پژوهش های حبوبات ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
سال (دوره) ۱۲، شماره ۲، نیمه دوم ۱۴۰۰ - شماره پیاپی: ۲۴

- بررسی مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخـود (*Cicer arietinum* L.) با استفـاده از مدل دوتکه‌ای در شرایط قطع آبیاری، کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی — رئوف سیدشریفی و رضا سیدشریفی
- اثرات دگرآسیبی توق (*Xanthium strumarium* L.) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) — محمد میرزایی و سعید سعیدی‌پور
- ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L.) (Thysanoptera: Thripidae) روی پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی در شرایط مزرعه — صدیقه اشتری
- ارزیابی اثرات خوشه‌چینی علف‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) در تناوب زراعـی بر عملکرد نخـود در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام در شـرایط اقلیمی لرستـان — سیدکریم موسوی
- اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری — غلامرضا زمانی، داوود قطبی‌نژاد، محمدحسن سیاری و زهره نبی‌پور
- تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکـرد و برخی ویژگی‌های آگروفیـزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم — سیامک رنجبر، محمداقبال قبادی و مختار قبادی
- ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران — بهنام بخشی، معصومه پوراسماعیل و محمد کشت گر خواجه داد
- تأثیر همـزیستی میـکوریزای آرباسکولار و شبه میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) — محمدجواد ارشدی، مهدی پارسا، امیر لکزیان و محمد کافی
- تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس) — بهرام کمالی، علی راحمی کاریزکی، عباس بیابانی و مهدی ملاشاهی

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

با همکاری
دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشگاه تربیت مدرس
دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
واحد علوم و تحقیقات
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
پژوهش های حبوبات ایران
نشریه علمی - دوفصلنامه
سال (دوره) ۱۲، شماره ۲، نیمه دوم 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، شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰- شمارهٔ پیاپی: ۲۴

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، شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰، شمارهٔ پیاپی: ۲۴

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• **بررسی مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از مدل دوتکه‌ای در شرایط قطع آبیاری، کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی**	رئوف سیدشریفی و رضا سیدشریفی	۱۲
• **اثرات دگرآسیبی توق (*Xanthium strumarium* L.) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)**	محمد میرزایی و سعید سعیدی‌پور	۲۶
• **ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L.) (Thysanoptera: Thripidae) روی پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی در شرایط مزرعه**	صدیقه اشتری	۳۴
• **ارزیابی اثرات خوشه‌چینی علف‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) در تناوب زراعی بر عملکرد نخود در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام در شرایط اقلیمی لرستان**	سیدکریم موسوی	۴۶
• **اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری**	غلامرضا زمانی، داوود قطبی‌نژاد، محمدحسن سیاری و زهره نبی‌پور	۵۷
• **تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم**	سیامک رنجبر، محمداقبال قبادی و مختار قبادی	۶۹
• **ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران**	بهنام بخشی، معصومه پوراسماعیل و محمد کشت‌گر خواجه‌داد	۸۵
• **تأثیر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شِبه میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)**	محمدجواد ارشدی، مهدی پارسا، امیر لکزیان و محمد کافی	۱۰۴
• **تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس)**	بهرام کمالی، علی راحمی کاریزکی، عباس بیابانی و مهدی ملاشاهی	۱۲۲
• **اثر اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.)**	فردین مؤمنی، علیرضا ابدالی مشهدی، سید عطاله سیادت، بابک پاکدامن سردرود و مختار قبادی	۱۳۶

• **اثرات ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشدی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش‌کمبود آب**	سیده سمیرا طباطبایی، محسن جهان و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف	**۱۵۱**
• **اثر تاریخ کاشت و رقم بر تراکم و خسارت مگس مینوز برگ نخود (*Liriomyza congesta* (Becker) در منطقه اشنویه، استان آذربایجان‌غربی**	نجم‌الدین عباسی، اکبر قاسمی کهریزه و عباس حسین‌زاده	**۱۶۵**
• **بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی**	سعید حیدرزاده، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه و امیر رحیمی	**۱۸۳**
• **استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی در گیاه نخود با تأکید بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک**	راهله احمدپور، اعظم سلیمی، هانیه زیدی و نظام آرمند	**۱۹۹**
• **تجزیه پایداری برخی از ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با شاخص‌ها و نمودارهای روش امی**	رحمت‌الله کریمی‌زاده، پیام پزشک‌پور، محمد برزعلی، محمد آرمیون و پیمان شریفی	**۲۱۴**

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 شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰
صفحۀ ۲۵-۱۲، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 12-25
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84971

بررسی مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از مدل دوتکه‌ای در شرایط قطع آبیاری، کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی

رئوف سیدشریفی[1]* و رضا سیدشریفی[2]

۱- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۲- دانشیار ژنتیک و اصلاح دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل؛
reza_seyedsharifi@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
سیدشریفی، ر.، و سیدشریفی، ر. ۱۴۰۰. بررسی مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) با استفاده از مدل دوتکه‌ای در شرایط قطع آبیاری، کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۲۵-۱۲.

چکیده

به منظور بررسی مؤلفه‌های پُرشدن دانۀ نخود با استفاده از مدل دوتکه‌ای در شرایط قطع آبیاری، کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای پیرالقر اردبیل در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: کاربرد متانول در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم مصرف به‌عنوان شاهد، کاربرد مزوریزوبیوم سیسری، کاربرد توأم میکوریز و مزوریزوبیوم سیسری، کاربرد مزوریزوبیوم سیسری با سودوموناس و میکوریز) و آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع غلاف‌دهی). از مدل خطی دوتکه‌ایی برای کمی‌کردن مؤلفه‌های مربوط به پُرشدن دانه استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین تعداد و وزن گره (به‌ترتیب ۱۱/۶ و ۱۳/۲۱ میلی‌گرم در بوته)، شاخص سبزینگی (۵۰/۲۸)، سرعت پُرشدن دانه (۰/۰۱۱ گرم در روز)، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه (به‌ترتیب ۳۹/۵۷ و ۳۲/۲ روز) و عملکرد دانه (۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل و سطوح بالای متانول و کاربرد مزوریزوبیوم سیسری با سودوموناس و میکوریز به دست آمد که از یک افزایش، به ترتیب ۲۳۷ و ۱۴۸درصدی تعداد و وزن گره، ۸۴/۱۷ درصدی شاخص سبزینگی، ۳۴/۴۸ درصدی سرعت پُرشدن دانه، ۲۱/۳۸ و ۲۵/۳درصدی به ترتیب طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه، ۱۱۱درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد متانول و کودهای زیستی در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی برخوردار بود. بر اساس نتایج این بررسی به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با کودهای زیستی و محلول‌پاشی با متانول در افزایش عملکرد، سرعت و طول دوره مؤثر پُرشدن دانه در شرایط محدودیت آبی تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: ریزوبیوم لگومینوزاروم؛ سودوموناس؛ عملکرد؛ محدودیت آبی؛ میکوریز

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی بوده و در بین حبوبات سطح زیرکشت آن در کشور حدود ۴۸۵ هزار هکتار برآورد شده است که معادل ۶۵درصد از کل سطح برداشت حبوبات است و در این میان سهم اراضی دیم نخود بیش از ۹۵ درصد است (Ministry of Jihad Agriculture, 2018). عملکرد این گیاه نسبت به میانگین عملکرد جهانی و کشورهای مهم تولیدکننده آن بسیار پایین است. عوامل و فاکتورهای مختلفی در پایین‌بودن عملکرد نخود در ایران مؤثر هستند که مهم‌ترین آن محدودیت آبی به خصوص در طول دوره رشد زایشی در مناطق خشک و نیمه خشک است (Sabaghpour *et al.*, 2019).

امروزه روش‌های مختلفی برای تعدیل و یا کاهش اثر ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. در این زمینه کاربرد کودهای

* نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

زیستی و متانول می‌توانند مقاومت گیاه را در برابر شرایط تنش زای محیط اعم از محدودیت آبی و شوری افزایش دهند (Hadi *et al.*, 2015). مصرف کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی نه‌تنها موجب افزایش مقاومت گیاهان می‌شود، بلکه میکروارگانیسم‌های ازدست‌رفته خاک را جبران می‌کند و افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر به وسیلۀ افزایش جذب مواد غذایی و قابل‌دسترس‌ساختن آن، موجب رشد بهینه گیاه می‌شوند (Roesti *et al.*, 2006). در این راستا Qiao *et al.*, (2011) در بررسی اثر قارچ میکوریز آربوسکولار بر مقاومت به خشکی گیاه نخود در شرایط کمبود رطوبت، دریافتند که همزیستی میکوریزی به طور قابل‌ملاحظه‌ای موجب توسعه سیستم ریشه‌ای، ارتفاع بوته و محتوای کلروفیل برگ‌ها شد. برخی محققان (Sohrabi *et al.*, 2012) در بررسی اثر قارچ‌های میکوریز بر دو رقم نخود در سطوح مختلف آبیاری دریافتند که کاربرد میکوریز در هر دو شرایط محدودیت آبی و آبیاری کافی، محتوای کلروفیل برگ‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش محتوای کلروفیل در طول دوره رشد به خصوص دورۀ پُرشدن دانه با افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام های فتوسنتزکننده و افزایش وزن دانه (Murchie *et al.*, 2002)، موجب افزایش سرعت و طول دوره پُرشدن دانه می‌شود (Tsuno *et al.*, 1994).

طولانی‌بودن طول دورۀ پُرشدن دانه امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Khalilzadeh *et al.*, 2018). برخی محققان اظهار داشتند محدودیت آبی موجب کاهش طول دوره پُرشدن دانه می‌شود و به دلیل کاهش این دوره، بذرها مواد کمتری را دریافت نموده و همین امر موجب می‌شود که حداکثر وزن بذر و به تبع از آن، عملکرد دانه کاهش یابد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2010). نتایج مشابهی نیز مبنی بر این‌که محدودیت آبی می‌تواند با کاهش تولید مواد فتوسنتزی، موجب اختلال در انتقال عناصر غذایی به دانه شود، توسط Lawlor & Cornic (2002) گزارش شده است.

یکی از راه‌کارهای مؤثر در تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به خصوص در گیاهان سه کربنه مانند نخود در شرایطی که با تنفس نوری زیاد مواجه هستند، استفاده از ترکیباتی مانند متانول است (Ramberg *et al.*, 2002). متانول به راحتی برای گیاهان قابل‌جذب می‌باشد و می‌تواند با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بخشی از تلفات کربن تثبیت شده توسط فتوسنتز را جبران نماید. دی‌اکسید کربن حاصل از اکسیداسیون سریع متانول با افزایش غلظت این ماده در بافت‌های فتوسنتزکننده، موجب افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، افزایش سرعت و میزان فتوسنتز و کاهش تنفس نوری می‌شود (Ramberg *et al.*, 2002). همچنین متانول تولیدشده در داخل گیاهان علاوه بر اثر مستقیم بر رشد، از طریق تحریک فعالیت باکتری‌های متیلوتروف نیز بر رشد گیاهان اثر قابل‌توجهی دارد، زیرا این باکتری‌ها با مصرف مقداری از متانول تولیدشده در برگ‌ها، منجر به تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین و سایتوکینین در گیاهان شده (Dorkhov *et al.*, 2015) و از طریق اثر بر روی محرک‌های تولید اتیلن موجب تأخیر در پیری برگ‌ها می‌شود. در این راستا Nemecek *et al.*, (1995) اظهار داشتند که محلول‌پاشی متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی موجب افزایش عملکرد، تسریع در رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و نیاز آبی گیاهان می‌شود. Amiri Deh Ahmadi *et al*, (2011) گزارش‌کردند که محلول‌پاشی متانول موجب افزایش محتوای کلروفیل نسبت به عدم کاربرد آن شد. Dawood *et al*, (2013) گزارش‌کردند که محلول‌پاشی متانول با غلظت‌های ۱۰ تا ۲۵ درصد حجمی بر تمامی صفاتی مانند تعداد دانه، تعداد غلاف، تعداد برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه و عملکرد سویا (*Glycine max* L.) معنی‌دار بود. برخی پژوهشگران گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در لوبیای (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش خشکی، موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و وزن خشک ریشه شد (Armand *et al.*, 2016).

در بیشتر مناطق کشور بخشی از دوران رشد زایشی نخود با کم‌آبی روبرو است. از این رو استفاده از روش‌هایی که موجب کاهش یا تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی شود، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا به دلیل اهمیت متانول و کودهای زیستی در تعدیل بخشی از این شرایط تنشی ایجاد شده و بررسی‌های محدود انجام‌شده در خصوص برهم‌کنش توأم این دو عامل (متانول و کودهای زیستی)، موجب شد تا تأثیر آن‌ها بر عملکرد و مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخود با استفاده از مدل دوتکه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این بررسی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای پیرالقر اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در سال ۹۷- ۱۳۹۶ اجرا شد. اقلیم محل اجرای آزمایش از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. متوسط بارش سالیانه آن بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی بین۳۰۰-۲۸۰ میلی‌متر متغیر

است. عوامل مورد بررسی شامل کاربرد متانول در سه سطح (عدم استفاده به‌عنوان شاهد، کاربرد ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی)، کودهای زیستی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد مزوریزوبیوم سیسری، کاربرد توأم میکوریز و مزوریزوبیوم سیسری، کاربرد مزوریزوبیوم سیسری با سودوموناس و میکوریز) و سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله شروع غلاف‌دهی) بود. به منظور افزایش همزیستی میکوریزی از قارچ *Glomus mosseae* و بذور ضدعفونی‌نشده استفاده شد. این قارچ‌ها از شرکت زیست‌فناوران توران تهیه شد. میکوریز به مقدار ۲۰ گرم قارچ در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) بر اساس توصیه شرکت مذکور استفاده شد. تعداد اسپور زنده در هر گرم قارچ مورد استفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. کشت در مزرعه‌ای انجام شد که دو سال قبل از آن، هیچ گیاهی در آن مزرعه کشت نشده بود. در بهار به محض مساعدشدن شرایط اقلیمی، کاشت با دست در عمق چهار تا پنج سانتی‌متری و به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف سه متری با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. بین هر واحد آزمایشی حداقل ۱/۵متر فاصله نکاشت به منظور جلوگیری از اثر محلول‌پاشی و نشت آب به کرت‌های مجاور قرار داده شد. رقم مورد استفاده ILC482 بود. این رقم نیمه‌پاکوتاه و نیمه‌ایستاده است. به بیماری برق‌زدگی مقاوم بوده و از تحمل بالایی به سرما به خصوص سرمای ابتدای فصل برخوردار است. در مرحله چهار تا پنج برگی به منظور اعمال تراکم مناسب بوته‌ها (۳۵ بوته در مترمربع) که تراکم مطلوب و توصیه‌شده برای این رقم است، گیاهچه‌ها تنک شدند. برای تلقیح بذر با مزوریزوبیوم سیسری و سودوموناس پوتیدا از مایه تلقیحی که هرگرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده شد. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. تمامی بذرها به مدت دو ساعت به منظور تماس بهتر بذر با باکتری در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار داده شدند. محلول‌پاشی با متانول در دو مرحله از رشد (طی رشد رویشی یا مرحله V_3 یعنی زمانی‌که سومین برگ چندبرگچه‌ای از ساقه اصلی باز می‌شود و مرحله دیگر در اوایل گلدهی) بر اساس سطوح متانول انجام شد. با توجه به این‌که بهترین زمان محلول‌پاشی با متانول ساعت ۱۰ تا ۱۲ در روشنایی بود، تا حداکثر فتوسنتز انجام شود و نقش متانول بر صفات مورد ارزیابی بهتر نمایان شود (Nonomura & Benson 1992)، از این رو همه تیمارها در این محدوده زمانی محلول‌پاشی شدند. به هرکدام از محلول‌های تهیه‌شده با متانول دو گرم در لیتر گلایسین به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول اضافه شد.

به‌منظور تعیین اثر تیمارها بر گره‌زایی و وزن خشک گره، در هر واحد آزمایشی سه کیسه پلاستیکی به قطر ۴۰سانتی‌متر دو لایه در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک که کف پلاستیک‌ها به منظور زهکشی خاک سوراخ شده بود، در خطوط اصلی هر کرت با همان تراکم کاشت ۳۵ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. عملیات کاشت و دیگر عوامل زراعی در کیسه‌های پلاستیکی مشابه دیگر خطوط کاشت بود. سپس بوته‌های هر کیسه به همراه ریشه به‌طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها نسبت به شمارش تعداد گره‌ها اقدام شد. وزن خشک گره‌ها نیز بعد از قرارگیری در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد تعیین شد (Seyed Sharifi, 2016).

به منظور تعیین مؤلفه‌های پُرشدن دانه، ۱۲ روز بعد از تشکیل غلاف و شروع دوره پُرشدن دانه در داخل هر واحد آزمایشی تعدادی بوته به ظاهر مشابه و یکنواخت با نخ رنگی انتخاب و علامت‌گذاری شد. سپس در فواصل زمانی هر پنج روز یک‌بار، دو بوته مشابه و به ظاهر یکنواخت از بین بوته‌های انتخابی قبلی، به طور تصادفی از بین بوته‌های رقابت‌کننده در هر مرحله از نمونه‌برداری انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها جدا شده و سپس وزن خشک تک‌بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al.*, 2004). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر عوامل مربوط به پُرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم‌افزار SAS به صورت زیر استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t<t_0 \\ a + bt & t>t_0 \end{cases}$$ رابطه (۱)

در این رابطه، GW وزن دانه،t زمان، b سرعت پُرشدن دانه، t_0 پایان دوره پُرشدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پُرشدن دانه است؛ وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پُرشدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پُرشدن دانه یعنی سرعت پُرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه ۱ قرار داده شد و GW که وزن دانه است، محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پُرشدن دانه از رابطه زیر استفاده شد (Pieta-Filho & Ellis, 1992):

$$EFP = MGW/b$$ رابطه (۲)

در این رابطه EFP[۱] دوره مؤثر پُرشدن دانه، MGW[۲] حداکثر وزن دانه و b سرعت پُرشدن دانه (گرم در روز) است.

برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی، در هر واحد آزمایشی دو بوته و در هر بوته از چهار برگ انتهایی کاملاً توسعه یافته شاخص سبزینگی توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502، مینولتای ژاپن) قرائت و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه داده‌ها به کار گرفته شد. برای برآورد تعداد دانه در غلاف و غلاف در بوته در خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه هشت بوته به صورت تصادفی و از بین بوته‌های رقابت‌کننده برداشت و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد دانه با برداشت از سطحی معادل یک متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel 2007استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری، متانول و کودهای زیستی و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد دانه، شاخص سبزینگی، مؤلفه‌های پُرشدن دانه (سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه) و برخی دیگر از صفات مانند تعداد و وزن گره معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سطوح آبیاری در سطح احتمال پنج‌درصد و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و کودهای زیستی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد.

مؤلفه‌های پُرشدن دانه: نتایج نشان داد که الگوی نمو بذر در تمامی عوامل مورد بررسی از روند مشابهی برخوردار بود (شکل۱). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر خود رسید و پس از آن، از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به صورت یک خط افقی درآمد. حداکثر وزن دانه در شرایط آبیاری کامل با استفاده از مقادیر بالای متانول (۳۰ درصد حجمی) و کاربرد مزوریزوبیوم سیسری با سودوموناس و میکوریز و حداقل این مقدار در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی به دست آمد (جدول۳) که از اختلاف ۸۴/۴۶ درصدی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند. در این راستا برخی محققان (Ramberg *et al.*, 2002) معتقدند محتوای کلروفیل بواسطه کاربرد متانول افزایش می‌یابد، ضمن آن‌که دی‌اکسیدکربن حاصل از اکسیداسیون سریع متانول با افزایش غلظت این ماده در بافت‌های فتوسنتزکننده، موجب افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، افزایش سرعت و میزان فتوسنتز و کاهش تنفس نوری شده و به تبع آن، میزان فتوسنتز و وزن دانه افزایش می‌یابد (Gout *et al.*, 2000). بخشی از افزایش وزن دانه در شرایط آبیاری کامل و کاربرد سطوح بالای متانول و کودهای زیستی می‌تواند ناشی از بهبود مؤلفه‌های پُرشدن دانه (سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه) و شاخص سبزینگی در چنین ترکیبات تیماری باشد (جدول ۳)؛ به‌طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد، شاخص سبزینگی، سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه، به‌ترتیب از افزایش ۸۴/۱۷، ۳۴/۴۸، ۲۱/۳۸و ۲۵/۳ درصدی در شرایط آبیاری کامل، سطوح بالای متانول (۳۰ درصد حجمی) و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و سودوموناس در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی برخوردار بود (جدول ۳). نتایج این بررسی با نتایج پژوهش‌های دیگر محققان مبنی بر این‌که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پُرشدن دانه، به طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهند، مطابقت دارد (Khalilzadeh *et al.*, 2018). برخی کاهش دوره پُرشدن دانه تحت شرایط محدودیت آبی را به توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوای آب دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن نسبت داده‌اند (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2010). Tsuno *et al*, (1994) اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل در طول دوره رشد به ویژه دوره پُرشدن دانه، به دلیل تاخیر در پیری برگ، موجب افزایش مؤلفه‌های پُرشدن دانه می‌شود. Egamberdiyeva (2007) تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود رشد گیاهان را به جوانه‌زنی زودتر بذر، استقرار بهتر گیاهچه و افزایش رشد گیاهان در شرایط تلقیح نسبت دادند. در تمامی ترکیب‌های تیماری، بین کاربرد متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی در سطوح ثابت از آبیاری، از نظر دوره مؤثر پُرشدن، سرعت و طول دوره پُرشدن دانه تفاوت‌هایی وجود داشت. به بیانی دیگر شیب خط برازش‌شده یا سرعت پُرشدن دانه در ترکیبات مختلف تیماری یکسان نبود که حاکی از تفاوت در سرعت پُرشدن دانه می‌باشد. از آنجا که فراهمی اسیمیلات‌ها یک عامل مهم برای دوره مؤثر پُرشدن دانه محسوب می‌شود، لذا به نظر می‌رسد کاربرد متانول، به دلیل افزایش میزان اسیمیلاسیون و نقل و انتقال مواد به دانه، موجب می‌شود سرعت پُرشدن دانه افزایش یابد.

