017) برای گزینش نمونه‌های متحمل نخود از بین ۶۴ ژنوتیپ، از شاخص K_2STI و تعداد دیگری از شاخص‌ها استفاده کرده و همبستگی قوی و مثبتی را بین این شاخص‌ها با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش گزارش کرده‌اند. Anwar *et al,* (2011) نیز در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گندم، از شاخص K_2STI استفاده نموده و آن را یکی از برترین شاخص‌ها عنوان کرده‌اند. Sedigh *et al,* (2015) نیز در مطالعهٔ خود بر روی ۱۴ ژنوتیپ پنبه، شاخص‌های STI، MP، GMP، K_2STI و K_2STI را به عنوان بهترین شاخص‌ها در انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و مقاوم به تنش معرفی کرده است. استفاده از شاخص HM جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل عدس از بین ۱۶۸ ژنوتیپ

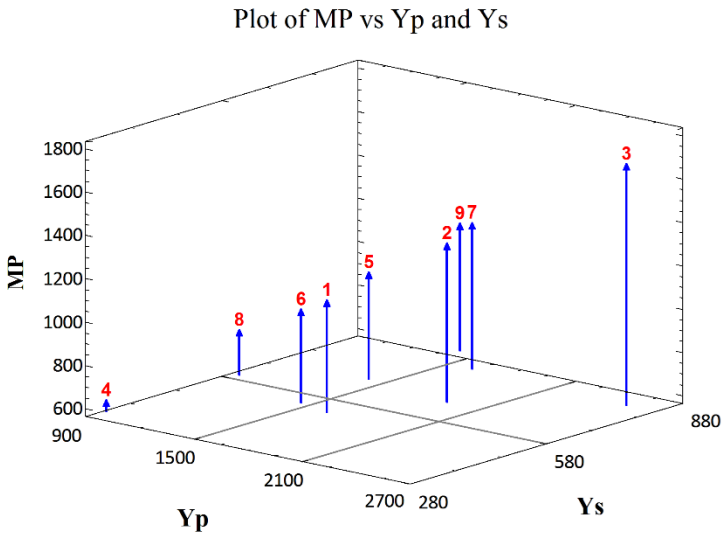
نیز توسط Rahimi *et al*, (2017) مورداستفاده قرارگرفته و موجب گزینش پنج ژنوتیپ گردیده است. Farshadfar *et al*, (2013) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین Yp، Ys و شاخص‌های K_1STI، K_2STI، SSPI، ATI، DI و SNPI در گندم گزارش کرده و برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر از آن‌ها بهره گرفته‌اند.



شکل ۳- پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص K_2STI
Fig. 3. Three dimensional plot for determination drought tolerant genotypes based on stress (Ys) and non-stress yield (Yp) with K_2STI index

شاخص MP میانگین عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و غیرتنش است. مقدار بالاتر این شاخص مطلوب بوده و نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. نتایج حاصل از ترسیم نمودار سه‌بعدی عملکرد غیرتنش، تنش و شاخص MP نشان داد (شکل ۴) که متوسط عملکرد ژنوتیپ‌های MLC356، MLC239 و MLC025 بالاتر از سایر ژنوتیپ‌ها بوده و برای کشت در هر دو ناحیه (تنش و غیرتنش) مناسب هستند. پژوهشگران زیادی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل از این شاخص استفاده کرده‌اند. Mafakheri *et al*, (2015) از شاخص MP به همراه سایر شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل لوبیا چشم‌بلبلی استفاده نموده و چهار ژنوتیپ متحمل را معرفی نموده‌اند. Dashtaki *et al*, (2015) بامطالعهٔ عملکرد ۳۳ ژنوتیپ لوبیا و بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی، اظهار داشتند که STI و MP از مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال‌سازی ژنوتیپ‌های برتر هستند. Gholinezhad *et al*, (2014) نیز از شاخص MP و شاخص‌های دیگر جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل آفتابگردان به تنش خشکی، از بین ۵۶ژنوتیپ، استفاده نموده‌اند. Siahsar *et al*, (2010) شاخص های MP، GMP و STI را بهترین شاخص‌ها جهت غربالگری ۱۸ ژنوتیپ عدس دانسته‌اند. شاخص MP که میانگین حسابی عملکرد دانه در دو شرایط (غیرتنش و تنش) است، ممکن است در مواردی که عملکرد در شرایط غیرتنش خیلی زیاد و عملکرد در شرایط تنش نسبتاً کم باشد، ژنوتیپی را اشتباهاً به‌عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب کند؛ به‌عبارت‌دیگر، هنگامی‌که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد تنش و غیرتنش وجود داشته باشد، شاخص MP دارای یک اُریب به‌طرف پتانسیل عملکرد خواهد بود. Rosielle & Hamblin (1981) که خود، پیشنهاددهندهٔ این شاخص بوده‌اند، این شاخص را به‌طور کامل قادر به جداسازی گروه A از B ندانسته و توصیه کرده‌اند که در چنین مواردی، از شاخص‌های دیگر نیز جهت گزینش صحیح بهره گرفته شود.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، زمانی که گزینش لاین‌های متحمل به خشکی، به‌طور جداگانه و به‌تنهایی و بر مبنای تک‌تک شاخص‌ها صورت بگیرد، می‌تواند گاهی نتایج ضد و نقیضی را به دنبال داشته باشد. از سوی دیگر نمودارهای سه‌بعدی فقط قادر به نمایش رابطهٔ سه متغیر هستند. برای رفع این مشکل، درصورتی‌که بررسی رابطهٔ بیش از سه متغیر مدنظر باشد، باید از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار چندمتغیرهٔ موسوم به نمودار بای‌پلات استفاده نمود.



شکل ۴- پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص MP

Fig. 4. Three dimensional plot for determination drought tolerant genotypes based on stress (Ys) and non-stress yield (Yp) with MP index

در این روش، شاخص‌هایی کـه بیشـترین همسـویی را بـا یکدیگر داشته باشند، به‌عنوان یـک مؤلفـه در نظـر گرفتـه مـی شوند. در این پژوهش نیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با اسـتفاده از شاخص‌های تحمل به تـنش خشـکی و عملکـرد گیـاه در دو شرایط (تنش و غیرتنش) انجام گرفت (جدول ۷)؛ بنـا بـر ایـن جدول، مؤلفه اول به‌تنهایی بخش زیادی (۷۷/۹ درصـد) از کـل تغییرات را توجیه نمود و با عملکرد در شرایط تنش، غیرتنش و ۱۳ شاخص مقاومـت و تحمـل، همبسـتگی مثبـت و بـالایی را نشان داد. با توجه به این مطلب، مقادیر زیاد این مؤلفه مطلـوب بوده و با افزایش مقدار این مؤلفه، عملکرد دانه در هر دو حالـت (تنش و عدم تـنش) افـزایش مـی‌یابـد؛ درنتیجـه، ایـن مؤلفـه ژنوتیپ‌هایی را که در شرایط غیرتنش، پتانسیل عملکرد بـالایی داشته و به تنش خشکی نیز تحمل نسبی داشته باشند، انتخاب می‌کند. این مؤلفه را می‌توان «مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمـل به تنش» نام‌گذاری نمود. مؤلفه دوم نیز به‌تنهـایی ۲۰/۷درصـد از تغییرات را توجیه کرد. این مؤلفه با عملکرد در شرایط بـدون تـنش، رابطـه مثبـت ولـی بـا عملکـرد در شـرایط تـنش و شاخص‌هـای HM، SNPI، YI، HM، K_2STI، GMP، STI و REI رابطـه منفـی داشـت. اگـر مؤلفـه دوم افـزایش یابـد، ژنوتیپ‌هایی انتخاب مـی‌شـوند کـه در شـرایط غیـرتنش دارای عملکرد زیاد و در شرایط تنش، دارای عملکرد کم باشند. مقـدار کم این مؤلفه مطلوب بـوده و ایـن مؤلفـه را مـی‌تـوان «مؤلفـه حساسیت به تنش» نام‌گذاری کـرد. بـر اسـاس ایـن دو مؤلفـه (جدول ۷) می‌توان چهار شـاخص SNPI، HM، YI و K_2STI که به ترتیب بالاترین میزان همبستگی را با عملکرد گیاه در هر دو شرایط محیطی داشتند، به‌عنوان بهترین شـاخص‌هـا جهـت جداسازی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شـرایط (تـنش و غیرتنش) معرفی نمود.

بای‌پلات نیز ابزار مفیـدی بـرای تجزیـه اطلاعـات بـوده و ارزیابی نظری ساختار یـک مـاتریس بـزرگ دوطرفـه را ممکـن می‌سازد. با استفاده از روش ترسیمی بای‌پلات مـی‌تـوان روابـط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل را در یک‌شکل واحد ترسیم کرد. از آنجا که بر اسـاس جـدول ۷، دو مؤلفـه اول، درمجمـوع ۹۸/۶ درصد از تغییرات موجود بـین داده‌هـا را توجیـه کردنـد، ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول کافی بـوده و نیـازی بـه دخالت مؤلفه‌های دیگر نبود. شکل ۵ نیز بر اساس دو مؤلفه اول ترسیم گردید. در این شـکل، شـاخص‌هـای قـدیمی YI، HM، GMP، REI و STI و شاخص‌های جدیـد SNPI و K_2STI در ناحیه D قرار گرفتند. این شـاخص‌هـا همگـی بـا شـاخص Ys هم‌جهت بوده و با آن همبستگی مثبت داشتند. بر اسـاس ایـن نمودار، شاخص‌های ناحیهD را می‌توان به‌عنـوان مطلـوب‌تـرین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش و دارای عملکرد بالا در شرایط غیرتنش معرفی نمود.

جدول ۷- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط غیرتنش و تنش خشکی در ژنوتیپ‌های عدس

Table 7. Eigen values, vector values and cumulative variance of tolerance indices, Yp and Ys in lentil genotypes

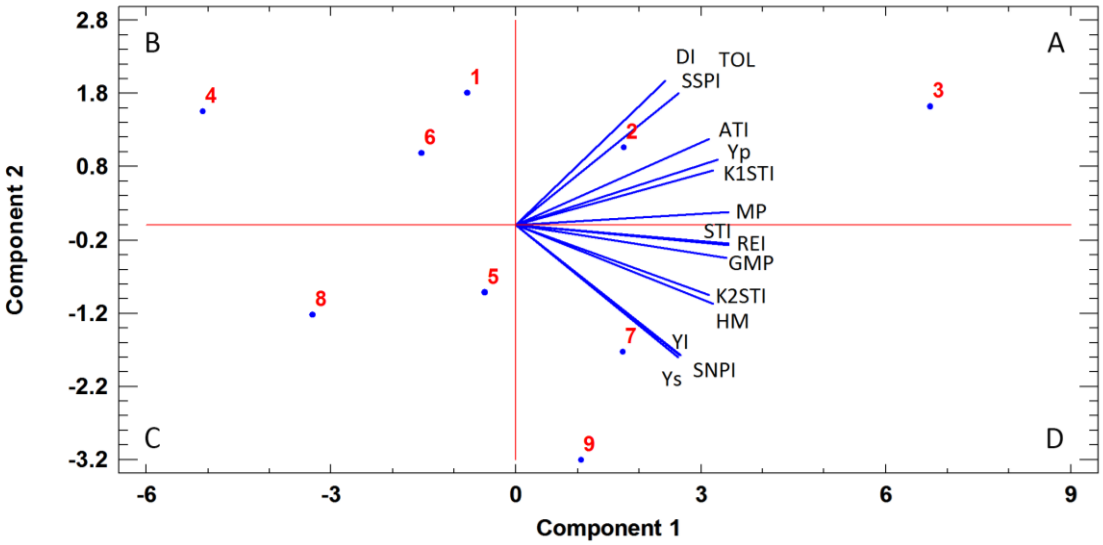
مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigen values	درصد سهم تجمعی Cumulative of variance (%)	Yp	Ys	HM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	K1STI	K2STI	YI	DI	REI
1	11.5	77.9	0.28	0.23	0.27	0.22	0.29	0.29	0.29	0.22	0.27	0.22	0.27	0.27	0.23	0.21	0.29
2	3.2	98.6	0.18	-0.36	-0.21	0.36	0.04	-0.05	-0.09	0.36	0.23	-0.36	0.15	-0.19	-0.35	0.39	-0.05

Yp: عملکرد در شرایط غیرتنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ HM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ K_1STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۱؛ K_2STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۲؛ YI: شاخص عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ REI: شاخص کارآیی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress Yield; HM: Harmonic Mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical Mean Productivity Index; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; K_1STI: K_1 (Modified) Stress Tolerance Index; K_2STI: K_2 (Modified) Stress Tolerance Index

زاویه بین بردارها، میزان همبستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد. وجود زاویهٔ تند بین Ys و شاخص‌های SNPI و YI بیانگر وجود همبستگی شدید و مثبت این شاخص‌ها با عملکرد در شرایط تنش است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گزینش بر اساس این دو شاخص می‌تواند منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای عملکرد نسبتاً بالا در شرایط شود. بر این اساس، می‌توان ژنوتیپ‌های Cabralinta، MLC025 و MLC356 که به‌ترتیب با دو شاخص یادشده، بیشترین هم‌جهتی را دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی نمود. نتایج این گزینش، با نتایج حاصل از روش گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به‌وسیلهٔ روش ترسیم نمودارهای سه‌بعدی (شکل های۲ تا ۴) نیز هم‌خوانی دارد.

Zahedino *et al*, (2013) در مطالعهٔ ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش جو، وجود چنین زاویه تندی را بین Ys و شاخص SNPI گزارش کرده‌اند. Jalalifar *et al*, (2012) نیز گزارش مشابهی را در مطالعه بر روی ارقام گندم ارائه نموده‌اند.



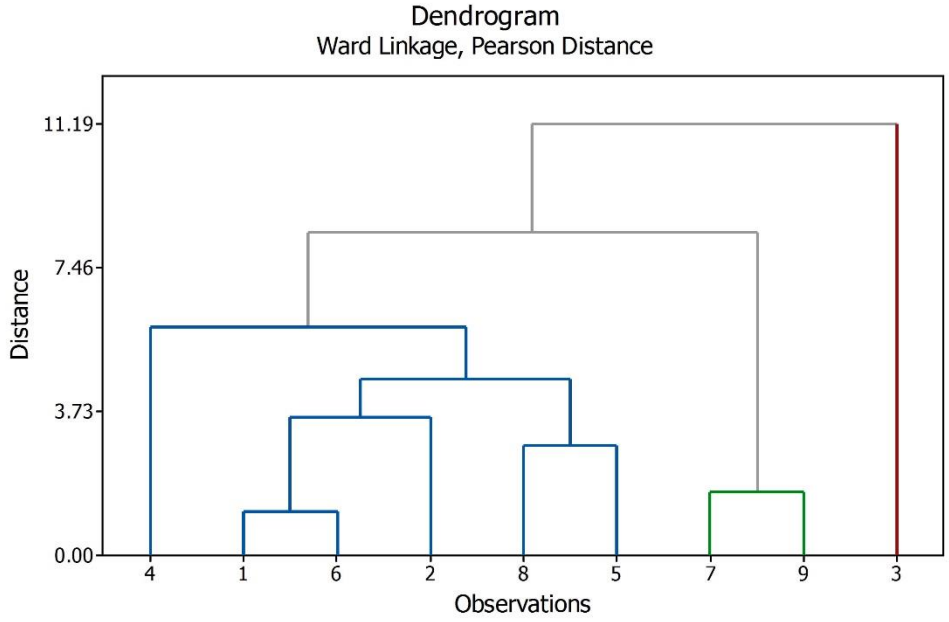
شکل ۵- نمایش بای‌پلات ژنوتیپ‌های عدس در ۱۳ شاخص مقاومت به خشکی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Fig. 5. Bipolt of lentil genotypes in 13 drought resistance indices based on the first and second components

Yp: عملکرد در شرایط غیرتنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ HM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ K_1STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۱؛ K_2STI: شاخص تحمل به تنش اصلاح‌شده۲؛ YI: شاخص عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ REI: شاخص کارآیی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress Yield; HM: Harmonic Mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical Mean Productivity Index; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; K_1STI: K_1 (Modified) Stress Tolerance Index; K_2STI: K_2 (Modified) Stress Tolerance Index

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو شاخص عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش و ۱۳ شاخص حساسیت، از تجزیه کلاستر به روش Ward نیز استفاده شد (شکل ۶). در این روش، ژنوتیپ‌ها برحسب میزان شباهتشان به یکدیگر و بر اساس مقدار عددی شاخص‌های تحمل به تنش، به چهار کلاستر جداگانه تقسیم شدند. در این خوشه‌بندی، ژنوتیپMLC356 که نسبت به شرایط تنش، نسبتاً متحمل بوده و در شرایط غیرتنش دارای پتانسیل عملکرد بالایی بود، در کلاستر اول و ژنوتیپ‌های Cabralinta و MLC025 که نسبت به شرایط تنش متحمل بوده و در شرایط غیرتنش دارای پتانسیل عملکرد نسبتاً بالایی بودند، در کلاستر دوم قرار گرفتند. این نتایج، با نتایج به‌دست‌آمده به روش نمودارهای سه‌بعدی (شکل‌های ۲ تا ۴) و روش ترسیم بای‌پلات (شکل ۵) نیز همخوانی داشت. استفاده از تجزیه کلاستر جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی توسط Fathi *et al,* (2012)، در گیاه تاج‌خروس توسط Ajayi *et al,* (2016) و در گیاه گندم، توسط Mohammed & Kadhem (2017) مورداستفاده قرارگرفته است.



شکل ۶- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس عملکرد، تحت شرایط عدم تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از روش Ward

Fig. 6. Dendrogram obtained by cluster analysis of lentil genotypes bases on Yp, Ys and tolerance indices using Wards method

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان شاخص های YI، SNPI، HM، K_2STI، GMP، REI و STI را که در ناحیهٔ D قرارگرفته و دارای بالاترین میزان همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر و با عملکرد در هر دو شرایط (تنش و عدم تنش) هستند، به‌عنوان شاخص‌های مطلوب جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد بالا در شرایط غیرتنش و تنش معرفی نمود. همچنین در بین شاخص‌های اشاره‌شده، می توان دو شاخص SNPI و YI را که همبستگی بسیار بالایی (۹۹/۹ درصد) با عملکرد در شرایط تنش داشتند، به‌عنوان مناسب‌ترین و کارآمدترین شاخص‌ها جهت شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و دارای عملکرد نسبتاً بالا در شرایط غیرتنش معرفی نمود. در این پژوهش، نتایج حاصل از روش ترسیمی سه‌بعدی، بای‌پلات و تجزیهٔ کلاستر برای گزینش شاخص‌های برتر جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به خشکی در توافق با یکدیگر بودند.

برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌توان سه ژنوتیپ Cabralinta، MLC025 و MLC356 را که در شرایط غیرتنش دارای بالاترین عملکرد بوده و نسبت به تنش خشکی، متحمل‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند، معرفی نمود. درصورتی‌که هدف، معرفی فقط یک ژنوتیپ متحمل باشد، می‌توان ژنوتیپ Cabralinta را که دارای بالاترین عملکرد دانه در شرایط تنش

بوده و نسبت به ژنوتیپ MLC356 به میزان ۱۰/۲ درصد، عملکرد بیشتری داشت، برای کشت در مناطق خشک و دارای تنش شدید معرفی نمود. همچنین برای کشت گیاه عدس در مناطقی که تنش ملایمی دارند، ژنوتیپ MLC356 که هم نسبتاً متحمل به تنش خشکی بوده و هم در شرایط غیرتنش، پرمحصول‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، توصیه می‌شود. در انتها، پیشنهاد می‌گردد که بار دیگر، سه ژنوتیپ برگزیده، در شرایط تنش خشکی شدیدتری کشت‌شده و عملکردشان مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

1. Agricultural Statistics. 2016. Ministry of Agriculture Jihad. First Volume (Crop Products) 21-22. (In Persian).
2. Ajayi, E.O., Sakariyamo, O.S., Okeleye, K.A., Ariyo, O.J., Sakariyawo, O.S., Okeleye, K.A., and Ariyo, O.J. 2016. Preliminary evaluation of grain amaranth (*Amaranthus spp.*) accessions for drought tolerance by multivariate technique. Agronomski Glasnik 78 (5&6): 231-249.
3. Aktaş, H. 2016. Drought tolerance indices of selected landraces and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes derived from synthetic wheats. Applied Ecology and Environmental Research 14(4): 177-189.
4. Alizadeh, A. 2008. Soil, Water, Plant Relationship. Emam Reza University Publication. (In Persian).
5. Anoma, A., Collins, R., and McNeil, D. 2014. The value of enhancing nutrient bioavailability of lentils: the Sri Lankan Scenario. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development 14(7): 9529-9543.
6. Anwar, J., Subhani, G.M., Hussain, M., Ahmad, J., Hussain, M., and Munir. M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany 43(3): 1527–1530.
7. Azizi Chakherchaman, S., Mostafaei, H. Imanparast, L. and Eivazian, M.R. 2009. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region, Iran. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(3&4): 283-288.
8. Biosci, I.J., Semcheddinne, N., Guendouz, A., Oulmi, A., and Hafsi, M. 2017. Screening of wheat (*Triticum durum*) for drought tolerance in semiarid conditions. International Journal of Biosciences 6655: 166-178.
9. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. Boca Raton: CRC Press.
10. Dashtaki, M., Ali Pour Yamchi, M., and Bihamta, M.R. 2015. Evaluation of the effects of late season water stress on genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 109-122. (In Persian with English Summary).
11. Dixit, S., Singh, A., and Kumar, A. 2014. Rice breeding for high grain yield under drought: a strategic solution to a complex problem. International Journal of Agronomy 2014.
12. FAO. 2018. Available at: http://www.fao.org/iran/news/detail-events/en/c/38535.
13. Farshadfar, E., and Sutka, J. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica 50(4): 411-416.
14. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M.M., and Safavi, S.M. 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance-tolerance indices. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1(2): 2322-4827.
15. Fathi, M., Bihamta, M.R., Majnoon Hosseini, N., Shah Nejat Boushehry, A., and Ali Pour Yamchi, M. 2012. Screening for terminal drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 45-54. (In Persian with English Summary).
16. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. 13-18 August 1992, Taiwan. 257-270.
17. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., & Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77: 523-531.
18. Gholinezhad, E., Darvishzadeh, R., and Bernousi, I. 2014. Evaluation of drought tolerance indices for selection of confectionery sunflower (*Helianthus anuus* L.) landraces under various environmental conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 42(1): 187-201.
19. Goodarzvand Chegini, K., Fotovat, R., Bihamta, M.R., Omidi, M., and Shahnejant Boushehri, A.A. 2017. Grouping of tolerance indices and response of kabuli and desi type chickpea genotypes to drought stress. Iranian Journal of Field Crop Science 48(3): 647-664. (In Persian).

20. Hossain, A.B.S., Sears, R.G., Cox, T.S., and Paulsen, G.M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science 30(3): 622-627.
21. Iran Meteorological Organization. 2018. Available at: http://www.razavimet.ir/fa/node/38.
22. Jalalifar, S., Moosavi, S.S., Abdollahi, M.R., Chaichi, M., and Mazaherylaghab, H. 2012. Evaluation of tolerance to drought stress in some bread wheat cultivars using old and new indices. Plant Production Technology 12(1): 15-26. (In Persian with English Summary).
23. Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stress in Plant. Jihad-e-Daneshgahi Publishers. p. 502. (In Persian).
24. Kristin, A.S., Serna, R.R., Perez, F.I., Enriquez, B.C., Gallegos, A.J.A., Vallejo, R.P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37(1): 43-50.
25. Kumar, A., Bernier, J., Verulkar, S., Lafitte, H.R., and Atlin, G.N. 2008. Breeding for drought tolerance: direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. Field Crops Research 107(3): 221-231.
26. Lan, J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculture Boreali-occid Sinica 7: 85-87.
27. Mafakheri, K., Bihamta, M.R., and Abbasi, A.R. 2015. Screening for drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 123-138. (In Persian with English Summary).
28. Mohammed, A.K., and Kadhem, F.A. 2017. Screening drought tolerance in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) using drought indices and multivariate analysis. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences 48(Special Issue): 41-51.
29. Moosavi, S.S., Samadi, B.Y., Naghavi, M.R., and Zali, A.A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert 12: 165-178.
30. Rahimi, M.H., Houshmand, S., and Khodambashi, M. 2017. Evaluation of lentil recombinant inbred lines using drought tolerance indices. Journal of Crop Eco-Physiology 10-4(40): 907-927. (In Persian with English Summary).
31. Raman, A., Verulkar, S., Mandal, N., Variar, M., Shukla, V., Dwivedi, J., and Mall, A. 2012. Drought yield index to select high yielding rice lines under different drought stress severities. Rice 5(31): 1-12.
32. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.
33. Roozrokh, M., Sabaghpour, S.H., and Armin, M. 2013. Determining the best indices of drought tolerance in chickpea genotypes. Plant Echophysiology 4(2): 25-36. (In Persian with English Summary).
34. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21(6): 943-946.
35. Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 2004. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sciences 37: 43-50.
36. Sedigh, S., Zabet, M., Ghaderi, M.G., and Samadzadeh, A.R. 2015. Determination of the suitable indices for drought tolerance in cotton genotypes. Iranian Journal of Cotton Researches 3(2): 41-53. (In Persian with English Summary).
37. Siahsar, B.A., Ganjali, S., and Allahdoo, M. 2010. Evaluation of drought tolerance indices and their relationship with grain yield of lentil lines in drought-stressed and irrigated environments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(9): 4336-4346.
38. Souri, J., and Dehghani, H. 2006. A study of chickpea genotypes in water stress conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36(6): 1517-1527. (In Persian with English Summary).
39. Tabkhkar, N., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., and Hosseini Chaleshtori, M. 2018. Assessment of rice genotypes response to drought stress at the early reproductive stage using stress tolerance indices. Journal of Crop Production and Processing 7(4): 83-106. (In Persian with English Summary).
40. Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population changes. Nature Reviews Genetics 9(6): 444-457.
41. USDA, N. 2016. Sprinkler Irrigation. National Engineering Handbook (Vol. 623).

42. Vafaei, M.H., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2019. Screening for drought tolerance in lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) with emphasis on comparing old and new indices of stress tolerance in order to introduce promising genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 10(3). (In Persian with English Summary).
43. Venuprasad, R., Cruz, M.T.S., Amante, M., Magbanua, R., Kumar, A., and Atlin, G. N. 2008. Response to two cycles of divergent selection for grain yield under drought stress in four rice breeding populations. Field Crops Research 107(3): 232-244.
44. Zahedino, M., Moosavi, S.S., Chaichi, M.H., Mazaherylaghab, H., and Abdolahi, R. 2013. Evaluation of tolerance to terminal moisture stress in 20 barley promising lines. Daneshe Zeraat 6(9): 79-92. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 187-204 (Research Article)

Selection of sieved drought tolerant lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes via five new tolerance indices in Mashhad conditions

Vafaei[1], M.H., Parsa[2*], M., Nezami[2], A. & Ganjeali[3], A.

1. Controbutions from Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University; m.vafaei@basu.ac.ir
2. Controbutions from Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, (parsa@um.ac.ir & nezami@um.ac.ir, respectively)
3. Controbutions from Faculty of Biology, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; ganjeali@um.ac.ir

Received: 9 October 2018
Accepted: 27 December 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.75861

Introduction

Drought is one of the most important stresses which reduce yields of crops and is one of the most important production constraints in arid and semi-arid regions. Iran with annual mean rainfall of 257 mm was classified among the arid regions of the world. Lentil is a pulse crop, rich in proteins and have 18 of the 20 amino acids including all 8 essential amino acids. Thus, lentils play an important role in human diet, especially in low-income people in the developing countries. In Iran, lentil is usually grown in rainfed areas. The average lentil yield in Iran is 476 and 1195 $Kg.ha^{-1}$ in rainfed and irrigated farms, respectively. Identification of drought-tolerant genotypes is essential for cultivation in arid areas. To identify and select tolerant genotypes, researchers have proposed many drought indices based on a mathematical relationship between grain yield under stress and non-stress conditions, which are based on tolerance or susceptibility to drought genotypes. The aim of this study was to identify indicators that can identify high-yielding and drought tolerant genotypes in rainfed conditions of Mashhad.

Materials and Methods

This research was carried out at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2015. In this research, nine genotypes were used that eight genotypes of them were relatively drought tolerant in stress conditions and one genotype (MLC121) susceptible to drought stress were cultivated. These genotypes were selected from 73 genotypes including native populations and ICARDA genotypes in the seed bank of the Ferdowsi University of Mashhad, which were planted in the same plot at last year. Experiments were conducted as completely randomized design with non-stress and drought stress conditions (providing 100% and 40% water requirement of the plant) with three replications.

Results and Discussion

The analysis of variance showed a significant difference between yield genotypes in non-stress and drought stress conditions. Based on the results, in non-stress conditions, MLC356 and MLC121 genotypes produced the highest and lowest grain yields per hectare with 2621 and 993 $kg.ha^{-1}$ respectively. Under stress conditions, Cabralinta and MLC121 genotypes produced the highest and lowest grain yields per hectare with 876 and 288 $kg.ha^{-1}$, respectively. The mean yield of genotypes in non-stress and stress condition were 1616.7 and 625.6 $kg.h^{-1}$, respectively that showed a decrease of 61.3% in water stress condition. Correlation between yields in stress and non-stress condition with tolerance indices showed that the old indices of STI, GMP, REI, HM and MP and the new K_2STI index had a positive and significant correlation with yield in stress and non-stress conditions. The 3D Charts of the K_2STI index with Yp and Ys showed that MLC356, Cabralinta and MLC025 genotypes had the highest rate of this index under non-stress and drought stress. The biplot drawing showed that high yielding genotypes are in D region. In this area, the old indices of YI, HM, GMP, REI, STI, the new indicators of SNPI K_2STI and all of which are consistent with the Ys. The sharp angle between Ys, SNPI and YI indices shows a strong and positive correlation between these indices and

***Corresponding Author:** parsa@um.ac.ir

indicates their superiority in separating high-tolerance genotypes with stress conditions and having relatively high performance in non-stress conditions. Considering this criterion, Cabralinta, MLC025, and MLC356 genotypes which had the highest correlation with the two indices, can be selected.

Conclusion

In all, the results of this study showed that SNPI and YI indices have a high correlation (99.9%) with performance in stress conditions, as well as K_2STI, HM, GMP, REI and STI indices, all of which in D area. They have the most positive and significant correlations with each other and with performance in two conditions of non-stress and stress as the most suitable and effective criteria for identifying and selecting genotypes tolerant to drought stress. In all, if the goal is to introduce three genotypes, Cabralinta, MLC025 and, MLC356 genotypes which are the most susceptible genotypes are suggested compared to the stress conditions, but if the goal is to introduce only one genotype, Cabralinta genotype that has the highest and most stable yield under stress condition and in comparison with MLC356 genotype under stress conditions, 10.2% more yield could be introduced for arid and severe stress areas. For lentil planting in areas with mild stress, a high yielding genotype and tolerant, MLC356 genotype is recommended. It is also suggested that again to increase the accuracy of the experiment, three selected genotypes are again cultivated in the field.

Keywords: Biplot, Cluster Analysis, Correlation, Drought resistance indices

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۲۰-۲۰۵، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 205-220 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.78306

ارزیابی تحمل به شوری ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی (*Cicer arietinum*)

جعفر نباتی[1*]، محمد کافی[2]، احمد نظامی[3] و الهه برومند رضازاده[4]

۱- دکتری زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استادیار پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ m.kafi@um.ac.ir

۳- دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir

۴- دکتری زراعت، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ eboroumand22@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

چکیده

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت بررسی تحمل به شوری ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی در تنش شوری $12 dSm^{-1}$ کلرید سدیم در شرایط هیدروپونیک در سال ۱۳۹۵ در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که ۲۱ ژنوتیپ دارای بقای بالاتر از ۷۶ درصد بود که در این میان شش ژنوتیپ MCC18، MCC22، MCC29، MCC59، MCC136 و MCC430 دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند. در دامنه‌های بقای ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد، به ترتیب ۴۳، ۵۷، ۴۲ و ۱۶ درصد از ژنوتیپ‌ها در مراحل رشدی بعد از گلدهی قرار داشتند. با افزایش درصد بقاء، ارتفاع بوته افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ درصد نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۵۱-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد به ترتیب ۴، ۵ و ۱۲سانتی‌متر ارتفاع بوته بیشتری داشتند. در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد، تعداد شاخه فرعی کمتری نسبت به سایر دامنه‌های بقاء مشاهده شد. در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ و ۵۱-۷۵ درصد، درصد برگ‌های ریزش‌کرده و برگ‌های باقیمانده مشابه بود. بیشترین درصد برگ باقیمانده (۷۳درصد) در ژنوتیپ MCC177 با بقای گیاهچه ۷۵ درصد مشاهده شد. متوسط شاخص پایداری غشاء در دامنه‌های مختلف بقاء با افزایش درصد بقاء پایداری غشاء افزایش یافت. بیشترین شاخص پایداری غشاء مربوط به ژنوتیپ‌های MCC34 و MCC179 به ترتیب با بقای ۵۳ و ۸۵ درصد و پایداری غشاء ۵۲ و ۵۱ درصد بود. با افزایش درصد بقاء، مقدار سدیم کاهش و مقدار پتاسیم افزایش یافت. میزان ماده خشک با افزایش بقاء از ۲۵-۰ درصد به ۵۰-۲۶، ۵۱-۷۵ و ۷۶-۱۰۰ درصد به ترتیب ۱۶، ۲۴ و ۳۸ درصد افزایش یافت. شش ژنوتیپ MCC4، MCC43، MCC22، MCC49، MCC59 و MCC85 بیشترین وزن اندام هوایی را در میان ژنوتیپ‌ها دارا بودند. به‌طورکلی امکان استفاده از ژنوتیپ‌های دارای مکانیسم‌های تحمل به شوری جهت اصلاح برای تنش شوری و همچنین به‌گزینی ژنوتیپ‌های نخود دسی برای شرایط تنش شوری ملایم وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بقاء، پتاسیم، سدیم، غشاء، هیدروپونیک

مقدمه

شرایط نامطلوب محیطی نظیر تنش‌های غیرزیستی، تولید گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار داده و در این میان تنش شوری از مهم‌ترین عواملی است که سبب کاهش عملکرد محصول در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود (Doraki *et al*., 2018; Chenarani *et al*., 2015; Zare Mehrjerdi *et al*., 2011). برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از کل سطح زیرکشت و ۳۳ درصد از اراضی فاریاب، از شوری زیاد آسیب دیده‌اند. همچنین هرساله به دلایل مختلفی مانند کمبود بارندگی، تبخیر زیاد، آبیاری با آب شور و غیره، حدود ۱۰درصد به وسعت اراضی شور افزوده می‌شود. تخمین زده شده است که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد از اراضی زراعی شور خواهند شد (Jamil *et al*., 2011).

نخود (*Cicer arietinum* L.) با دارابودن ۱۰/۱ میلیون تن تولید سالانه در دنیا رتبه سوم را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است (Muehlbauer & Sarker, 2017). در ایران نخود جایگاه نخست را در بین حبوبات داراست (FAO, 2016). این گیاه نسبتاً به خشکی مقاوم بوده و بیش از ۹۰درصد کشت نخود به‌صورت دیم انجام می‌شود (Flowers *et al*., 2010). علاوه بر آن به دلیل داشتن توانایی تثبیت

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

زیستی نیتروژن، بهبود حاصلخیزی خاک و برهم‌زدن چرخه آفات و بیماری‌های غلات در نظام‌های زراعی مناطق خشک و کم‌باران، از اهمیت زیادی برخوردار بوده (Zawude & Shanko, 2017; Siddique *et al*., 2011) و کشت آن در مناطق حاشیه‌ای دیم که خاک تحت تأثیر شوری قرار دارد، ازنظر حفظ پایداری تولید دارای اهمیت است. اما به‌طورکلی بقولات و از جمله نخود از تحمل به شوری کمی برخوردار بوده (Ashraf & Waheed, 1993) و در شرایط شوری، عملکرد و کیفیت نخود کاهش می‌یابد (Asha Dhingra, 2007). لذا شناسایی و معرفی ارقام متحمل به شوری نخود می‌تواند سطح زیرکشت این گیاه و همچنین مقدار تولید آن را در مناطقی که خاک‌های آن دارای شوری متوسط هستند افزایش دهد.

غلظت‌های بالای نمک در خاک، پتانسیل اسمزی خاک را کاهش داده و از این طریق سبب کاهش قابلیت دسترسی آب و عناصر غذایی برای گیاه می‌شود (Tester & Davenport, 2003) که به نوبه خود کاهش رشد سلولی و ساخت دیواره‌های سلولی، هدایت روزنه‌ای، سنتز پروتئین و فعالیت فتوسنتزی گیاه را به دنبال دارد (Mahlooji *et al*., 2018; Zawude & Shanko, 2017). همچنین نمک جذب‌شده توسط گیاه سبب بروز تنش یونی و ایجاد کلروز و نکروز و از بین رفتن برگ‌ها (Pouresmael *et al*., 2014; Munns, 2005; Welfare *et al*., 2002) می‌گردد. اعمال تنش شوری بر دو تیپ کابلی و دسی نخود سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، مقدار کلروفیل برگ، زیست‌توده گیاه و عملکرد دانه و در مقابل، افزایش قندهای محلول در هر دو رقم و در دو مرحله (۴۰ و ۷۰ روز پس از کاشت) گردید و میزان این کاهش در تیپ نخود دسی بیش از کابلی بود. همچنین تجمع یون سدیم در ریشه و نیز اندام‌های هوایی در تیپ نخود دسی بالاتر بود که تأثیر منفی بر نسبت پتاسیم به سدیم داشت (Garg & Singla, 2009). در آزمایشی (Zawude & Shanko, 2017) طول ریشه و اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در گیاه نخود، در نتیجه اعمال تنش شوری کاهش یافت که به عقیده ایشان ناشی از کاهش فعالیت کیناز وابسته به سیکلین و متعاقب آن کاهش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد رویشی و تجمع ماده خشک بوده است.

بررسی ۴۹ ژنوتیپ و دو رقم نخود در طی ۴۰ روز اعمال تنش شوری (۱/۵، ۴/۵ و ۶/۵ دسی زیمنس بر متر) نشان داد که با افزایش مدت زمان تنش، برگ‌ها دچار کلروز و نکروز شده و سپس برگ‌های پائینی ریزش یافتند. همچنین در تیمار ۶/۵دسی زیمنس بر متر، تنها تعداد محدودی از بوته‌ها تا پایان ۴۰ روز، بقاء خود را حفظ کرده و بقیه از بین رفتند (Pouresmael *et al*., 2014).

Khan *et al*, (2015) تأثیر دو سطح شوری ۳۰ و ۶۰میلی‌مولار کلرید سدیم را بر رشد رویشی و زایشی سه ژنوتیپ نخود (متحمل، نسبتاً متحمل و حساس به شوری) بررسی و مشاهده کردند که در سطح بالای تنش، تمامی ژنوتیپ‌ها قبل از مرحله رسیدگی از بین رفتند. همچنین وزن خشک اندام‌های هوایی با غلظت سدیم و کلر در این اندام‌ها همبستگی منفی نشان داد. این پژوهشگران اظهار داشتند از آنجا که غلظت عناصر سدیم و کلر در برگ‌های سبز، ساقه و ریشه ژنوتیپ حساس کمتر یا برابر با ژنوتیپ متحمل بود، پدیده دفع یونی نتوانست تغییرات تحمل به شوری را بین سه ژنوتیپ مورد بررسی توجیه نماید. کاهش وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد گره در ریشه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه گیاه و افزایش غلظت سدیم برگ، ساقه و ریشه نخود در شرایط شوری در آزمایش دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است (Doraki *et al*., 2018; Welfare *et al*., 2002).