۱. Effective Grain Filling Period

۲. Maximum of Grain Weight

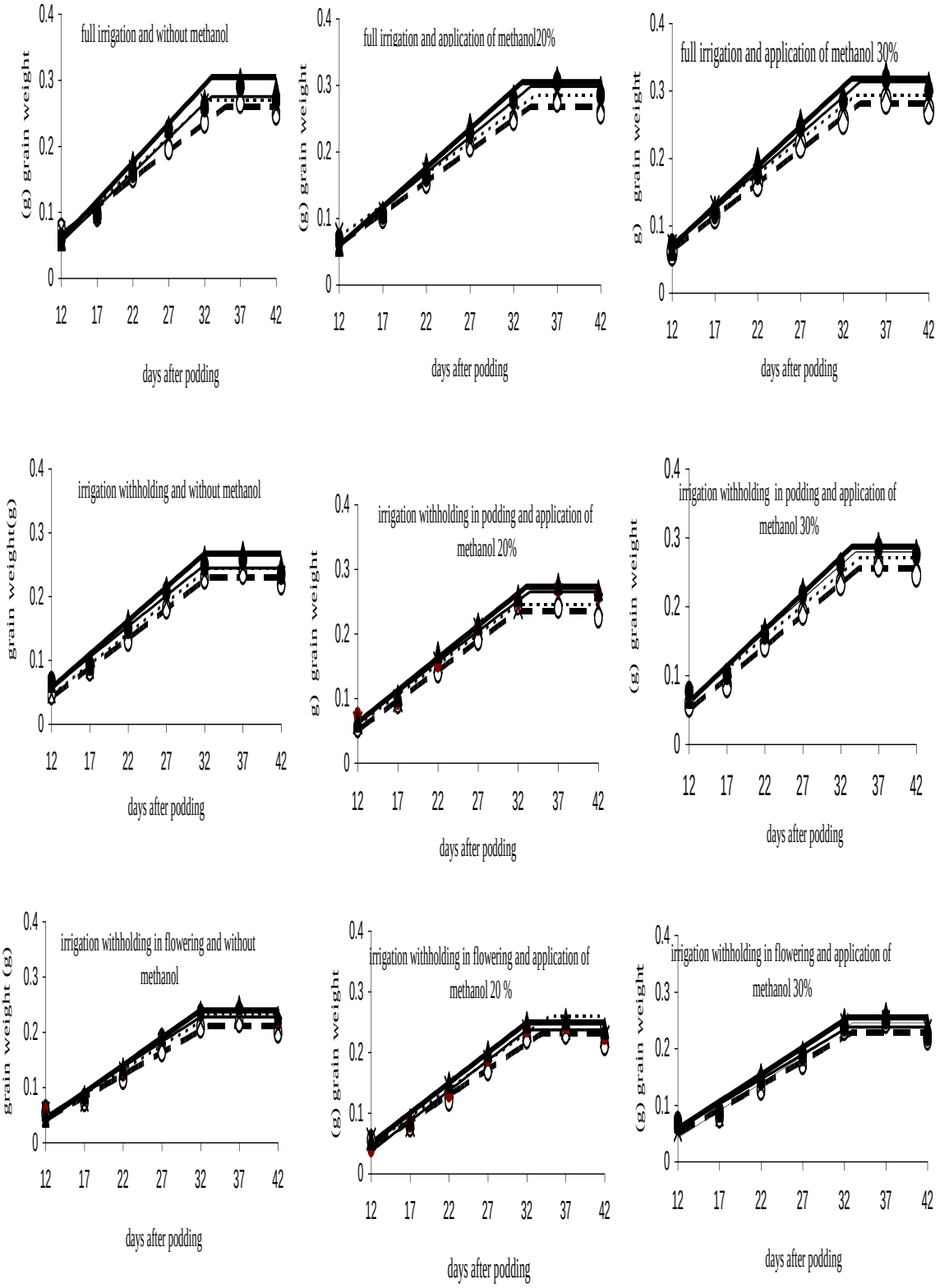
جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر سطوح آبیاری، متانول و کودهای زیستی بر شاخص سبزینگی، مولفه های پر شدن دانه و برخی صفات نخود

Table 1.- Analysis of variance the effects of irrigation levels, methanol application and bio fertilizers on chlorophyll index, grain filling components and some chickpea traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S									
		حداکثر وزن تک دانه Maximum of Grain Weight	سرعت پر شدن Rate Grain Filling	طول دوره پر شدن Grain Filling Period	دوره موثر پر شدن دانه Effective Grain Filling Period	شاخص سبزینگی Chlorophyll Index	تعداد گره در بوته Number of Nodule per Plant	وزن خشک گره Weight of Nodules per Plant	دانه در غلاف Seed per Pod	غلاف در بوته Pod per Plant	عملکرد دانه Grain Yield
تکرار Replication	2	**0.0932	0.000135**	1816.22**	987.66**	346.87**	90.17**	7.93**	0.449	309.29**	76198.17**
سطوح آبیاری Irrigation Levels	2	0.0249**	0.000013**	319.94**	42.64**	1227.62**	2.30**	0.93**	0. 18*	275.59**	1293372.5**
کودهای زیستی Bio fertilizers	2	0.00618**	0.00000083**	6.89**	29.118**	215.74**	10.43**	28.13**	0.077^{ns}	213.89**	183565**
متانول Methanol	3	0.00551**	0.0000125**	1.73**	4.54**	19.33**	263.15**	194.41**	0.053^{ns}	256.95**	175365.7**
آبیاری×کودهای زیستی Irrigation×Bio fertilizers	4	0.00068**	0.00000096*	5.24**	2.801**	27.08**	0.928**	0.009	0.053^{ns}	1.677^{ns}	16966.5**
آبیاری× متانول Irrigation×Methanol	6	0.00063**	0.0000009*	1.44**	9.87**	1.33**	0.87**	0.029	0.054^{ns}	2.321^{ns}	296.24**
متانول×کودهای زیستی Biofertilizers×Methanol	6	0.00076**	0.0000003*	1.28**	8.476**	1.81**	0.46^{ns}	0.711**	0.0361^{ns}	2.490^{ns}	236.2**
آبیاری×متانول×کودهای زیستی Biofertilizers×Methanol ×Irrigation	12	0.00074**	0.00000042**	1.25**	10.075**	1.04**	0.56**	0.075*	0.066	1.207^{ns}	392.6**
خطای آزمایشی Error	70	0.0000376	0.00000003	0.27	0.152	0.38	0.25	0.04	0.052	1.365	64.5

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01 respectively


full irrigation and without methanol
full irrigation and application of methanol20%
full irrigation and application of methanol 30%
irrigation withholding and without methanol
irrigation withholding in podding and application of methanol 20%
irrigation withholding in podding and application of methanol 30%
irrigation withholding in flowering and without methanol
irrigation withholding in flowering and application of methanol 20 %
irrigation withholding in flowering and application of methanol 30%
(g) grain weight
grain weight(g)
grain weight (g)
days after podding
0.4
0.3
0.2
0.1
0
12 17 22 27 32 37 42

همچنین تلقیح بذر با کودهای زیستی نسبت به عدم تلقیح بذر موجب افزایش طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه شد؛ به‌طوری‌که سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه، به‌ترتیب از افزایش ۳۴/۴۸، ۲۱/۳۸ و ۲۵/۳ درصدی در شرایط آبیاری کامل، سطوح بالای متانول (۳۰ درصد حجمی) و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و سودوموناس در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی برخوردار بود (جدول ۳). نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش ۸۴/۱۷ درصدی در شاخص سبزینگی در همین ترکیبات تیماری بدست آمد (جدول ۳).

تعداد دانه در غلاف: تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سطوح آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). تعداد دانه در غلاف در حالت آبیاری کامل از افزایش ۶/۶درصدی در مقایسه با آبیاری تا مرحله گلدهی برخوردار بود (جدول ۲). اثر کودهای زیستی و محلول‌پاشی با متانول بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد. برخی از محققان تأثیرپذیری تعداد دانه در نیام نخود را در تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم (Ahmed *et al.*, 2007) گزارش کرده‌اند که با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مغایرت دارد. تأثیرنداشتن معنی‌دار تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در نیام می‌تواند به‌دلیل تأثیرپذیری بیشتر این صفت از ویژگی‌های ژنتیکی و تأثیرپذیری کمتر آن از شرایط محیطی باشد.

جدول۲- تأثیر سطوح آبیاری، کاربرد متانول و کودهای زیستی برتعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف نخود

Table 2. Effects of irrigation levels, methanol application and bio fertilizers on pod per plant and seed per pod of chichpea

سطوح آبیاری **Irrigation levels**	غلاف در بوته **Pod per plant**	دانه در غلاف **Seed per pod**
قطع آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation withholding in flowering stage	15.39^{c}	2.091b
قطع آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation withholding in grain filling stage	18.03^{b}	2.16^{ab}
آبیاری کامل Full irrigation	20.93^{a}	2.23^{a}
سطوح متانول **methanol levels**		
محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد Foliar application with water as control	15.62^{c}	-
کاربرد ۲۰ درصد متانول Application of methanol 20%	18.23^{b}	-
کاربرد ۳۰ درصد متانول Application of methanol 30%	20.5^{a}	-
کودهای زیستی **Bio fertilizers**		
عدم استفاده به‌عنوان شاهد Without biofertilizers as control	14.15^{d}	-
کاربرد ریزوبیوم Rhizobium application	17.47^{c}	-
کاربرد توأم میکوریز و ریزوبیوم Both application of mycorhyza+ rhizobium	19.5^{b}	-
کاربرد ریزوبیوم با سودوموناس و میکوریز Both application of mycorhyza+ rhizobium+psedomonas	21.36^{a}	-

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

تعداد غلاف در بوته: تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی و متانول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن در قطع آبیاری در مرحله گلدهی به دست آمد. به بیانی دیگر قطع آبیاری در مرحله گلدهی در مقایسه با آبیاری کامل منجر به کاهش ۳۲/۴ درصدی غلاف در بوته شد. به نظر می‌رسد در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی، محدودیت تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای بقاء گل و غلاف در اواخر مرحله گلدهی، عقیم‌شدن گل‌ها و ریزش آن‌ها دلیل اصلی کاهش تعداد غلاف در بوته تحت چنین شرایطی باشد. Rahman & Uddin (2000) نیز در ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف

نخود تحت تنش خشکی گزارش نمودند که محدودیت آبی موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد. کاربرد سطوح بالای متانول نیز منجر به افزایش ۳۱/۲ درصدی تعداد غلاف در بوته نخود در مقایسه با عدم کاربرد این ماده شد. برخی محققان بیان کردند که تلقیح موجب افزایش ۴/۲۸ درصدی تعداد نیام در بوته ماشک در مقایسه با عدم تلقیح با باکتری ریزوبیوم شد (Albayrak *et al.*, 2006). برخی گزارش کردند که تعداد غلاف در بوته‌های تلقیح‌شده نخود به‌طور معنی‌داری بالاتر از بوته‌های تلقیح‌نشده بود (Ahmed *et al.*, 2007). در این راستا Togay *et al*, (2008) دلیل افزایش تعداد نیام پر در تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم را به تأمین مواد غذایی بیشتر، به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه رشد بهتر گیاهان تلقیح‌شده با باکتری رایزوبیوم در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده نسبت دادند.

جدول ۳- اثر سطوح آبیاری، متانول و کودهای زیستی بر مؤلفه‌های پُرشدن دانه نخود

Table 3. Effects of irrigation levels, methanol and bio fertilizers on grain filling period of chichpea

تیمارها Treatments	حداکثر وزن دانه (گرم) Maximum of grain weight (g)	سرعت پُرشدن دانه (گرم در روز) Grain filling rate (g/day)	طول دوره پُرشدن دانه (روز) Grain filling period (day)	دوره مؤثر پُرشدن دانه (روز) Effective grain filling period (day)	شاخص سبزینگی Chlorophyll index	تعداد گره در بوته Number of nodule per plant	وزن خشک گره (میلی‌گرم) Weight of nodules per plant (mg)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (kg/ha)
$I_1\times M_1\times B_1$	0.253^{gh}	0.0084^{q}	37.7^{de}	23.9^{p}	40.4^{fg}	4.42^{jk}	5.99^{o}	1048^{m}
$I_1\times M_1\times B_2$	0.256^{fg}	0.0101^{ef}	38.3^{bcd}	25^{nq}	40.4^{fg}	9.83^{fgh}	10.43^{kl}	1155^{i}
$I_1\times M_1\times B_3$	0.273^{cd}	0.0105^{d}	38^{cd}	26^{khij}	42^{e}	10.32^{defg}	11.03^{hi}	1182^{h}
$I_1\times M_1\times B_4$	0.276^{c}	0.011^{bc}	38.56^{bcd}	28.2^{d}	42.5^{de}	10.81^{abcde}	11.43^{fg}	1207^{g}
$I_1\times M_2\times B_1$	0.266^{de}	0.00941^{jklm}	38.8^{abc}	25.3^{mnlo}	42^{e}	4.91^{j}	6.59^{n}	1112^{k}
$I_1\times M_2\times B_2$	0.273^{cd}	0.0094^{klm}	38^{cd}	25.9^{ijkl}	42.1^{e}	10.03^{efg}	11.08^{h}	1252^{f}
$I_1\times M_2\times B_3$	0.280^{c}	0.0108^{c}	38.6^{bc}	29.0^{c}	42.9^{de}	10.52^{cdef}	11.63^{ef}	1267^{e}
$I_1\times M_2\times B_4$	0.280^{c}	0.011^{a}	39.1^{ab}	29.2^{b}	43.3^{d}	10.81^{abcde}	12.34^{c}	1296^{d}
$I_1\times M_3\times B_1$	0.266^{de}	0.0099^{fgh}	38.6^{bcd}	25.2^{mno}	46.1^{c}	3.93^{kl}	7.19^{m}	1246^{f}
$I_1\times M_3\times B_2$	0.280^{c}	0.0102^{e}	38.4^{bcd}	26.8^{efg}	47^{bc}	10.81^{abcde}	12.35^{c}	1365^{c}
$I_1\times M_3\times B_3$	0.293^{b}	0.0111^{a}	38.7^{bc}	28.7^{cd}	47.8^{b}	11.01^{abcd}	13.32^{a}	1417^{b}
$I_1\times M_3\times B_4$	0.380^{a}	0.0117^{a}	39.5^{a}	32.2^{a}	50.2^{a}	11.44^{a}	13.21^{a}	1455^{a}
$I_2\times M_1\times B_1$	0.221^{jk}	0.00919^{mn}	34.6^{ijk}	24^{p}	37.1^{m}	3.93^{kl}	5.94^{o}	882^{t}
$I_2\times M_1\times B_2$	0.233^{i}	0.00969^{ghij}	34.6^{ijk}	24^{p}	37.5^{lm}	9.04^{hi}	10.34^{l}	1028^{n}
$I_2\times M_1\times B_3$	0.256^{fg}	0.00965^{ijkh}	34.2^{k}	26.5^{efghi}	38.4^{kl}	9.63^{gh}	10.93^{ijh}	1040^{m}
$I_2\times M_1\times B_4$	0.263^{ef}	0.0105^{d}	34^{k}	25^{no}	38.4^{kl}	10.32^{defg}	11.43^{fg}	1076^{l}
$I_2\times M_2\times B_1$	0.233^{i}	0.00923^{mn}	34.5^{jk}	25.2^{mno}	38.5^{jkl}	3.34^{l}	6.54^{n}	924^{rs}
$I_2\times M_2\times B_2$	0.253^{gh}	0.00936^{lm}	34.6^{ijk}	27.02^{ef}	39^{ijk}	10.54^{cdef}	10.98^{ijh}	1050^{m}
$I_2\times M_2\times B_3$	0.256^{fg}	0.0094^{ijklm}	35.9^{gh}	27.1^{e}	39.2^{hijk}	10.81^{abcde}	11.52^{fg}	1064^{l}
$I_2\times M_2\times B_4$	0.266^{de}	0.01^{ef}	35.3^{hi}	26.6^{efgh}	39.4^{ghij}	11.4^{ab}	12.23^{cd}	1072^{l}
$I_2\times M_3\times B_1$	0.246^{h}	0.00915^{mn}	36.6^{fg}	26.8^{efgh}	39.2^{hijk}	4.42^{jk}	7.13^{m}	955^{q}
$I_2\times M_3\times B_2$	0.263^{ef}	0.00919^{mn}	36.9^{ef}	28.6^{cd}	40.04^{fghi}	10.62^{bcdef}	12.24^{cd}	1107^{k}
$I_2\times M_3\times B_3$	0.273^{cd}	0.0097^{ghi}	36.5^{fg}	28.1^{d}	40.2^{fgh}	11.31^{abc}	13.21^{a}	1129^{j}
$I_2\times M_3\times B_4$	0.276^{c}	0.0105^{d}	36.2^{fg}	26.2^{ghij}	40.7^{f}	11.4^{ab}	13.1^{a}	11423^{ij}
$I_3\times M_1\times B_1$	0.206	0.0087^{r}	32.6^{lm}	25.7^{jklm}	27.3^{t}	3.44^{l}	5.32^{p}	693^{x}
$I_3\times M_1\times B_2$	0.223^{k}	0.0086^{pq}	32.1^{lm}	25.1^{mno}	27.3^{t}	8.55^{i}	10.11^{l}	830^{v}
$I_3\times M_1\times B_3$	0.230^{jk}	0.009^{no}	32^{m}	24.7^{o}	29.8^{s}	9.04^{hi}	10.68^{jk}	847^{u}
$I_3\times M_1\times B_4$	0.231^{ij}	0.00993^{efgh}	32^{m}	23.1^{q}	31.0^{r}	10.32^{defg}	11.75^{ef}	876^{t}
$I_3\times M_2\times B_1$	0.223^{kj}	0.00854^{pq}	31.9^{m}	23.6^{pq}	32.2^{q}	4.72^{jk}	6.38^{n}	747^{w}
$I_3\times M_2\times B_2$	0.233^{i}	0.00924^{mn}	32.7^{lm}	25.2^{mno}	33.0^{pq}	9.08^{hi}	10.73^{ijk}	884^{t}
$I_3\times M_2\times B_3$	0.236^{i}	0.01^{ef}	32^{m}	26.1^{hijk}	33.4^{p}	9.54^{gh}	11.27^{gh}	9127^{s}
$I_3\times M_2\times B_4$	0.236^{i}	0.0099^{efg}	35.2^{hij}	23.7^{pq}	33.4^{p}	10.81^{abcde}	11.96^{de}	932^{r}
$I_3\times M_3\times B_1$	0.230^{ij}	0.00854^{pq}	32.7^{lm}	26.9^{ef}	33.9^{op}	4.91^{j}	6.97^{m}	819^{v}
$I_3\times M_3\times B_2$	0.233^{i}	0.00969^{ghij}	32.9^{l}	24^{p}	34.7^{no}	10.13^{efg}	11.96^{de}	959^{q}
$I_3\times M_3\times B_3$	0.233^{i}	0.00879^{po}	32.4^{lm}	26.5^{fghi}	35.5^{n}	11.01^{abcd}	13.01^{ab}	9748^{p}
$I_3\times M_3\times B_4$	0.246^{h}	0.0096^{ijkl}	32.5^{lm}	25.6^{klmn}	35.6^{n}	11.60^{a}	12.7^{ab}	992^{o}
LSD	0.01	0.0003	0.847	0.635	1.01	0.819	0.334	13.07

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

I_1، I_2، I_3: به‌ترتیب آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله پُرشدن دانه و قطع آبیاری در مرحله گلدهی

B_1، B_2، B_3، B_4: به‌ترتیب عدم استفاده از کودهای زیستی، کاربرد ریزوبیوم، کاربرد میکوریز و ریزوبیوم، و کاربرد ریزوبیوم با سودوموناس و میکوریز

M_1، M_2، M_3: به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حجمی متانول

Means with similar letters in each column are not significantly different.

I_1, I_2 and I_3: full irrigation, irrigation withholding at flowering stage and irrigation withholding at grain filling stage, respectively

B_1, B_2, B_3 and B_4: without biofertilizers as control, rhizobium application, both application of mycorhyza+ rhizobium, both application of mycorhyza+ rhizobium+pseudomonas, respectively

M_1, M_2 and M_3: no foliar application, foliar application of methanol 20% and 30%, respectively

تعداد و وزن گره: تعداد و وزن گره تحت تأثیر سطوح آبیاری، کودهای زیستی، متانول و اثر ترکیب تیماری این سه عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تعداد گره در بوته در شرایط آبیاری کامل، محلول‌پاشی ۳۰ درصد متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و سودوموناس از افزایش ۲۳۲درصدی در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی برخوردار بود (جدول ۳). در آزمایشی روی نخود گزارش شد که رشد ریشه و بخش هوایی و نیز میزان گره‌بندی نخود در حضور باکتری رایزوبیوم مناسب افزایش می‌یابد (Dileep Kumar *et al.*, 2001). Hafeez *et al*, (2000) در بررسی میزان گره‌بندی ارقام عدس (*Lens culinaris*) توسط سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم نشان دادند که سویه‌های باکتری اثر معنی‌داری بر تعداد و وزن خشک گره نشان دادند. Vessey & Buss (2002) معتقدند تأثیر مواد تنظیم‌کننده رشد تولیدشده به‌وسیلهPGPR بر رشد ریشه لگوم‌ها از طریق مؤلفه‌هایی بروز می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها افزایش وزن و تعداد گره می‌باشند. نتایج برخی محققان نشان داد، رشد ریشه و بخش هوایی و نیز میزان گره‌بندی نخود در حضور باکتری رایزوبیوم مناسب افزایش می‌یابد (Egamberdiyeva 2007). نتایج مشابهی نیز در مورد تعداد و وزن خشک گره‌ها تحت تأثیر تلقیح با باکتری رایزوبیوم در نخود توسط Begum *et al*, (2001) گزارش شده است. بررسی‌ها در نخود (Rudresh *et al.*, 2005) و سویا (Malik *et al.*, 2006) نشان داد تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری رایزوبیوم از بالاترین تعداد و وزن خشک گره‌ها، وزن خشک اندام هوایی، درصد نیتروژن در بافت و نیتروژن تثبیتی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) برخوردار بودند.

وزن گره: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک گره در بوته (۱۳/۳۲ میلی‌گرم در بوته) در ترکیب تیماری آبیاری کامل در طول دوره رشد، محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم به دست آمد که با ترکیب تیماری آبیاری کامل در طول دوره رشد، محلول‌پاشی ۲۰درصد متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و سودوموناس اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نداشت (جدول۳). کمترین وزن گره نیز به قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی مربوط می شد. از آنجا که در مزرعه مورد کشت در طی دو سال قبل از اجرای آزمایش نیز گیاهی کشت نشده بود، از این رو به نظر می‌رسد تعداد و تراکم باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی در شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی در حدی نبوده است که بتواند در بهبود تعداد و وزن گره مؤثر واقع شود؛ ولی وزن و تعداد گره‌ها در تیمارهایی که از ریزوبیوم و باکتری محرک رشدی سودوموناس استفاده نشده بود، در مقایسه با استفاده از کودهای زیستی از کاهش قابل‌توجهی برخوردار بود (جدول ۳). آبیاری کامل و محلول‌پاشی ۳۰درصدی متانول در کاربرد میکوریز و تلقیح توأم بذر با ریزوبیوم و سودوموناس منجر به افزایش بیش از ۲/۴ برابری وزن گره در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی شد (جدول ۳). Egamberdiyeva (2007) گزارش کرد که رشد ریشه و بخش هوایی و نیز میزان گره‌بندی نخود در حضور باکتری رایزوبیوم مناسب افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز در مورد تعداد و وزن خشک گره‌ها تحت تأثیر تلقیح با باکتری رایزوبیوم در نخود توسط Begum *et al*, (2001) و Stancheva *et al*, (2010) گزارش شده است.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه افزایش ۱۱۱ درصدی را در شرایط آبیاری کامل و بالاترین سطح از محلول‌پاشی با متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و سودوموناس در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و عدم استفاده از متانول و کودهای زیستی، نشان می دهد (جدول ۳). با توجه به این‌که نخود گیاهی سه‌کربنه است، در شرایط محدودیت آبی (به خصوص قطع آبیاری در مرحله گلدهی) به علت کاهش غلظت CO_2 و افزایش اکسیژن، تنفس نوری انجام می‌دهد. تنفس نوری می‌تواند تا ۲۰ درصد موجب اتلاف کربن در گیاهان شده و در نهایت به کاهش عملکرد منجر شود (Mirakhori *et al.*, 2009)؛ ولی گیاهان تیمارشده با متانول می‌توانند فتوسنتز خالص خود و متعاقب آن راندمان تبدیل کربن در گیاه را بهبود بخشند (Nonomura & Benson, 1992). آنان علت افزایش فتوسنتز خالص و کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمارشده با متانول را به اکسیداسیون سریع متانول به CO_2 و ترکیب‌شدن آن با ریبولوز ۱ و ۵ بی فسفات و کم‌شدن رقابت با اکسیژن نسبت دادند. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که متانول موجب افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها می‌شود که به رشد و توسعه برگ نیز کمک می‌کند. بخشی از بهبود عملکرد دانه را می‌توان به تأثیر فاکتورهای مورد بررسی بر تعداد و وزن گره نسبت داد؛ به طوری‌که بیشترین تعداد و وزن گره به همان ترکیب تیماری مربوط می‌شد که بیشترین عملکرد به‌دست آمده بود. در این راستا Malik *et al.*, (2006) اظهار داشتند که تثبیت بیولوژیک نیتروژن به وسیله لگوم‌ها، به عنوان یک صفت مهم در بهبود عملکرد به تلقی می‌شود و اعتقاد بر این است که ۲۵

تا ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز لگوم هایی مانند سویا از طریق تثبیت تأمین می‌شود؛ ولی برای افزایش کارآیی تثبیت بیولوژیک، تلقیح بذر با استفاده از میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاه لازم است (Togay *et al.*, 2008). برخی (Dashti *et al.*, 1998) بالاترین میزان تجمع نیتروژن و عملکرد دانه سویا در شرایط تلقیح با باکتری ریزوبیوم جاپونیکوم را به تأثیر این باکتری‌ها بر تعداد و وزن گره‌های فعال تثبیت‌کننده نیتروژن نسبت دادند. برخی محققان در بررسی تأثیر رایزوبیوم لگومینوزاروم بر نخود و عدس نشان دادند که این باکتری، عملکرد، تجمع ماده خشک و گره‌بندی را در این گیاهان به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Begum *et al.*, 2001). برخی افزایش میزان رشد و عملکرد نخود تحت تأثیر تلقیح با باکتری رایزوبیوم را به افزایش تأمین نیتروژن طی دوره رشد گیاه نسبت دادند (Rudresh *et al.*, 2005). برخی معتقدند که باکتری‌های محرک رشد به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس‌ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش رشد گیاه می شوند (Roesti *et al.*, 2006). بخشی از بهبود عملکرد دانه را می‌توان به مؤلفه‌های پُرشدن دانه و شاخص سبزینگی نسبت داد (جدول ۳)؛ همان ترکیب‌های تیماری که موجب شده است تا طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه افزایش و به تبع از آن وزن دانه و عملکرد افزایش یابد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با متانول با افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۳) و دسترسی گیاه به CO_2 منجر به کاهش تنفس نوری (Benson and Nonomera, 1992) و بهبود فتوسنتز می‌شود. افزایش کلروفیل می‌تواند با به‌تأخیرانداختن پیری (Heins, 1980)، افزایش میزان آسیمیلاسیون و طول دوره پُرشدن دانه موجب افزایش دوره فعال فتوسنتزی و انتقال بیشتر مواد به دانه شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد شود (Goksoy *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر شاخص سبزینگی و مؤلفه‌های پُرشدن دانه داشت. هرچند با افزایش محدودیت آبی شاخص سبزینگی کاهش پیدا کرد، ولی استفاده از متانول و کودهای زیستی موجب بهبود آن شد. کاربرد متانول و کودهای زیستی در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله گلدهی، موجب تولید بالاترین شاخص سبزینگی و مؤلفه‌های پُرشدن دانه (اعم از سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پُرشدن دانه) گردید. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با متانول و تلقیح بذر با کودهای زیستی می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای بهبود عملکرد نخود حتی در شرایط محدودیت شدید آبی در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح باشد.