Khan *et al*, (2017) در طی آزمایش خود مشاهده کردند که تزریق ساکاروز به درون ساقه بوته‌های تحت تنش یک رقم حساس به شوری نخود، سبب افزایش رشد رویشی و بهبود نسبی رشد زایشی گردید. لذا ایشان کاهش رشد رویشی و متعاقب آن رشد زایشی و کاهش عملکرد نخود را در شرایط شوری، به محدودیت فراهمی اسیمیلات‌ها نسبت دادند.

به طور کلی نخود دارای دو تیپ دسی و کابلی است. تیپ دسی دارای بذور کوچک با رنگ تیره‌تر و پوشش سفت و خشنی است و عموماً در شبه قاره هند، اتیوپی، مکزیک و ایران کشت می‌گردد. تیپ دسی در مقایسه با کابلی میزان فیبر بالاتری را دارا است. تیپ دسی در ایران در نواحی شمالی غربی، در پخت برخی غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما استفاده عمده آن به صورت محصول لپه شده می‌باشد (Razavi *et al*., 2010).

با توجه به اهمیت نخود و جایگاه آن در تغذیه مردم و همچنین لزوم کشت آن در مناطق حاشیه‌ای و با حاصلخیزی کمتر جهت حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری تولید در این مناطق و نیز این‌که ارقام مناسب جهت کشت در مناطق مختلف بررسی و گزینش نشده است، انجام مطالعات گسترده در خصوص گزینش ارقام و گروه‌بندی ارقام موجود براساس میزان حساسیت و تحمل به تنش ضروری است. لذا در این آزمایش۱۴۰ژنوتیپ نخود تیپ دسی موجود در بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد از نظر تحمل به شوری مورد ارزیابی و گزینش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط هیدروپونیک (آب‌کشت) در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تعداد ۱۴۰ ژنوتیپ نخود تیپ دسی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم (NaCl) مورد بررسی قرار گرفت. بذر ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد.

ابتدا بذرها در پتری، جوانه‌دار و سپس به محیط هیدروپونیک در گلخانه با متوسط دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد منتقل شدند. یک هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک، تنش شوری اعمال شد. بستر مورد استفاده در این مطالعه ماسه بود و تغذیه با استفاده از محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) صورت گرفت. سیستم تغذیه به‌صورت بسته اعمال شد. محلول غذایی به‌صورت هفتگی جایگزین و میزان شوری محلول غذایی به صورت روزانه پایش و تنظیم گردید، اما هیچ‌گونه تنظیم اسیدیته در محلول غذایی صورت نگرفت. با توجه به این‌که محلول هوگلند به‌واسطه دارابودن عناصر غذایی دو دسی زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند، مجموع هدایت الکتریکی آب آبیاری ۱۴ دسی زیمنس بر متر بود.

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، مرحله رشدی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، درصد بقاء بوته، درصد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده، شاخص پایداری غشاء (MSI) و مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی ثبت و اندازه‌گیری شد.

مراحل رشدی به پنج مرحله شامل: مرحله قبل از گلدهی (۱)، مرحله شروع گلدهی (۲)، مرحله گلدهی (۳)، مرحله شروع غلاف‌دهی (۴) و مرحله غلاف‌دهی (۵) تقسیم‌بندی گردید.

برای محاسبه درصد بقاء قبل از اعمال تنش شوری، تعداد بوته‌های سبزشده ثبت گردید و قبل از برداشت نیز تعداد بوته‌های زنده ثبت و درصد بقاء بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید.

معادله (۱):

۱۰۰ × (تعداد بوته قبل از تنش/تعداد بوته چهار هفته بعد از تنش) =درصد بقاء

بر اساس درصد بقاء ژنوتیپ‌های مختلف به چهار گروه ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵، ۵۰- ۲۶ و ۲۵-۰ درصد بقاء طبقه‌بندی شدند. در هر ژنوتیپ تعداد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده در سه بوته شمارش و درصد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان شاخص پایداری غشاء، از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته، استفاده و برگ‌ها داخل ویال‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیرشده قرار داده شد. سپس ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرارگرفته و در مرحله بعد میزان نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه رسانایی سنج الکتریکی (مدل Jenway) اندازه‌گیری و به‌عنوان EC_1 ثبت شد. به‌منظور تعیین میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۱۰درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر منتقل شده و به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرارگرفته و مجدداً هدایت الکتریکی آن‌ها تحت عنوان EC_2 اندازه‌گیری و ثبت شد. در ادامه شاخص پایداری غشاء با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

معادله (۲):

$$\text{شاخص پایدار غشاء} = \{1-(EC_1/EC_2)\} \times 100$$

میزان سدیم و پتاسیم اندام هوایی با استفاده از ۲۵۰میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب‌شده که به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک غلیظ هضم و یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته بود، با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد (Tandon, 1995).

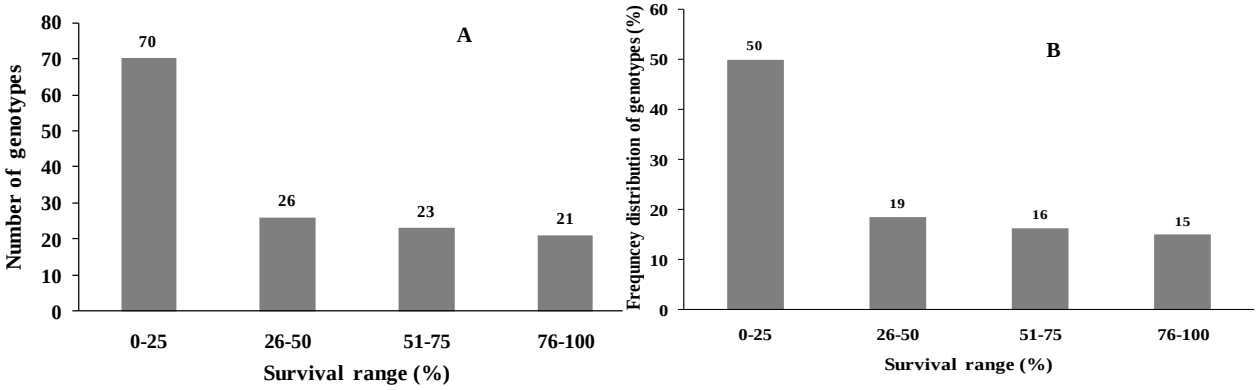
تجزیه و تحلیل آماری داده‌های صفات توسط نرم‌افزار Minitab17 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی درصد بقاء در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها بود (جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). در میان ۱۴۰ ژنوتیپ مورد بررسی، ۲۱ ژنوتیپ دارای بقای بالاتر از ۷۶ درصد بودند (شکل ۱-الف) که ۱۵ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شدند (شکل ۱-ب) و در این میان شش ژنوتیپ دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند (جدول ۱). از طرف دیگر از کل ژنوتیپ‌ها، ۷۰ ژنوتیپ بقای بین ۲۵-۰ درصد نشان دادند (شکل ۱-الف) که ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شدند (شکل ۱-ب) و در این میان ۴۳ ژنوتیپ کاملاً از بین رفته و هیچ بقای نداشتند (جدول ۴).

در ابتدا به این نکته باید اشاره کرد که به‌طورکلی حبوبات و از جمله نخود گیاهانی حساس به تنش شوری هستند (Zawude & Shanko, 2017)؛ بنابراین نباید انتظار تحمل به

شوری بالایی در این گیاهان داشت. با این وجود مشاهده تعدادی از ژنوتیپ‌ها در دامنه‌های مختلف بقاء تحت تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم در شرایط هیدروپونیک می‌تواند در به‌گزینی این گیاه برای مناطقی با شوری متوسط امیدبخش باشد. به‌طور معمول در گیاهانی که توانایی جلوگیری از ورود نمک به داخل خود را ندارند، حدود چهار هفته پس از قرارگیری در شرایط شور اثرات سمیت یونی در آن‌ها مشاهده می‌گردد (Munns & Tester, 2008). در این مطالعه ۲۱ژنوتیپ در دامنه بقای بین ۷۶-۱۰۰ درصد قرار گرفتند که خود حاکی از تنوع بالا در مدیریت نمک در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی است (شکل ۱-الف).



شکل ۱- تعداد (الف) و درصد فراوانی نسبی (ب) ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 1. Number (A) and frequency distribution of chickpea genotypes (B) in different survival ranges, four weeks after imposing $12dSm^{-1}$ NaCl salinity stress

در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی ازنظر مراحل رشدی تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش شوری $12dSm^{-1}$ مشاهده شد (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی درصد فراوانی مراحل رشدی در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که در دامنه‌های بقای ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد به ترتیب ۴۳، ۵۷، ۴۲ و ۱۶ درصد از ژنوتیپ‌ها در مراحل رشدی بعد از گلدهی قرار داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). همچنین همبستگی بین درصد بقاء و مراحل رشدی مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۲۷**) بود (جدول ۵). با این وجود در میان شش ژنوتیپ که بقای ۱۰۰ درصدی در تنش شوری $12dSm^{-1}$ داشتند، تنها یک ژنوتیپ (MCC29) در مرحله رشدی پیشرفته‌تری قرار داشت و سایر ژنوتیپ‌ها در مرحله قبل از گلدهی بودند (جدول ۱). کاهش طول دوره رشد و کاهش طول مراحل نموی در شرایط تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری یکی از راه‌کارهای مقابله با این گونه تنش‌ها محسوب می‌گردد (Sakuraba *et al.*, 2014). در شرایط تنش شوری کاهش طول دوره رشدی با کاهش تجمع املاح سمی از جمله سدیم و کلر در انساج گیاه همراه است (Sakuraba *et al.*, 2014). بنابراین در صورتی که یک ژنوتیپ بتواند در شرایط تنش شوری با خسارت حداقلی و تولید مناسب دوره رشدی را به اتمام رساند، می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای این شرایط مد نظر قرار گیرد. در این مطالعه تنوع قابل‌توجهی ازنظر مراحل رشدی در دامنه‌های مختلف بقاء و بخصوص در دامنه بقای بین ۷۶-۱۰۰ درصد بین ژنوتیپ‌های نخود دسی مشاهده شد (جدول ۱).

ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). روند تغییرات متوسط ارتفاع بوته در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که با افزایش درصد بقاء ارتفاع بوته نیز افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ درصد نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۵۶-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد به ترتیب ۴، ۵ و ۱۲ سانتی‌متر ارتفاع بوته بیشتری نشان دادند (شکل ۲-الف). همچنین بیشترین ارتفاع بوته در ژنوتیپ MCC59 که دارای بقای ۱۰۰ درصد بود مشاهده شد (جدول ۱). افزایش درصد بقاء در شرایط تنش شوری به مفهوم تحمل بیشتر و افزایش طول دوره زنده‌مانی خواهد بود. همبستگی بین درصد بقاء و ارتفاع بوته (r^2=۰/۵۹**) و ارتفاع بوته و مراحل رشدی (r^2=۰/۲۶**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵)؛ بنابراین افزایش ارتفاع بوته در دامنه‌های بقای بالاتر در نتیجه مدیریت املاح سمی در شرایط تنش شوری خواهد بود.

جدول ۱- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۱۰۰ تا ۷۶ درصد

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

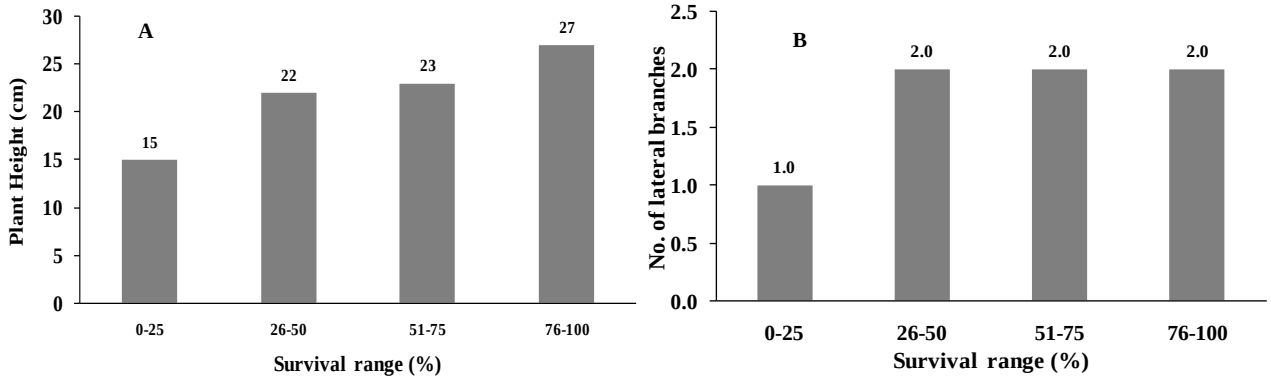
ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Plant height سانتی‌متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves درصد (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves درصد (%)	شاخص پایداری غشاء MSI درصد (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
18	100	1	37	4	47	53	42	20	58	0.35	559
22	100	1	38	3	16	84	31	16	52	0.31	956
29	100	5	44	3	37	63	10	19	45	0.43	783
59	100	1	48	2	56	44	44	25	65	0.38	873
136	100	1	19	3	60	40	16	22	37	0.61	421
430	100	1	14	2	61	40	37	9	35	0.26	247
643	92	1	14	1	50	50	10	44	33	1.32	243
539	86	3	24	1	46	54	16	39	28	1.40	339
658	86	1	15	1	54	46	24	55	31	1.79	317
16	85	2	31	3	47	53	38	17	50	0.34	600
20	85	1	35	3	28	72	44	22	55	0.41	802
179	85	3	16	2	58	42	51	33	31	1.07	380
868	85	3	27	3	27	73	35	8	38	0.21	439
122	82	1	24	3	56	44	24	6	36	0.16	609
32	80	1	33	3	29	71	24	22	46	0.48	582
216	80	1	18	2	59	41	8	28	40	0.71	544
309	80	3	26	2	63	37	12	31	31	1.03	436
100	79	3	21	2	39	61	6	45	33	1.38	491
870	79	1	20	3	33	67	13	9	35	0.25	367
43	76	4	44	3	43	57	30	17	46	0.36	1058
606	76	3	21	1	54	46	10	44	31	1.43	535
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلافدهی، ۵: غلافدهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation

به‌طور کلی مطالعات نشان داده است که تنش شوری سبب کاهش بیشتر رشد ساقه محصولات زراعی در مقایسه با رشد ریشه می‌شود (Shalhevet *et al*., 1995). همچنین تفاوت در ارتفاع گیاه ارقام برنج (*Oryza sativa*) با سطوح مختلف شوری گزارش شده است (Islam *et al*., 2007). گزارش‌های دیگری در ارتباط با کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش شوری در لوبیای چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و خردل (*Brassica campestris* L.) نیز وجود دارد (Dantas *et al*., 2005).

تعداد شاخه فرعی در بوته در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی تحت تأثیر تنش شوری تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی متوسط تعداد شاخه فرعی در بوته در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که تنها در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد تعداد شاخه کمتر از سایر دامنه‌های بقاء بود (شکل ۲-ب). همبستگی بین تعداد شاخه با درصد بقاء (r^2=۰/۵۹**) و ارتفاع بوته (r^2=۰/۶۱**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵).



شکل ۲- متوسط ارتفاع بوته (الف) و تعداد شاخه فرعی (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 2. Plant height (A) and number of lateral branches (B) in chickpea genotypes in different survival range, four weeks after imposing $12dSm^{-1}$ NaCl salinity

جدول ۲- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی در دامنه بقای ۷۵ تا ۵۱ درصد

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

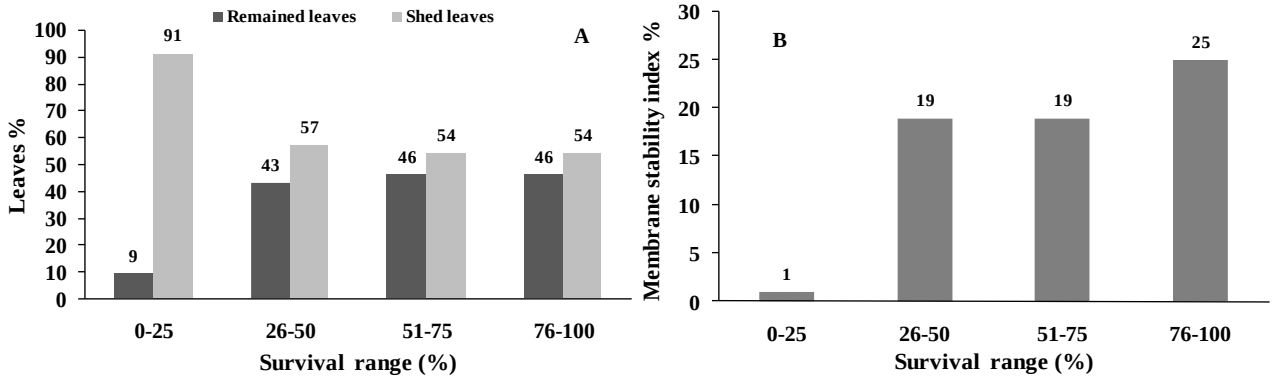
ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Height Plant سانتی متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves درصد (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves درصد (%)	شاخص پایداری غشاء MSI درصد (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
49	75	1	42	4	34	66	48	22	53	0.42	890
177	75	3	22	3	73	27	9	33	31	1.06	467
256	75	1	17	1	22	78	8	44	39	1.20	247
325	74	5	19	2	44	56	2	33	31	1.05	519
121	73	1	22	2	63	37	22	4	27	0.16	271
884	72	1	16	2	29	71	21	12	30	0.41	158
10	71	1	36	4	44	56	35	25	55	0.45	629
873	68	1	20	3	33	67	21	10	31	0.35	301
4	67	4	33	3	56	44	33	18	47	0.38	1068
867	65	3	30	1	27	73	2	11	34	0.34	380
88	64	1	30	3	31	69	7	11	36	0.29	569
104	63	1	22	2	46	54	17	10	34	0.30	294
310	61	3	19	2	61	39	8	36	30	1.22	410
96	60	1	25	3	31	69	14	12	37	0.33	477
364	60	3	17	2	70	30	19	23	23	1.27	321
187	59	3	21	3	36	64	12	35	36	0.98	409
623	59	3	23	2	60	40	9	39	32	1.22	332
891	57	2	18	2	30	70	33	9	28	0.31	224
155	56	3	29	2	75	25	31	27	34	0.83	513
34	53	1	35	3	34	66	52	26	57	0.45	436
151	53	2	23	2	46	54	9	33	35	0.92	488
259	53	3	18	2	63	37	28	39	119	0.77	387
371	53	3	20	3	51	49	4	35	42	0.84	444
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation.

به نظر می‌رسد در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد به دلیل کاهش رشد و ازبین‌رفتن بوته‌ها در اثر تنش شوری بوته‌ها فرصت تولید شاخه بیشتری نداشتند. تعداد شاخه در بوته در گیاهانی مانند نخود که دارای ساختار منشعب هستند، به عنوان یکی از معیارهای مهم در تعیین عملکرد محسوب می‌گردد. در واقع شاخه در حبوبات نقش پنجه در غلات را دارد. مطالعات نشان داده است تنش شوری موجب کاهش تعداد پنجه و همچنین پنجه‌های بارور در برنج (Shereen *et al*., 2005) و تعداد شاخه در شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) می‌گردد (Kapoor & Pande, 2015).