منابع

1. Abido, WAE. 2012. Sugar beet productivity as affected by foliar spraying with methanol and born. Journal of Agricultural Science 4(7): 282-292.
2. Ahmed, R., Solaiman, M., Halder, N.K., Siddiky, M.A., and Islam, M.S. 2007. Effect of inoculation methods of Rhizobium on yield attributes, yield and protein content in seed of pea. Soil Science 1(3): 30-35.
3. Albayrak, S., Sevimay, C.S., and Tongel, O. 2006. Effect of inoculation with rhizobium on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Agriculture Forestry 30: 31-37.
4. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjeali, A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian with English Summary).
5. Armand, N., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. The effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crops Research 13(4): 854-863. (In Persian with English Summary).
6. Begum, A.A, Leibovitch, S., Migner, P., and Zhang, F. 2001. Inoculation of pea (*Pisum sativum* L.) by *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae pre incubated with naringenin and hesperetin or application of naringenin and hesperetin directly into soil increased pea nodulation under short season conditions. Plant and Soil 237: 71-80.
7. Benson, A.A., and Nonomera, A.M. 1992. The path of carbon in photosynthesis: methanol inhibition of glycolic acid accumulation. Photosynthetica Research 34: 196-201.

8. Dashti, N., Zhang, F., Rynes, H., and Smith, D.L. 1998. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean (*Glycine max* L.) under short season conditions. Plant and Soil 200: 205-213.
9. Dawood, M.G., El-Lethy, S.R., and Sadak, M.S. 2013. Role of methanol and yeast in improving growth, yield, nutritive value and antioxidants of soybean. World Applied Sciences Journal 26(1): 6-14.
10. Dileep Kumar, S.B., Berggren, I., and Martensson, A.M. 2001. Potential for improving pea production by coinoculation with Fluorescent Pseudomonas and Rhizobium. Plant and Soil 229(1): 25-34.
11. Dorkhov, Y.L., Shindypina, A.V., Sheshukova, E.V., and Komarova, T.V. 2015. Metabolic methanol: molecular pathway and physiological roles. Physiological Reviews 95: 603-644.
12. Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil and Ecology 36: 184-190.
13. Ellis, R.H., and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research 2: 19-25.
14. Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-zeddi, A., Nasrollahzadeh, S., and Moghaddam, M. 2010. Effects of hydropriming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseous vulgaris* L.) cultivars. Notulae Botanicae Hori Agrobotanici Cluj-Napoca 38: 109-113.
15. Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., and Daustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Research 87: 167-178.
16. Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A.R., Benson, A., and Douce, R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. Plant Physiology 123: 287-296.
17. Hadi, H., Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2015. Phytoprotectants and Abiotic Stress. Urmia University. 452 pp. (In Persian).
18. Hafeez, F.Y., Shah, H., and Malik, K.A. 2000. Field evalution of lentil cultivars inoculated with *Rhizobium legominuzarom* bv.viciate strains for nitrogen fixation using nitrogen-15-isotope dillut. Biology and Fertility of Soils 31: 65-69.
19. Heins. R. 1980. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. American Society and Horticultural Science 105(1): 141-144.
20. Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., and Jalilian, J. 2018. Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by application of bio fertilizer and cycocel. Arid Land Research and Management 32: 1-21.
21. Lawlor, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment 25: 275-294.
22. Maiti, R.K., Moreno-limon, S., and Wesche-ebeling, P. 2002. Responses of some crops to various abiotic stress factors and its physiological and biochemical basis of resistances. Agricultural Reviews 21: 155-167.
23. Malik, M.A., Cheema, M.A., and Khan, H.Z. 2006. Growth and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to seed inoculation and varying phosphorus levels. Journal of Agricultural Research 44(1): 47-53.
24. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2018. Agricultural Statistics for Agronomy, 2015-16. Department of Statistics and Information. 146 pp. (In Persian).
25. Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M.R., Zahedi, H., and Nazeri, P. 2009. Effect of drought stress and Methanol on yield and yield components of soybean Max (L17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology 5(4): 162-169.
26. Nemecek-Marshall, M., MacDonald, R.C., Franzen, J.J., Wojciechowski, C.L., and Fall, R. 1995. Methanol emission from leaves: enzymatic detection of gas-phase methanol and relation of methanol fluxes to stomatal conductance and leaf development. Plant Physiology 108: 1359-1368.
27. Nonomura, A.M., and Benson, A.A. 1992. The path to carbon in photosynthesis: introved crop yields with methanol. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America the Academy 89: 9794-9798.
28. Qiao, G., Wen, X.P., Yu, L.F., and Jil, X.B. 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. Plant Soil Environment 57: 541-546.
29. Rahman, S.M., and Uddin, A.S.M. 2000. Ecological adaptation of chickpea to water stress. Legume Research 23: 1-8.
30. Ramberg, H.A., Bradly, J.S.S., Olseon, I.S.C., Nishio, J.N., Markwell, J., and Osterman, J.C. 2002. The role of menthal in promithing plant groeth: an update. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.

31. Roesti, D., Gaur, R., Johrim, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the Rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil of Biology and Biochemistry 38: 1111-1120.
32. Ronanini, D., Savin, R., and Hal, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research 83: 79-90.
33. Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecological 28: 139-146.
34. Sabaghpour, S.H., Sherifi, A., and Aradatmand Asli, D. 2019. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizer on yield and yield components of improved chickpea varieties under rainfed conditions. Iranian Journal of Pulses Research 10(2): 49-61.(In Persian with English Summary).
35. Sam Dalire, M., Seyed Sharifi, R., and Esmaelpour, B. 2010. Pulses Agronomy. Islamic Azad University press. 282 pp. (In Persian).
36. Seyed Sharifi, R. 2016. Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean (*Glycine max* L). Journal of Zemdirbyste-Agriculture 103(3): 251-258.
37. Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Ghasemi-Golezani, K., and Mohammadi, K. 2012. Some physiological responses of chickpea cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. Russian Journal of Plant Physiology 59: 708-716.
38. Stancheva, I., Geneva, M., Zehirov, G., Tsvestkova, G., Hristozkova, M., and Georgiev, G. 2010. Nodule formation and nitrogen fixing activity. Genetic Appled and Plant Physiology. Special Issue: 61-66.
39. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M., and Turan, M. 2008. Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chickpea (*Cicer aretinum* L.). African Journal of Biotechnology 7: 776-782.
40. Tsuno, Y., Yamaguchi, T., and Nakano, J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University. 47: 1-10.
41. Vessey, J.K., and Buss, T.J. 2002. Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. Canadian Journal of Plant Science 82: 282-290.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 12-25 (Original Research Article)

Study of grain filling components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using segmented model under irrigation withholding condition, Methanol application and seed inoculation with bio fertilizers

Seyed Sharifi[1*], Raouf and Seyed Sharifi[2], Reza

1. Proffesor, Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Facultuy of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil
2. Associate Proffesor, Department of Animal Science, Facultuy of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil; reza_seyedsharifi@yahoo.com

Received: 6 January 2020; **Revised:** 26 May 2020
Accepted: 27 July 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84971

How to cite this article:
Seyed Sharifi, R., and Seyed Sharifi, R. 2021. Study of grain filling components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using segmented model under irrigation withholding condition, Methanol application and seed inoculation with bio fertilizers. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 12-25.

Introduction

Drought stress is the most influential factors affecting crop yield particularly in irrigated agriculture in arid and semiarid regions. Drought, being the most important environmental stress, severely impairs plant growth and development, limits plant production and the performance of crop plants, more than any other environmental factor. The impact of the drought on plant species depends on variety, severity and duration of the stress as well as on the development stage. The closing stomata which reduce transpiration and conserve water in plants is the first mechanism of plants against dehydration stress, which in turn limits CO_2 fixation. One of the important strategies for increasing of carbon dioxide concentration in plants is using compounds such as methanol that can increase the concentration of CO_2 in a plant will improve photosynthesis rate and growth under water deficit conditions. Among the numerous microorganisms in the rhizosphere, some have positive effects on plant growth promotion. These microorganisms are bio fertilizers such as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), which colonize the rhizosphere and roots of many plant species and confer beneficial effects to plants. Using rhizosphere microorganisms, particularly beneficial bacteria are an alternative strategy that can improve plant performance under stress environments and, consequently, enhance plant growth through different mechanisms. Mycorrhiza is a symbiotic association between plant roots and fungi and form symbiotic association with terrestrial as well as aquatic plants. They also impart other benefits to them including production/accumulation of secondary metabolites, osmotic adjustment under osmotic stress, improved nitrogen fixation, enhanced photosynthesis rate, and increased resistance against biotic and abiotic stresses. The mechanisms used by mycorrhiza to enhance the water relations of host plants are not amply clear, however, this may occur by increasing water absorption by external hyphae, regulation of stomatal apparatus, increase in activity of antioxidant enzymes and absorption of nutrients particularly phosphorus. Hence, application of bio fertilizers and methanol presumably looks to be a promising practice in plant yield optimization under suboptimal growth conditions. So, better understanding of chickpea physiological responses under water limitation may help in programs which the objective is to improve the grain yield under water limitation. Therefore, the aim of this study was to evaluate of grain filling components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using segmented model under irrigation withholding condition, methanol application and seed inoculation with bio fertilizers.

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

Material and Methods

A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the farm of Piralger from Ardabil provence in 2017-2018. The experimental factors included: application of methanol (foliar application with water as control, application 20 and 30 volume percent), bio fertilizers at four levels (no application as control, *Mesorhizobium ciceri* application, both application mycorhyza with *Mesorhizobium ciceri*, application of mycorhyza with *Mesorhizobium ciceri* and *Psesomonas putida*) and three irrigation levels (full irrigation as control, severe water limitation or irrigation withholding at flowering stage, moderate water limitation or irrigation withholding at podding). To investigate grain filling parameters in each sampling, two plants in each plot were taken. The first sampling was taken on day 12 after podding, and other samplings were taken in 5-days intervals to nv xfrikh determine the accumulation of grain weight. At each sampling, grains were removed from pods manually and were dried at 80°C for 48 h. We applied grain dry weight and number to estimate the mean grain weight per sample. Following Borrás and Otegui (2001), we calculated total duration of grain filling for each treatment combination through fitting a bilinear model:

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t<t_0 \\ a + bt & t>t_0 \end{cases}$$

Where GW is the grain dry weight; a, -intercept; b, the slope of grain weight indicating grain filling rate. Borrás, Slafer, and Otegui (2004) determined grain filling using a bilinear model. Effective grain filling period (EFP) was calculated from the following equation:

$$EFP = MGW/b$$

Where MGW: the highest grain weight (g) and b: grain filling rate (g day^{-1}). Conversely, an increase in kernel weight in filling period was calculated using the above-cited equation in statistical software SAS $_{9.2}$ via Proc NLIN DUD method. The analysis of variance and mean comparisons were performed using SAS computer software packages. The main effects and interactions were tested using the least significant difference (LSD) test at the 0.05 probability level.

Results and Discussion

A two part linear model was used to quantify the grain filling parameters. The highest number and weight of noduls per plant (11.6 and 113.21 mg per plant, respectively), chlorophyll index (50.28), grain filling rate (0.0117 g/day), grain filling period (39.57 days), effective grain filling period (32.2 days) and grain yield (1455 kg/ha) were obtained in full irrigation and high levels of methanol and application of mycorhyza, *Mesorhizobium ciceri* with Psesomonas which, there were 237 and 148 increases, respectively in number and weight of nodule per plant, 84.17% in chlorophyll index, 34.48% in grain filling rate, 21.38 and 25.3% in grain filling period and effective grain filling period respectively and 111% in grain yield in comparison with no application of methanol and bio fertilizers under irrigation withholding at flowering stage conditions.

Conclusion

Based on the results, it seems that seed inoculation by bio-fertilizers and foliar application of methanol in order to increasing of grain yield, rate and grain filling period under water limitation is effective.

Keywords: Mesorhizobium ciceri، Mycorhyza، Psesomonas، Water limitation، Yield

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 26-33
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86650

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۳۳-۲۶، نوع مقاله: پژوهشی

اثرات دگرآسیبی توق (*Xanthium strumarium* L.) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

محمد میرزایی[۱] و سعید سعیدی‌پور[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته علوم علف‌های‌هرز، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی؛ m_mirzaee@yahoo.com
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
میرزایی، م.، و سعیدی‌پور، س. ۱۴۰۰. اثرات دگرآسیبی توق (*Xanthium strumarium* L.) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۳۳-۲۶.

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین چگونگی تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی و بقایای خشک‌شده علف‌هرز توق بر خصوصیات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای ماش در شرایط آزمایشگاهی و در گلخانه (دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر) به‌صورت دو آزمایش مجزا و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. در بخش آزمایشگاهی، تیمارها شامل غلظت‌های مختلف عصاره آبی توق با غلظت (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد) و در بخش گلخانه‌ای استفاده از پودر خشک‌شده گیاه کامل توق با مقادیر (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم) به‌صورت اختلاط کامل با خاک و یا قراردادن در سطح خاک گلدان انجام گرفت. نتایج نشان داد که عصاره‌های آبی توق بر شاخص‌های رشد گیاهچه‌ای ماش اثر بازدارندگی داشته است؛ به‌طوری‌که میانگین سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و طول ساقه‌چه در تیمار عصاره آبی ۹درصد نسبت به تیمار شاهد (۰)، به‌ترتیب ۲۷/۷ ، ۹۲ و ۳۱ درصد کاهش یافت. افزایش غلظت عصاره به شدت مانع رشد ساقه‌چه شد. قرارگرفتن بقایای گیاهی (ریشه، ساقه، برگ و گل) در سطح خاک در مقایسه با اختلاط آن به طور قابل‌توجهی از جوانه‌زدن و رشد گیاه در گلدان‌ها جلوگیری کرد؛ به‌طوری‌که درصد خروج و سرعت خروج گیاهچه در تیمار سه گرم توق در شرایط اختلاط با خاک نسبت به تیمار شاهد به ترتیب کاهش ۱۶ درصد و عدم کاهش را نشان داد، درحالی‌که در شرایط قرارگرفتن در سطح خاک مقدار کاهش نسبت به شاهد به ترتیب ۷۸ و ۵۱ درصد بود. با افزایش مقدار پودر خشک‌شده توق اثرات بازدارندگی در کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده بیشتر شد. این تحقیق نشان داد که علف‌هرز توق دارای اثرات دگرآسیب آشکاری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش است و این اثرات در شرایط آزمایشگاهی نسبت به کشت گلخانه‌ای شدیدتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اختلاط؛ بقایای گیاهی؛ رشد گیاهچه؛ عصاره آبی

مقدمه

توق از گونه گیاهان گل‌دار، خانواده کاسنیان[۲] بومی آمریکا، شرق آسیا و آفریقای جنوبی و استرالیا است. این گیاه علفی یکساله دارای ساقه‌های بالارونده با گل‌های نر و ماده مجزا، به‌وسیله بذر تکثیر می‌یابد و ارتفاعی بین ۱۲۰-۵۰ سانتی‌متر داشته و از علف‌های‌هرز مزارع ذرت، چغندرقند، پنبه، گندم، جو، نیشکر، باغات میوه، صیفی و اراضی بایر می‌باشد (Luciani *et al.*, 2010). نهال و دانه این گیاه حاوی گلوکوزید هیدروکوئینون بوده که در دام‌هایی نظیر اسب، گاو و خوک موجب مسمومیت و تورم کبد می‌گردد (Luciani *et al.*, 2010). از علل توسعه و گسترش این گیاه در زمین‌های زراعی و مرتعی توان بالای دگرآسیبی است (Stephen & Sowerby, 2013). در مزارع برای کنترل پیش از خروج این علف‌هرز از علف‌کش متریبوزین[۳] و جهت کنترل پس از خروج از علف‌کش دایکمبا[۴] استفاده می‌شود (Decoteau, 2013). مواد شیمیایی دگرآسیب این گیاه (گلوکوزید هیدروکوئینون)

* نویسنده مسئول: saeeds79@gmail.com

۲. Asteraceae
۳. metribuzin
۴. decamba

به‌طور گسترده در اندام‌هایی نظیر بذور، گل‌ها، گرده‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و گاهی اوقات تنها در یک و یا دو اندام یافت می‌شوند (Haig, 2016). گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد ماده شیمیایی دگرآسیب این گیاه بر محصولاتی مانند پیاز[۱]، آفتابگردان[۲] و برخی دیگر از سبزیجات اثر می‌گذارد (Rashedmohasel & Mousavi, 2007). Shajie & Saffari (2007) گزارش دادند که عصاره برگ و ساقه توق به‌طور قابل‌توجهی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت[۳]، کلزا[۴]، کنجد[۵]، عدس[۶] و نخود[۷] را کاهش می‌دهد. Cutler & Cole (2012) گزارش دادند که بقایای گیاهی توق حاوی گلوکوزید کربوکسی استراکتیلوزید پتاسیم[۸]، عامل هایپوگلیسمیک (اختلال مربوط به کاهش قند) بوده که به‌شدت از رشد کلئوپتیل گندم[۹] جلوگیری می‌کند. این ترکیبات دگرآسیب با ازبین‌بردن گیاهچه‌ها و یا تولید گیاهان پاکوتاه، ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. Kiarostami (2004) گزارش داد که عصاره آبی توق هیچ تأثیری بر جوانه‌زنی هویج[۱۰] و شاهی[۱۱] نداشت، اما به‌طور قابل ملاحظه‌ای مانع از جوانه‌زدن گندم و جو[۱۲] گردید. بنا به‌گزارش Tanveer *et al*, (2008) متوسط زمان جوانه زدن ذرت، جو، برنج[۱۳]، گندم و آفتابگردان توسط عصاره برگی توق کاهش یافته است.

ماش از مهم‌ترین حبوبات کشت‌شده در مناطق مرطوب غرب و شمال ایران است (Ghasemi-Golezani *et al.*, 2008). یکی از دلایل مهم پایین‌بودن عملکرد این گونه عدم توانایی رقابت با علف‌های‌هرز است (Decoteau, 2013). علف‌های‌هرز عملکرد و کیفیت این گیاه را از طریق رقابت برای نور، رطوبت، مواد غذایی و هوا کاهش می‌دهند (Decoteau, 2013). به طور خاص، یک فاز رشدی کُند در طول چهار هفته اولیه از چرخه زندگی ماش وجود دارد. در این دوره حساس، استقرار گیاهچه‌ها، به دلیل رقابت با علف‌های‌هرز به شدت به شکل منفی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Singe *et al*., 2012). از این رو، عدم کنترل مناسب علف‌های‌هرز در طول این دوره سبب کاهش عملکرد خواهد شد. محققان سطوح مختلف کاهش عملکرد ماش را در محدوده ۲۰ تا ۸۵ درصد گزارش کرده‌اند (Singe *et al*., 2012). در گزارش Raman & Krishnamoorthy (2015) عملکرد دانه ماش در تیمار تداخل با علف‌های‌هرز ۳۵ درصد کاهش یافت. تحقیقات صورت گرفته در زمینه اثرات دگرآسیبی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش اندک بوده، از این رو این تحقیق با هدف تعیین اثرات احتمالی عصاره آبی علف‌هرز توق بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ماش در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای طراحی شد.

مواد و روش‌ها

بوته‌های توق که به‌صورت طبیعی در اطراف محیط دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، با موقعیت جغرافیایی ۳۲درجه و ۳ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی، با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارش۳۲۱ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه حداقل و حداکثر به‌ترتیب ۹/۵ و ۴۶/۳ رشد یافته بودند، در مرحله گلدهی در مردادماه سال ۱۳۹۷ جمع‌آوری شدند. گیاهان بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و به قطعات دو تا سه سانتی‌متری خُرد و در معرض هوای آزاد خشک شدند. سپس قطعات گیاهی آسیاب‌شده و از الک[۱۴]۲ میلی‌متری عبور داده شدند. مقادیر ۳، ۶ و ۹ گرم از ماده خام پودری را با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (C ° ۲۲ تا ۲۱) خیسانده و از میان پارچه ململ چهار لایه عبور داده شد. عصاره حاصل در فلاسک‌های مخروطی‌شکل تا زمان استفاده در محیط تاریک نگهداری شد (Elis & Roberts, 1980). هر دو آزمایش (آزمایشگاهی و گلخانه‌ای) طی ماه‌های مرداد تا شهریور سال۹۷ با استفاده از مواد خام پودری به میزان ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم در بخش گلخانه‌ای و یا با استفاده از عصاره‌های ۳، ۶ و ۹ درصد در بخش آزمایشگاهی انجام گرفت.

سنجش آزمایشگاهی

ابتدا بذور ماش به مدت پنج دقیقه در محلول هیپوکلریدسدیم یک درصد ضدعفونی شده سپس به‌مدت سه دقیقه با آب دو بار تقطیرشده شستشو داده شدند (Elis & Roberts, 1980). ۲۰ عدد بذر ماش روی کاغذ صافی دو لایه‌ای واتمن شماره ۴۱ در پتردیش‌هایی با قطر ۹سانتی‌متر

۱. *Allium cepa* L.
۲. *Helianthus annuus* L.
۳. *Zea mays* L.
۴. *Brassica napus* L.
۵. *Sesamum indicum* L.
۶. *Lens culinaris* Medic.
۷. *Cicer arietinum* L.
۸. Carboxyactractyloside potassium
۹. *Triticum vulgare* L.
۱۰. *Daucus carota* L.
۱۱. *Lepidium sativum* L.
۱۲. *Hordeum vulgare* L.
۱۳. *Oryza sativa* L.
۱۴. mesh

قرار داده شدند و سپس ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌های آبی ازقبل تهیه‌شده ۳، ۶ ، ۹ درصد و آب مقطر به عنوان شاهد اضافه گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. دمای محیط آزمایشگاه ۲۱ تا ^{o}C ۲۲ بود. این قسمت دو بار تکرار شد و میانگین داده‌ها تجزیه گردید.

آزمایش گلخانه‌ای

در طول دوره آزمایش، میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت به ترتیب ۱۸ و ^{o}C ۲۵، و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۲درصد بود. بافت خاک استفاده‌شده، رسی لومی (با دو تا سه درصد مواد آلی و اسیدیته ۵/۶ تا ۶/۵) بود. در این آزمایش، ۲۵عدد بذر ماش به مدت پنج دقیقه با محلول هیپوکلریدسدیم یک‌درصد ضدعفونی شده و سپس به مدت سه دقیقه جهت حذف بقایای مواد شیمیایی با آب مقطر دوبار تقطیرشده شستو داده شدند.

اختلاط بقایای گیاهی خشک‌شده با خاک

بوته‌های کامل رشدیافته، جمع‌آوری و به محیط آزمایشگاه انتقال داده شدند. سپس به قطعات دو تا سه سانتی‌متری برش داده شده و در محیط گلخانه در معرض هوا خشک و آسیاب شدند. سپس۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم (۳, ۶ و ۹ درصد) در گلدان‌های ۳/۰۱ کیلوگرمی با سه کیلوگرم خاک مزرعه‌ای الک‌شده، اختلاط داده شد. گلدان بدون بقایا، حاوی تنها خاک الک‌شده (به‌عنوان شاهد) در نظر گرفته شد.

جمع‌آوری و پردازش اطلاعات

اطلاعات جوانه‌زنی روزانه از روز چهارم تا نهم بعد از کاشت جمع‌آوری گردید. بذوری جوانه‌زده محسوب می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل به دو میلی‌متر می‌رسید (Gholami *et al*., 2015). طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (بخش آزمایشگاهی) و طول ریشه و ساقه (بخش گلخانه‌ای) در روز نهم از طریق محاسبه میانگین ۱۰ گیاهچه به‌طور تصادفی با استفاده از خط‌کش ثبت گردید. سرعت جوانه‌زنی از رابطه۱ تغییر یافته (Maguire, 1962) به‌دست آمد:

رابطه (۱):

$$GR(\text{بذر در روز}) = \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های نرمال}}{\text{روزهای اولین شمارش}} \times \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های نرمال}}{\text{روزهای شمارش آخر}}$$

میانگین سرعت جوانه‌زنی (R) بر اساس رابطه۲ Elis & Roberts (1980) محاسبه شد. در این رابطه R، نشان‌دهنده میانگین سرعت جوانه‌زنی، n تعداد بذور جوانه‌زده در روز مشخص و D روز پس از آغاز آزمایش است:

رابطه (۲):

$$R = \sum n / \sum Dn$$

درصد بازدارندگی با استفاده از رابطه۳ تغییریافته Chung *et al*, (2010) محاسبه شد.

رابطه (۳):

$$\text{بازدارندگی}\ (\%) = (\text{شاهد} - \text{تیمار})/\ \text{شاهد} \times 100$$

آنالیز اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بخش آزمایشگاهی

اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی توق بر میانگین سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). البته اثر این تیمار بر درصد جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و طول ریشه‌چه ماش معنی‌دار نشد (جدول۱). با افزایش غلظت عصاره آبی توق میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور ماش کاهش یافت. بیشترین و کمترین میانگین سرعت جوانه‌زنی با مقادیر ۰/۷۲ و ۰/۵۲ بذر در روز به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد (صفر) و عصاره ۹درصد بود (جدول ۲). کاهش وزن خشک گیاهچه در تیمار عصاره ۳درصد توق در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۲). این در حالی است که عصاره‌های ۶ و ۹ درصد به ترتیب، منجر به کاهش معنی‌دار ۹۰/۷ و ۹۱/۵ درصدی وزن خشک گیاهچه در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۲). به‌طور مشابه طول گیاهچه نیز در تیمارهای ۶ و ۹ درصد عصاره توق در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۰/۸۷ و ۳۰/۹۷ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). این کاهش در عصاره ۳درصد معنی‌دار نبود (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های Saffari & Shajie (2007) در عدس مطابقت داشت. ازاین‌رو، اثرات بازدارندگی عصاره آبی توق بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ماش به غلظت آن بستگی دارد. وابستگی متقابل اثرات غلظت دگرآسیبی و سایر شاخص‌های رشد برای سایر گیاهان (عناب[1] و کهور[2]) گزارش شده است (Alshahrani *et al*., 2017). کاهش طول ساقه‌چه در نتیجه مواد دگرآسیب ممکن است به‌علت بازداری تقسیم و رشد سلولی و یا کاهش اثرات هورمون‌های محرک کنترل رشد نظیر اکسین و جیبرلین باشد (Blum *et al*., 2014). علاوه بر این، کاهش طول ساقه‌چه با تأخیر در جوانه‌زنی همراه بوده است.

۱. *Zizyphus spina-christi*

۲. *Prosopis juliflora*

آزمایش گلخانه‌ای

اثر اختلاط بقایای خشک‌شده گیاه با خاک

اختلاط بقایای خشک‌شده گیاهی با خاک، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ماش را کاهش داد (جدول ۳). با افزایش مقدار بقایای گیاهی خشک‌شده اثر بازدارندگی بیشتر شد. البته تأثیر تیمار ۹۰ گرم اختلاط بقایا بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و همین‌طور طول ریشه و ساقه در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌داری نبود (جدول ۳). درصد خروج در تیمارهای ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم نسبت به تیمار شاهد ۴۹/۳ و ۵۸/۷ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳).

سرعت خروج گیاهچه نیز در تیمارهای ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم در مقایسه با تیمار شاهد در صد کاهشی معادل ۴۵/۴ و ۶۳/۶ را نشان داد (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ماش تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی گیاه کامل توق

Table 1. Variance analysis for seed germination and seedling growth of mung bean affected by different concentrations of whole plant aqueous extract of *X. strumarium* L.

منابع تغییر Source of variation		درجه آزادی df	جوانه‌زنی Germination	میانگین سرعت جوانه‌زنی Mean rate of germination	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
A.E. concentration	عصاره آبی	3	16.02^{ns}	$0.024^{××}$	$39.2^{××}$	13.3^{ns}	0.185^{ns}	0.042^{ns}	$0.542^{×}$
Error	خطا	12	10.92	0.002	4.2	5.3	0.132	0.056	0.142
%CV	ضریب تغییرات (٪)		3.61	7.2	9.12	6.31	8.23	6.21	5.42

^{ns} غیرمعنی‌داری و $^{×}$، $^{××}$ به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد و یک درصد

^{ns}: Non significant and $^{×}$,$^{××}$: Significant at P<0.05 and P<0.01 levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه ماش تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی گیاه کامل توق

Table 2. Mean comparison of germination rate, plumule length and seedling dry weight of mungbean affected by different concentrations of whole plant aqueous extract of *X. strumarium* L.

عصاره آبی A.E. Concentration (%)	میانگین سرعت جوانه‌زنی Mean rate of germination (1/day)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (mg)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)
0	0.72^{a}	6.27^{a}	17.82^{a}
3	0.7^{ab}	6.1^{a}	17.64^{a}
6	0.64^{b}	0.58^{b}	14.1^{b}
9	0.52^{c}	0.53^{bc}	12.3^{c}

حروف مختلف در هر ستون، نشاگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Different letters in columns are significant differences between treatments based on LSD test at P<0.01.

همچنین طول ریشه، درصد کاهشی معادل ۳۴/۳۷ و ۵۷/۸ و طول ساقه نیز به‌طور مشابه درصد کاهشی به مقدار ۲۵ و ۵۰ درصد به‌ترتیب در تیمارهای ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۳). گزارش‌های متعدد دیگر در گیاهان مختلف نتایج مشابهی را نشان داد (Batlang & Shushu, 2015; Alsadawi & Salih, 2016; Wang *et al*, 2017).

اثر اختلاط بقایای گیاه خشک‌شده در سطح خاک

قراردادن پودر خشک‌شده توق در سطح خاک اثر بازدارندگی شدیدتری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ماش، در مقایسه با تیمار اختلاط آن با خاک داشت (جدول ۳). این نتایج با گزارش‌های سایر محققان تطابق دارد (Ismail & Chong, 2017; Wang *et al*, 2017). تمام مقادیر اختلاط یافته توق در سطح خاک در مقایسه با تیمار شاهد درصد و سرعت خروج گیاهچه، طول ریشه و ساقه را کاهش داد (جدول ۳). کاهش درصد خروج گیاهچه در مقایسه با شاهد برای تیمارهای ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم به ترتیب ۷۸/۹، ۹۷/۲ و ۹۸/۶ درصد بود. در خصوص سرعت خروج، درصد کاهش در تیمارهای مذکور ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). همین‌طور طول ریشه در تیمار ۹۰ گرم کاهش ۸۰درصدی و

عـدم رشـد را در تیمارهـای ۱۸۰ و ۲۷۰ گـرم نشـان داد (جدول۳). در رابطه با طـول سـاقه نیـز درصـد کـاهش ۷۲/۵، ۹۸/۰۴ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب در تیمارهـای ۹۰, ۱۸۰ و ۲۷۰ در مقایسه با تیمار شاهد ثبت گردیـد (جـدول ۳). علـت ایـن وضعیت می‌تواند برخورد فیزیکی نهال‌های در حـال خـروج بـا بقایـای توزیـع‌شـده گیـاهی در سـطح خـاک (Teasdale & Mohler, 2016) و یـا ناشـی از رهاشـدن مـواد دگرآسـیب از بقایای گیاهی باشد (Belz, 2014). با افـزایش مقـدار بقایـای گیاهی در سطح خاک اثرات بازدارندگی افزایش یافت؛ هرچنـد که بین تیمارهای ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم در رابطه با صفات بررسـی شده اختلاف معنی‌دار نبود (جـدول ۳). عـدم رشـد ریشـه در تیمارهای ۱۸۰ و ۲۷۰ گرم مشاهده شد، در حالی که این عدم رشد برای ساقه در تیمار ۲۷۰ گرم مشاهده گردید (جدول۳).

جدول ۳- اثرات پسماند خشک‌شده گیاه کامل توق در اختلاط با خاک و یا توزیع شده در سطح خاک بر رشد و خروج گیاهچه ماش در گلخانه

Table 3. Effects of *X. strumarium* soil incorporated and soil surface placed dry whole plant residues on seedling emergence and growth of mungbean in greenhouse

پسماند گیاه کامل	درصد خروج		سرعت خروج		طول ریشه		طول ساقه	
Whole plant residue (g/pot)	Emergence (%)		Emergence rate (seeds/day)		Root length (mm)		Shoot length (mm)	
	SI	SS	SI	SS	SI	SS	SI	SS
0	75^{a}	71^{a}	11^{a}	8^{a}	64^{a}	35^{a}	60^{a}	51^{a}
90	63^{a}	15^{b}	11^{a}	4^{b}	58^{ab}	7^{b}	55^{ab}	14^{b}
180	38^{b}	2^{c}	6^{b}	2^{c}	42^{b}	0^{b}	45^{b}	1^{c}
270	31^{b}	1^{c}	4^{c}	0.4^{c}	27^{c}	0^{b}	30^{c}	0^{c}
CV (%)	8.1	9.3	7.4	8.1	10.9	11.2	10.8	11.4

SI اختلاط‌یافته با خاک و SS توزیع‌شده در سطح خاک

حروف مختلف در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

SI: Soil incorporated, SS: Soil surface

Means followed by different letters in the same column differ significantly $P<0.05$ as established by LSD-test.

این نتایج با تحقیقات پیشـین در کـاهو وحشـی[1] و بابونـه گاوی[2] در خصوص افزایش اثرات بازدارندگی بـا افـزایش مقـدار بقایـای اخـتلاط‌یافتـه مطابقـت دارد (Chon *et al*, 2015; Singh *et al*, 2016).

نتیجه‌گیری

افزایش غلظت عصاره آبـی تـوق تـأثیر منفـی بـر سـرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و وزن خشـک گیاهچـه مـاش داشـت. البته این اثرات در غلظت‌های پایین قابل‌توجه نبود. شایان ذکـر است که اثرات بازدارندگی عصاره آبی توق بر سرعت جوانه‌زنـی، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچـه مـاش بـه غلظـت عصـاره بستگی داشت. در بخش گلدانی این تحقیق در هـر دو وضـعیت اختلاط کامل بقایای توق با خـاک و یـا قـرارگـرفتن در سـطح خاک گلدان با افـزایش میـزان بقایـا درصـد بازدارنـدگی کلیـه صفات بررسی‌شده افـزایش یافـت؛ هرچنـد کـه در تیمـار عـدم اختلاط شدت بازدارندگی بسـیار بیشـتر بـود. بـه‌طـور خلاصـه می‌توان ادعا کرد مـدیریت نامناسـب جمعیـت علـف‌هـرز تـوق بـه‌ویـژه در تـراکم‌هـای بـالا و وجـود مـواد شـیمیایی محلـول انتشاریافته از این گیاه در غلظت بالا به شکل زیـان‌بـاری رشـد اولیه گیاهچه را از طریق تأخیر در خروج و تولید گیاهچـه‌هـای ضعیف و کوتوله ماش تحت تأثیر قرار می‌دهد. این روند منفـی، بـر ظهـور یکسـان و یکنواخـت گیاهچـه‌هـا اثـر گذاشـته و گیاهچه‌های ضعیف و حساس به تنش‌های زیستی و غیرزیستی (نظیر پیاز و کاهو) تولید شده و در ادامه کاهش شدید عملکـرد را بـه‌دنبـال خواهـد داشـت. از نقطـه‌نظـر عملـی، شناسـایی علـف‌هـای‌هـرز بـا پتانسـیل بـالقوه دگرآسـیبی و آشـنایی بـا ویژگی‌های زیان‌آور آن‌ها بر جوانه‌زنی و به‌تأخیر انـداختن رشـد گیاهان زراعی طی مراحل اولیه رشد ضرورت دارد.

منابع

1. Alsadawi, I.S., and Salih, N.M.M. 2016. Allelopathic potential of *Cyperus rotundus* L. I. Interference with crops. Allelopathy Journal 23: 297-304.

۱. *Parthenium hysterophorus*

۲. *Lactuca sativa* L.

2. Alshahrani, T.S., Hicks, R.R., Verlinden, S., and Siedel, G.E. 2017. Effects of leaf extract of *Zizyphus spina-christi* and *Prosopis juliflora* on each other's seedling roots. Allelopathy Journal 23: 111-118.
3. Batlang, U., and Shushu, D.D. 2015. Allelopathic activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and nodulation of Bambara groundnut [*Vigna subterranean* (L.) Verdc.]. Journal of Agronomy 6: 541-547.
4. Belz, R.G. 2014. Stimulation versus inhibition bioactivity of parthenin, a phytochemical from *Parthenium hysterophorus* L. Dose Response 6: 80-96.
5. Blum, U., Shafer, S.R., and Lehman, M.E. 2014. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: Concepts vs. An experimental model. Critical Review of Plant Science 18: 673-693.
6. Chon, S.U., Jang, H.G., Kim, D.K., Kim Y.M., Boo, H.O., and Kim, Y.J. 2015. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. Science of Horticulture 106: 309-317.
7. Chung, I.M., Ahn, J.K., and Yun, S.J. 2010. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Crop Protection 20: 921-928.
8. Cutler, H.G., and Cole, R.J. 2012. Carboxyatractyloside a compound from *Xanthium strumarium* and *Atractylis gummifera* with plant growth inhibiting properties. Journal in Natural Production 46: 609-613.
9. Decoteau, D.R. 2013. Vegetable Crops. The Pennsylvania State University, USA. p: 324-333.
10. Ellis, R.H., and Roberts, E.H. 1980. In: Towards Rational Basis for Testing Seed Quality, P.D. Hebblethwaite (Ed.). Butterworths, London. p: 605-635.
11. Ghasemi-Golezani, K., Aloloo, A.A., Valizadeh, M., and Moghaddam, M. 2008. Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36: 29-33.
12. Gholami, S., Salehi, A., and Moradi, A. 2015. Effects of maternal plant nutrition on the absorption of some nutritional elements and germination characteristics of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Seed Science and Technology 4(1): 119-118. (In Persian).
13. Haig, T. 2016. Allelochemical in Plants. In: Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry, Zeng, A.U. Mallik and S.M. Suo (Eds.). Springer-Verlag, New York, USA. p: 63-104.
14. Ismail, B.S., and Chong, T.N. 2017. Allelopathic effects of Dicranopteris linearis debris on common weeds of Malaysia. Allelopathy Journal 23: 277-286.
15. Kiarostami, K. 2004. The study on allelopathic effects of some weeds on germination and seedling growth of different cultivars of wheat. Agronomy and Horticulture 61: 66-72.
16. Luciani, S., Martini, N., and Santi, R. 2010. Effects of carboxyatractyloside, a structural analogue of atractyloside, on mitochondrial oxidative phosphorylation. Life Science 10: 961-968.
17. Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science 2: 176-177.
18. Raman, R., and Krishnamoorthy, R. 2015. Nodulation and yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) influenced by integrated weed management practices. Legume Research 28(2): 128-130.
19. Rashedmohassel, M.J., and Mousavi, S.K. 2007. Principles of Weed Management. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran. (In Persian). P: 290.
20. Shajie, E., and Saffari, M. 2007. Allelopathic effects of Clocklebur (*Xanthium strumarium*) on germination and seedling growth of some crops. Allelopathy Journal 19: 501-506.
21. Singh, K.N., Bulis, A.S., Shah, M.H., and Khanday, B.A. 2012. Effect of spacing and seed rate on yield of green gram (*Vigna radiate* L.) in Khashmirvally. Indian Journal of Agricultural Science 61: 326-327.
22. Singh, H.P., Batish, D.R., Pandher, J.K., and Kohli, R.K. 2016. Phytotoxic effects of *Parthenium hysterophorus* residues on three Brassica species. Weed Biology Management 5: 105-09.
23. Stephen, W.A., and Sowerby, M.S. 2013. Allelopathic potential of weed, *Parthenium hysterophorus* L. in Australia. Plant Protection Quart 11: 20-23.
24. Tanveer, A., Tahir, M., Nadeem, M.A., Youniss, M., Aziz, A., and Yaseen, M. 2008. Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on seed germination and seedling growth of crops. Allelopathy Journal 21: 317-328.
25. Teasdale, J.R., and Mohler, C.L. 2016. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. Weed Science 48: 385-392.
26. Wang, J.C., Wu, Y., Wang, Q., Peng, Y.L., Pan, K.W., Luo, P., and Wu, N. 2017. Allelopathic effects of *Jatropha curcas* on marigold (*Tagetes erecta* L.). Allelopathy Journal 24: 123-131.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 26-33 (Original Research Article)

Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on germination and seedling growth of Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Mirzaee[1], Mohammad and Saeedipour[2*], Saeed

1. MSc. Student, Weed Science, Shoushtar Branch, Islamic Azad University; m_mirzaee@yahoo.com
2. Associated Professor, Department of Agronomy, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

Received: 30 April 2020; **Revised:** 13 July 2020
Accepted: 1 August 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86650

How to cite this article:
Mirzaee, M., and Saeedipour, S. 2021. Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on germination and seedling growth of Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 26-33.

Introduction

Xanthium strumarium (Cocklebur) is a genus of flowering plants in the family Asteraceae, native to the America, Eastern Asia, South Africa and Australia. It is coarse, herbaceous annual plant growing to 50-120 cm tall, which invades agricultural lands. Its seedlings and seeds contain the glycoside carboxyatractyloside and can be poisonous to animals, including cattle, horses and pigs. Its successful spread in so many parts of world has mainly attributed to its allelopathic properties, which enable it to complete effectively with native crops and/or pasture species. *Vigna radiata* is an important food legume cultivated in rainfed areas in the west and northwest of Iran. One of the main reasons of its lower yield is competition from weeds, because it does not compete well with weeds. Thus, weeds reduce yield and quality of mungbean through competition for light, moisture and nutrient. This study was aimed at determining the possible effects of the widespread weed *X. strumarium* L. whole plant A.E. on germination and seedling growth of mungbean under laboratory and greenhouse conditions

Materials and Methods

Naturally growing common cocklebur plants around our university campus were randomly uprooted and collected during flowering stage in August 2018. The plants were immediately brought to laboratory and the whole plant cut into 2 to 3 cm pieces, air-dried in greenhouse and ground in a mill of 2 mm sieve size. Then 3, 6 and 9 g of ground materials were mixed in 100 ml distilled water and soaked for 24 h at room temperature (21 to 22 ^{o}C) and filtered through four layers of cheesecloth. The aqueous extracts were stored in conical flasks in dark until use. Both in laboratory bioassays or greenhouse studies were done from August to December, 2018 and the rates of 90, 180 and 270 g powdered material or 3, 6 and 9% extracts were based on the previous studies.

Results and Discussion

Results showed that mean rate of germination in control treatment was higher than that of other treatments, but there was not any significant difference between control and 3% treatment. The lowest value for this trait belonged to aqueous extract i.e. 9%. The increase in *X. strumarium* L. A.E. concentration was concomitant with decrease of the mean rate of mungbean seed germination. In this case, there was a negative linear regression between A.E. concentration and plumule length as well. It is noteworthy that decrease in germination rate led to a delayed emergence and poor establishment of mungbean seedlings. *X. strumarium* A.E. did not adversely influence plumule dry weight of mungbean in the 3% A.E. treatment, compared to the control. The A.E. concentrations of 6 and 9% resulted in significant reduction of 20.87 and 30.97% in plumule length compared with those of the control, respectively. The soil incorporation of dry mix residues

*** Corresponding Author:** saeeds79@gmail.com

decreased both germination and seedling growth of mungbean. There was an increase in inhibitory effect with increase in amount of dry residues incorporated. However, no significant difference was observed between control and 90 g for both germination (%) and rate, and root and shoot lengths. Compared to soil incorporated dry mix residues, the soil surface applied dry whole plant residues drastically inhibited the mungbean germination and seedling growth. This is congruent with previous report. All rates of soil surface placed *X. strumarium* dry mix residues significantly inhibited the mungbean seedling emergence (%) and rate and root and shoot lengths over the control.

Conclusion

High concentrations of *X. strumarium* L. A.E. negatively influenced seed germination rate, plumule length and seedling dry weight of mungbean. However, their effects were not considerable at low concentrations. In conclusion, we can claim that mismanagement of weed population in field condition especially high densities of *X. strumarium* L. weed and presence of high concentrations of water soluble chemicals produced by this weed adversely influence early growth (delayed emergence and dwarf and weak seedlings) of mungbean plants. Eventually, this trend negatively influences homogenous emergence of plants and the result would be plants susceptible to biotic and abiotic stresses, leading to very low marketable yields.

Keywords: Aqueous Extract؛ Herbal Remnants؛ Incorporation؛ Seedling growth

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 34-45
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84584

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۴۵-۳۴، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L. (Thysanoptera: Thripidae روی پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی در شرایط مزرعه

صدیقه اشتری*

عضو هیئت علمی بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۰، بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
اشتری، ص. ۱۴۰۰. ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L. (Thysanoptera: Thripidae روی پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی در شرایط مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۴۵-۳۴.