درصد برگ‌های باقیمانده و همچنین درصد برگ‌های ریزش‌کرده در شرایط تنش شوری در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). درصد ریزش برگ با افزایش دامنه بقاء از صفر به ۱۰۰درصد کاهش و درصد برگ باقیمانده افزایش یافت (شکل۳-الف). در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ و ۵۱-۷۵ درصد، درصد برگ‌های ریزش‌کرده و برگ‌های باقیمانده مشابه بود. نکته قابل توجه در سه دامنه بقای ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵و ۵۰-۲۶درصد، ریزش حدود ۵۰ درصد برگ‌ها بود (شکل ۳- الف). بیشترین درصد برگ باقیمانده (۷۳درصد) در ژنوتیپ MCC177 با بقای گیاهچه ۷۵ درصد بود. در شرایط تنش شوری به دلیل تجمع یون‌های سمّی در برگ و افزایش مقدار آن‌ها با گذشت زمان برگ‌های پیرتر حذف می‌گردند (Negrão *et al*., 2017). بنابراین درصد برگ‌های باقیمانده و همچنین ریزش‌کرده می‌تواند به عنوان معیاری در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف در تحمل به شوری مد نظر قرار گیرد. بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که بین درصد برگ باقیمانده و درصد بقاء همبستگی مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۶۶**) وجود دارد (جدول ۵). هنگامی که سدیم در اندام هوایی گیاه تجمع می‌یابد و گیاه تحت تأثیر اثرات منفی ناشی از سمیت سدیم است، علائم قابل‌ملاحظه‌ای از زردی و سپس قهوه‌ای‌شدن برگ‌ها به علت تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی و در نهایت پیری و مرگ ایجاد می‌گردد (Sakuraba *et al*., 2014). این اثرات در برگ‌های قدیمی‌تر که مدت زمان بیشتری تجمع سدیم را انجام داده و در معرض انباشت آن بوده‌اند، دیده می‌شود. با این حال، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای برگ برخی از گیاهان بهتر از سایر گیاهان برای حفظ سبزینگی و کارکرد فتوسنتز برای مدت طولانی در حضور سطح بالای سدیم در بافت گیاهی عمل می‌کنند (Negrão *et al*., 2017).



شکل ۳- درصد برگ باقی‌مانده و درصد برگ ریزش‌کرده (الف) و شاخص پایداری غشاء (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم

Fig. 3. Remained and shed leaves (A) and membrane stability index (B) of chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing 12dSm^{-1} NaCl salinity

تأثیر تنش شوری بر شاخص پایداری غشاء برگ ۱۴۰ژنوتیپ نخود دسی معنی‌دار بود (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). ارزیابی متوسط شاخص پایداری غشاء در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که با افزایش درصد بقاء، پایداری غشاء افزایش می‌یابد. در دو دامنه بقاء ۲۶-۵۰ و ۵۱-۷۵درصد تفاوتی ازنظر شاخص پایداری غشاء مشاهده نشد، اما در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ درصد، متوسط پایداری غشاء شش درصد نسبت به دو دامنه بقای قبلی افزایش یافت (شکل ۳-ب). همبستگی میان صفات مورد مطالعه نشان داد که بین درصد بقاء و شاخص پایداری غشاء همبستگی مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۵۴**) وجود داشت (جدول ۵). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین شاخص پایداری غشاء مربوط به ژنوتیپ‌های MCC34 و MCC179 به ترتیب با بقای ۵۳ و ۸۵ درصد و پایداری غشاء ۵۲ و ۵۱ درصد بود (جدول ۱ و ۲).

با وجود این، در بین ژنوتیپ‌هایی که بقای ۱۰۰ درصدی داشتند، برخی ژنوتیپ‌ها مانند MCC29 و MCC136 دارای شاخص پایداری غشاء نسبتاً پایینی بودند (جدول ۱).

در خاک‌های شور، اغلب یون‌های سدیم و کلر غالب بوده و غلظت بالای هر دو یون در خاک شور، منجر به اثرات تخریبی شدید در گیاهان حساس می‌شود که عدم دسترسی به آب و برهم‌خوردن تعادل غذایی را به دنبال خواهد داشت (Garcia-Sanchez *et al.*, 2002). در این شرایط، غلظت بالای یون‌های سمّی ممکن است با رقابت در جذب سایر مواد غذایی ضروری منجر به عدم تعادل عناصر غذایی مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم گردد (Hasegawa *et al.*, 2000). مقدار بیش از حد یون‌های سمّی سدیم و کلر در بافت‌های گیاهی با غلظت کم پتاسیم و کلسیم، غشاهای سلولی را ناپایدار و نفوذپذیری آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Grattan & Grieve, 1992). این تغییرات در نفوذپذیری غشاء سلولی به علت وجود یون‌های سمّی باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف می‌شود (Shahid *et al.*, 2012). مدیریت این یون‌های سمّی در گیاهان و ژنوتیپ‌های متحمل موجب حفظ پایداری غشاء شده و ادامه حیات گیاه را تضمین می‌کند. در این مطالعه بالابودن شاخص پایداری غشاء در برخی ژنوتیپ‌های این مطالعه، وجود مکانیسم‌های مدیریت نمک در گیاه نخود را نشان می‌دهد که دامنه تحمل آن‌ها را نسبت به تنش شوری بالا می‌برد.

جدول ۳- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۵۰ تا ۲۶ درصد

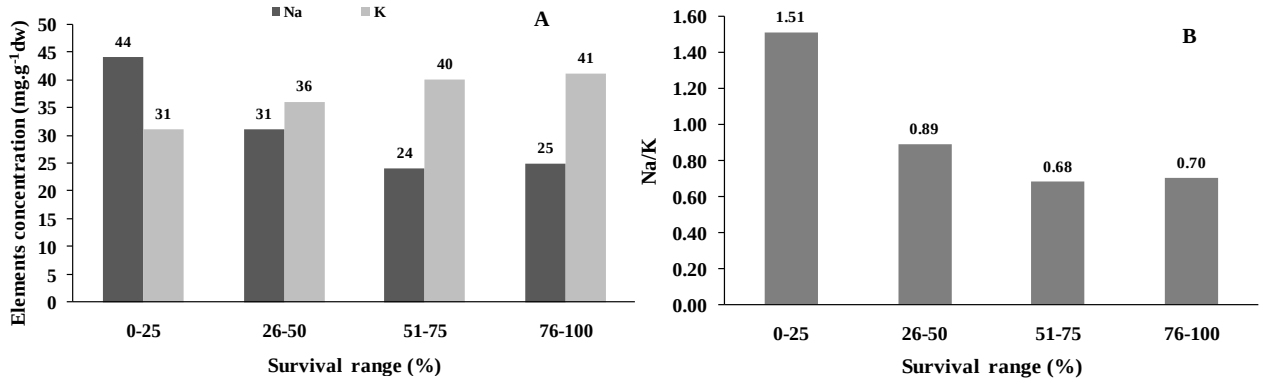
Table 3. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in different chickpea genotypes in the survival range of 50-26%

ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Plant height سانتی متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves درصد (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves درصد (%)	شاخص پایداری غشاء MSI درصد (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
212	50	1	15	2	45	55	9	51	33	1.57	435
438	50	1	23	3	32	68	10	8	41	0.20	309
452	50	1	18	2	49	51	4	49	39	1.25	357
382	47	3	20	2	63	37	35	37	30	1.22	365
424	47	1	25	3	35	65	19	9	27	0.33	341
45	45	1	36	3	44	56	38	22	55	0.41	757
379	42	3	17	2	43	57	21	37	34	1.09	316
39	40	1	36	3	38	62	24	26	56	0.46	702
40	40	1	29	4	39	61	42	33	55	0.61	444
307	40	3	19	2	51	49	6	45	38	1.21	289
401	40	3	20	2	40	60	12	39	34	1.14	442
349	39	1	24	2	21	79	20	9	34	0.28	365
198	38	5	20	2	45	55	17	42	32	1.29	342
246	38	1	16	1	23	77	4	32	31	1.05	689
509	38	1	19	1	54	46	37	25	32	0.77	432
680	38	1	17	1	62	38	0	39	32	1.22	280
516	36	2	18	2	52	48	0	21	32	0.66	331
536	36	3	22	2	40	60	1	40	29	1.38	396
99	35	1	24	2	22	78	37	12	39	0.30	251
389	32	3	23	2	66	34	5	40	33	1.22	617
540	31	1	20	2	36	64	21	43	31	1.44	480
514	30	1	17	2	28	72	4	27	34	0.80	333
376	28	3	24	3	40	60	46	39	34	1.17	419
872	27	1	23	2	36	64	10	11	40	0.29	245
280	26	5	26	2	60	40	24	29	32	0.91	324
322	26	3	22	2	47	53	38	32	35	0.91	301
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation

غلظت عناصر سدیم و پتاسیم و همچنین نسبت سدیم به پتاسیم ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی در تنش شوری $12dSm^{-1}$ تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میانگین غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در دامنه‌های مختلف بقاء حاکی از کاهش مقدار سدیم و افزایش مقدار پتاسیم با افزایش درصد بقاء بود؛ با این وجود تفاوت بین میان مقدار سدیم در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ و ۵۱-۷۵ درصد ناچیز بود (شکل ۴-الف). نسبت سدیم به پتاسیم نیز متأثر از غلظت هر یک از عناصر با افزایش درصد بقاء کاهش پیدا کرد (شکل ۴-ب). بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه با یکدیگر نشان داد که غلظت سدیم با درصد بقاء همبستگی منفی معنی‌دار (r^2=-۰/۵۰**)، غلظت پتاسیم و درصد بقاء همبستگی مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۲۶**) و نسبت سدیم به پتاسیم با درصد بقاء همبستگی منفی و معنی‌داری (r^2=-۰/۵۶**) دارند (جدول ۵). همچنین اثرات منفی سدیم بر ارتفاع بوته و درصد برگ باقی مانده و اثر مثبت پتاسیم بر این ویژگی‌ها کاملاً مشهود بود (جدول ۵).



شکل ۵- متوسط سدیم و پتاسیم اندام هوایی (الف) و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 5. Concentration of Na and K (A) and Na/K (B) in chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing $12dSm^{-1}$ NaCl salinity

برای مقابله مشکل شوری می‌توان از راهکارهای مختلفی استفاده کرد. اصلاح گیاه جهت افزایش تحمل به شوری یکی از قابل‌اطمینان‌ترین روش‌های ممکن است که از بسیاری جهات قابل مطالعه است. برای بهبود توانایی رشد محصولات زراعی در خاک شور، شناخت صفات و مکانیسم‌هایی تحمل به شوری در ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل ضروری است (Roy *et al*., 2011). تحت تنش شوری، ازدست‌دادن آب قابل‌دسترس، مسمومیت ناشی از سدیم و عدم تعادل یونی باعث محدودیت رشد می‌شود؛ بنابراین گیاهان مکانیسم‌هایی برای تحمل شوری فعال می‌کنند. گزارش‌های زیادی کمبود پتاسیم و سمیت سدیم را دلیل اصلی محدودیت تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان عنوان کرده‌اند (Kao, 2011; Khan *et al*., 2009). پتاسیم می‌تواند اثرات تنش سدیم را در گیاه کاهش دهد؛ درنتیجه توانایی گیاهان برای تحمل شوری به‌شدت وابسته به تغذیه پتاسیم است (Horie *et al*., 2009). در این مطالعه افزایش مقدار پتاسیم در اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی موجب افزایش درصد بقای آن‌ها گردید. همچنین همبستگی بین صفات نیز تأییدکننده اثر مثبت پتاسیم برای مقابله با تنش شوری بود. در اغلب ژنوتیپ‌هایی که درصد بقای بالاتری داشتند، نسبت سدیم به پتاسیم پایین بود و تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در رابطه با کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم در ژنوتیپ‌های مختلف مشاهده شد.

وزن خشک اندام هوایی برآیند تمامی مکانیسم‌ها و فرایندهای گیاه در طول دوره رشد است. میزان ماده خشک اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی تحت تنش شوری $12dSm^{-1}$ تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میزان ماده خشک اندام هوایی در دامنه‌های مختلف بقاء در شرایط تنش شوری نشان داد که با افزایش درصد بقاء، میزان تولید افزایش یافت (شکل ۶). میزان افزایش ماده خشک از بقای ۰-۲۵ درصد به ۵۰-۲۶، ۵۱-۷۵ و ۷۶-۱۰۰ درصد به ترتیب ۱۶، ۲۴ و ۳۸ درصد افزایش نشان داد (شکل ۶). در میان ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه، شش ژنوتیپ MCC4، MCC43، MCC22، MCC49، MCC59 و MCC85 به ترتیب با ۶۷، ۷۶، ۱۰۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۸۵ درصد بقاء بیشترین وزن اندام هوایی را در میان ژنوتیپ‌ها دارا بودند (جدول ۱ و ۲). بررسی همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی با ویژگی‌های مورد مطالعه نشان داد که به‌جز درصد برگ ریزش‌کرده و غلظت سدیم اندام هوایی و نسبت سدیم به پتاسیم، سایر صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند و در میان آن‌ها ارتفاع بوته بیشترین همبستگی (r^2=۰/۶۶**) را دارا بود (جدول ۵).

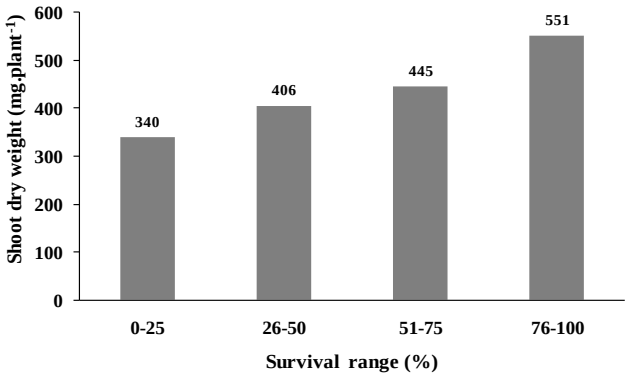
جدول ۴- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۲۵ تا صفر درصد

Table 4. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) sodium chloride on studied traits in different chickpea genotypes in the survival range from 25 to 0%

ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Plant height سانتی متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves (%)	شاخص پایداری غشاء MSI (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم‌ماده‌خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
534	25	1	15	2	19	81	0	40	31	1.33	286
560	25	5	22	3	37	63	9	42	28	1.54	439
410	24	3	19	2	50	50	0	40	34	1.16	539
567	24	3	21	2	38	62	12	30	32	0.93	373
328	22	1	28	2	33	67	7	9	34	0.27	514
148	21	1	16	2	53	47	0	34	32	1.08	308
159	21	1	20	2	46	54	8	37	34	1.08	362
265	20	1	15	2	12	88	0	38	19	1.93	256
549	20	5	21	2	30	70	12	94	67	1.60	446
237	19	3	17	2	18	82	0	59	26	2.25	162
515	14	3	18	1	12	88	0	50	29	1.70	139
101	13	3	16	2	47	53	0	31	37	0.82	308
455	13	1	14	1	19	81	0	48	31	1.59	260
564	13	1	21	2	20	80	0	45	31	1.46	505
548	12	3	19	1	27	73	0	40	37	1.07	429
416	11	1	22	2	38	63	17	42	35	1.20	498
554	11	1	19	1	10	90	0	74	32	2.36	263
666	11	1	17	1	26	74	11	44	47	1.12	242
196	9	1	19	2	14	86	0	48	33	1.54	322
205	9	1	25	2	10	90	0	41	30	1.39	365
194	7	1	26	2	0	100	0	38	31	1.22	511
377	7	1	26	1	16	84	0	35	39	0.91	463
199	6	1	23	2	8	92	0	38	31	1.25	456
576	6	3	18	1	8	92	0	50	36	1.38	435
388	5	3	25	1	14	86	0	30	31	0.99	411
406	5	3	24	2	7	93	0	38	33	1.15	677
876	5	1	19	1	46	54	5	11	23	0.49	139
125	0	1	8	1	0	100	0	52	30	1.72	225
195	0	1	10	2	0	100	0	41	28	1.48	219
335	0	1	24	2	0	100	0	36	26	1.47	425
385	0	1	17	1	0	100	0	38	31	1.22	292
408	0	1	15	1	0	100	0	49	28	1.78	218
411	0	1	18	1	0	100	0	44	31	1.52	267
418	0	1	8	1	0	100	0	37	36	1.03	443
428	0	1	8	1	0	100	0	44	34	1.26	467
431	0	1	8	1	0	100	0	45	34	1.34	437
433	0	1	8	1	0	100	0	39	31	1.29	320
435	0	1	8	1	0	100	0	61	24	2.60	372
437	0	1	8	1	0	100	0	69	27	2.60	234
439	0	1	8	1	0	100	0	45	27	1.43	398
451	0	1	8	1	0	100	0	71	21	3.38	197
504	0	1	14	1	0	100	0	47	31	1.51	288
517	0	1	9	1	0	100	0	42	31	1.34	305
532	0	1	9	1	0	100	0	44	28	1.55	310
535	0	1	11	1	0	100	0	39	36	1.06	381
553	0	1	12	1	0	100	0	61	43	1.49	457
555	0	1	16	1	0	100	0	39	24	1.97	325
580	0	1	15	1	0	100	0	40	26	1.54	375
584	0	1	15	1	0	100	0	41	34	1.22	404
585	0	1	15	1	0	100	0	42	30	1.37	479
600	0	1	18	1	0	100	0	56	36	1.58	589
601	0	1	12	1	0	100	0	48	33	1.52	294
603	0	1	15	1	0	100	0	35	25	1.37	279
607	0	1	13	1	0	100	0	47	30	1.57	345
609	0	1	16	1	0	100	0	57	25	2.33	411
615	0	1	13	1	0	100	0	33	26	1.32	305
629	0	1	15	1	0	100	0	43	33	1.27	396
631	0	1	18	1	0	100	0	39	31	1.30	303
632	0	1	14	1	0	100	0	38	26	1.47	312
633	0	1	15	1	0	100	0	51	36	1.44	438
634	0	1	14	1	0	100	0	41	30	1.34	295
661	0	1	13	1	0	100	0	47	27	1.78	253
672	0	1	15	1	0	100	0	47	29	1.59	258
675	0	1	7	1	0	100	0	52	21	2.36	97
677	0	1	13	1	0	100	0	58	35	1.67	304
678	0	1	10	1	0	100	0	61	25	2.42	201
690	0	1	16	1	0	100	0	49	29	1.72	348
710	0	1	11	1	0	100	0	42	31	1.36	193
711	0	1	11	1	0	100	0	32	27	1.21	160
713	0	1	8	1	0	100	0	37	12	2.99	44
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation



شکل ۶- متوسط وزن اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 6. Biomass of chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing$12dSm^{-1}$ NaCl salinity

در گیاهان مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی به منظور زنده‌ماندن در خاک‌هایی با غلظت بالای نمک توسعه پیدا کرده است. مکانیسم‌های اصلی شامل، هوموستازی یونی و جایگزاری یون‌ها، جذب و انتقال یون، سنتز محافظت‌کننده‌های یونی و محلول‌های سازگار، فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و ساخت ترکیب‌های آنتی اکسیدانت، سنتز پلی‌آمین‌ها، تولید اکسید نیتریک و نوسانات هورمونی که البته مکانیسم‌ها تنها به این موارد محدود نمی‌شود (Gupta & Huang, 2014). بدون تردید هرگونه مکانیسم توسعه‌یافته در گیاهان برای مقابله با تنش‌های محیطی از جمله شوری هزینه‌هایی برای گیاه به همراه دارد. در گیاهان تحت تنش شوری مواد پرورده و انرژی تولیدی در گیاه صرف مدیریت تنش می‌گردد که در نهایت با کاهش میزان رشد و تولید بروز پیدا می‌کند. این میزان کاهش در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت بوده که میزان تحمل آن‌ها را بیان می‌کند (Munns & Gilliham, 2015). در این مطالعه دامنه بقاء متنوع در ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی و تولید ماده خشک متفاوت در شرایط تنش شوری یکسان نشان داد که برخی از مکانیسم‌ها در این گیاه برای تحمل به شوری وجود دارد. البته از این نکته نباید غافل شد که حبوبات گیاهان متحمل به تنش شوری نیستند، بنابراین وجود تنوع در تحمل به شوری می‌تواند در اصلاح برای شرایط شور امیدبخش باشد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی تحت تأثیر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Table 5. Correlation coefficients of studied traits in 140 chickpea genotypes under sodium chloride salt stress of $12dSm^{-1}$