چکیده

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که در اغلب کشورهای جهان کشت می شود. این محصول توسط آفات مختلف از جمله تریپس پیاز مورد حمله قرار می‌گیرد. این تحقیق در طی دو سال در شرایط مزرعه با کاشت ارقام غفار، صدری، کوشا، تلاش و چیتی محلی خمین و لاین KS-۲۱۴۹۲ درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو آزمایش همراه با سم‌پاشی و بدون سم‌پاشی در ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین انجام شد. آماربرداری برای بررسی تغییرات جمعیت آفت (به تفکیک لارو-پوره و بالغ) از زمان شروع آلودگی تا پایان آن به صورت هفتگی صورت گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز و میانگین‌ها از طریق آزمون توکی به صورت تجزیه مرکب مورد مقایسه قرارگرفتند. نتایج دوساله حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین جمعیت تریپس در مراحل مختلف لارو-پوره و بالغ در دو رقم حساس چیتی محلی خمین (۱۱/۹۷±۲/۵۷ و ۳/۱۵±۰/۶ عدد) و صدری (۲/۲۸ ± ۱۰/۴۴ و ۲/۳۵±۰/۵ عدد) مشاهده شد. در این تحقیق رقم غفار و کوشا به ترتیب با ۳۷۴۹/۹ و ۳۶۰۲/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند. از طرفی لاین KS-۲۱۴۹۲ در مقایسه با بقیه ارقام خسارت پایین‌تر و جمعیت کمتری در مراحل مختلف لارو-پوره و بالغ (۱/۰۹ ±۴/۲۷ و ۰/۲۴ ± ۰/۹۵ عدد) داشت، ولی عملکرد آن (۲۲۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) مانند رقم تلاش از سایر ارقام کمتر بود. همچنین این لاین کمترین جمعیت و کمترین درصد کاهش عملکرد را نیز در بین ارقام داشت. ازاین رو ارقام کوشا و غفار به دلیل عملکرد بالاتر و خسارت کمتر تریپس جهت کشت در منطقه اولویت دارند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خسارت؛ تریپس پیاز؛ تغییرات جمعیت؛ لوبیا؛ مقاومت

مقدمه

لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که در اغلب کشورهای جهان کشت می‌شود. سطح زیرکشت لوبیا در ایران طبق آمار منتشره از طرف وزارت جهاد کشاورزی ۱۰۸,۶۸۷هکتار با متوسط عملکرد ۳,۱۷۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان مرکزی با سطح زیرکشت ۱۱,۱۵۲هکتار و عملکرد ۲,۴۲۸ کیلوگرم در هکتار یکی از مناطق عمده لوبیاکاری کشور محسوب می‌شود (Ahmadi *et al*., 2018). یکی از آفاتی که باعث کاهش عملکرد لوبیا می‌شود، تریپس پیاز است. این حشره از مراحل اولیه رشد تا برداشت محصول لوبیا از برگ تغذیه می‌کند، اما حساس‌ترین زمان نسبت به خسارت این آفت مرحله ۳-۲ برگی لوبیا است (Khanjani, 2004). مراحل مختلف لاروی، پورگی و حشرات بالغ این آفت با استقرار در پشت برگ‌های لوبیا از شیره گیاهی تغذیه نموده و در نتیجه سبب ایجاد لکه‌های نقره‌ای رنگ می‌شود که فضولات سیاه‌رنگ آفت در داخل قسمت‌های نقره‌ای‌شده نمایان است و به راحتی می‌توان از روی علایم خسارت، به وجود آفت پی برد (Shoeibi *et al*., 2016). از دلایل عمده خسارت اقتصادی این آفت، توان تولید مثلی بالا، تعداد نسل بالا، تحرک و ماده زایی، انتقال بعضی از بیماری‌های گیاهی و افزایش سریع مقاومت به آفت‌کش‌ها می‌باشد (Van Rijin *et al*., 1995). این آفت شناخته‌شده‌ترین تریپس در جهان است و روی بیش

* نویسنده مسئول: aroya95@gmail.com

از ۳۰۰ گونه گیاهی فعالیت می‌کند و خسارت‌های قابل‌ملاحظه ای به پیاز، پنبه، کاهو و گوجه‌فرنگی وارد می‌کند. این تریپس همچنین ناقل برخی از بیماری‌های ویروسی است (Hazir & Rifat, 2011). با بررسی مناطق لوبیاکاری استان مرکزی، *Thrips tabaci* را با فراوانی ۶۵/۷۵ درصد، به عنوان گونه غالب تریپس معرفی کردند. در تحقیقی که با هدف شناسایی گونه غالب تریپس روی لوبیا و خسارت آن در شهرستان لردگان انجام شد، محققان نتیجه گرفتند که در این منطقه تریپس پیاز خسارت‌زا نبوده و سمپاشی برای آن توصیه نمی‌شود. همچنین بین تیمارهای سمپاشی و بدون سمپاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Saeidi and Rezvani, 2002). محققان تراکم جمعیت تریپس پیاز را روی رقم‌های مختلف تعدادی از گیاهان زراعی بررسی و مشاهده نمودند که خسارت آفت روی رقم‌های مختلف متفاوت می‌باشد (Sedaratian *et al*., 2010). در مطالعه‌ای که به مدت دوسال در استرالیا به منظور بررسی میزان خسارت چند گونه تریپس از جمله تریپس پیاز روی لوبیا سبز انجام شد، چنین نتیجه گرفته شد که در سال اول ۱۰/۷۴ درصد غلاف‌ها و در سال دوم ۳۶/۶۵ درصد غلاف‌ها غیرقابل‌ارائه به بازار بودند (Duff *et al*., 2015). محققان اظهار داشتند که عوامل فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی زیادی از جمله مرحله رشدی گیاه، رنگ برگ، نحوه آرایش برگ‌ها، وجود کرک و پوشش مومی و وجود مواد مغذی روی میزان جلب‌شدن جمعیت و در نهایت میزان خسارت تریپس پیاز تأثیر دارند (Roozbahani *et al*., 2016). از آنجا که استفاده از سموم حشره‌کش مشکلاتی از قبیل بروز مقاومت حشرات به حشره‌کش‌ها، افزایش جمعیت آفات ثانویه، احیاء آفات، مسمومیت‌های مزمن برای انسان و اثرات سوء زیست محیطی را به دنبال دارد، بنابراین استفاده از ارقام مقاوم و متحمل به عنوان یکی از روش‌های منطقی و کم‌خطر مدیریت کنترل آفات می‌باشد، به‌طوری‌که با حداقل هزینه برای کشاورز خسارت آفت را کاهش داده و خطرات زیست‌محیطی و اثرات نامطلوب سموم آفت‌کش روی دشمنان طبیعی را کاهش می دهد (Bagheri *et al*., 2001). لذا با توجه به خسارت این آفت و سطح زیرکشت لوبیا در ایران و همچنین لزوم کاهش مصرف سموم شیمیایی در محصولات کشاورزی، در این مطالعه به بررسی میزان خسارت تریپس پیاز *Thrips tabaci* روی پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ارقام غفار، صدری، کوشا، تلاش و چیتی محلی خمین و لاین KS-۲۱۴۹۲ (که از ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین تهیه شده بودند)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو آزمایش با تیمار انجام سم‌پاشی و تیمار بدون انجام سم‌پاشی در ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین به مدت دو سال کشت و از نظر خسارت تریپس در طول فصل زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر رقم یا لاین در چهار خط سه‌متری کاشته شد. کشت به صورت جوی و پشته انجام شد. فاصله پشته‌ها ۵۰سانتی‌متر و فاصله بذرها روی پشته ۱۰سانتی‌متر بود. جهت آلودگی مزرعه به تریپس در هر کرت ۵۰۰ عدد تریپس که در شرایط گلخانه (دمای ۲۷ درجۀ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین روی گلدان‌های لوبیا پرورش داده شده بود، رهاسازی گردید. در تیمار سم‌پاشی جهت کنترل تریپس، سم‌پاشی هر هفته و پس از اطمینان از ظهور آفت با فرمولاسیون تجاری اکسی دی متون متیل (متاسیستوکس) EC25% به نسبت یک لیتر در هکتار و به وسیله سم‌پاش پشتی موتوری لانس‌دار انجام شد. سایر مراحل کاشت و داشت بر اساس عرف منطقه صورت گرفت. کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد. جهت مهار علف‌های‌هرز، دو هفته قبل از کاشت از فرمولاسیون تجاری علف‌کش تریفلورالین (ترفلان) EC48% استفاده گردید و در صورت نیاز در طول فصل رشد نیز وجین دستی صورت گرفت. ارزیابی فاکتورهای موردنظر عبارت بودند از:

ارزیابی علائم خسارت روی هر رقم

نمونه‌برداری از زمان شروع آلودگی (مرحله دوبرگی) به صورت هفتگی و تا پایان حضور آفت ادامه یافت. برای نمونه‌برداری پنج عدد بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و بر اساس میزان خسارت وارده و سطح آلوده برگ نمره‌دهی شد. مقیاس خسارت از صفر (عدم وجود خسارت) تا ۶ (وجود نقاط کلروز) به شرح زیر بود (Saeidi, 2011; Fail & Penzes, 2001). ۰: بدون خسارت، ۱: نقاط کلروزه کمتر از ۱۰ درصد سطح برگ‌ها، ۲: نقاط کلروزه بین ۲۵-۱۰ درصد سطح برگ‌ها، ۳: نقاط کلروزه بین ۴۰-۲۶ درصد سطح برگ‌ها، ۴: نقاط کلروزه بین ۶۰-۴۱ درصد سطح برگ‌ها، ۵: نقاط کلروزه بین ۸۰-۶۱ درصد سطح برگ‌ها، ۶: نقاط کلروزه بین ۱۰۰-۸۱ درصد سطح برگ‌ها.

بررسی تغییرات جمعیت آفت

آماربرداری برای بررسی تغییرات جمعیت آفت (به تفکیک لارو-پوره و بالغ) از زمان شروع آلودگی تا پایان آلودگی در رقم و لاین مورد مطالعه به صورت هفتگی و به طور منظم صورت

گرفت. برای نمونه‌برداری به طور تصادفی از هر کرت ۱۰ بوته (از دو خط حاشیه هر یک دو بوته و از دو خط داخلی هر یک سه بوته) انتخاب و از هر بوته دو برگ (یکی از نیمه پایین و یکی از نیمه بالای بوته) در نظر گرفته شد و به طور جداگانه داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شد. این کیسه‌ها با ذکر مشخصات به آزمایشگاه منتقل شدند و تعداد تریپس (به تفکیک لارو-پوره و بالغ) شمارش شد. تفاوت لارو و پوره تریپس در اندازه و رنگ آن‌ها می‌باشد، به طوری که رنگ لارو زرد متمایل به سفید و رنگ پوره زرد است. اندازه بدن لارو ۰/۳۵-۰/۳۸ میلی‌متر و اندازه بدن پوره ۰/۷-۰/۹ میلی‌متر می باشد.

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه

برای بررسی عملکرد دانه در هر بوته و اجزای عملکرد دانه (شامل تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن۱۰۰دانه)، ارقام مورد مطالعه تحت شرایط آلودگی به آفت بررسی و با شاهد مقایسه شد.

محاسبات آماری

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی به صورت تجزیه مرکب سال در سطح یک و پنج درصد انجام شد. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با تبدیل به Log_{10} (x+1) نرمال‌سازی شدند.

نتایج و بحث

تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس و مقایسه‌های میانگین تجزیه مرکب تغییرات جمعیت تریپس پیاز در دو سال اجرای پروژه: در سال اول دو اوج مشخص جمعیت (میانگین همه ارقام) در تاریخ‌های ۹۶/۵/۵ و ۹۶/۶/۵ برای لارو و پوره تریپس مشاهده گردید. تریپس بالغ هم یک اوج خفیف در تاریخ ۹۶/۵/۵ و یک اوج مشخص در ۹۶/۶/۵ داشت. در سال دوم دو اوج مشخص جمعیت (میانگین همه ارقام) در تاریخ‌های ۹۷/۵/۱۷ و ۹۷/۶/۱۳ برای لارو و پوره تریپس مشاهده گردید. تریپس بالغ هم یک اوج خفیف در تاریخ ۹۷/۵/۱۷ و یک اوج مشخص در ۹۷/۶/۱۳ داشت (شکل‌های ۱ و ۲). تراکم جمعیت در اوایل سیر صعودی داشت که پس از شهریور رو به کاهش گذاشت. احتمالاً همانند سال اول عواملی مانند زردی، کاهش کیفیت و ریزش برگ‌ها در اثر پیری و همچنین کاهش دمای محیط در اواخر فصل نقش مؤثری در کاهش زادآوری و جمعیت تریپس داشت. جدول تجزیه واریانس مرکب تغییرات جمعیت نشان داد که بین دو سال آزمایش به لحاظ میانگین تعداد لارو-پوره و بالغ تریپس پیاز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل سال در تکرار در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل سال در تیمار معنی‌دار نبود. در مقایسات میانگین تجزیه مرکب دو سال، ارقام چیتی محلی خمین، صدری، غفار، کوشا، تلاش و لاین۲۱۴۹۲-KS به ترتیب دارای ۱۱/۹۷، ۱۰/۴۴، ۷/۹۷، ۶/۹۷، ۵/۵۲ و ۴/۲۷ عدد لارو-پوره و ۳/۱۵، ۲/۳۵، ۱/۷، ۱/۵۵، ۱/۲ و ۰/۹۵ عدد بالغ تریپس بودند. بیشترین و کمترین جمعیت تریپس پیاز در مراحل لارو-پوره به ترتیب در رقم صدری و لاین۲۱۴۹۲-KS مشاهده شد. در مرحله بالغ نیز رقم صدری و لاین۲۱۴۹۲-KS بیشترین و کمترین جمعیت تریپس را دارا بودند. به دلیل این‌که ارقام صدری و چیتی محلی خمین بیشترین جمعیت را در مراحل لارو-پوره و بالغ بین سایر ارقام و لاین۲۱۴۹۲-KS داشتند، جزو ارقام حساس به این آفت محسوب می‌شوند. ارقام غفار، کوشا، تلاش و لاین۲۱۴۹۲-KS نیز به دلیل داشتن جمعیت کمتر به عنوان ارقام متحمل به این آفت محسوب می‌گردند (جداول ۱ و ۲).

مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا در دو سال در شرایط بدون سم‌پاشی: جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین دو سال آزمایش در شرایط بدون سم‌پاشی بین تیمارها به استثنای تعداد غلاف در بوته (سطح ۵ درصد) و ارتفاع (سطح ۱ درصد) اختلافی مشاهده نشد. اثرات متقابل سال در تکرار نیز در هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نبود. بین همه تیمارها هم در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل سال در تیمار به استثنای تیمار ارتفاع در سطح ۱ درصد در بقیه تیمارها معنی‌دار نشد.

ارتفاع: بیشترین میزان ارتفاع در رقم چیتی محلی خمین و کمترین ارتفاع در لاین۲۱۴۹۲-KS مشاهده شد. ارقام چیتی محلی و صدری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بین میزان ارتفاع تیمار شاهد و لاین۲۱۴۹۲ -KS اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار بود.

تعداد غلاف در بوته: بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم غفار و کمترین تعداد غلاف در رقم تلاش مشاهده شد. رقم تلاش با رقم شاهد یا چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته نداشتند، ولی بین رقم غفار و چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

تعداد دانه در غلاف: بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به ترتیب در ارقام کوشا و تلاش مشاهده شد. هر دو رقم کوشا و تلاش با چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

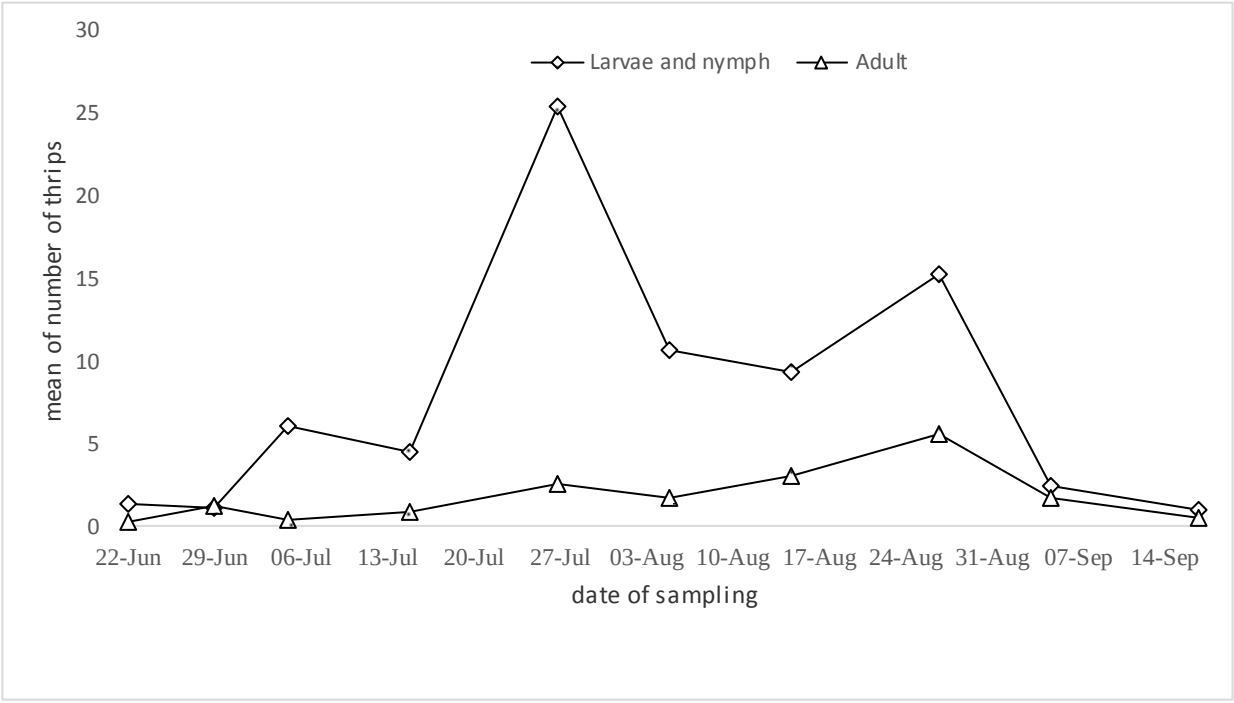
وزن۱۰۰دانه: بیشترین و کمترین وزن۱۰۰دانه به ترتیب در ارقام کوشا و تلاش مشاهده شد. بین هر دو رقم با تیمارشاهد چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

عملکرد: رقم غفار دارای بیشترین عملکرد و تلاش کمترین عملکرد را در بین ارقام دارا بودند. رقم غفار با چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری داشت، در حالی که بین رقم تلاش با رقم چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

بیشترین کاهش عملکرد در چیتی محلی خمین و کمترین آن در لاین۲۱۴۹۲ -KS مشاهده گردید. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

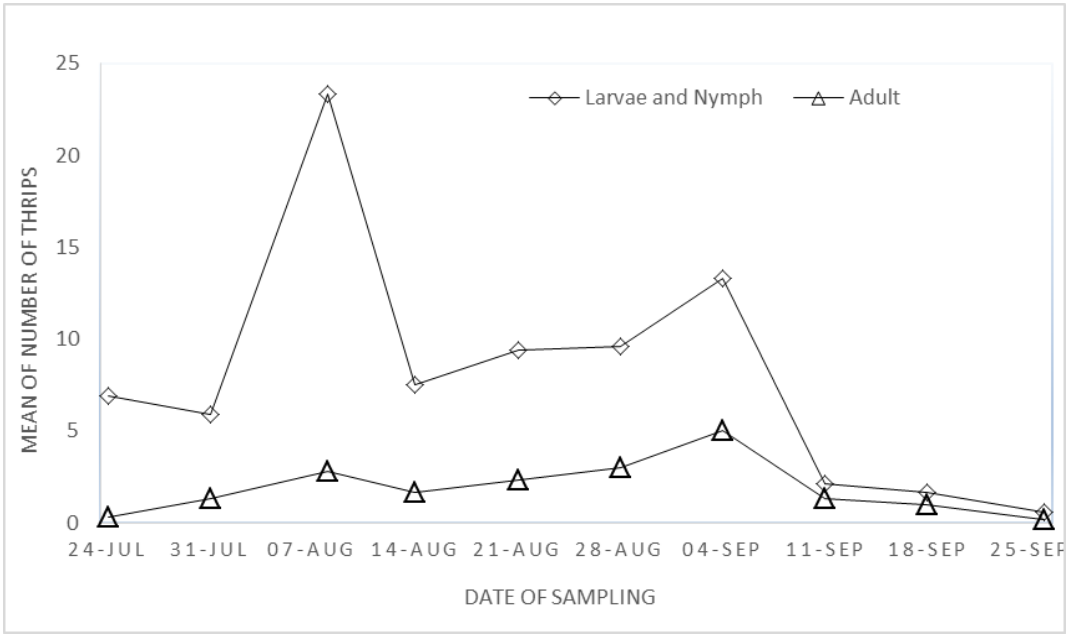
مقیاس خسارت: بیشترین مقیاس خسارت در رقم چیتی محلی خمین یا شاهد و کمترین مقیاس خسارت در لاین۲۱۴۹۲-KS مشاهده شد. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود. (جداول ۳ و ۴).

مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا در دو سال در شرایط سم‌پاشی: جدول تجزیه واریانس در شرایط سمپاشی نیز نشان داد که بین دو سال آزمایش در شرایط بدون سم‌پاشی بین تیمارها به استثنای تعداد غلاف در بوته (سطح ۵درصد) و ارتفاع (سطح ۱ درصد) اختلافی مشاهده نشد. اثرات متقابل سال در تکرار نیز در هیچ‌یک از تیمارها معنی‌دار نبود. بین همه تیمارها هم در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثر متقابل سال در تیمار به استثنای تیمار ارتفاع در سطح ۱ درصد در بقیه تیمارها معنی‌دار نشد.



شکل ۱- نمودار میانگین تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در سال ۱۳۹۶

Fig. 1. Population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in the first year



شکل ۲- نمودار میانگین تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در سال۱۳۹۷

Fig. 2. Population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in the second year

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در دو سال

Table 1. Results of compound population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in in two years

میانگین مربعات MS			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	لارو و پوره Larvae and nymph	بالغ Adult
سال Year	1	3.98 ns	0.83 ns
سال×تکرار Year*replication	18	319.13 **	14.10 **
تیمار Treatment	5	171.19 **	13.11 **
سال×تیمار Year*treatment	5	1.13 ns	0.31 ns
خطا Erorr	90	7.57	0.69
ضریب تغییرات CV	-	35.01	45.76

ns: غیرمعنی‌دار؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns: Non-significant; **: Significant at 1% probability levels

جدول ۲- مقایسات میانگین تجزیه مرکب تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در دو سال

Table 2. Comparison of mean of compound analysis of different stages of onion thrips population dynamics in two years

مقایسات میانگین (MC)		
بالغ Adult	لارو-پوره Larve and nymph	رقم Cultivar
a±0.6 3.15	11.97a±2.57	چیتی محلی Chiti Mahali
dc±0.43 1.55	bc±1.55 6.97	کوشا Koosha
b±0.5 2.35	10.44a±2.28	صدری Sadri
dc±0.29 1.2	dc±1.26 5.52	تلاش Talash
bc±0.38 1.7	b±1.83 7.97	غفار Ghaffar
d±0.24 0.95	4.27d±1.09	KS-21492

*عدد به‌دست‌آمده برای هر ستون، برابر با میانگین تکرار±خطای استاندارد می‌باشد.

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

* The number obtained for each column is equal mean±SE.

Means in a columns followed by different letters are significantly different.

جدول۳- نتایج تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش بدون سم‌پاشی

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

میانگین مربعات (MS)							
مقیاس (نمره‌دهی) Score	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/h)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Seed pod	تعداد غلاف در بوته Pod plant	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.01 ns	2214.08 ns	1.26 ns	0.11 ns	8.58*	388.17**	1	سال Year
0.02 ns	53874.26 ns	2.7 ns	0.08 ns	1.36 ns	4.87 ns	6	سال×تکرار Year*replication
4.72**	3899799.38**	53.56**	5.27**	61.49**	3768.76**	5	تیمار Treatment
0.02 ns	387.73 ns	1.67 ns	0.07 ns	0.59 ns	49.70**	5	سال×تیمار Year*treatment
0.03	29887.11	2.02	0.13	1.54	2.61	30	خطا Erorr
4.56	6.72	3.83	17.03	12.27	2.33	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

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

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

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

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

ارقام و لاین Cultivar	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod plant	تعداد دانه در غلاف Seed pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/h)	درصد کاهش عملکرد % Yield reduction	مقیاس Score
چیتی محلی خمین Chiti mahali	87.31a	8.2c	2.06c	36.20c	2149.25bc	15.11	4.79a
کوشا Koosha	61.87d	12.96a	3.07a	38.65b	3377.25a	6.25	3.27d
صدری Sadri	86.69a	10.5b	2.41bc	36.59c	2283b	12.71	4.55b
غفار Ghaffar	71.87c	13.81a	2.73ab	41.61a	3547.38a	5.40	3.19d
تلاش Talash	78.94b	7.27c	1.02d	34.45d	1965c	11.19	3.5c
KS-21492	44.12e	7.89c	1.27d	35.47dc	2117.13bc	4.31	2.95e

*عدد به‌دست‌آمده برای هر ستون، برابر با میانگین تکرار±خطای استاندارد می‌باشد.
میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند، اختلاف معنی‌دار دارند.

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

ارتفاع: رقم صدری و لاین۲۱۴۹۲-KS به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ارتفاع را داشتند. بین رقم صدری و شاهد یا چیتی محلی خمین از نظر میزان ارتفاع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که اختلاف مشاهده‌شده بین لاین۲۱۴۹۲-KS و رقم چیتی محلی خمین، معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار بود.

تعداد غلاف در بوته: ارقام غفار و تلاش به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند. رقم تلاش با رقم شاهد یا چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته نداشتند، ولی بین رقم غفار و چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

تعداد دانه در غلاف: بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در ارقام کوشا و تلاش مشاهده شد که بین هر دو رقم با تیمار شاهد یا چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

وزن۱۰۰دانه: ارقام غفار و تلاش به ترتیب بیشترین و کمترین وزن۱۰۰دانه را داشتند و اختلافشان با تیمار شاهد معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

عملکرد: عملکرد رقم غفار از همه ارقام بیشتر بود و با رقم شاهد یا چیتی محلی خمین اختلاف معنی‌داری داشت. عملکرد رقم تلاش و لاین۲۱۴۹۲-KS مشابه بود و اختلافی نداشتند و کمترین عملکرد را دارا بودند. بین این دو نیز با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود.

مقیاس خسارت: رقم چیتی محلی خمین و لاین۲۱۴۹۲-KS به ترتیب بیشترین و کمترین مقیاس خسارت را داشتند. اثر متقابل تیمار در سال معنی‌دار نبود. (جداول ۵ و ۶).