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	درصد بقاء	Survival%	1										
2	مرحله رشدی	Growth stage	0.27**	1									
3	ارتفاع بوته	Plant height	0.59**	0.26**	1								
4	تعداد شاخه فرعی	No. Of lateral branches	0.59**	0.23**	0.61**	1							
5	برگ باقی‌مانده	Remained leaves%	0.66**	0.40**	0.42**	0.47**	1						
6	برگ ریزش‌کرده	Shed leaves%	-0.66**	-0.40**	-0.42**	-0.47**	-1.00**	1					
7	شاخص پایداری غشاء	MSI	0.54**	0.12**	0.50**	0.47**	0.40**	-0.40**	1				
8	سدیم	Na	-0.50**	0.02ns	-0.44**	-0.42**	-0.35**	0.35**	-0.37**	1			
9	پتاسیم	K	0.26**	0.09ns	0.35**	0.28**	0.19**	-0.19**	0.41**	0.01	1		
10	نسبت سدیم به پتاسیم	Na/K	-0.56**	-0.08ns	-0.57**	-0.51**	-0.42**	0.42**	-0.46**	0.80**	-0.38**	1	
11	وزن خشک	Dry weight	0.40**	0.20**	0.66**	0.44**	0.21**	-0.21**	0.31**	-0.24**	0.34**	-0.41**	1

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

ns and **: Non-significant and significant in probability levels of 1%, respectively

نتیجه‌گیری

به‌طوری کلی بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد. بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بقاء و زنده‌ماندن در شرایط شور ارتباط مثبتی و قوی با حفظ برگ‌های گیاه داشت که این امر وابسته به حفظ پایداری غشاء و کاهش ورود سدیم به داخل گیاه است. بر اساس اطلاعات موجود، امکان استفاده از ژنوتیپ‌های دارای مکانیسم‌های تحمل به شوری جهت اصلاح برای تنش شوری و همچنین به‌گزینی ژنوتیپ‌های نخود دسی برای شرایط تنش شوری ملایم امکان‌پذیر است. در نهایت بر اساس نتایج این مطالعه ژنوتیپ‌های MCC18، MCC22، MCC29، MCC59، MCC136 و MCC430 با ۱۰۰ درصد بقاء تحمل مناسبی نسبت به تنش شوری داشتند.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این مطالعه از محل طرح مصوب با کد ۳۹۹۷۴ در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Asha Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. Indian Journal Plant Physiology 12: 271-275.
2. Ashraf, M., and Waheed, A. 1993. Responses of some genetically diverse lines of chick pea (*Cicer arietinum* L.) to salt. Plant and Soil 154: 257-266.
3. Chenarani, M., Safipour Afshar, A., and Saied Nematpour, F. 2015. Physiological and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Ascorbic acid under salinity stress. Iranian Journal of Plant Physiology and Biochemistry 1(1): 63-76.
4. Dantas, B.F., Ribeiro, L.D., and Aragao, C.A. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. Revista Brasileira de Sementes 27(1): 144-148.
5. Doraki, Gh.R., Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2018. Effect of salt stress on yield components and concentrations of sodium and potassium in chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Pulses Research 9(1): DOI: 10.22067/ijpr.v9i1.53816. (In Persian with English Summary).
6. FAO. Statistics. Agriculture Statistics of Iran 2016, http://faostat3.fao.org.
7. Flowers, T.J., Gaur, P.M., Laxmipathi Gowda, C.L., Krishnamurthy, L., Samineni, S., Siddique, K.H.M., Turner, N.C., Vadez, V., Varshney, R.K., and Colmer, T.D. 2010. Salt sensitivity in chickpea. Plant, Cell and Environment 33: 490-509.
8. Garcia-Sanchez, F., Jifon, J.L., Carvaial, M., and Syvertsen, M. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na+ and Cl- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. Plant Science 162: 705-712.
9. Garg, N., and Singla, R, 2009. Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability, and osmo-protection. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 33: 57-63.
10. Grattan, S.R., and Grieve, C.M. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environment. Agriculture, Ecosystems and Environment 38: 275-300.
11. Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International Journal of Genomics 2014; https://doi.org/10.1155/2014/701596,
12. Hasegawa, P.M., Bressnan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463-499.
13. Hoagland, D.R., and Arnon, D.L. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular pp: 347.
14. Horie, T., Hauser, F., and Schroeder, J.I. 2009. HKT transporter-mediated salinity resistance mechanisms in Arabidopsis and monocot crop plants. Trends in Plant Science 14(12): 660-668.
15. Islam, M.Z., Baset Mia, M.A., Islam, M.R., and Akter, A. 2007. Effect of different saline levels on growth and yield attributes of mutant rice. Journal of Soil and Nature 1(2): 18-22.
16. Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2011. Gene Expression profiling of plants under salt stress. Critical Reviews in Plant Sciences 30(5): 435-458.
17. Kao, W.Y. 2011. Na, K and Ca contents in roots and leaves of three glycine species differing in response to Nacl treatments. Taiwania 56(1): 17-22.

18. Kapoor, N., and Pande, V. 2015. Effect of salt stress on growth parameters, moisture content, relative water content and photosynthetic pigments of fenugreek variety RMt-1. Journal of Plant Sciences 10(6): 210-221.
19. Khan, H.A., Siddique, K.H.M., and Colmer, T.D. 2017. Vegetative and reproductive growth of salt-stressed chickpea are carbon-limited: sucrose infusion at the reproductive stage improves salt tolerance. Journal of Experimental Botany 68(8): 2001-2011.
20. Khan, H.A., Siddique, K.H.M., Munira, R., and Colmer, T.D. 2015. Salt sensitivity in chickpea: growth, photosynthesis, seed yield components and tissue ion regulation in contrasting genotypes. Journal of Plant Physiology 182: 1-12.
21. Khan, M., Shirazi, M., Khan, M.A., Mujtaba, S., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R., and Ashraf, M.Y. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.
22. Mahlooji, M., Seyed Sharifi, R., Razmjoo, J., Sabzalian, M.R., and Sedghi, M. 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. Photosynthetica 56(2): 549-556.
23. Muehlbauer, F.J., and Sarker, A. 2017. Economic Importance of Chickpea: Production, Value, and World Trade. In The Chickpea Genome (pp. 5-12). Springer, Cham.
24. Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist 167: 645-663.
25. Munns, R., and Gilliham, M. 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? New phytologist 208(3): 668-673.
26. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.
27. Negrão, S., Schmöckel, S.M., and Tester, M. 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of Botany 119(1): 1-11.
28. Pouresmael, M., Rastegar, J., and Zangiabadi, M. 2014. Genetic variation for salinity tolerance and its association with biomass production in cultivated chickpea genotypes. Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture) 16(3): 749-763.
29. Razavi, S.M.A., Zaerzadeh, E., Khafaji, N., and Pahlevani, M. 2010. Some physical properties of seeds and splits of Desi chickpea (Kaka var.). Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 77-83. (In Persian with English Summary).
30. Roy, S.J., Tucker, E.J., and Tester, M. 2011. Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. Current Opinion in Plant Biology 14(3): 232-239.
31. Sakuraba, Y., Kim, D., Kim, Y.S., Hörtensteiner, S., and Paek, N.C. 2014. Arabidopsis STAYGREEN-LIKE (SGRL) promotes abiotic stress-induced leaf yellowing during vegetative growth. Federation of European Biochemical Societies Letters 588(21): 3830-3837.
32. Shahid, M.A., Balal, R.M., Pervez, M.A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., and Mattson, N.S. 2012. Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. Australian Journal of Crop Science 6(5): 828.
33. Shalhevet, J., Huck, M.G., and Schroeder, B.P. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agronomy Journal 87(3): 512-516.
34. Shereen, A., Mumtaz, S., Raza, S., Khan, M.A., and Solangi, S. 2005. Salinity effects on seedling growth and yield components of different inbred rice lines. Pakistan Journal of Botany 37(1): 131-139.
35. Siddique, K.H.M., Johansen, C., Turner, N.C., Jeuffroy, M.H., Hashem, A., Sakar, D., Gan, Y., and Alghamdi, S.S. 2011. Innovations in agronomy for food legumes. A review. Agronomy for Sustainable Development 32(1): 45-64.
36. Singla, R., and Garg, N. 2005. Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 231-235.
37. Tandon, H.L.S., 1995. Methods of Analysis of Soils, Plants, Water and Fertilizers. FDCO, New Delhi.
38. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.
39. Welfare, K., Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 2002. Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Environmental Pollution 120(2): 397-403.

40. Zare Mehrjerdi, M., Nabati, J., Massomi, A., Bagheri, A.R., and Kafi, M. 2011. Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 83-96. (In Persian with English Summary).
41. Zawude, S., and Shanko, D. 2017. Effects of salinity stress on chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces during early growth stage. International Journal of Scientific Reports 3(7): 214-219.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 205-220 (Research Article)

Evaluation and selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci types for salinity tolerance introduction

Nabati[*1], J., Kafi[2], M., Nezami[3], A. & Boroumand Rezazadeh[4], E.

1. Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; m.kafi@um.ac.ir
3. Professor, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nezami@um.ac.ir
4. PhD. in Agronomy Ferdowsi University of Mashhad; eboroumand22@gmail.com

Received: 5 January 2019
Accepted: 14 May 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.78306

Introduction

The agricultural sector needs to reduce the use of freshwaters and using low quality waters instead of increasing demand for domestic and industrial water uses, along with the reduction of groundwater level. Therefore, using saline water in the future for agricultural production is unavoidable. The soil fertility has been reduced due to decreasing the quality of water resources and increasing salinity in agriculture lands. Saline water and saline soil contain high concentrations of salts such as calcium sulfate and sodium carbonate, although sodium chloride is the dominant salt. Salt stress affects various physiological and metabolic processes in plant and may eventually impede crop production depending on the extent and severity of the stress. In the early stages, a high concentration of solutes present in the soil brings about osmotic stress which reduces the capacity of root systems to absorb water and, that start the loss of leaves water. This is accompanied by ion-specific effects that cause the accumulation of toxic concentration of Na^+ and Cl^- in the cells, which manifest in the form of chlorosis and necrosis. Planting legumes in saline soil is important for conservation of sustainability of production. However, legumes, including chickpea, show low-salinity tolerance and loss yield in saline conditions. To permit crop growth on natural saline soils considerable enhancement of salinity tolerance could be required for the chickpea which is a relatively salt sensitive legume. Therefore, identification and introduction of salt tolerated chickpea cultivars help sustainable crop production in moderate saline areas.

Materials and Methods

This study was carried out under hydroponic conditions in the greenhouse of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. The experiment was conducted as a completely randomized design with three replications to evaluate salinity tolerance of 140 Deci-type chickpea genotypes during seedling stage in a salinity level of 12 dSm^{-1} NaCl. Hoagland solution had been used in the sand culture method. Recirculating nutrient system was applied, nutrient solution was replaced weekly and salinity of nutrient solution was adjusted daily, but no acidity adjustments were made in the Hoagland solution. Four weeks after salinity application, growth stages, height plant, branch number, survival percentage, remained leaves, shed leaves, membrane stability index, sodium and potassium concentration were measured.

Results and Discussion

Results indicated that survival percentage of 21 genotypes was more than 76% among which, six genotypes of MCC18 ،MCC22 ،MCC29 ،MCC59 ،MCC136 and MCC430 showed 100% survival. In the survival range of 76-100, 51-75, 26-50 and 0-25%, 43, 57, 42 and 16 percent of genotypes were in the post-

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

flowering stages, respectively. Plant height increased with increasing survival range, so that the genotypes in the survival range of 76-100% were 4, 5 and 12 cm higher than the survival range of 51-75, 26-50 and 0-25%, respectively. The highest plant was observed in MCC59 genotype with 100% survival range. The lowest number of branches per plant was observed in the 0-25% survival range. With increasing survival range percentage of shed leaves decreased and the percentage of remained leaves increased. The same percentage of shed leaves and the remained leaves were observed in the survival range of 76-100% and 51-75%. In three survival range 76-100%, 51-75%, and% 26-50, the shed leaves were about 50%. The highest percentage of remained leaves (73%) was observed in MCC177 genotype with 75% survival. The membrane stability index increased with raise up survival range. There were no difference in survival range of 26-50 and 51-75% in membrane stability index, but in the survival range of 76-100%, membrane stability 6% increased compared to the two previous survival ranges. The highest membrane stability index observed at MCC34 (53%) and MCC179 (52%) with 85%, 51% survival, respectively. However, among genotypes in 100% survival some genotypes, such as MCC29 and MCC136, had a relatively low membrane stability index. With rising up survival range, sodium concentration decreased and potassium increased. Sodium to potassium ratio was also decreased with increasing survival range. Dry matter productions per plant increased with improving survival range. Dry matter from 0-25% to 26-50%, 51-75% and 76-100% survival range, increased 16%, 24%, and 38%, respectively. MCC4, MCC43, MCC22, MCC49, MCC59 and MCC85 had the highest dry matter productions.

Conclusion

The correlation between traits showed the positive correlation between survivals and remained leaves which is depended on maintaining membrane stability and decreasing sodium uptake in plant. Based on this information, chickpea genotypes have salt tolerance mechanisms and it is possible to use these genotypes for breeding programs for moderate salinity stress conditions.

Keywords: Hydroponics, Membrane, Potassium, Sodium, Survival

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۳۴-۲۲۱، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 221-234 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.77217

ارزیابی اثر تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز بر عملکرد عدس (*Lens culinaris* L.)

نگین زرگریان[۱]، علیرضا باقری[۱*]، ایرج نصرتی[۳] و فرزاد مندنی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ negin.zargarian@gmail.com

۲. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ i.nosratti@razi.ac.ir

۴. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ f.mondani@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۲

چکیده

حضور علف‌های‌هرز در زیست‌بوم‌های کشاورزی همیشه منفی نبوده و می‌تواند با افزایش تنوع گونه‌ای سبب ایجاد اثرات مثبت بر زیست‌بوم و گیاه زراعی شود. ازاین‌رو مطالعه‌ای در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ با هدف بررسی روابط موجود در جوامع علف‌های‌هرز یک مزرعه عدس و نیز اثر شاخص‌های تنوع بر عملکرد عدس انجام شد. تراکم، ارتفاع و وزن خشک علف‌های‌هرز به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد عدس به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته‌شد و نمونه‌برداری در دو مرحله (قبل از گلدهی و همزمان با رسیدگی فیزیولوژیکی عدس) انجام شد. علاوه بر این، با استفاده از داده‌های ثبت‌شده مربوط به علف‌های‌هرز، شاخص‌های تنوع زیستی شانون-وینر (H') و سیمپسون (D) و شاخص‌های یکنواختی اسمیث-ویلسون (Evar) و کامارگو (E') محاسبه شدند. روابط بین علف‌های‌هرز و عدس با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام و نقشه‌های مربوط به تنوع علف‌های‌هرز و عدس نیز با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ استخراج شدند. نتایج مطالعه نشان داد که عملکرد دانه عدس با افزایش یک بوته و همچنین یک گرم در مترمربع علف‌هرز به مقدار ۰/۸۳ و ۰/۲۷ گرم در مترمربع کاهش یافت؛ درحالی‌که تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز، بر عملکرد عدس اثر مثبت و معنی‌دار داشت و افزایش یک واحد در شاخص‌های یکنواختی اسمیث و ویلسون و تنوع سیمپسون منجر به افزایش عملکرد دانه عدس به مقدار ۷۶/۴۸ و ۶۴/۶۶ گرم در مترمربع شد. نقشه‌های مکانی عملکرد عدس و شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز نیز به‌خوبی نمایانگر این رابطه مثبت بود. در حقیقت افزایش تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز در مزارع باعث تقسیم عادلانه‌تر منابع و خسارت‌زایی کمتر برخی گونه‌های علف‌های‌هرز می‌شود. ازاین‌رو، افزایش آگاهی درباره اثرات مثبت و منفی تنوع علف‌های‌هرز می‌تواند در مدیریت بهتر علف‌های‌هرز مزارع مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: توزیع مکانی علف‌های‌هرز، حبوبات، شاخص‌های تنوع و یکنواختی، عملکرد دانه

مقدمه

عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم و آبی در مناطق مختلف جهان (Mohamed *et al.*, 1997)، از جمله مهم‌ترین محصولات غذایی در کشورهای خاورمیانه و جنوب آسیا است (Sarker & Erskine, 2006). سطح زیرکشت عدس در ایران ۱۲۹ هزار هکتار و میزان تولید آن ۷۴هزارتن گزارش شده است که از نظر سطح زیرکشت در جهان در رتبه نهم و از نظر تولید در رتبه نوزدهم قرار دارد (FAO, 2016). علاوه بر این، به دلیل تراکم کم کشت عدس (تراکم توصیه شده بین ۸۰ تا ۱۰۰ بوته در مترمربع است) و سرعت رشد کند در مراحل اولیه رشد، تاج پوشش متراکمی را در اوایل فصل رشد در زمین ایجاد نمی‌کند (Erman *et al.*, 2008). کاهش عملکرد عدس در اثر رقابت علف‌های‌هرز در حدود ۲۰ تا ۸۴ درصد تخمین زده شده (Yenish *et al.*, 2009) که میزان خسارت بسته به شدت نفوذ و گونه علف‌های‌هرز متفاوت است (Knott & Halila, 1988). ازاین‌رو کنترل علف‌های‌هرز عدس جهت جلوگیری از کاهش محصول ضروری است (Karimmojeni *et al.*, 2015).

شدت رقابت علف‌های‌هرز به گونه علف‌هرز، شدت آلودگی، دوره تداخل و شرایط اقلیمی تأثیرگذار بر رشد علف‌هرز و گیاه زراعی بستگی دارد (Erman *et al.*, 2008). بیشتر مطالعات مربوط به رقابت علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی به رقابت تک‌گونه‌ای[۲] علف‌های‌هرز پرداخته‌اند. به‌عنوان‌مثال Abdollahi & Mohammad Doost Chamanabad (2015) به بررسی

* نویسنده مسئول: alireza884@gmail.com

2. Single-species competition

توانایی رقابتی چند رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) با علف‌هرز خردل وحشی، Jafarizade & Modhej (2011) به بررسی اثرات رقابتی علف‌هرز پنیرک (*Malva Spp.*) بر گندم و Baghestani & Atri (2003) به ارزیابی رقابت گندم و چاودار (*Secale cereal* L.) پرداختند. این در حالی است که عموماً جمعیت تک‌گونه‌ای علف‌هرز در مزارع کشاورزی دیده نمی‌شود و اثرات رقابتی جمعیت‌های چندگونه‌ای در این ارتباط مهم است (Toler *et al.*, 1996). در مقیاس اقتصادی تولید محصولات کشاورزی، عملکرد اغلب تحت تأثیر تداخل چند علف‌هرز کاهش می‌یابد (Song *et al.*, 2017). نتایج تحقیقاتی که در آن‌ها به بررسی تداخل چندگونه‌ای علف‌های‌هرز پرداخته‌شده نشان از برهمکنش‌های مختلف میان گونه‌های علف‌هرز و گیاه زراعی دارد. در بعضی موارد مشاهده‌شده که برخی گونه‌های علف‌هرز می‌توانند با اثر منفی گونه‌های دیگر بر گیاه زراعی مقابله کنند. در مطالعه‌ای که توسط Salehian *et al,* (2003) در مورد بررسی رقابت چندگونه‌ای علف‌های‌هرز مزرعه گندم صورت گرفت، گزارش شد که علف‌هرز خونی‌واش (*Phalaris spp.*) با یولاف وحشی که از بازدارنده‌های مهم عملکرد گندم بود، مقابله کرده و خود بر عملکرد گندم تأثیر مثبت نشان داد. بنابراین مطالعه رقابت چندگونه‌ای علف‌های‌هرز می‌تواند اطلاعات بیشتری را در مورد رقابت علف‌های‌هرز و گیاه زراعی به همراه داشته باشد. لزوماً بیشترین عملکرد محصول وقتی‌که گیاه زراعی به‌تنهایی در مزرعه حضور داشته باشد، یا در شرایط حضور اندک گونه‌های گیاهی دیگر، حاصل نمی‌شود (Coulis *et al.*, 2014). به‌عنوان‌مثال جذب برخی عناصر غذایی محدود در خاک‌های فقیر شنی توسط گیاه زراعی نیاز به وجود تعاملات مثبت میان گونه‌های مختلف گیاهی دارد. به این صورت که برخی گونه‌های علف‌های‌هرز ممکن است مواد غذایی را از نقاط غیرقابل‌دسترس برای گیاه زراعی استخراج کرده و در اختیار آن قرار دهند. بنابراین حضور برخی گونه‌های مختلف علف‌هرز در کنار گیاه زراعی می‌تواند سبب ایجاد چرخه غذایی شوند (Cierjacks *et al.*, 2016). ازاین‌رو به نظر می‌رسد وجود علف‌های‌هرز در زیست‌بوم‌های کشاورزی همیشه منفی نبوده و می‌تواند منجر به افزایش تنوع گونه‌ای و درنتیجه ایجاد اثرات مثبت شود.