یکی از آفات لوبیا در استان مرکزی تریپس می‌باشد که در سال‌های اخیر افزایش جمعیت داشته است. در بررسی تغییرات جمعیت تریپس در طی دو سال مورد بررسی، تراکم جمعیت در اوایل سیر صعودی داشته که پس از شهریور رو به کاهش می‌گذارد. احتمالاً عواملی مانند زردی، کاهش کیفیت و ریزش برگ‌ها در اثر پیری و همچنین کاهش دمای محیط در اواخر فصل نقش مؤثری در کاهش زادآوری و جمعیت تریپس خواهد داشت. در طی دو سال، اوج جمعیت لارو-پوره و بالغ تریپس در مردادماه و شهریورماه مشاهده شد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج پژوهش دیگری (Roozbahani *et al.*, 2016) که تغییرات جمعیت تریپس را روی ارقام لوبیاقرمز در لرستان بررسی کردند و چنین نتیجه گرفتند که دو اوج جمعیت لارو سن اول، لارو سن دوم و بالغ در مردادماه و شهریورماه اتفاق افتاد، مشابه می‌باشد.

جدول ۵- نتایج تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش سم‌پاشی

Table 5. Results of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of with spraying

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod plant	تعداد دانه در غلاف Seed pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/ h)	مقیاس (نمره‌دهی) Score
سال Year	1	73.75**	24.36*	0.68 ns	13.63 ns	1704.07 ns	0.0002 ns
سال×تکرار Year*replication	6	1.78 ns	1.99 ns	0.22 ns	2.89 ns	44351.82 ns	0.009 ns
تیمار Treatment	5	3826.92**	58.76**	5.38**	87.94**	3724750.38**	1.47**
سال×تیمار Year*treatment	5	27.87**	0.77 ns	0.004 ns	1.42 ns	16.73 ns	0.004 ns
خطا Erorr	30	2.91	1.72	0.54	2.50	29160.07	0.02
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.37	9.72	15.20	3.84	6.05	6.25

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

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

جدول ۶- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش سم‌پاشی

Table 6. Results of mean comparison of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of with spraying

ارقام و لاین Cultivar	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod plant	تعداد دانه در غلاف Seed pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/h)	مقیاس Score
چیتی محلی خمین Chiti mahali	88.81a	11.79c	3.67b	40.08c	2531.75b	3.04a
کوشا Koosha	64.12d	16.16a	4.69a	42.22b	3602.25a	2.12dc
صدری Sadri	89.37a	13.44b	3.99ab	40.26c	2615.5b	2.72b
غفار Ghaffar	75c	17.35a	4.16ab	47.23a	3749.88a	2.01d
تلاش Talash	82.06b	10.9c	2.60c	37.66d	2212.5c	2.25c
KS-21492	47.56e	11.24c	2.75c	39.51c	2212.5c	1.99d

*عدد به‌دست‌آمده برای هر ستون، برابر با میانگین تکرار±خطای استاندارد می‌باشد.
میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند، اختلاف معنی‌دار دارند.

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

تفاوت در تراکم جمعیت تریپس پیاز در لاین و ارقام مورد مطالعه می‌تواند با ویژگی‌های ریخت شناسی، مواد شیمیایی، کیفیت تغذیه‌ای و مواد بازدارنده در ارتباط باشد. در یک بررسی (Roozbahani *et al.*, 2016) در مورد مقاومت ۱۰ لاین لوبیاقرمز به تریپس پیاز در شرایط مزرعه مشخص شد که لاین های KS-31169 و KS-31285 حساس، لاین‌های KS-31286، KS-31288، KS-31290، KS-31292 و KS-31287 نیمه‌حساس و لاین‌های KS-31289 و KS-31291 به‌عنوان لاین‌های مقاوم به این آفت بودند. ازآنجاکه تحقیق حاضر میزان خسارت و تحمل ارقام و یک لاین

لوبیاچیتی را نسبت به تریپس پیاز مورد بررسی قرار داده است، لذا نتایج با یکدیگر تفاوت دارند. در تحقیق حاضر دو رقم چیتی محلی خمین و صدری بـه دلیـل داشـتن بیشـترین جمعیـت و مقیاس خسارت و همچنین بیشترین درصد کاهش عملکـرد بـه عنوان ارقام حساس به این آفت بودند. ارقام غفار و کوشا نیز بـه دلیل جمعیت کمتر مقیاس خسارت پـایین‌تـر، درصـد کـاهش عملکرد کمتر و همچنین عملکرد بـالاتر نسـبت بـه ایـن آفـت متحمل بودند. از طرفی این دو رقم به لحاظ تعداد غـلاف، دانـه در غلاف و وزن۱۰۰دانه نیز نسبت به مـابقی ارقـام در وضـعیت مطلوبی بودند. رقم تلاش و لاین۲۱۴۹۲-KS، عملکـرد پـایینی داشتند.

برخی نتایج (Mohiseni & Kushki, 2016) نشـان داد که تیپ رشدی بوته‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر مقاومت ارقام به کنه تارتن دارد که در مـورد تـأثیر تیـپ رشـدی بوتـه بـر جمعیـت تریپس پیاز نیاز به تحقیق بیشتری است. تحقیقات نشان دادند که واریته‌های مختلف لوبیای معمولی دارای ترکیبات ضدتغذیه از قبیل فیتیک اسید، لکتین و مهارکننده تریپسین هستند کـه می‌توانند روی زیست‌شناسی آفات گیاه‌خـوار از جملـه تـریپس پیاز تأثیر داشته باشند که با نتایج تحقیق حاضر به دلیل تفاوت در جمعیت ارقام مورد مطالعه و همچنین تفـاوت در عملکـرد و مقیاس خسارت آن‌ها مشابه می‌باشد. گزارش‌ها نشان مـی‌دهـد که میزان این عوامل ضدرشد در لاین‌های مختلف لوبیـا بـا هـم متفاوت است (Rui *et al*., 2016). محققان دیگری متابولیـت های ثانویه دیگری مانند آلفا آمیلازها و یـا فلاوینوئیـدهـا را بـه عنوان عامل مقاومت در ارقام و لاین‌های لوبیـا ذکـر نمـوده‌انـد (Lima *et al*., 2014).

در پژوهشی (Alabi *et al*., 2004) مقاومت ۹ کولتیـوار لوبیا چشم‌بلبلی در برابر تریپس *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) مـورد بررسـی قـرار گرفـت. ایـن پژوهشـگران بـا شمارش جمعیت تریپس روی لاین‌ها و ارقام مختلف لوبیا چشم بلبلی نتیجه گرفتند که لاین‌های Sanzibanili، Sewe، TVU 1509 و Mussa local باعث ۱۰۰درصد مـرگ‌ومیـر حشـرات بالغ تازه متولدشده ایـن تـریپس شـدند. ایـن محققـان چنـین نتیجه گرفتند که علت مقاومت یـا مـرگ‌ومیـر تـریپس عوامـل تغذیه‌ای موجود در لاین‌های مقاوم هستند. نتایج این تحقیق با تحقیق حاضر به دلیل کمتربودن تعداد جمعیـت تـریپس پیـاز روی ارقام متحمل نسبت بـه ارقـام حسـاس مشـابه مـی‌باشـد. محققان دیگری نیز تراکم جمعیت تـریپس پیـاز را روی هفـت رقم و یک لاین سویا مورد بررسی قرار دادند و گـزارش نمودنـد که بیشترین تراکم تریپس روی رقم Dpx و لاین KS-۳۴۹۴ و کمترین تراکم جمعیت روی دو رقم L17 و Tellar وجود دارد (Sedaratian *et al*., 2010) که به دلیـل تفـاوت در محصـول مورد مطالعه با نتـایج تحقیـق حاضـر، تشـابهی نـدارد. ارزیـابی مقاومت چند واریته کلم نسبت به تریپس پیاز توسـط محققـان انجام شد (Trdan *et al*., 2005). آن‌ها نتیجه گرفتنـد کـه در سال‌های خشک، خسارت این تـریپس بیشـتر بـود و از طرفـی واریته vestri با بیشترین عملکرد به عنوان واریته مقاوم معرفی شد که نتایج حاصله با توجه به تفاوت در محصول مورد مطالعه با نتایج این تحقیق مشابه نمی‌باشد. بـا بررسـی مقاومـت چنـد لاین لوبیا از جمله DOR 714، EMP486، FEB115، FEB 161 و 162 FEB بـه *Thrips palmi* و همچنـین ارزیـابی عملکرد و نمره‌دهی آن‌ها به این نتیجه رسیدند کـه لایـن‌هـای لوبیا سطح متوسطی از مقاومت را به این تـریپس نشـان دادنـد (Cardona *et al*., 2002).

مقاومت ارقام بر اساس شـمارش جمعیـت تـریپس پیـاز و بررسی مشخصه‌های عملکرد محصـول، نیـز در تحقیقـی مـورد استفاده قرار گرفتـه اسـت (Kalafchi *et al*., 2002). در ایـن تحقیق که روی ۹رقم پیاز جهت ارزیابی میزان خسارت صـورت گرفت، معلوم شد که رقم قرمز آذرشهر با داشتن بالاترین تعداد تریپس و بیشترین خسارت نسبت به سایر تـوده‌هـا حسـاس‌تـر بوده و رقم سفید قم با داشتن کمترین تعداد تـریپس، آلـودگی کمتری نسبت به این آفت دارد. نتـایج ایـن تحقیـق بـه دلیـل تفاوت در محصول و ارقام مورد آزمایش بـا نتـایج ایـن تحقیـق متفاوت می‌باشد. محققان دیگری نیز در یـک پـژوهش بـر روی ارقام مختلف پیاز در استان مرکزی، اظهار داشتند که رقم قرمز آذرشهر نسبت به رقم سفید قم و کردسـتان مقاومـت بیشـتری داشته و کمتر خسارت دیده است (Yousefi & Abbasifar, 2009) که به دلیل تفاوت در ارقام و محصول مـورد مطالعـه بـا نتایج این تحقیق مشابه نمی‌باشد. با توجه به وجـود لایـن‌هـا و ارقام مختلف لوبیا و اختلاف‌هـای معنـی‌دار بـین مقاومـت ایـن ارقام، به نظر می‌رسد که معرفی ارقام مقاوم بـه ایـن آفـت مـی تواند ضمن کاهش خسارت آفت باعـث کـاهش دفعـات مصـرف سموم شیمیایی و اثرات نامطلوب آن‌ها شود.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hoseinpoor, R., Hatami, F., Abdeshah, H., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2018. Agricultural Statistics. The First Volume of Agriculture. Ministry of Agriculture Jihad. Office of Statistics and Information Technology. 87 pp.

2. Alabi, O.Y., Odebiyi, J.A., and Tamo, M. 2004. Effect of host plant resistance in some cowpea (*Vigna unguiculata* L. cultivars on growth and developmental parameters of the flower bud thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom). Crop Protection 23: 83-88.
3. Alavi, J. 1995. Thrips Fauna in Bojnourd. MSc. Thesis. Ahvaz University, 132 pp. (in Persian with English Summary).
4. Bagheri, A., Mahmudi, A.A., and Ghezeli, F. 2001. Common Beans. Research for Crop Improvement. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad. 556 pp. (in Persian with English Summary).
5. Cardona, C., Feri, A., Bueno, J.M., Diaz, J., Gu, H., and Dorn, S. 2002. Resistance to *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) in beans. Journal of Economic Entomology 95(5): 1066-1073.
6. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J., and Shelton, A.M. 2011. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion. Journal of Economic Entomology 104: 1-13.
7. Duff, J., Healey, M., and Senior, L. 2015.Thrips incidence in green beans and the degree of damage caused. Acta Horticulture 1105: 19-26.
8. Fail, J., and Penzes, B. 2001. Developing methods for testing the resistance of white cabbage against *Thrips tabaci* . Proceedings of the International Symposium on Thysanoptera. p.1118.
9. Hazir, A., and Rifat, M. 2011. Population fluctuation of thrips species in nectarine orchards and damage level in East Mediterranean Region of Turkey. Journal Entomology Research Society 14(1): 41-52.
10. Kalafchi, M., Ebadi, R., and Mobli, M. 2002. Study of population density and damage of onion thrips *Thrips tabaci* Lind. on onion populations in Isfahan. Proceedings of the 15 th Iranian Plant Protection Congress. Kermanshah, Iran. pp 68-69. (In Persian with English Summary).
11. Khanjani, M. 2004. Pests of Crop Plants of Iran. Bu Ali Sina University Press. 718 pp. (in Persian with English Summary).
12. Lima, P.F., Colombo, C.A., Chiorato, A.F., Yamaguchi, L.F., Kato, M.J., and Carbonell, S.A. 2014. Occurrence of isoflavonoids in Brazilian common bean germplasm *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62: 9699-9704.
13. Mohiseni, A., and Kushki, M.H. 2016. The effect of planting pattern and plant density on the density and intensity of pest damage *Tetranychus urticae* koch on two red commom bean cultivars. Final Report Agriculture and Natural Resources Research and Education Center Boroujerd, Lorestan campus (In Persian with English Summary).
14. Moundm, L.A., and Marullo, R. 1996. The Thrips of central and south America: An introduction (Insecta: Thysanoptera). Memoirs on Entomology International 6: 487.
15. Roozbahani, M., Shakarami, J., Mohiseni, A.A., Kooshki, M.J., and Jafari, S.H. 2016. Investigation of resistance of ten red bean genotype to onion thrips in field conditions. Plant Pests Researches 6(3): 1-10. (In Persian with English Summary).
16. Rui, S., Hua, W., Rui, G., Qin, L., Lei, P., Jianan, L., Zhihui, H., and Chanyou, C. 2016. The Diversity of four anti-nutritional factors in common bean. Horticultural Plant Journal 2(2): 97-104.
17. Saeidi, Z. 2011. Investigation of resistance of selected genotype from local Chit bean masses of Chaharmahal and Bakhtiari province to two spotted spider mites. Research Project Final Report. 36 p. (In Persian with English Summary).
18. Saeidi, Z., and Rezvani, A. 2002. Investigation of bean thrips and economic importance of dominant species on local cultivars. Agricultural Documentation Center 11: 49-78. (In Persian with English Summary).
19. Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talebi, A.A., and Farahani, S. 2010. Population density and spatial distribution pattern of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on different soybean varieties. Journal of Agricultural Science and Technology 12: 275-288. (In Persian with English Summary).
20. Shoeibi, M., Shayanmehr, M., and Modarres najafabadi, S.S. 2016. Identification and introduction of thysanoptera of bean fields in Markazi province. Journal of Plant Protection 30(1): 163-151. (In Persian with English Summary).
21. Trdan, S., Mileroj, L., Zezlina, I., Raspudic, E., Andjus, L., Vidrih, M., Bergant, K., Valic, N., and Zenidarcic, D. 2005. Feeding damage by onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on early white cabbage grown under insecticide-free conditions. African Entomology 13(1): 85-95.
22. Yousefi, M., and Abbasifar, A.R. 2009. Evaluation of resistance to Thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) in improved Sefid-e-Khomein genotype and some other Iranian onion cultivars. Seed and Plant Improvement Journal 25(4): 605-621. (In Persian with English Summary).
23. Van Rijin, P.C., Mollema, J.C., and Stenhuis-Borers, G.M. 1995. Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* on cucumber. Bulletin of Entomological Research 85: 285-297.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 34-45 (Original Research Article)

Evaluating the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on five cultivars and one genotype of chiti bean in field conditions

Ashtari[1]*, Sedighe

Faculty Member, Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran

Received: 11 December 2019; **Revised:** 10 March 2020
Accepted: 1 August 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84584

How to cite this article:
Ashtari, S. 2021. Evaluating the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on five cultivars and one genotype of chiti bean in field conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 34-45.

Introduction

According to statistics released by the Ministry of Agricultural Jahad, the area under cultivation of beans in Iran is 105,000 hectares, with an average yield of 2200 kg/ha. Thrips is one of the pests that reduce bean yield. The different developmental stages of *Thrips tabaci*, by settling under the bean leaves and feeding on the plant sap, cause colored silver spots, that the black feces of pest are visible inside these spots. These signs of damage indicate the presence of pests. Thrips is evident from the beginning to the end of its growing population of active beans in the fields and its damage. Onion thrips is the most well-known thrips in the world and causes significant damage to onion, cotton, lettuce, tomato. It also carries some viral diseases.

Materials and Methods

Phaseolus vulgaris is one of the most important legumes cultivated in most countries of the world. This crop is attacked by various pests including onion thrips. This study was conducted in two years in field condition by planting cultivars Ghaffar, Sadri, Koosha, talash, local chiti of Khomein (control) and KS-21492 genotype in a randomized complete block design with four replications in two experiments with spraying and non-spraying treatments, at the National Bean Research of Khomein Station. Sampling was also conducted weekly to evaluate changes in pest populations (separately from larvae, nymph and adult) from the beginning of infestation to the end of infestation was performed. For sampling, five plants were randomly selected from each plot and scored based on the amount of damage and contaminated leaf area. Yield and yield components were also calculated. The results of this study were analyzed using SAS 9.1 statistical software and the means were compared by Tukey test in 1% and 5%.

Results and Discussion

The two-year results of this study showed that Ghaffar and Koosha cultivars had the highest average yield of 3749.88 and 3602.25 kg/ha, respectively. Chiti of Khomein and sadri had the highest of population. On the other hand, KS-21492 genotype had less damage scale than Sadri and control, but its yield (2212.50) was lower than other cultivars. Given that this genotype had the lowest yield loss and population among cultivars. Sedaratian *et al*, (2010) also studied the population density of thrips onion on seven cultivars and one soybean genotype and reported the highest density of thrips on Dpx and genotype KS-3494 and the lowest population density on two cultivars L17 and Tellar. This is not consistent with the results of the present study due to differences in the product studied. Cultivars resistance based on population count of onion thrips and evaluation of crop yield characteristics were also used by Kalafchi *et al*, (2002). These researchers evaluated nine onion varieties for damage. Red Azarshahr cultivar with the highest number of thrips and the highest damage to other cultivars was sensitive, and Sefid-Qom cultivar with the lowest

*** Corresponding Author:** aroya95@gmail.com

number of thrips, it is less contaminated than this pest. The results of this study are different from the results of recent research due to differences in product and cultivars tested. The results of the research (Mohiseni & Kushki, 2016) showed that the plant growth type had a significant effect on the resistance of cultivars to two spotted mites, which requires further investigation on the impact of the plant growth type on the onion population. Research has shown that different varieties of common beans contain anti-nutritional compounds such as phytic acid, lectin and trypsin inhibitors that can influence the biology of herbivorous pests such as onion thrips. This is similar to the results of the present study due to differences in populations studied as well as differences in yield and damage scale. Studies have shown that the levels of these anti-growth factors in different bean genotypes are different.

Conclusion

Based on the results of this study Koosha and Ghaffar cultivars due to higher yield Priority for cultivation in the area.

Keywords: Bean؛ Loss assessment؛ Population changes؛ Resistance؛ *Thrips tabaci*

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 46-56
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.73567

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۵۶-۴۶، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی اثرات خوشه‌چینی علف‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) در تناوب زراعی بر عملکرد نخود در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام در شرایط اقلیمی لرستان

سید کریم موسوی*

استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷، بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۳؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
موسوی، س.ک. ۱۴۰۰. ارزیابی اثرات خوشه‌چینی علف‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) در تناوب زراعی بر عملکرد نخود در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام در شرایط اقلیمی لرستان. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۴۶-۵۶.

چکیده

تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و تأثیر تاریخ کاشت و راهکارهای مدیریتی در کشت نخود بر عملکرد نخود در سال بعد طی سال‌های زراعی ۸۸- ۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ در شهرستان خرم‌آباد لرستان مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل-اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتوریل وضعیت خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم در دو سطح (بدون خوشه‌چینی و خوشه‌چینی) در سال زراعی ۸۸-۱۳۷۸و تاریخ کاشت نخود در فصل بعد در دو سطح (کاشت زودهنگام و کاشت دیرهنگام) در کرت‌های اصلی و سطوح فاکتور مدیریت علف‌هرز در کشت نخود در پنج سطح (کاربرد پیش‌رویشی متری‌بیوزین ۰/۷ کیلوگرم در هکتار از نشان‌تجاری سنکور ۷۵ درصد، کاربرد پیش‌رویشی ایمازتاپیر ۰/۷ لیتر در هکتار از نشان‌تجاری پرسویت ۱۰ درصد، کاربرد پس‌رویشی کلتودیم ۱ لیتر در هکتار از نشان‌تجاری سلکت ۱۲ درصد، شاهد عاری از علف‌هرز و شاهد بدون کنترل علف‌هرز) در کرت‌های فرعی آزمایش قرار گرفتند. خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سال قبل به طور متوسط سبب افزایش ۲۶/۵ درصد عملکرد دانه نخود در واحد سطح شد. میانگین عملکرد دانه نخود در واحد سطح برای کاشت زودهنگام ۴۹/۹ درصد بیشتر از کاشت تأخیری بود. کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر (پرسویت) به مقدار ۰/۷ لیتر در هکتار و متری‌بیوزین (سنکور) به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط اقلیمی مورد آزمایش (معتدل سرد) اثرات گیاه‌سوزی شدید پایداری روی گیاه‌زراعی نخود بر جای گذاشت. کاهش ارتفاع بوته، جارویی‌شدن برگ‌ها، تشدید شاخه‌زایی و تأخیر در فاز زایشی از جمله اثرات منفی علف‌کش ایمازتاپیر روی گیاه‌زراعی نخود بود. تداخل علف‌های‌هرز در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام نخود به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۷/۸ درصد و ۴۹/۸ درصد عملکرد دانه نخود شد. بیشترین میانگین عملکرد دانه نخود (۲۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) به تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز در کاشت زودهنگام در شرایط خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و کمترین میانگین عملکرد دانه (۴۴۹/۳ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر در کاشت دیرهنگام نخود در شرایط عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم مربوط بود.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت؛ خوشه‌کشی؛ مدیریت علف‌های‌هرز

مقدمه

در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، حدود ۷۸۷ هزار هکتار معادل ۶/۷ درصد سطح برداشت محصولات‌زراعی به حبوبات اختصاص داشته که ۶۳/۵ درصد کل سطح برداشت حبوبات به کشت نخود مربوط بوده است. در سال‌زراعی مذکور استان‌های کرمانشاه، لرستان و کردستان به ترتیب با ۲۷، ۲۲ و ۱۳ درصد، رتبه‌های اول تا سوم تولید نخود کشور را به خود اختصاص دادند (Ahmadi, *et al*., 2017).

کشت حبوبات به دلیل ویژگی مهم تثبیت نیتروژن موجبات باروری خاک برای زراعت‌های بعدی (عمدتاً غلات) را فراهم می آورد (Miller, *et al*., 2002; Pacucci, *et al*., 2006) و از سوی دیگر موجب شکست چرخه زندگی آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز باریک‌برگ ناشی از نظام‌های تک‌کشتی غلات می‌شود (Whish, *et al*., 1996). ۹۲ درصد سطح زیرکشت و

* **نویسنده مسئول:** k.mousavi@areeo.ac.ir

۸۸ درصد تولید نخود (*Cicer arietinum* L.) به کشورهای درحال‌توسعه تعلق دارد (Varshney, *et al*., 2014). ایران چهارمین رتبه این محصول را در جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه داراست. ۹۵ درصد کشت نخود در ایران در شرایط دیم صورت می‌گیرد. متوسط عملکرد گیاه نخود در واحد سطح در ایران ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار است که نسبت به میانگین جهانی آن بسیار پایین است (Plancqaert, *et al*., 1990).

حصول پتانسیل تولید گیاه نخود نیازمند حذف رقابت علف‌های‌هرز است (Plancqaert, *et al*., 1990). نخود به دلیل سرعت رشد کُند و سطح برگ محدود در مراحل اولیه رشد، در برابر علف‌های‌هرز رقیب ضعیفی است. تنک‌بودن تراکم کاشت نخود سبب دیرتربسته‌شدن تاج‌پوشش گیاهی آن می شود که این امر مدیریت علف‌های‌هرز را طی دوره طولانی‌تری می‌طلبد (Taran, *et al*., 2013).

تناوب زراعی ابزار مهمی برای کاهش وفور آفات، بهبود توازن و باروری خاک و افزایش عملکرد گیاهان‌زراعی محسوب می‌شود (Brust & Stinner, 1991; Sumner, 1982). در کشت‌های فاقد گزینه‌های علف‌کشی مناسب، تناوب زراعی جزء بسیار مهمی از برنامه مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز به‌شمار می رود. در این نظام‌ها، راهبردهای تناوبی کاهش تراکم علف‌های‌هرز شامل مواردی از قبیل واردنمودن گیاهان زراعی با توانایی رقابت‌کنندگی بالا و کارآمد از نظر پاک‌سازی علف‌های‌هرز، قراردادن گیاهان زراعی با زمان‌های کاشت و طول دوره رشد متفاوت و واردکردن کشت‌های پوششی طی دوره آیش به منظور کاهش جمعیت علف‌های‌هرز قابل استفاده است. تناوب‌های مشتمل بر تاریخ کاشت‌ها و طول دوره‌های رشدی متفاوت در مدیریت برخی گونه‌های علف‌هرز از ارزش خاصی برخوردار است. برای مثال، Thurston (1962) آلودگی‌های یولاف‌وحشی با جوانه‌زنی بهاره را در کشت بهاره جو از طریق واردنمودن غله‌ای با کاشت پاییزه در تناوب زراعی کاهش داد. به‌طور مشابه، توصیه‌ها برای کنترل علف‌هرز گندم‌نیا (*Aegilops cylindrica*) در کشت گندم زمستانه شامل کاشت گندم بهاره در تناوب زراعی برای کاهش بانک بذر بوده است. البته کارآیی این عمل ممکن است بر اثر افزایش فراوانی گروه‌های بهاره این علف‌هرز نقصان یابد (Walenta *et al*., 2002). توسعه نظام‌های زراعی فرونشاننده علف‌هرز، از جمله تناوب‌های زراعی تسهیل‌گر به‌حداقل‌رسانی نهاده‌های علف‌کش، نیازمند مطالعه اثرات گیاهان‌زراعی و نظام‌های مدیریتی بر جنبه‌های مختلف جمعیت‌شناسی علف‌های‌هرز است (Bastiaans *et al*. 2000; Mortensen *et al*., 2000).

در برخی پژوهش‌ها به امکان کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین برای کنترل علف‌های‌هرز کشت نخود اشاره شده است (Lees, 2004). Mousavi (2011) در ارزیابی کارآیی علف‌کش‌های مختلف برای کنترل علف‌های‌هرز کشت نخود در شرایط اقلیمی معتدل گرم جنوب خرم‌آباد گزارش کرد که کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش متری‌بیوزین ضمن کنترل مناسب علف‌های‌هرز، فاقد اثرات گیاه‌سوزی پایدار روی گیاه زراعی نخود بود. Lees (2004) گزارش داد که کاربرد علف‌کش سنکور در زمان خروج گیاهچه نخود و پیش از بازشدن برگ‌های آن خسارت چندانی به این گیاه‌زراعی وارد نمی‌کند.

جودره با نام علمی *Hordeum Spontaneum* C.Koch یکی از مهم‌ترین علف‌های‌هرز باریک‌برگ کشت‌زارهای دیم استان لرستان است (Mousavi, *et al*., 2017). جمعیت‌های طبیعی این علف‌هرز در بسیاری از مناطق دیگر جهان مشاهده شده است (Harlan & Zohary, 1966; Nevo *et al*. 1986). اکثر باریک‌برگ‌کش‌های رایج توصیه‌شده برای مزارع گندم قادر به کنترل کامل علف‌هرز جودره نیستند. از این رو بهره‌گیری از راهکارهای زراعی مناسب برای مدیریت این علف‌هرز حیاتی است. ارزیابی تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و تاریخ کاشت و کنترل علف‌های‌هرز در کشت نخود سال بعد در تناوب زراعی بر عملکرد نخود از جمله اهداف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در روستای سراب جلدان منطقه گریت از توابع شهرستان خرم‌آباد به فاصله ۵۰ کیلومتری از مرکز استان لرستان در شرایط دیم اجرا شد. محل آزمایش دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه ۴۲ دقیقه و ۰/۷ ثانیه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه ۲۱ دقیقه و ۵/۲ ثانیه شمالی و ارتفاع ۱۸۴۴ متر از سطح دریاست. خاک مزرعه محل اجرای آزمایش از نوع لومی رسی بود. منطقه گریت دارای آب‌وهوای معتدل سرد است. تناوب زراعی رایج در این منطقه گندم-نخود است. منطقه گریت از جمله قطب‌های مهم کشت نخود دیم استان لرستان به شمار می‌رود. مقدار بارندگی، دمای حداقل و دمای حداکثر روزانه سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرم‌آباد در شکل ۱ نشان داده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل‌اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتوریل وضعیت خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم در دو سطح (۱- بدون خوشه‌چینی و ۲- خوشه‌چینی) در سال زراعی ۸۸-۱۳۷۸و تاریخ کاشت نخود در فصل بعد در دو سطح (۱- کاشت زودهنگام و ۲- کاشت دیرهنگام)، کرت‌های اصلی و

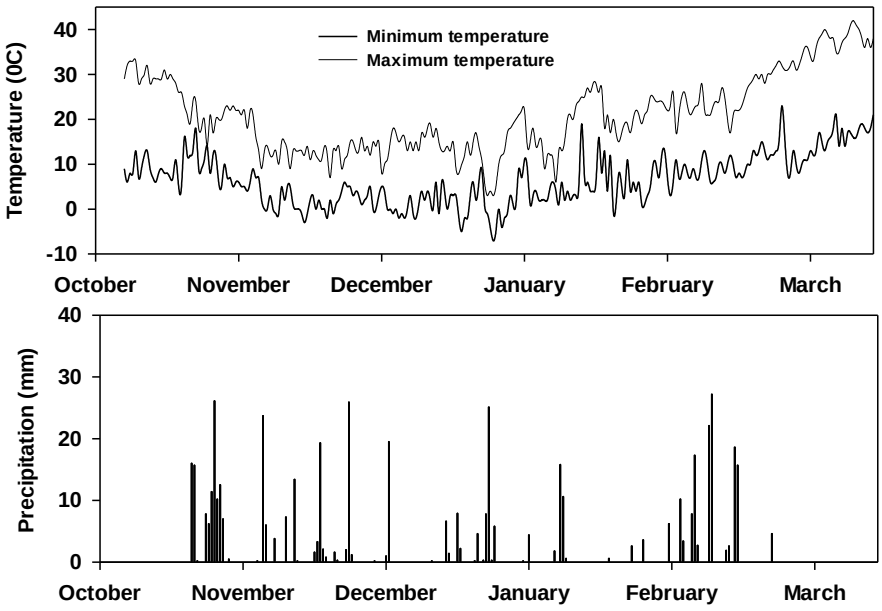
سطوح فاکتور مدیریت علف‌هرز در کشت نخود در پنج سطح (۱- کاربرد پیش‌رویشی متری‌بیوزین ۰/۷ کیلوگرم در هکتار از نشان‌تجاری سنکور ۷۵ درصد، ۲- کاربرد پیش‌رویشی ایمازتاپیر ۰/۷ لیتر در هکتار از نشان‌تجاری پرسویت ۱۰ درصد، ۳- کاربرد پس‌رویشی کلتودیم ۱ لیتر در هکتار از نشان‌تجاری سلکت ۱۲ درصد، ۴- شاهد عاری از علف‌هرز و ۵- شاهد بدون کنترل علف‌هرز) کرت‌های فرعی آزمایش بودند.

در بهار ۱۳۸۸ کشت گندمی با آلودگی تقریباً یکنواخت به علف‌هرز جودره انتخاب شد. برای شناخت نقش بذر تولیدی سال جاری در توسعه آلودگی علف‌هرز جودره دو تیمار خوشه‌چینی و عدم خوشه‌چینی در کشت گندم اعمال شد. به این منظور زمین یاد شده به ۱۲ قسمت با مساحت تقریبی ۲۰۰ مترمربعی برای هر قطعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تقسیم شد. در شِش قطعه از ۱۲ قطعه یادشده طی فصل بهار با ظهور سنبله علف‌هرز جودره تا پایان فصل، خوشه‌چینی علف‌هرز جودره به صورت دستی صورت گرفت تا بدین ترتیب بذر سال جاری در این قطعات ریخته نشود. در حالی که در شِش قطعه دیگر ریزش بذر جودره به طور طبیعی اتفاق افتاد. قطعات برای خوشه‌چینی به طور تصادفی انتخاب شدند.

در فصل بعد آزمایش تأثیر زمان کاشت و کنترل شیمیایی بر جمعیت علف‌هرز جودره در کشت نخود در دو شرایط خوشه‌چینی و عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سال قبل اجرا شد. کشت زودهنگام نخود در اولین فرصت پس از رفع یخبندان زمستانه (۲۴ اسفندماه ۱۳۸۸) و کشت دیرهنگام در تاریخ ۸اردیبهشت ۱۳۸۹ صورت گرفت. کاشت نخود با استفاده از گاوآهن شِش‌خیش پس از پخش دستی بذر بر اساس کاربرد ۶۰کیلوگرم در هکتار از بذر توده محلی انجام شد. عرض هر کرت فرعی پنج متر و طول کرت فرعی هشت متر در نظر گرفته شد. کاشت نخود همانند روش رایج منطقه بدون عملیات خاک‌ورزی اولیه و صرفاً با استفاده از گاوآهن شش‌خیش صورت گرفت.

کاربرد علف‌کش‌های متری‌بیوزین و ایمازتاپیر به صورت پیش‌رویشی به فاصله دو روز پس از کاشت نخود صورت گرفت. علف‌کش کلتودیم نیز به صورت پس‌رویشی بعد از رویش کامل نخود و علف‌های‌هرز در اواسط فصل بهار به کار رفت. سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش پشتی ماتابی با نازل شره‌ای کالیبره‌شده بر اساس پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار انجام شد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود با برداشت سطح پنج مترمربعی میانی هر کرت فرعی برای کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام به ترتیب در تاریخ‌های ۶ و ۲۰ تیرماه ۱۳۸۹ اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح ۵درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت. برای ترسیم گراف ها از نرم‌افزارهای اکسل و سیگماپلات ۱۱ استفاده شد.



شکل ۱- مقدار بارندگی و دماهای حداقل و حداکثر مطلق روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرم‌آباد از ابتدای مهرماه سال‌زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Fig. 1. The amount of daily precipitation and absolute maximum and minimum daily temperatures of Khorramabad, during the growing season, from October in 2009-2010

نتایج و بحث

عملکرد دانه

عملکرد دانه نخود در واحد سطح به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سال قبل قرار گرفت (جدول ۱). خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سال قبل به طور متوسط سبب افزایش ۲۶/۵درصد عملکرد دانه نخود در واحد سطح شد (شکل ۲). این موضوع گویای کاهش اثرات تداخلی علف‌هرز جودره به واسطه کاهش جمعیت آن بر اثر ممانعت از ریزش بذر در سال پیشین است.

عملکرد دانه نخود در واحد سطح به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاشت نخود قرار گرفت (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه نخود در واحد سطح برای کاشت زودهنگام ۴۹/۹درصد بیشتر از کاشت تأخیری بود (شکل ۲). در کاشت زودهنگام ضمن انطباق دوره رشد گیاه‌زراعی نخود با شرایط اقلیمی مناسب از نظر بارندگی و دمای مناسب، عملیات کاشت نیز به دلیل کوچک‌تربودن بوته‌های علف‌هرز جودره از کارآیی بهتری برخوردار بود. در کشت دیرهنگام عملیات کاشت با گاوآهن شش‌خیش به طور کامل قادر به زیرخاک‌بردن و نابودی بوته‌های جودره نبود.

اثرمتقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و زمان کاشت نخود بر عملکرد دانه نخود در واحد سطح از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). این امر نشان‌دهنده پاسخ مشابه عملکرد دانه نخود به زمان کاشت در شرایط خوشه‌چینی و عدم خوشه‌چینی جودره در کشت سال قبل است.

مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود به طور کاملاً معنی‌داری عملکرد دانه نخود در واحد سطح را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه نخود برای تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز (۱۹۶۶ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. تداخل علف‌های‌هرز به طور متوسط سبب کاهش ۳۲/۱ درصد عملکرد دانه نخود شد. عملکرد دانه برای تیمار کاربرد علف‌کش کلتودیم به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای علف‌کش و شاهد بدون کنترل بود. تیمار کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین از نظر عملکرد دانه با تیمار شاهد بدون کنترل علف‌های‌هرز تفاوت معنی‌داری نداشت.

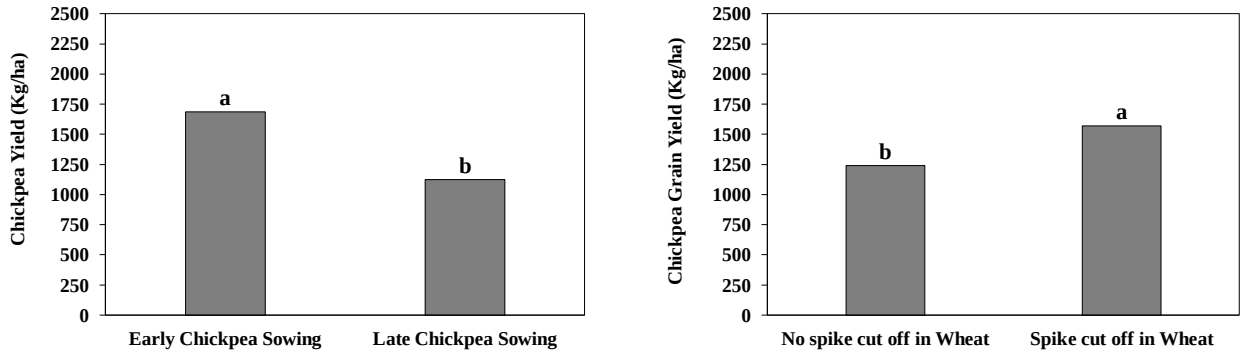
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود در سال دوم آزمایش

Table 1. Analysis of variance of chickpea grain yield and biological yield, in second year

Source of variance منابع تغییرات	Df درجه آزادی	MS	
		Grian yield عملکرد دانه	Biological yield عملکرد بیولوژیک
بلوک Block	2	7546.15 ^{ns}	284928.20 ^{ns}
خوشه‌چینی جودره در کشت گندم سال اول Wild barley spike cut off in wheat crop 2009	1	1616385.15 **	4224106.75 **
زمان کاشت نخود در سال دوم Chickpea sowing time in 2010	1	4719693.15 **	32672736.35 **
اثر متقابل خوشه‌چینی جودره در کشت گندم × زمان کاشت نخود در سال دوم Chickpea sowing time×Wild barley spike cut off	1	2884.35 ^{ns}	140941.15 ^{ns}
خطای کرت اصلی Main plot error	6	79947.93	303644.20
مدیریت علف‌های‌هرز کشت نخود در سال دوم Chickpea weed management in 2010	4	2675018.15 **	5722206.90 **
اثر متقابل خوشه‌چینی جودره در کشت گندم× مدیریت علف‌های‌هرز کشت نخود Chickpea weed management×Wild barley spike cut off	4	184601.15 *	496710.25 ^{ns}
اثر متقابل زمان کاشت نخود × مدیریت علف‌های‌هرز کشت نخود Chickpea weed management×Chickpea sowing time	4	213252.15 *	355599.43 ^{ns}
اثر متقابل سه‌گانه Triple interaction	4	98408.35 ^{ns}	419402.65 ^{ns}
خطای کرت فرعی Subplot error	32	70581.55	191504.61
ضریب تغییرات (درصد) C.V.%		18.90	14.83

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, **, and ns: Significant difference at 5%, 1% and non significant difference, respectively



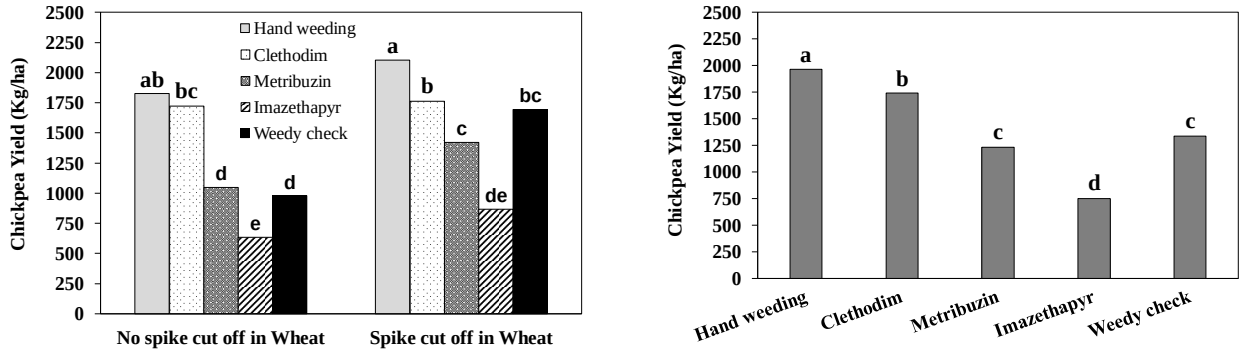
شکل ۲- تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم (راست) و تأثیر زمان کاشت نخود (چپ) بر عملکرد دانه نخود

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمونLSD در سطح ۵درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

Fig. 2. Effect of wild barley spike cut off in wheat crop (Right), and chickpea sowing date (Left) on chickpea grain yield

Means with at least one common letters are not significantly different based on LSD test at 5% level.

تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر از نظر عملکرد دانه نخود در واحد سطح به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). پایین‌بودن میانگین عملکرد دانه نخود در تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بیوزین گویای اثرات گیاه‌سوزی پایدار این علف‌کش‌ها، به خصوص ایمازتاپیر در مقادیر به‌کاررفته روی گیاه زراعی نخود در شرایط اقلیمی منطقه آزمایش است. وقوع بارندگی شدید و سردی هوا متعاقب کاربرد علف‌کش، سبک‌بودن بافت خاک و کم‌بودن محتوای ماده آلی خاک از جمله عواملی هستند که در تشدید اثرات گیاه‌سوزی علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بیوزین روی گیاه‌زراعی نخود مؤثر هستند.



شکل ۳- اثر مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود (راست) و اثر متقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود (چپ) بر عملکرد دانه نخود

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمونLSD در سطح ۵درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

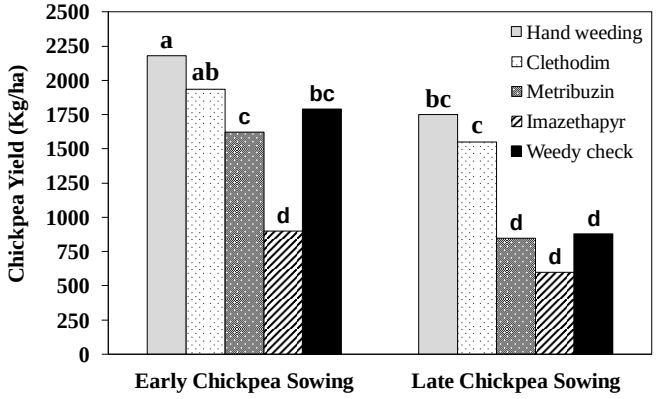
Fig. 3. Effect of chickpea weed management treatments (Right), and interaction effect of wild barley spike cut off in wheat and chickpea weed management (Left)) on chickpea grain yield

Means with at least one common letters are not significantly different based on LSD test at 5% level.

اثر متقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود بر عملکرد دانه نخود در واحد سطح از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین سطح میانگین عملکرد دانه نخود (۲۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) به

تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز در شرایط خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم مربوط بود که به استثنای تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز در شرایط عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با آن داشتند. در شرایط خوشه‌چینی و عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم، تداخل علف‌های‌هرز به ترتیب سبب کاهش ۱۹/۶ درصد و ۴۶/۵ درصد عملکرد دانه نخود شد. کمترین عملکرد دانه نخود در واحد سطح به تیمارهای کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر در شرایط عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و خوشه‌چینی آن مربوط بود (شکل ۳).

اثر متقابل زمان کاشت و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود بر عملکرد دانه نخود در واحد سطح از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). تداخل علف‌های‌هرز در کشت‌های زودهنگام و دیرهنگام نخود به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۷/۸ درصد و ۴۹/۸ درصد عملکرد دانه نخود شد. پایین‌ترین سطح عملکرد دانه نخود به تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بیوزین و شاهد بدون کنترل علف‌های‌هرز در کاشت دیرهنگام و تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر در کاشت زودهنگام اختصاص داشت (شکل ۴). به نظر می‌رسد کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر (پرسویت) به مقدار ۰/۷ لیتر در هکتار و متری‌بیوزین (سنکور) به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در هکتار در کشت نخود صرف‌نظر از سطح کارآیی کنترل علف‌های‌هرز به دلیل اثرات گیاه‌سوزی روی این گیاه‌زراعی در مقادیر به‌کاررفته در اقلیم سرد قابل توصیه نیستند.



شکل ۴- اثرمتقابل زمان کاشت نخود و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود بر عملکرد دانه نخود

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمونLSD در سطح ۵درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

Fig. 4. Interaction effect of chickpea sowing date and chickpea weed management on chickpea grain yield

Means with at least one common letters are not significantly different based on LSD test at 5% level.

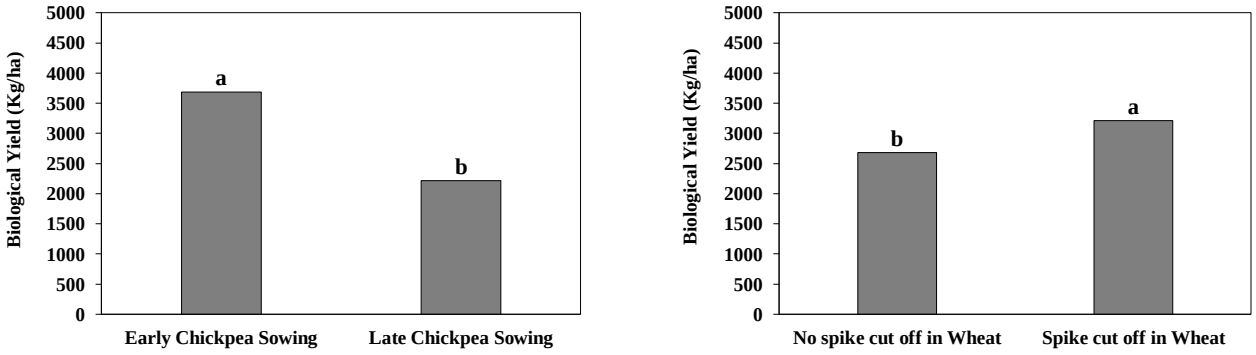
عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم قرار گرفت (جدول ۱). خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم سبب افزایش ۱۹/۸ درصد میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح شد (شکل ۵).

عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاشت آن قرار گرفت (جدول ۱). میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح برای کشت زودهنگام ۶۶/۸ درصد بیشتر از میانگین آن برای کاشت دیرهنگام بود (شکل ۵).

اثرمتقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و زمان کاشت نخود بر عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود قرار گرفت (جدول ۱). میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح برای تیمارهای وجین دستی علف‌های‌هرز و کاربرد پس رویشی باریک‌برگ‌کش کلتودیم به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بدون کنترل علف‌های‌هرز بود، درحالی‌که تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های متری‌بیوزین و ایمازتاپیر با شاهد بدون کنترل علف‌های‌هرز تفاوت معنی‌داری نداشتند. تداخل علف‌های‌هرز سبب کاهش ۳۰/۵ درصد عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح شد (شکل ۶). پایین‌بودن سطح عملکرد بیولوژیک نخود در تیمار شاهد بدون کنترل عمدتاً به اثرات تداخلی علف‌هرز جودره و در مورد تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بیوزین به اثرات گیاه‌سوزی شدید این علف‌کش‌ها روی نخود مربوط بود.

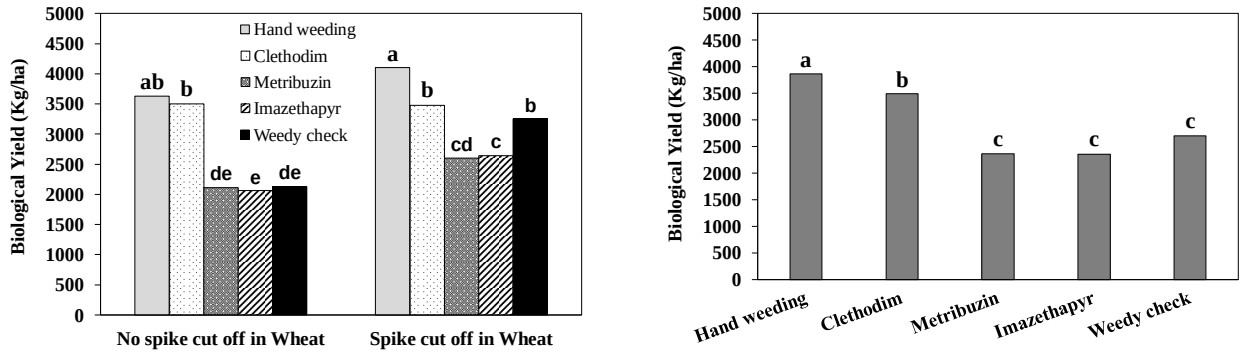


شکل ۵- تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم (راست)، تأثیر زمان کاشت نخود (چپ) بر عملکرد بیولوژیک نخود

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمونLSD در سطح ۵درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

Fig. 5. Effect of wild barley spike cut off in wheat crop (Right), and chickpea sowing date (Left) on chickpea biological yield

Means with at least one common letters are not significantly different based on LSD test at 5% level.