معمولاً عملکرد محصول و زیست‌توده علف‌هرز با یکدیگر همبستگی منفی دارند، اما انتظار می‌رود زمانی که گونه‌ها از لحاظ جذب منابع بسیار متنوع هستند، رقابت علف‌هرز و گیاه زراعی کمتر مطرح شود. بر این اساس ممکن است تنوع علف‌هرز و عملکرد محصول رابطه‌ای با هم نداشته باشند و یا حتی دارای رابطه مثبت باشند (Cierjacks *et al.*, 2016). در یک جامعه گیاهی روابط پیچیده بین اجزاء می‌تواند منجر به ارتقای کارکرد این زیست‌بوم‌ها شود. کارکرد یک زیست‌بوم به‌طور عمده‌ای تحت تأثیر سطح تنوع گیاهی و جانوری آن قرار دارد (Altieri, 1999). تقریباً تمامی کشورها در مورد حفظ تنوع زیستی توافق نظر دارند. علف‌های‌هرز نیز جزئی از حافظان تنوع زیستی هستند (Marshall *et al.*, 2003). ازاین‌رو تنوع علف‌های‌هرز نقش مهمی را در افزایش تنوع گیاهی در یک زیست‌بوم کشاورزی ایفا می‌کند (Fried *et al.*, 2009; Plaza *et al.*, 2011). با توجه به مطالب ذکرشده این مطالعه با هدف بررسی روابط موجود در جوامع علف‌های‌هرز یک مزرعه عدس و همچنین اثر شاخص‌های تنوع روی عملکرد عدس به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در یک مزرعه عدس دیم، واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با مساحت تقریبی ۱/۵ هکتار و بافت خاک سیلتی-رسی به اجرا در آمد. درصد رس، سیلت و شن خاک مزرعه به ترتیب ۴۴، ۴۶ و ۱۰ درصد بود. درصد کربن آلی و نیتروژن کل به ترتیب ۱/۴۶ و ۰/۱۵ درصد و همچنین فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب معادل ۶/۳۶ و ۲۱۱میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. اسیدیته خاک ۷/۷۵ و هدایت الکتریکی آن معادل ۰/۴۴ میلی موس بر سانتی‌متر بود. مختصات جغرافیایی مزرعه مورد مطالعه ۴۷ درجه و ۳ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۷۴ متر از سطح دریا بود. اقلیم منطقه مورد مطالعه معتدل، با متوسط دمای ۱۳/۴ و میانگین بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر بود. در سال قبل از انجام آزمایش، مزرعه به حالت آیش و سال پیش از آن، تحت کشت گندم دیم قرار داشت.

پس از آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، در تاریخ ۱۶ اسفند سال ۱۳۹۴ با استفاده از ردیف‌کار دیم با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر، بذور عدس رقم محلی (دارای اندازه دانه متوسط، میزان تحمل به سرما متوسط، رقم محلی کرمانشاه، لرستان و ایلام) کشت شدند. در مزرعه مورد مطالعه از هیچ‌گونه آفت‌کش و روش دیگری برای مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز استفاده نشده بود. نمونه‌برداری از علف‌های‌هرز و گیاه زراعی در دو مرحله صورت گرفت.

نمونه‌برداری در مزرعه به صورت سیستماتیک انجام گرفت، به‌صورتی‌که قبل از انجام نمونه‌برداری‌ها شبکه‌ای از نقاط فرضی مربعی (با فواصل ۷ در ۷ متر) در نظر گرفته شد که به‌صورت منظم در امتداد مسیر حرکت در مزرعه قرار داشته و در هریک از این نقاط، نمونه‌برداری صورت گرفت. فاصله بین نقاط نمونه-برداری با توجه به دامنه تأثیر مکانی علف‌های‌هرز که در بیشتر علف‌های‌هرز مهم مزارع کمتر از هفت متر است (Bagheri *et*

al., 2010)، هفت متر در نظر گرفته شد و برای تعیین سطح محل نمونه‌برداری نیز از کوآدرات یک مترمربعی استفاده شد. پس از انجام مرحله اول نمونه‌برداری، در هر یک از نقاط نمونه-برداری، مختصات جغرافیایی با استفاده از دستگاه GPS[1] ثبت شد. همچنین از یک میخ چوبی نیز جهت شناسایی نقاط برای مرحله دوم نمونه‌برداری استفاده شد.

در اولین مرحله نمونه‌برداری که مصادف با مرحله قبل از گلدهی عدس (۱۴ اردیبهشت) بود، نمونه‌برداری‌های غیرتخریبی شامل تراکم و ارتفاع گونه‌های مختلف علف‌هرز به تفکیک گونه انجام شد. تراکم علف‌های‌هرز با شمارش تعداد بوته‌های هر گونه در واحد نمونه‌برداری به دست آمد. ارتفاع بوته‌های علف‌هرز نیز به تفکیک گونه و با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. انتخاب این مرحله نمونه‌برداری بر اساس حساسیت عدس در مراحل اولیه رشد و قبل از گلدهی به حضور علف‌های‌هرز صورت گرفت.

در مرحله دوم نمونه‌برداری، همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک و قبل از برداشت محصول عدس (۱۵ خرداد)، دقیقاً در مناطق علامت‌گذاری‌شده از مرحله اول، نمونه‌برداری به‌صورت تخریبی انجام شد. به‌این‌ترتیب که بوته‌های عدس و مجموع علف‌های‌هرز، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات موردبررسی در این مرحله شامل تراکم و وزن خشک علف-های‌هرز به تفکیک گونه و عملکرد دانه عدس بود.

علاوه بر موارد ذکرشده، با استفاده از داده‌های ثبت‌شده مربوط به علف‌های‌هرز، شاخص‌های تنوع زیستی شانون-وینر[2] (H') و سیمپسون[3] (D) و شاخص‌های یکنواختی اسمیث-ویلسون[4] (Evar) و کامارگو[5] (E') بر اساس معادله‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند:

معادله ۱:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi\ lnpi$$

که H' شاخص تنوع شانون-وینر، pi سهم افراد در گونه iام نسبت به کل جامعه که به‌صورت pi=ni/N تعریف می‌شود (n_i تعداد افراد گونه iام و N تعداد کل علف‌های‌هرز) و S تعداد گونه‌ها در کل جامعه است (Shannon & Weaver, 1949).

معادله ۲:

$$D = \sum_{i=1}^{s} pi^2$$

در این معادله D *شاخص تنوع* سیمپسون، pi سهم افراد در گونه iام نسبت به کل جامعه که به‌صورت pi=ni/N تعریف می‌شود و S تعداد گونه‌ها در کل جامعه است (Simpson, 1949).

معادله ۳:

$$E_{var} = 1 - \left[\frac{2}{\pi \arctan\left\{ \left(\sum_{i=1}^{s} \left(og\, e^{(n_i)} \sum_{j=1}^{s} log\, e^{\frac{nj}{s}} \right)^2 \Big/ s \right\}} \right]$$

در اینجا E_{var} شاخص یکنواختی اسمیث- ویلسون، ni تعداد افراد گونه iام در نمونه (i=1, 2, 3, …, s)، nj تعداد افراد گونه jام در نمونه (j=1, 2, 3, …, s) و S تعداد گونه‌ها در کل نمونه می‌باشد (Smith & Wilson, 1996).

شاخص یکنواختی کارماگو نیز با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد.

معادله ۴:

$$E' = 1 - \left(\sum_{i=1}^{s} \sum_{j=i+1}^{s} \left[\frac{|pi - pj|}{s} \right] \right)$$

که E' شاخص یکنواختی کامارگو، pi سهم گونه iام در کل نمونه، pj سهم گونه jام در کل نمونه و S تعداد گونه‌ها در کل جامعه است (Camargo, 1993).

جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری ابتدا با بهره‌گیری از آزمون کولموکوروف اسمیرنوف از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها اطمینان حاصل شد. سپس ارتباطات بین علف‌های‌هرز با یکدیگر و با عدس، همچنین اثر شاخص‌های تنوع و یکنواختی روی عملکرد عدس با استفاده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام توسط نرم‌افزار SPSS Statistics V.20 مورد بررسی قرار گرفت. جهت تهیه نقشه‌های علف‌های‌هرز و عدس نیز از نرم‌افزار ArcMap 10.2.2 استفاده شد. به‌این‌ترتیب که برای انتخاب بهترین نقشه‌ها مدل‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت، مدلی که کمترین ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) را داشت به‌عنوان بهترین مدل انتخاب و نقشه بر اساس آن تهیه شد.

نتایج و بحث

بررسی علف‌های‌هرز مهم مزرعه موردمطالعه در مرحله اول نمونه‌برداری

جدول ۱، گونه‌های علف‌هرز ثبت‌شده در مزرعه را طی دو مرحله نمونه‌برداری نشان می‌دهد.

۱. Global Positioning System
۲. Shannon weiner Index
۳. Simpson Index
۴. Smith and Wilson Index
۵. Camargo Index

جدول ۱- علف‌های‌هرز مشاهده‌شده در مزرعه عدس مورد مطالعه طی مراحل اول و دوم نمونه‌برداری

Table 1. Observed weeds in the studied lentil field during the first and second sampling stages

نام فارسی Persian name	نام انگلیسی English name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	دوره رویشی Vegetative period	تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant/m^2)	
					مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2
گاوزبان بدل	Borage	*Anchusa italica*	Boraginaceae	Annual (یکساله)	1	1
چپقک	Birthwort	*Aristolochia bottae*	Aristolochiaceae	Annual (یکساله)	82	10
علف چسبک	Madwort	*Asperugo procumbens*	Boraginaceae	Annual (یکساله)	1	0
یولاف زراعی	Oat	*Avena sativa*	Poaceae	Annual (یکساله)	1	3
علف کبکی	Golden rod	*Bongardia chrysogonum*	Berberidaceae	Annual (یکساله)	1	0
گوش خرگوش گرد	Hare's ear	*Bupleurum rotundifolium*	Apiaceae	Annual (یکساله)	20	23
کاملینا	Camelina	*Camelina sativa*	Brassicaceae	Annual (یکساله)	28	27
ازمک	Whitetop	*Cardaria draba*	Brassicaceae	Perennial (چندساله)	226	227
گلرنگ	Safflower	*Carthamus tinctorius*	Asteraceae	Annual (یکساله)	53	0
گل گندم	Cornflower	*Centaurea cyanus*	Asteraceae	Annual (یکساله)	9	3
دانه مرغ متورم	Chickweed	*Cerastium inflatum*	Caryophyllaceae	Annual (یکساله)	2	0
دانه مرغ	Chickweed	*Cerastium perfoliatum*	Caryophyllaceae	Annual (یکساله)	33	37
سلمه تره	Lamb's quarters	*Chenopodium album*	Chenopodiaceae	Annual (یکساله)	232	0
گوش خرگوش	Hare's ear mustards	*Conringia orientalis*	Brassicaceae	Annual (یکساله)	141	89
پیچک صورتی	Bindweed	*Convolvolus stachydifolium*	Convolvulaceae	Perennial (چندساله)	87	0
پیچک	Field bindweed	*Convolvulus arvensis*	Convolvulaceae	Perennial (چندساله)	157	110
پنجه مرغی	Bermuda grass	*Cynodon dactylon*	Cynodon dactylon	Perennial (چندساله)	1	0
تاتوره	Thornapple	*Datura spp*	Solanaceae	Annual (یکساله)	1	0
خاکشیر	Flixweed	*Descurainia sophia*	Brassicaceae	Annual (یکساله)	5	5
فرفیون	Gopher spurge	*Euphorbia rigida*	Euphorbiaceae	Perennial (چندساله)	1158	483
شاهتره	Common fumitory	*Fumaria officinalis*	Papaveraceae	Annual (یکساله)	1	0
بی تی راخ	Cleavers	*Galium aparine*	Rubiaceae	Annual (یکساله)	150	37
شمعدانی غده دار	Cranesbills	*Geranium tuberosum*	Geraniaceae	Annual (یکساله)	222	0
شیرین بیان	Liquorice	*Glycyrrhiza glabra*	Fabaceae	Perennial (چندساله)	32	25
ناخنک	Cudweed	*Goldbachia laevigata*	Brassicaceae	Annual (یکساله)	1	2
جو زراعی	Barley	*Hordeum vulgare*	Poaceae	Annual (یکساله)	5	3
کاهوی خاردار	Prickly lettuce	*Lactuca orientalis*	Asteraceae	Annual(یکساله)/Biennial (دوساله)	22	11
بالنگو	Balangu	*Lallemantia spp*	Lamiaceae	Annual (یکساله)	9	2
غربیلک	Henbit Dead-Nettle	*Lamium amplexicaule*	Lamiaceae	Annual (یکساله)	23	6
خلر	Peavines	*Lathyrus spp*	Fabaceae	Annual (یکساله)	57	0
بابونه	Chamomile	*Matricaria chamomilla*	Asteraceae	Annual (یکساله)	142	104

ادامه جدول ۱- علف‌های‌هرز مشاهده شده در مزرعه عدس مورد مطالعه طی مراحل اول و دوم نمونه‌برداری

Continue of table 1. Observed weeds in the studied lentil field during the first and second sampling stages

نام فارسی Persian name	نام انگلیسی English name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	دوره رویشی Vegetative period	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant/m^2)	
					مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2
یونجه	Alfalfa	*Medicago sativa*	Fabaceae	Annual (یکساله)	1	0
شقایق	Semitic poppy	*Papaver umbonatum*	Papaveraceae	Annual (یکساله)	93	69
خار زردک	-	*Picnomon acarna*	Asteraceae	Annual (یکساله)	95	47
علف هفت بند	Common knotgrass	*Polygonum aviculare*	Polygonaceae	Annual (یکساله)	207	1
خرفه	Common purslane	*Portulaca oleracea*	Portulacaceae	Annual (یکساله)	2	0
آلاله	Creeping buttercup	*Ranunculus repens*	Ranunculaceae	Perennial (چندساله)	1	0
خردل وحشی	Charlock mustard	*Sinapis arvensis*	Brassicaceae	Annual (یکساله)	203	82
قیاق	Johnson grass	*Sorghum halepense*	Poaceae	Perennial (چندساله)	12	6
شنگ	Western salsify	*Tragopogon dubius*	Asteraceae	Biennial (دوساله) Perennial (چندساله)	21	10
شبدر	Clover	*Trifolium spp*	Fabaceae	Perennial (چندساله)	1	0
جغجغک	Cow soapwort	*Vaccaria pyramidata*	Caryophyllaceae	Annual (یکساله)	12	11
سیزاب	Birdeye speedwell	*Veronica persica*	Plantaginaceae	Annual (یکساله)	6	0
ماشک	Vetches	*Vicia spp*	Fabaceae	Annual (یکساله)	39	20
توق	Rough cocklebur	*Xanthium strumarium*	Asteraceae	Annual (یکساله)	21	0

پرتراکم‌ترین گونه‌های علف‌هرز طی مرحله اول نمونه‌برداری شامل فرفیون (*Euphorbia rigida*)، سلمه تره (*Chenopodium album*)، ازمک (*Cardaria draba*)، شمعدانی غده‌دار (*Geranium tuberosum*)، علف هفت‌بند (*Polygonum aviculare*)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، پیچک (*Convolvulus arvensis*)، بی تی راخ (*Galium aparine*)، بابونه (*Matricaria chamomilla*)، گوش خرگوش (*Conringia orientalis*)، خار زردک (*Picnomon acarna*)، شقایق (*Papaver umbonatum*)، پیچک صورتی (*Convolvulus stachydifolium*) و چپقک (*Aristolochia bottae*) بودند که درمجموع حدود ۶۸ درصد از کل علف‌های‌هرز را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). از بین مهم‌ترین علف‌های‌هرز ثبت‌شده، گونه‌های فرفیون، ازمک، علف هفت‌بند، خردل وحشی، پیچک. بی تی راخ، گوش خرگوش، خارزرد، شقایق و چپقک به عنوان علف‌های شایع مزارع عدس در غرب کشور (استان لرستان) مطرح هستند (Ahmadi *et al.*, 2013). خانواده‌های Brassicaceae، Asteraceae و Convolvulaceae بیشترین گونه‌ها را در خود جای دادند. مطالعات پیشین نیز حضور پررنگ علف های‌هرز خانواده Brassicaceae را در مزارع دولپه‌ای‌ها گزارش کرده‌اند (Cheam & Code, 1995; Whish *et al.*, 2002).

در مطالعه Ahmadi *et al*, (2013) روی فلور علف‌های‌هرز مزارع عدس استان لرستان نیز بیشترین گونه‌های گیاهی به خانواده‌های Asteraceae و Brassicaceae تعلق داشتند. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که به‌طورکلی همه گونه‌های مهم شناسایی‌شده، جزو علف‌های‌هرز پهن‌برگ بودند. در مطالعه Ahmadi *et al*, (2013) نیز در بین علف‌های‌هرز شایع مشاهده‌شده ۱۶ خانواده پهن‌برگ و تنها یک خانواده باریک برگ وجود داشتند. در مطالعه دیگری توسط Mousavi & Ahmadi (2013) روی فلور علف‌های‌هرز مزارع نخود شهرستان خرم‌آباد ۸۶/۷ درصد از علف‌های‌هرز شایع با فراوانی بیش از ۱۰ درصد، به گروه دولپه‌ای‌ها تعلق داشتند.

تأثیر علف‌های‌هرز بر عملکرد عدس

نتایج مربوط به مرحله اول نمونه‌برداری نشان داد که بر اساس یک مدل رگرسیونی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱)، تراکم علف های‌هرز مزرعه به‌طور معنی‌داری عملکرد عدس را تحت تأثیر خود قرار دادند. این در حالی بود که ارتفاع علف‌های‌هرز اثر معنی‌داری بر عملکرد عدس نداشت (جدول ۲). تراکم بالای علف‌های‌هرز در اوایل فصل رشد که گیاه عدس دارای قدرت رقابت بالایی نیست، می‌تواند باعث تضعیف گیاه شده و در نتیجه سبب کاهش رشد بعدی در طی فصل رشد شود. علاوه بر این، تراکم بالای علف‌های‌هرز در اوایل فصل رشد می‌تواند

نشان‌دهنده حضور پرنقش آن‌ها در ادامه فصل رشد و در نهایت ایجاد اثر منفی بر عملکرد عدس باشد. Myers *et al*, (2005) بیان داشتند که تراکم بالای علف‌های‌هرز به‌خصوص در طی دوره بحرانی می‌تواند فشار رقابتی بالایی را طی فصل رشد روی ذرت داشته باشد. در آزمایش آن‌ها، عدم کنترل علف‌هرز *Sorghum bicolor* در تراکم‌های کم (سه بوته در مترمربع)، متوسط (۱۴ بوته در مترمربع) و بالا (۶۶ بوته در مترمربع) منجر به کاهش عملکرد ذرت به ترتیب ۵±۱۰، ۹±۳۰ و ۱۱±۶۶ درصد شد. Asghari & Armin (2014) مشاهده کردند که تراکم بالای علف‌های‌هرز در طول دوره رویشی، سبب کاهش عملکرد بیولوژیک نخود و به دنبال آن کاهش عملکرد دانه به مقدار ۸۰/۶ درصد نسبت به شاهد کنترل کامل علف‌های‌هرز گردید.

جدول ۲- رابطه تراکم علف‌های‌هرز و عملکرد عدس با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام

Table 2. The relationship between weed density and lentil yield using stepwise regression

مدل **Model**	ضریب رگرسیون **Regression coefficient**	خطای معیار **Standard error**	ضریب بتا **Beta coefficient**	مقدار احتمال **P value**
ضریب ثابت Constant coefficient	218.30	4.41	_	0.00
تراکم علف‌های‌هرز Weed density	-0.83	0.19	-0.032	0.00

ارتفاع علف‌های‌هرز دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد عدس نبود، بنابراین از مدل حذف شدند.

ضریب رگرسیون: نشان‌دهنده ضریب هر متغیر بر اساس واحد اندازه‌گیری آن‌ها

خطای معیار: انحراف استاندارد مقدار پیش‌بینی‌شده در سطوح مختلف متغیر مستقل

ضریب بتا: ضریب استانداردشده که در آن تفاوت اندازه اعداد مربوط به متغیرهای مستقل شده است.

The weeds height did not have a significant effect on lentil yield, so removed from the model.

Regression coefficient: represents the coefficient of each variable based on their unit of measurement.

Standard error: The standard deviation of the predicted value at different levels of the independent variable

Beta coefficient: Standardized coefficient where the difference in the size of the values of independent variables is modified.

در مرحله دوم نمونه‌برداری، وزن خشک علف‌های‌هرز مزرعه به‌طور معنی‌داری عملکرد عدس را تحت تأثیر قرار داد؛ درحالی‌که تراکم علف‌های‌هرز در این مرحله بر عملکرد عدس تأثیری معنی‌داری نداشت (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که در زمان گلدهی و پرشدن دانه عدس، وزن خشک علف‌هرز که نشان‌دهنده اندازه علف‌های‌هرز و قدرت رقابتی آن‌ها با گیاه زراعی می‌باشد، تعیین‌کننده شدت خسارت بر گیاه زراعی است. در حقیقت در طی فصل رشد و افزایش رقابت بین گونه‌های علف‌های‌هرز با یکدیگر و گیاه زراعی، گونه‌هایی که از قدرت رقابت بیشتری برخوردارند، منابع بیشتری را جذب کرده و وزن خشک بیشتر، همچنین جثه بزرگ‌تری را به دست می‌آورند. ازاین‌رو حضور این علف‌های‌هرز هرچه بیشتر باشد، می‌تواند اثرات منفی بیشتری را روی عملکرد گیاه زراعی داشته باشد. در این مرحله ممکن است که گیاهچه‌های حاصل از موج‌های جوانه‌زنی علف‌های‌هرز نیز در مزرعه حضور داشته باشند، اما ازنظر قدرت رقابت و جذب منابع تأثیر ناچیزی روی گیاه زراعی داشته باشند. بنابراین به نظر می‌رسد که به همین دلیل است که وزن خشک علف‌های‌هرز در مرحله دوم نمونه‌برداری دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد عدس بوده و تراکم علف‌های‌هرز اثر معنی‌داری را بر عملکرد عدس نشان نداد. علف‌های‌هرز می‌توانند با افزایش سطح تاج پوشش خود رشد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهند (Cressman *et al*., 2011). ساختار کانوپی علف‌هرز می‌تواند به‌عنوان عاملی مهم در رقابت نور، باعث کاهش تولید گیاه رقیب شود (Giambalvo *et al*., 2010).

به‌طورکلی، افزایش درصد تاج پوشش علف‌های‌هرز می‌تواند کاهش تشعشعات فعال فتوسنتزی گیاه زراعی و درنتیجه کاهش فتوسنتز و در نهایت عملکرد را به دنبال داشته باشد. Cierjacks *et al*, (2016) گزارش کردند که همبستگی منفی قابل‌توجهی میان عملکرد محصول و وزن خشک علف های‌هرز وجود دارد. Esfandiari & Hashemi Jozi (2005) نیز کاهش عملکرد لوبیا را تا ۷۰ درصد تحت رقابت با علف-های‌هرز گزارش کردند. آن‌ها بیان داشتند که به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن خشک علف‌های‌هرز، حدود ۳۸۰ گرم از عملکرد محصول در هکتار کاسته شد.

جدول ۳- رابطه وزن خشک علف‌های‌هرز در مرحله دوم نمونه‌برداری و عملکرد عدس با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام
Table 3. The relationship between weed dry matter and lentil yield using stepwise regression in the second stage of sampling

مدل Model	ضریب رگرسیون Regression coefficient	خطای معیار Standard error	ضریب بتا Beta coefficient	مقدار احتمال P value
ضریب ثابت Constant coefficient	211.90	4.41	_	0.00
وزن خشک علف‌های‌هرز Weed dry matter	-0.27	0.09	-0.021	0.00

ارتفاع علف‌های‌هرز دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد عدس نبود، بنابراین از مدل حذف شدند.
ضریب رگرسیون: نشان‌دهنده ضریب هر متغیر بر اساس واحد اندازه‌گیری آن‌ها
خطای معیار: انحراف استاندارد مقدار پیش‌بینی‌شده در سطوح مختلف متغیر مستقل
ضریب بتا: ضریب استانداردشده که در آن تفاوت اندازه اعداد مربوط به متغیرهای مستقل شده است.

The weeds height did not have a significant effect on lentil yield, so removed from the model.
Regression coefficient: represents the coefficient of each variable based on their unit of measurement.
Standard error: The standard deviation of the predicted value at different levels of the independent variable
Beta coefficient: Standardized coefficient where the difference in the size of the values of independent variables is modified.

تأثیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی بر عملکرد عدس بر اساس تراکم علف‌های‌هرز در مرحله اول نمونه‌برداری

بر اساس نتایج، حضور علف‌های‌هرز در مزرعه مورد مطالعه منجر به کاهش عملکرد عدس شد؛ به‌طوری‌که در مرحله اول نمونه‌برداری حضور یک بوته در مترمربع منجر به کاهشی معنی‌دار به مقدار ۰/۸۳ گرم در مترمربع روی عملکرد عدس گردید (جدول ۲). همچنین در مرحله دوم نمونه‌برداری نیز هر گرم وزن خشک علف‌هرز منجر به کاهشی به مقدار ۰/۲۷ گرم در مترمربع در عملکرد عدس شد (جدول ۳). در ادامه رابطه بین شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز مزرعه با عملکرد عدس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به تأثیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی تراکم علف‌های‌هرز در مرحله اول نمونه‌برداری (به‌عنوان متغیر مستقل) بر عملکرد عدس (به‌عنوان متغیر وابسته) نشان داد که مدل رگرسیونی مربوطه با سطح احتمال $p\leq$۰/۰۱ معنی‌دار بوده و قادر به بیان تغییرات عملکرد عدس تحت تأثیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از میان شاخص‌های موردبررسی در این مرحله شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون و شاخص تنوع سیمپسون اثر مثبت معنی داری بر عملکرد عدس داشتند (جدول ۴).

مزرعه مورد مطالعه یک مزرعه دیم بوده که در سال‌های قبل تحت کشت گندم و مدیریت آیش بود. اصولاً در این مزرعه کنترل علف‌های‌هرز صورت نگرفته و یا در صورت انجام، به‌صورت مکانیکی بوده است. ازاین‌رو به نظر می‌رسد عدم فشار انتخاب ناشی از استفاده از علف‌کش‌ها منجر به کاهش غالبیت و در نتیجه حضور یکنواخت‌تر گونه‌های علف‌های‌هرز در مزرعه شده بود. یکنواختی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی تنوع زیستی، نشان‌دهنده سهم گونه در یک اکوسیستم است. بنابراین، در اکوسیستم‌هایی که فراوانی گونه‌ها تقریباً یکسان است، شاخص یکنواختی بالا است و در اکوسیستم‌هایی با گونه‌های غالب، شاخص یکنواختی کاهش می‌یابد (Ejtehadi *et al.*, 2009). بررسی ضریب تأثیر شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون و شاخص تنوع سیمپسون نشان داد که تأثیر شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون روی عملکرد نخود بیشتر از شاخص تنوع سیمپسون بود. این امر نشان می‌دهد که یکنواختی گونه‌ها و عدم غالبیت می‌تواند درمجموع اثرات مثبتی را در این زیست‌بوم کشاورزی به همراه داشته باشد. در حقیقت تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص اسمیث و ویلسون بر عملکرد عدس نشان داد که در نواحی با حضور یکنواخت‌تر گونه‌های گیاهی، اثر مثبت بر عملکرد عدس نسبت به سایر نقاط با یکنواختی کمتر، وجود داشت. به نظر می‌رسد رقابت بین گونه‌های علف‌های‌هرز می‌تواند از شدت تأثیر منفی یک گونه خاص بر عملکرد محصول بکاهد و در مجموع سبب تأثیر مثبت بر عملکرد شود. در مطالعه Cierjacks *et al*, (2016) نیز وجود رابطه مثبت معنی‌دار میان عملکرد محصول و شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز گزارش شده است.

علاوه بر شاخص اسمیث و ویلسون، شاخص تنوع سیمپسون نیز اثر مثبتی را روی عملکرد عدس نشان داد (جدول ۴). همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تاریخچه مدیریتی این مزرعه می‌تواند منجر به افزایش تنوع گونه‌های علف‌های‌هرز شده باشد. به نظر می‌رسد دلیل اثر مثبت معنی‌دار این شاخص بر عملکرد عدس این‌گونه توجیه شود که افزایش تنوع گونه‌ای منجر به حضور گونه‌های مختلف و در نتیجه افزایش تأثیر گونه‌های علف‌های‌هرز روی یکدیگر گردد. به‌این‌ترتیب که ممکن است گونه یا گونه‌هایی از علف‌هرز سبب کاهش اثر منفی بعضی گونه‌های دیگر علف‌هرز بر عملکرد عدس شوند. بر

اساس نظر Radosevich *et al*, (2007) تعدادی از گیاهان که به‌صورت علف‌هرز مطرح هستند، می‌توانند دارای تأثیرات مثبت روی سایر گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز باشند.

Afshari (2010) در مطالعه خود در مورد رقابت چندگونه‌ای علف‌های‌هرز ذرت، اثر مثبت تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus*) را گزارش کرد؛ زیرا تاج‌خروس وحشی بر تمام گونه‌های موجود در مزرعه (به‌جز یک‌گونه) اثر منفی داشت و سبب کاهش وزن خشک آن‌ها شده بود. به‌علاوه علف‌هرز علف انگشتی (*Digitaria sanguinalis*) باعث کاهش تعداد تک‌بوته سوروف شد. در نتیجه دو علف‌هرز تاج‌خروس و علف انگشتی با اعمال تأثیر منفی بر سوروف که دارای بیشترین اثر منفی بر ذرت بود، بیشترین تأثیر مثبت را بر ذرت داشتند. در مطالعه Sohrabi *et al*, (2016) روی علف‌های‌هرز مزارع نخود در کرمانشاه نیز علف‌هرز شیرین‌بیان دارای رابطه معنی‌دار مثبت با عملکرد نخود و منفی با مهم‌ترین علف‌های‌هرز مزارع مورد مطالعه یعنی کاسنی (*Cichorium intybus*)، گلرنگ وحشی و گوش خرگوش بود.

جدول ۴- رابطه شاخص یکنواختی اسمیت و ویلسون و شاخص تنوع سیمپسون و عملکرد عدس در مرحله اول نمونه‌برداری با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام

Table 4. Relationship between Smith & Wilson evenness index and Simpson diversity index and lentil yield in the first stage of sampling using stepwise regression

مدل **Model**	ضریب رگرسیون **Regression coefficient**	خطای معیار **Standard error**	ضریب بتا **Beta coefficient**	مقدار احتمال **P value**
ضریب ثابت Constant coefficient	127.666	19.016	_	0.000
شاخص اسمیت و ویلسون Smith & Wilson index	76.488	18.840	0.436	0.000
شاخص سیمپسون Simpson index	64.667	21.129	0.329	0.003

ارتفاع علف‌های‌هرز دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد عدس نبود، بنابراین از مدل حذف شدند.

ضریب رگرسیون: نشان‌دهنده ضریب هر متغیر بر اساس واحد اندازه‌گیری آن‌ها

خطای معیار: انحراف استاندارد مقدار پیش‌بینی‌شده در سطوح مختلف متغیر مستقل

ضریب بتا: ضریب استانداردشده که در آن تفاوت اندازه اعداد مربوط به متغیرهای مستقل شده است.

The weeds height did not have a significant effect on lentil yield, so removed from the model.

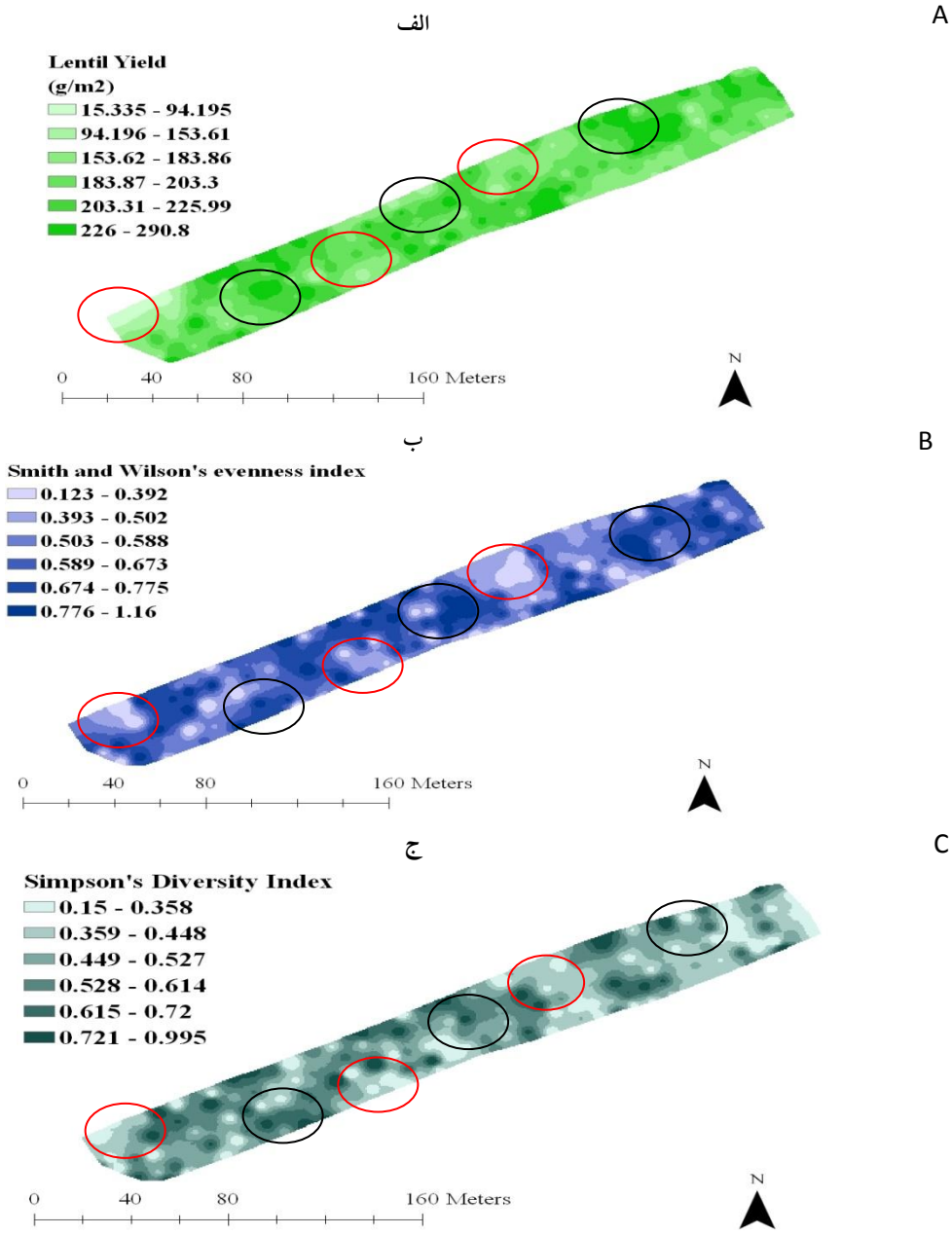
Regression coefficient: represents the coefficient of each variable based on their unit of measurement.

Standard error: The standard deviation of the predicted value at different levels of the independent variable

Beta coefficient: Standardized coefficient where the difference in the size of the values of independent variables is modified.

بررسی نقشه‌های مکانی مربوط به عملکرد عدس، شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون و شاخص تنوع سیمپسون نشان داد که عملکرد عدس، از نظر مکانی دارای همبستگی با دو شاخص ذکرشده بود؛ به‌طوری‌که در نواحی با عملکرد کم عدس، شاخص‌های یکنواختی و تنوع نیز از مقدار کمی برخوردار بودند و در نواحی که عملکرد عدس بالا بود، یکنواختی و تنوع علف‌های‌هرز نیز از مقدار بالاتری برخوردار بودند (شکل ۱). این امر نشان می‌دهد که افزایش تنوع و یکنواختی در مزارع (به عنوان مثال با افزایش تنوع کشت در بعد مکان و زمان) می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی علف‌های‌هرز روی عملکرد محصول شود. علاوه بر این، افزایش تنوع علف‌های‌هرز می‌تواند منجر به ارتقای کارکردی زیست‌بوم‌های کشاورزی شود (Fried *et al.*, 2009; Plaza *et al.*, 2011).

حضور برخی علف‌های‌هرز می‌تواند علاوه بر ایجاد روابط پیچیده مثبت در مزرعه، منبع تغذیه پرندگان و حشرات مفید نیز باشند (Cardwell *et al.*, 1994; Moreby & Southway, 1999; Marshall *et al.*, 2003). علاوه بر این، کاهش جمعیت و تنوع علف‌های‌هرز بومی می‌تواند منجر به افزایش حضور گونه‌های مهاجم پرخسارت شود (Baessler & Klotz, 2006; Simberloff, 2006; Downey *et al.*, 2009). ازاین‌رو، آگاهی از جوامع علف‌های‌هرز و همچنین روابط آن‌ها با گیاه زراعی می‌تواند جنبه‌های مثبت حضور علف‌های‌هرز در مزارع را نمایان و در نتیجه مدیریت بهتر علف‌های‌هرز مزارع را با افزایش دانش در این حوزه به همراه داشته باشد.



شکل ۱- توزیع مکانی الف- عملکرد عدس، ب- شاخص یکنواختی اسمیث و ویلسون و ج- شاخص تنوع سیمپسون

Fig. 1. Spatial distribution; A. Lentil yield, B. Smith and Wilson evenness index and C. Simpson diversity index

تأثیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی بر عملکرد عدس در مرحله دوم نمونه‌برداری

نتایج مربوط به تأثیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز (بر اساس وزن خشک) به‌عنوان متغیر مستقل بر عملکرد عدس به‌عنوان متغیر وابسته، نشان داد که مدل رگرسیونی مربوطه معنی‌دار نبوده و قادر به بیان تغییرات متغیر وابسته تحت تأثیر متغیرهای مستقل نیست. بر این اساس هیچ‌یک از شاخص‌های مورد بررسی در این مرحله تأثیر معنی‌داری بر عملکرد عدس نداشتند. با توجه به نتایج مربوط به گونه‌های‌هرز ثبت‌شده در مزرعه (جدول ۱) می‌توان گفت در مرحله اول نمونه‌برداری تعداد گونه‌های علف‌هرز بیشتری در مزرعه حضور داشتند و برهمکنش بین گونه‌های علف‌های‌هرز و

گیاه زراعی در بیشترین میزان خود بود و کم و زیاد بودن شاخص‌های تنوع و یکنواختی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد محصول داشتند، اما در زمان برداشت محصول گونه‌های کمی باقی‌مانده و شاخص‌ها تأثیر چندانی بر عملکرد نداشتند.

نتیجه‌گیری

به‌طوری کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که درمجموع ۴۵ گونه علف‌هرز در مرحله اول نمونه‌برداری و ۲۸گونه در مرحله دوم نمونه‌برداری مشاهده شد که اکثر این گونه‌ها یک‌ساله و پهن‌برگ بودند که حضور آن‌ها در سایر مزارع عدس نیز گزارش شده است. حضور علف‌های‌هرز در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری منجر به کاهش عملکرد عدس شد. به‌این‌ترتیب که افزایش علف‌های‌هرز به تعداد یک بوته در مترمربع منجر به کاهش عملکرد دانه عدس به مقدار ۰/۸۳ گرم در مترمربع شد. علاوه بر این یک گرم افزایش وزن خشک علف‌های‌هرز در مترمربع منجر به کاهش ۰/۲۷ گرمی عملکرد دانه در مترمربع گردید. این در حالی بود که تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز دارای اثر مثبت و معنی‌دار روی عملکرد عدس بود، به‌طوری‌که افزایش یک واحدی در شاخص‌های یکنواختی اسمیث و ویلسون و تنوع سیمپسون منجر به افزایش عملکرد دانه عدس به مقدار ۷۶/۴۸ و ۶۴/۶۶ گرم در مترمربع شد. درواقع با افزایش تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز و افزایش تعاملات مثبت و منفی مابین آن‌ها به نظر می‌رسد که اثرات مثبتی نیز روی عملکرد حاصل آمد. توزیع مکانی عملکرد عدس در مزرعه یکنواخت نبوده و در نقاط مختلف عملکردهای مختلف به دست آمد. بررسی نقشه‌های مکانی عملکرد عدس و شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز نشان داد که در بسیاری از نقاط مختلف مزرعه با افزایش تنوع و یکنواختی جوامع علف‌های‌هرز عملکرد عدس نیز پاسخ مثبت نشان داده و مقادیر بالایی از عملکرد در آن نقاط ثبت شد. در حقیقت افزایش تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز در مزارع می‌تواند باعث تقسیم عادلانه‌تر منابع و خسارت‌زایی کمتر برخی گونه‌های علف‌های‌هرز شود. ازاین‌رو، توجه به تنوع زیستی مزارع که بخش مهمی از آن توسط علف‌های‌هرز تأمین می‌شود، می‌تواند با افزایش آگاهی تصمیمات بهتری را در مدیریت علف‌های‌هرز مزارع به دنبال داشته باشد.

منابع

1. Abdollahi, F., and, Mohammad Doost Chamanabad, H. 2015. Effect of wild Mustard weed competition on yield and yield components of 18 wheat cultivars. International Conference on Applied Research in Agriculture, Tehran, Malard. (In Persian).
2. Afshari, M. 2010. Estimation of Multivariate Competition and Seasonal Dynamics of Weed Population and Determination of Growth Indices, Yield and Yield Components of Maize (*Zea Mays* L.) in Field Conditions. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, p. 100pp.
3. Ahmadi, A., Rashed Mohasel, M.H., Khazaei, H.R., Ghanbari, A., Ghorbani, R., and Mousavi, S.K. 2013. Weed floristic composition in Lentil (*Lens culinaris*) farms in Khorramabad. Iranian Crop Research. 11: 45-53. (In Persian with English Summary).
4. Altieri, M.A. 1999. The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems. Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes. Elsevier, pp. 19-31.
5. Asghari, M., and, Armin, M. 2014. Effect of weed interference in different agronomic managements on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Crop Ecophysiology 8: 407-422. (In Persian with English Summary).
6. Baessler, C., and Klotz, S. 2006. Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. Agriculture, Ecosystems & Environment 115: 43-50.
7. Bagheri, A., Rashed Mohassel, M.H., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahalati, M. 2010. Evaluation of spatial distribution and weed dynamics in a wheat farm. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 646-657. (In Persian).
8. Brim-DeForest, W.B., Al-Khatib, K., and Fischer, A.J. 2017. Predicting yield losses in rice mixed-weed species infestations in California. Weed Science 65: 61-72.
9. Camargo, J. 1993. Must dominance increase with the number of subordinate species in competitive interactions. Journal of Theoretical Biology 161: 537-542.
10. Cardwell, C., Hassall, M., and White, P. 1994. Effects of headland management on Carabid Beetle communities in Breckland cereal fields. Pedobiologia (Germany).
11. Cheam, A., and Code, G. 1995. The biology of Australian weeds. 24. *Raphanus raphanistrum* L. Plant Protection Quarterly 10: 2-13.

12. Cierjacks, A., Pommeranz, M., Schulz, K., and Almeida-Cortez, J. 2016. Is crop yield related to weed species diversity and biomass in coconut and banana fields of Northeastern Brazil? Agriculture, Ecosystems & Environment 220: 175-183.
13. Coulis, M., Bernard, L., Gérard, F., Hinsinger, P., Plassard, C., Villeneuve, M., and Blanchart, E. 2014. Endogeic earthworms modify soil Phosphorus, plant growth and interactions in a legume-cereal intercrop. Plant and Soil 379: 149-160.
14. Cressman, S.T., Page, E.R., and Swanton, C.J. 2011. Weeds and the red to far-red ratio of reflected light: characterizing the influence of herbicide selection, dose, and weed species. Weed Science 59: 424-430.
15. Downey, P.O., Williams, M.C., Whiffen, L.K., Turner, P.J., Burley, A.L., and Hamilton, M.A. 2009. Weeds and biodiversity conservation: A review of managing weeds under the New South Wales threatened species conservation Act 1995. Ecological Management & Restoration 10: S53-S58.
16. Ejtehadi, H., Sepehri, A., and Akkafi, H. 2009. Methods of Measuring Biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran.
17. Erman, M., Tepe, I., Bukun, B., Yergin, R., and Taskesen, M. 2008 .Critical period of weed control in winter lentil under non-irrigated conditions in Turkey. African Journal of Agricultural Research 3: 523-530.
18. Esfandiari, H., and Hashemi Jozi , S.H. 2005. Evaluation of Herbicide Effects on Weed Control of Bean in Different Densities. Procceding Puluse. Plant Scientific Research Institute, Mashhad, Ferdowsi University. p. 1-4.
19. FAO. 2016. Faostat. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en.
20. Fried, G., Petit, S., Dessaint, F., and Reboud, X. 2009. Arable weed decline in Northern France: crop edges as Refugia for weed conservation? Biological Conservation 142: 238-243.
21. Giambalvo, D., Ruisi, P., Di Miceli, G., Frenda, A.S., and Amato, G. 2010. Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of Durum wheat genotypes as affected by interspecific competition. Agronomy Journal 102: 707-715.
22. Jafarizade, S., and Modhej, A. 2011. Evaluation of Mallow weed (*Malva* Spp.) competition on wheat seed yield at different levels of Nitrogen. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 767-777. (In Persian).
23. Karimmojeni, H., Yousefi, A.R., Kudsk, P., and Bazrafshan, A.H. 2015. Broadleaf weed control in winter-sown Lentil (*Lens Culinaris*). Weed Technology 29: 56-62.
24. Knott, C.M., and Halila, H.M. 1988. Weeds in Food Legumes: Problems, Effects and Control. In: Summerfield, R.J. (Ed.), World Crops: Cool Season Food Legumes: A Global Perspective of the Problems and Prospects for Crop Improvement in Pea, Lentil, Faba Bean and Chickpea. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 535-548.
25. Marshall, E., Brown, V., Boatman, N., Lutman, P., Squire, G., and Ward, L. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research 43: 77-89.
26. Mohamed, E.S., Nourai, A.H., Mohamed, G.E., Mohamed, M.I., and Saxena, M.C. 1997. Weeds and weed management in irrigated Lentil in Northern Sudan. Weed Research 37: 211-218.
27. Moreby, S., and Southway, S. 1999. Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in Southern England. Agriculture, Ecosystems & Environment 72: 285-297.
28. Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2013. Weed population and interference response to sowing date and Lentil (*Lens Culinaris* Med.) cultivar in dryland condition of Khorramabad. Agricultural and Natural Resources Research Center of Lorestan 2: 111-128.
29. Myers, M.W., Curran, W.S., Vangessel, M.J., Majek, B.A., Scott, B.A., Mortensen, D.A., Calvin, D.D., Karsten, H.D., and Roth, G.W. 2005. The effect of weed density and application timing on weed control and corn grain yield. Weed Technology 19: 102-107.
30. Plaza, E.H., Kozak, M., Navarrete, L., and González-Andújar, J.L. 2011. Tillage system did not affect weed diversity in a 23-year experiment in Mediterranean dryland. Agriculture, Ecosystems & Environment 140: 102-105.
31. Radosevich, S.R., Holt, J.S., and Ghersa, C.M. 2007. Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management. John Wiley & Sons.

32. Salehian, H., ghanbari, A., Rahimian.Mashhadi, H., and Majidi, E. 2003. Investigation of wheat and weed interference in field conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 1: 109-121. (In Persian).
33. Sarker, A., and Erskine, W. 2006. Recent progress in the ancient Lentil. The Journal of Agricultural Science 144: 19-29.
34. Shannon, C.E., and Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication (Champaign, Il. Urbana: University of Illinois Press.
35. Simberloff, D. 2006. Invasional meltdown 6 years later: important phenomenon, unfortunate Metaphor, or both? Ecology Letters 9: 912-919.
36. Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. Nature.
37. Smith, B., and Wilson, J.B. 1996. A Consumer's Guide to Evenness Indices. Oikos. 76: 70-82.
38. Sohrabi, N., Bagheri, A., Mondani, F., and Nosrati, A. 2016. Evaluation the Relationship between Weeds and Some Factors Affecting the Yield of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) in Sanjabi Region, Ravansar. MSc Thesis. Razi University. p. 71.
39. Song, J.S., Kim, J.W., Im, J.H., Lee, K.J., Lee, B.W., and Kim, D.S. 2017 .The Effects of single and multiple weed Interference on Soybean yield in the far-Eastern region of Russia. Weed Science 65: 371-380.
40. Toler, J.E., Guice, J.B., and Murdock, E.C. 1996. Interference between Johnsongrass (*Sorghum halepense*), Smooth Pigweed (*Amaranthus hybridus*), and Soybean (*Glycine Max*). Weed Science 331-338.
41. Whish, J.P.M., Sindel, B.M., Jessop, R.S., and Felton, W.L. 2002. The Effect of row spacing and weed density on yield loss of Chickpea. Australian Journal of Agricultural Research 53: 1335-1340.
42. Yenish, J.P., Brand, J., Pala, M., and Haddad, A. 2009. Weed Management in Lentil. pp. 326-342.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 221-234 (Research Article)

Evaluation of the effect of weed diversity and evenness on lentil (*Lens culinaris* L.) yield

Zargarian[1], N., Bagheri[2*], A.R., Nosrati[3], I. & Mondani[4], F.

1. Graduated Student, Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; negin.zargarian@gmail.com
2. Assistant Professor, Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Associate Professor, Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; i.nosratti@razi.ac.ir
4. Associate Professor, Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; f.mondani@razi.ac.ir

Received: 5 May 2019
Accepted: 22 June 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.77217

Introduction

Lentil is one of the most important legumes in rainfed and irrigated cultures, which is sensitive to weeds due to its low density and growth rate in early stages of growth. Therefore, lentil weed control is essential to prevent crop loss. Most studies of weed and crop competition have focused on mono-species competition, while generally there is not observed and the multispecies competition effects of weed populations are important. On the other hand, studies have shown that the presence of weeds in agricultural ecosystems is not always negative, even the presence of different weed species along the crop with increased diversity and nutrient cycling can lead to positive effects. Therefore, the knowledge of the effects of presence of different weed species on a field and the relationship between them is important. In this study, the relationships between weed communities in a lentil field and the effect of diversity indices on lentil yield were investigated.

Material and Methods

This experiment was conducted on one of rainfed lentil fields of the Agricultural and Natural Resources Campus of Razi University in Kermanshah during 2016 growing season. Systematic sampling was performed in two stages (before flowering and before physiologic maturity) to record weed density, height and dry matter as well as lentil grain yield. In addition, weed diversity and evenness indices (Shannon Weiner, Simpson, Smith and Wilson and Camargo Indices) were calculated using weed record data. The relationships between weeds and lentils were extracted by stepwise regression using SPSS statistical software V.20 and the spatial maps of weeds and lentil diversity were drawn using ArcGIS 10.2.2 software.

Results and Discussion

The results of this study showed that a total of 45 weed species were recorded in the first stage of sampling and 28 species in the second stage of sampling. Recorded weed species in the studied lentil field were according to the important weed species of lentil farms in the west of Iran. So that, Brassicaceae, Asteraceae and Convolvulaceae were most frequented families, in addition, the most of the recorded species were broadleaves and the narrow leaves did not have much frequency. The results also showed that lentil yield was significantly affected by weed density and dry matter in the first and second stages of sampling, respectively. It has been stated that the high density of weeds during the vegetative period decreases biological yield and subsequently grain yield of the crops. Researchers also reported a negative correlation between yield and dry weight of weeds. The results of the effect of weed population evenness and diversity on lentil yield in the first sampling stage showed that Smith and Wilson evenness index and Simpson diversity index had a significant positive effect on lentil yield. In the study of, also there was a significant positive relationship between yield and weed diversity indices. However, in the second stage of sampling

[*]**Corresponding Author:** alireza884@gmail.com

on lentil yield in the first sampling stage showed that Smith and Wilson evenness index and Simpson diversity index had a significant positive effect on lentil yield. In the study of, also there was a significant positive relationship between yield and weed diversity indices. However, in the second stage of sampling weed evenness and diversity did not have a significant effect on lentil yield. The study of spatial maps of lentil yield, Smith and Wilson evenness index and Simpson diversity index showed that the lentil yield was spatially correlated with weed evenness and diversity. In areas with low lentil yield, weed evenness and diversity were also low and in areas where lentil yield was high weed evenness and diversity were also high. This suggests that increased diversity and evenness in the fields can reduce the negative effects of weeds on crop yield.

Conclusion

It can be concluded that the presence of weeds in the first and second stages of sampling led to decreased lentil yield, while the weed diversity and evenness had a positive and significant effect on lentil yield. In fact, by increasing the diversity and evenness of weeds and increasing the positive and negative interactions between them with other organisms, it seems that there was a positive effect on the lentil yield. In fact, increasing the weed diversity and evenness in farms could results in a fairer division of resources and less damages of some weed species on yield. The spatial distribution of the weed diversity and evenness, and its comparison with lentil yield showed a positive spatial relationship between increasing the weed diversity and evenness and lentil yield. Hence, increasing knowledge about weeds as well as their relationship with crops can reveal the positive aspects of weed presence in farms and, consequently, better weed management by increasing awareness in this field.

Keywords: Diversity and evenness indices, Grain yield, Pulses, Weed spatial distribution

پژوهش های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران سال(دوره)۱۲ شمارۀ۱، نیمۀ اوّل ۱۴۰۰، شمارۀ پیاپی: ۲۳
(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	گودرز	احمدوند	دانشکده کشاورزی دانشگاه همدان
دکتر	سید وحید	اسلامی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	محمدبهزاد	امیری	دانشگاه گناباد
دکتر	ابراهیم	ایزدی دربندی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی	ایزدی دربندی	دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
دکتر	عباس	بیابانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد
دکتر	محمودرضا	تدین	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
دکتر	محسن	جهان	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	کمال	حاج‌محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	دشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی
دکتر	مهدی	راستگو	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	جمشید	رزمجو	دانشکده کشاورزی دانشگاه اصفهان
دکتر	محسن	عدالت	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	حسن	فرحبخش	دانشگاه شهیدباهنر کرمان
دکتر	حمیدرضا	فلاحی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	مختار	قبادی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر	علی	قنبری	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	ابراهیم	کازرونی منفرد	دانشگاه جامع علمی کاربردی گیلان
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	ناصر	مجنون‌حسینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
دکتر	سهراب	محمودی	دانشگاه بیرجند
دکتر	علی	مختصی بیدگلی	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر	مجتبی	ممرآبادی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دانشجوی دکتری	سجاد	میجانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکدۀ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مهدی	نصیری محلاتی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Title	Author(s)	Page
• **Effect of different irrigation intervals on some morphophysiological characteristics of different genotypes of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*)**	Dadgar, M., Rastegar, S. & Piri, H.	**156**
• **Relationships between some agronomic traits related to yield in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under Aschochyta blight stress conditions**	Rahmatpour, M., Taliei, F., Sabouri, H. & Kheirgu, M.	**171**
• **Selection of sieved drought tolerant lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes via five new tolerance indices in Mashhad conditions**	Vafaei, M.H., Parsa, M., Nezami, A. & Ganjeali, A.	**187**
• **Evaluation and selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci types for salinity tolerance introduction**	Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A. & Boroumand Rezazadeh, E.	**205**
• **Evaluation of the effect of weed diversity and evenness on lentil (Lens culinaris L.) yield**	Zargarian, N., Bagheri, A.R., Nosrati, I. & Mondani, F.	**221**

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles

Vol. 12, No. 1, 2021, S. No.: 23

Title	Author(s)	Page
• **Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition**	Hajishabani, H., Mondani, F. & Bagheri, A.R.	**12**
• **Morphophysiological and biochemical characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to tea waste mulch and weed control**	Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Talebi-Siah Saran, P. & Hosseini, S.R.	**26**
• **Response of yield and yield compounds of rain-fed chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to plant density and weed interference**	Fallahi, A., Ahmadvand, G., Mondani, F. & Aliverdi, A.	**41**
• **The effect of cycocel spraying on yield and yield components of spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions**	Safari, D. & Azadikhah, M.	**58**
• **Evaluation of response of Red bean cultivars with two different growth habits on weed competition**	Tabatabaiepour, S.Z., Tahmasebi, Z., Taab, A.R. & Rashidi Monfared, S.	**68**
• **Effect of priming and foliar application of different amino acids on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in late sowing**	Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S.A.M. & Ebrahimi-Esborezi, H.	**88**
• **Evaluation of yield components, yield and competitive power of chickpea cultivars under weed interference**	Seyedi, S.M. & Hamzei, J.	**100**
• **Symbiosis effects of *Mycorrhizal* and *Pseudomonas* on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under moisture stressed condition**	Salehi, M., Faramarzi, A., Farboodi, M., Mohebalipour, N. & Ajalli, J.	**111**
• **Evaluation of yield and yield components of green bean and bell pepper under replacement and additive intercropping systems**	Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Hatefi Farajian, M.H.	**127**
• **Effect of biological and chemical fertilizers and weed control methods on lentil (*Lens culinaris* Medik.) biomass and seed yield**	Izadi-Darbandi, E. & Maghsoudi, A.	**144**

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 12, No. 1, 2021, S. No.: 23

Published by: Ferdowsi University of Mashhad
Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi
Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami
Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar
Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani
Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar
Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi
Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi
Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Izadi Darbandi
Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini
Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Saeid Malekzadeh Shafaroudi
Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini
Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi
Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Nezami
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan
Professor, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour
Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.); Dr. M. Bannayan
Assistant: H. Talachian; R. Asadi

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: (ISC) Islamic World Science Citation Center (http://www.isc.gov.ir); (magiran) Iranian Journals Database (http://www.magiran.com); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (http://scholar.google.com)

Address:
Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran
P.O. Box: 91775-1653**; ZIP Code:** 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804801 & 38804812**; Fax:** +98-51-38807024;
E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** http://ijpr.um.ac.ir

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 12(1); June2021; S.No.23

• **Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition**	Hajishabani, H., Mondani, F. & Bagheri, A.R.
• **Morphophysiological and biochemical characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to tea waste mulch and weed control**	Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Talebi-Siah Saran, P. & Hosseini, S.R.
• **Response of yield and yield compounds of rain-fed chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to plant density and weed interference**	Fallahi, A., Ahmadvand, G., Mondani, F. & Aliverdi, A.
• **The effect of cycocel spraying on yield and yield components of spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions**	Safari, D. & Azadikhah, M.
• **Evaluation of response of Red bean cultivars with two different growth habits on weed competition**	Tabatabaiepour, S.Z., Tahmasebi, Z., Taab, A.R. & Rashidi Monfared, S.
• **Effect of priming and foliar application of different amino acids on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in late sowing**	Heidarzadeh, A., Modarres-Sanavy, S.A.M. & Ebrahimi-Esborezi, H.
• **Evaluation of yield components, yield and competitive power of chickpea cultivars under weed interference**	Seyedi, S.M. & Hamzei, J.
• **Symbiosis effects of *Mycorrhizal* and *Pseudomonas* on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.)Wilczek) under moisture stressed condition**	Salehi, M., Faramarzi, A., Farboodi, M., Mohebalipour, N. & Ajalli, J.
• **Evaluation of yield and yield components of green bean and bell pepper under replacement and additive intercropping systems**	Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Hatefi Farajian, M.H.

(Complete list, inside the journal...)