شکل ۶- اثر مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود (راست)، اثرمتقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود (چپ) بر عملکرد بیولوژیک نخود

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمونLSD در سطح ۵درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

Fig. 6. Effect of chickpea weed management treatments (Right), interaction effect of wild barley spike cut off in wheat and chickpea weed management (Left) on chickpea biological yield

Means with at least one common letters are not significantly different based on LSD test at 5% level.

اثر متقابل خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود، اثر متقابل زمان کاشت و مدیریت علف‌های‌هرز و همچنین اثرمتقابل سه گانه فاکتورهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک نخود در واحد سطح از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

صفات موروفولوژیک و اجزای عملکرد نخود

آزمایش تراکم نخود به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم در فصل قبل قرار گرفت. میانگین تراکم نخود برای شرایط خوشه‌چینی علف‌هرز جودرهردر کشت گندم در مقایسه با شرایط عدم خوشه‌چینی ۲۳ درصد بیشتر بود. تأثیر زمان کاشت نخود بر تراکم آن نیز از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود. تأخیر کاشت نخود سبب کاهش ۱۹ درصد تراکم نخود شد (داده‌ها نشان داده نشده است). تراکم بالاتر علف‌هرز جودره در شرایط عدم خوشه‌چینی آن در کشت گندم و از سوی دیگر رشد زیاد آن در شرایط کاشت دیرهنگام نخود شرایطی را به وجود آورده بود که ادوات کاشت نخود (گاوآهن شش‌خیش) قادر به ریشه‌کنی کامل علف‌هرز جودره نبود و بدین‌ترتیب عدم تهیه بستر کاشت مناسب سبب کاهش درصد رویش و استقرار نخود در شرایط عدم خوشه‌چینی و کاشت دیرهنگام شد. تراکم نخود برای تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بیوزین نیز در سطح پایین‌تری قرار داشت که این امر به دلیل اثرات گیاه‌سوزی این علف‌کش‌ها در مقادیر به‌کاررفته روی استقرار گیاه‌زراعی نخود بوده است.

ارتفاع بوته نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاشت آن قرار گرفت. میانگین ارتفاع بوته نخود برای کاشت زودهنگام ۱۹ درصد بیشتر از کاشت دیرهنگام بود. ارتفاع بوته نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های‌هرز قرار گرفت. میانگین ارتفاع بوته نخود برای تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر سبب کاهش شِش درصد ارتفاع بوته نخود در مقایسه با تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز شد (داده‌ها نشان داده نشده است). تعداد شاخه تک‌بوته نخود نیز به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاشت نخود قرار گرفت. میانگین تعداد شاخه تک‌بوته نخود برای کاشت زودهنگام ۳۴ درصد بیشتر از کاشت دیرهنگام بود. تعداد شاخه تک‌بوته نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود قرار گرفت. بیشترین میانگین تعداد شاخه تک‌بوته نخود به تیمار کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر مربوط بود (داده‌ها نشان داده نشده است). کاهش ارتفاع بوته، جارویی‌شدن برگ‌ها، تشدید شاخه‌زایی و تأخیر در فاز زایشی از جمله اثرات منفی علف‌کش ایمازتاپیر روی گیاه‌زراعی نخود بود. نتایج دیگر پژوهش‌ها (Mousavi, 2011; Mousavi, *et al*., 2010) نیز گویای اثرات شدید گیاه‌سوزی کاربرد پیش‌رویشی و پیش‌کاشت علف‌کش ایمازتاپیر به مقدار ۰/۷ و ۱ لیتر در هکتار روی گیاه‌زراعی نخود بوده است. در بررسی کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز نخود در شرایط دیم و آبی برای کاربرد پیش رویشی ایمازتاپیر به میزان ۵۳ گرم ماده مؤثر در هکتار، کاهش ارتفاع بوته، تأخیر در رسیدگی و کلروز برگ نخود گزارش شده است (Lyon, & Wilson, 2005). نتایج پژوهشی در شرایط آب‌وهوایی معتدل گرم جنوب خرم‌آباد (Mousavi, 2011) گویای فقدان اثرات گیاه‌سوزی پایدار کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش متری‌بیوزین به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در هکتار روی گیاه‌زراعی نخود بود.

میانگین تعداد دانه تک‌بوته برای همه تیمارهای مدیریت علف‌هرز به استثنای تیمار باریک‌برگ‌کش کلتودیم به طور معنی‌داری کمتر از میانگین تعداد دانه تک‌بوته تیمار وجین دستی علف‌هرز بود. تداخل علف‌های‌هرز سبب کاهش ۳۱/۱درصد تعداد دانه تک‌بوته نخود شد.

اثر متقابل زمان کاشت و مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود بر تعداد دانه تک‌بوته نخود از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود. تداخل علف‌های‌هرز در کاشت‌های زودهنگام و دیرهنگام به ترتیب سبب کاهش ۸/۵ درصد و ۵۲/۴ درصد میانگین تعداد دانه تک‌بوته نخود شد.

تأثیر زمان کاشت نخود بر تعداد کل پیله تک‌بوته نخود از نظر آماری معنی‌دار بود. تأخیر در کاشت نخود سبب کاهش ۱۰/۲ درصد تعداد کل پیله تک‌بوته نخود شد. تعداد کل پیله تک‌بوته نخود به طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های‌هرز در کشت نخود قرار گرفت. میانگین تعداد کل پیله تک‌بوته نخود برای همه تیمارهای مدیریتی به استثنای تیمار کاربرد باریک‌برگ‌کش کلتودیم به طور معنی‌داری کمتر از میانگین تعداد کل پیله تک‌بوته برای تیمار وجین دستی علف‌های‌هرز بود. وجین دستی علف‌های‌هرز سبب افزایش ۴۳/۴ درصد میانگین تعداد پیله تک‌بوته نخود شد. بالاترین میانگین تعداد دانه تک‌بوته نخود (۲۰/۶ دانه در بوته) به تیمارهای وجین دستی علف‌های‌هرز در کشت‌های دیرهنگام و زودهنگام در شرایط خوشه‌چینی علف‌های‌هرز در کشت گندم مربوط بود. کمترین میانگین تعداد دانه تک‌بوته (۷/۵ دانه در بوته) به تیمار کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین در کاشت دیرهنگام نخود در شرایط عدم خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم اختصاص داشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

نتیجه‌گیری

تداخل علف‌های‌هرز از جمله عوامل مهمی است که پتانسیل تولید نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به کارگیری رهیافت‌های مناسب برای مدیریت این عامل خسارت‌زا را ضروری می‌سازد. از جمله راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات تداخلی علف‌های‌هرز مدیریت بانک‌بذر خاک است. تخلیه بانک‌بذر خاک در مورد گونه‌های دارای سطوح بالای خفتگی بذر و برخوردار از بانک‌بذر پایا در کوتاه‌مدت کارآیی چندانی در کاهش جمعیت علف‌هرز ندارد. این در حالی است که در مورد گونه‌های دارای بذور با سطح خفتگی کم، به دلیل گذرابودن بانک‌بذر خاک، یک سال جلوگیری از ریزش بذر می‌تواند به میزان زیادی موجبات نقصان جمعیت علف‌هرز را فراهم آورد. نتایج این پژوهش نشان داد که با خوشه‌چینی علف‌هرز جودره در کشت گندم و جلوگیری از ریزش بذر سال جاری می‌توان تا حد زیادی موجبات کاهش جمعیت این علف‌هرز در کشت نخود در سال بعد و به تبع آن کاهش اثرات تداخلی این علف‌هرز را فراهم ساخت. کاشت زودهنگام نخود نیز به دلیل کارآیی بالای عملیات کاشت با گاوآهن شش‌خیش در کنترل علف‌هرز جودره و کاهش جمعیت این علف‌هرز و البته به واسطه انطباق دوره رشد گیاه‌زراعی با شرایط محیطی مناسب‌تر نقش مؤثری در افزایش عملکرد نخود داشت. در مورد علف‌کش‌های مورد آزمایش، باریک‌برگ‌کش کلتودیم علف‌کش مناسبی برای کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ در کشت نخود محسوب

می‌شود که البته تأثیرگذاری مناسب آن منوط به کاربرد آن در مراحل اولیه رشد علف‌های‌هرز باریک‌برگ است و تأخیر در سمپاشی سبب کاهش کارآیی کنترلی این علف‌کش می‌شود. کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر (پرسویت) به مقدار ۰/۷ لیتر در هکتار و متری‌بیوزین (سنکور) به مقدار ۰/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط اقلیمی مورد آزمایش (معتدل سرد) اثرات گیاه‌سوزی شدید پایداری روی گیاه‌زراعی نخود بر جای گذاشت. بارش شدید و حاکم‌شدن هوای سرد متعاقب سمپاشی، سبک‌بودن بافت خاک و پایین‌بودن محتوای ماده آلی خاک از جمله عوامل مؤثر بر تشدید اثرات گیاه‌سوزی علف‌کش‌های خاک‌کاربرد ایمازتاپیر و متری‌بیوزین به شمار می‌روند.

منابع

1. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Abadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Abdshah, H., Kazemian A., and Rafiee, M. 2017. Agricultural Statistics of 1394-95. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy Director of Planning and Economics, ICT. 117 pp. (In Persian).
2. Bastiaans, L., Kropff, M.J., Goudriaan, J., and VAN Laar, H.H. 2000. Design of weed management systems with reduced reliance on herbicides poses new challenges and prerequisites for modeling crop-weed interactions. Field Crops Research 67: 161-179.
3. Brust, G.E., and Stinner, B.R. 1991. Crop rotation for insect, plant pathogen, and weed control. In: D. Pimentel (Ed.). CRC Handbook of Pest Management in Agriculture I. Second edition. Boca Raton, FL: CRC. p. 217-236.
4. Harlan, J.R., and Zohary, D. 1966. Distribution of wild wheat and barley. Science 153: 1074-1080.
5. Lees, B. 2004. Weed Control in Chickpea, an Alberta Perspective. http://ssca.usask. ca/conference/2000proceedings/Lees.html.
6. Lyon, D.J., and Wilson, R.G. 2005. Chemical weed control in dryland and irrigated chickpea. Weed Technology 19: 959-965.
7. 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: 261-272.
8. Mortensen, D.A., Bastiaans, L., and Sattin, M. 2000. The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. Weed Research 40: 49-62.
9. Mousavi, S.K. 2011. Chemical weed control in autumn sowing of chickpea (*Cicer aretinum* L.) at Lorestan province. Iranian Journal of Pulses Research 1: 131-142. (In Persian with English Summary).
10. Mousavi, S.K., Sabeti, P., Jafarzadeh, N., and Bazzazi, D. 2010. Evaluation of some herbicides efficacy for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 1: 19-31. (In Persian with English Summary).
11. Nevo, E., Kaplan, D., Storch N., and Zohary, D. 1986. Genetic diversity and environmental associations of wild barley, *Hordeum spontaneum* (Poaceae), in Iran. Plant Systematics and Evolution 153: 141-164.
12. Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript LW 04 005. Vol. VIII. https://ecommons.cornell.edu/bitstream/ handle/1813/10570/LW%2004% 20005%20Pacucci%20final%2025May2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
13. Plancqaert, P.H., Braun, PH., and Werry, J. 1990. Agronomic Studies on Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Options Mediterraneanes-sevie Seminarires. NO. 9:87-92.
14. Sumner, D.R. 1982. Crop Rotation and Plant Productivity. p. 73-313. In: M. Rechcigl (Ed.). CRC Handbook of Agricultural Productivity. Boca Raton, FL: CRC.
15. Taran, B., Holm, F., and Banniza, S. 2013. Response of chickpea cultivars to pre- and post-emergence herbicide applications. Canadian Journal of Plant Science 93: 279-286.
16. Thurston, J.M. 1962. The effect of competition from cereal crops on the germination and growth of *Avena fatua* in a naturally infested field. Weed Research 6: 67-80.
17. Varshney, R.K., Thudi, M., Nayak, S.N., Gaur, P.M., Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Viswanatha, K.P. 2014. Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Theoretical and Applied Genetics 127: 445-462.
18. Walenta, D.L., Yenish, J.P., Young, F.L., and Ball, D.A. 2002. Vernalization response of plants grown from spikelets of spring and fall cohorts of jointed goatgrass. Weed Science 50: 461-465.
19. Whish, J.P.M., Sindel, B.M., Jessop, R.S., and Shepherd, R.C.H. 1996. Current status of weed control in chickpea in northern New South Wales. In: Proceedings of the 11th Australian Weeds Conference, Melbourne, Australia, 30 September-3 October, 1996. (p. 170-172). Weed Science Society of Victoria Inc.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 46-56 (Original Research Article)

Evaluation of the effect of wild barley weed spike cut off in crop rotation on early and late sowing chickpea yield in Lorestan climatic conditions

Mousavi[1*], Seyyed Karim

Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

Received: 17 June 2018; **Revised:** 13 January 2019
Accepted: 3 August 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.73567

How to cite this article:
Mousavi, S.K. 2021. Evaluation of the effect of wild barley weed spike cut off in crop rotation on early and late sowing chickpea yield in Lorestan climatic conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 46-56.

Introduction

Chickpea provides N benefit to cereals grown in crop rotation. In addition to the N benefit, chickpea provides a disease break for wheat grown in the crop rotation. Imazethapyr, applied preemergence at the rate of 0.053 kg ai/ha, reduced plant height, delayed plant maturity, and caused leaf chlorosis. Imazethapyr, applied at 0.053 kg/ha, significantly reduced plant height compared with the nontreated or hand-weeded checks. Visual injury symptoms observed with Imazethapyr treatment included chlorosis and delayed maturity of chickpea. There was an apparent rate effect with imazethapyr, when this herbicide was applied at 0.026 kg/ha with sulfentrazone, visual injury symptoms were significantly reduced. The risk of crop injury from the higher use rate of Imazethapyr is probably not commercially acceptable, whereas the injury from the lower use rate probably is acceptable. Pre-emergence application of low-rate of imazethapyr caused minor levels of injury to the plants, it had only minor effects on plant development and yield compared with sulfentrazone. Post-emergence applications of imazethapyr, imazamox and metribuzin, delayed flowering and maturity and reduced yield. Herbicide effects varied with chickpea cultivar. Most of the commonly used herbicides that are recommended for wheat fields weed control are not able to fully control the wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) weed. Hence, utilizing appropriate agronomic strategies for managing this weed is critical. The evaluation of the effect of Wild barley spike cut-off on the previous wheat field, and the effects of chickpea sowing date and weed control measurements in chickpea cultivation in the next year in crop rotation on chickpea yield are among the aims of this study.

Materials and Methods

The effect of wild barley weed spike cut off in wheat crop and sowing date and management strategies in chickpea cultivation on chickpea yield in the following year was evaluated in Khorramabad, Lorestan, during 2008-2009 and 2009-2010. The experiment was factorial split plot based on completely randomized block design with three replications. The factorial of the wild barley weed spike cut off in wheat (in two levels: 1- No spike cut off, and 2- Spike cut off) and chickpea sowing date in the following season (in two levels: 1- early sowing and 2- late sowing) was assigned to main plots, and the weed management factor levels in chickpea cultivation at five levels: 1- Pre emergence application of Metribuzin (0.7 kg/ha from Sencor 75%), 2- Pre emergence application of Imazethapyr (0.7 L/ha from Pursuit 10%), 3- Post emergence application of Clethodim (1 L/ha from Select 12%), 4- Hand weeding, and 5- Weedy check was assigned to sub plots.

Results and Discussion

Wild barley weed spike cut off in wheat in previous year increased the average grain yield of chickpea by 26.5%. Chickpea grain yield for early sowing was 49.9% higher than late sowing. Pre emergence

*** Corresponding Author:** k.mousavi@areeo.ac.ir

application of Imazethapyr (0.7 L/ha) and Metribuzin (0.7 kg/ha) had a persistence phytotoxic effect on chickpea. Reducing plant height, leaf brushing, increase the number of branches and delay in reproductive phase, were the negative effects of Imazethapyr herbicide on chickpea. Weed interference in early and late chickpea sowing date significantly reduced 17.8% and 49.8% of chickpea grain yield, respectively. The highest grain yield of chickpea (2309 $kg.ha^{-1}$) was observed in hand weeding treatment in early chickpea sowing under Wild barley Weed spike cut off in wheat crop conditions, and the lowest chickpea grain yield (449.3 $kg.ha^{-1}$) was associated to Imazethapyr herbicide application in the late sowing chickpea with under Weed No spike cut off Wild barley in wheat crop in previous season.

Conclusions

The results of this study showed that with the spike cut off wild barley weed in the previous wheat cultivation and preventing current year weed seed rain, we can greatly reduce the population of this grass weed in chickpea cultivation in the following year and consequently reduce its interference effects on chickpea. Chickpea early sowing was also effective in increasing the chickpea yield due to the high efficiency of sowing equipment in controlling wild barley plants and decreasing the population of this weed and, also due to synchrony of crop growth stages with better environmental conditions. In the case of herbicides tested, the Clethodim is an appropriate graminicide for controlling the wild barley in chickpea cultivation, which, of course, achieving a good control requires application in the early stages of grass weeds, and the delay in spraying reduces the control efficiency of this herbicide.

Keywords: Sowing date؛ Spike cut off؛ Weed management

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 57-68
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.81506

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰
صفحۀ ۶۸-۵۷، نوع مقاله: پژوهشی

اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

غلامرضا زمانی[۱]، داوود قطبی‌نژاد[۲]، محمدحسن سیاری[۳] و زهره نبی‌پور[۴*]

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، رشته زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ gzamani@birjand.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، گرایش زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ davoodghotbinezhad@gmail.com

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، رشته خاکشناسی، گرایش تغذیه، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ msayari@birjand.ac.ir

۴- محقق ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گناباد، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳، بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
زمانی، غ.، قطبی‌نژاد، د.، سیاری، م.ح.، و نبی‌پور، ز. ۱۴۰۰. اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۶۸-۵۷.

چکیده

تنش رطوبتی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد نخود محسوب می‌شود. در این راستا به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد دیاتومیت به‌عنوان ترکیبی که باعث کاهش اثرات سوء تنش رطوبت می‌شود، بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهر خواف انجام شد. این پژوهش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری شامل پنج سطح (دیم، آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی) و عامل فرعی مقادیر دیاتومیت در سه سطح (صفر، ۳٫۵ و هفت تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تغییر رژیم آبیاری از آبیاری کامل به دیم موجب کاهش در صفات کمی مورد بررسی شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار عملکرد دانه (۳۱۸٫۵۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۷۲۵٫۴۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار دیم به دست آمد. کاربرد دیاتومیت تحت رژیم‌های مختلف کم‌آبیاری تمامی صفات مورد ارزیابی و عملکرد دانه را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در (۱۷۴۵٫۶۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و مصرف هفت تُن در هکتار دیاتومیت به دست آمد و کمترین مقدار (۳۶۳٫۹۷ کیلوگرم در هکتار) آن در تیمار دیم و بدون کاربرد دیاتومیت ثبت گردید. همچنین کاربرد هفت تُن در هکتار دیاتومیت نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت به ترتیب باعث افزایش ۲۹، ۲۹، ۷۷ و ۳۹ درصدی عملکرد دانه در رژیم‌های آبیاری شامل دیم، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی شد. بر اساس نتایج اثرات متقابل در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و سایر تیمارهای کم‌آبیاری شامل آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و دیم کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در همه صفات موردبررسی در یک گروه آماری قرار گرفت، بنابراین می‌توان گفت کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت مناسب‌ترین مقدار در افزایش عملکرد نخود تحت رژیم‌های کم‌آبیاری است. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد دیاتومیت در شرایط کمبود آب از طریق کاهش اثرات سوء ناشی از کمبود رطوبت، باعث بهبود عملکرد دانه گیاه نخود شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در غلاف؛ تنش رطوبتی؛ شاخص برداشت؛ عملکرد دانه

* **نویسنده مسئول:** zohreh.nabipour@yahoo.com

مقدمه

نخـود (*Cicer.arietinum*) ازجملـه گیاهـان مهـم تیـره بقولات (Fabaceae) است که حدود ۹۰ درصد از کشت آن در سطح جهان به‌صورت دیم انجام می‌گیـرد و بخـش عمـده‌ای از دوره رشد آن با تنش رطوبتی مواجـه اسـت. همچنـین بیشـتر کشورهای تولیدکننده آن در مناطق خشک و نیمه‌خشـک قـرار دارند (Kumar & Abbo, 2001). ایران نیز به‌عنـوان یکـی از مهم‌تـرین کشـورهای تولیدکننـده ایـن محصـول، بـا میـانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متـر در سـال (کمتـر از یـک‌سـوم متوسـط بارندگی جهان) جزو مناطق خشک و نیمه‌خشـک طبقـه‌بنـدی مـی‌شـود (Saman *et al.*, 2011). بـا توجـه بـه جایگـاه ایـن محصول در سبد تغذیه خانوار و تأثیر آن بر اقتصـاد کشـاورزی، پژوهش‌های بسیاری در زمینه تأثیر انواع تـنش‌هـای زیسـتی و غیرزیستی بر رشد و تولید این گیـاه صـورت گرفتـه اسـت. بـر اساس مطالعات انجام‌شده، از بین عوامـل مختلـف ایجادکننـده تنش، کمبود رطوبت به‌تنهایی عملکـرد نخـود را تـا ۴۵ درصـد کـاهش مـی‌دهـد (Benjamin & Nielsen, 2006). کـاهش میزان آب تـا ۳۰ و ۵۰ درصـد ظرفیـت زراعـی خـاک موجـب کاهش فتوسنتز در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه در گیاه نخـود می‌گـردد. تـنش رطـوبتی خصوصـاً در زمـان تشـکیل غـلاف و پُرشدن دانه‌ها از مهم‌ترین عوامل کـاهش‌دهنـده عملکـرد گیـاه محسوب می‌شود (Turner, 2003). بر اساس تحقیقـات تـنش رطوبتی موجب کاهش طول دوره گلدهی و تسریع در رسیدگی گیاه نخـود مـی‌گـردد و از ایـن طریـق باعـث کـاهش عملکـرد اقتصـادی نخـود مـی‌شـود (Anwar *et al.*, 2003). مرحلـه پُرشدن دانـه در گیـاه نخـود بیشـترین حساسـیت را بـه تـنش رطوبتی داشته و آبیـاری در ایـن مرحلـه بسـیار حیـاتی اسـت (Ravi *et al.*, 2008). در سایر گزارش‌هـا نیـز هـر دو مرحلـه گلدهی و پُرشدن دانه به‌عنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفـی‌شـده اسـت (Malhorta *et al.*, 1997). محققـان در آزمایش دیگری با بررسی اثرات تـنش خشـکی آخـر فصـل بـر عملکرد نخود دریافتند در مرحله گلدهی، گـرده‌افشـانی و لقـاح کاهش مقدار آب آبیاری به علت پسابیدگی دانه‌های گرده باعث کاهش عملکـرد مـی‌شـود (Abhari & Haresabadi, 2017). همچنین بر اسـاس نتـایج آزمـایش‌هـا، تـنش رطـوبتی اثـرات فیزیولوژیک مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسـارت به‌شدت تنش، مقاومت گیاه و مرحلـه رشـد گیـاه بسـتگی دارد (Khazai & Kafi, 2003). یکی از راه‌کارهـایی کـه در بخـش کشاورزی جهت کاهش اثرات سوء تنش رطـوبتی مـورد توجـه قرارگرفتـه، اسـتفاده از سـوپرجاذب‌هـا اسـت. سـوپرجاذب‌هـا به‌صورت ماده افزودنی به خاک به‌عنوان مخزن عناصر غـذایی و جاذب آب از طریق افزایش ظرفیـت نگهـداری و جـذب آب در خاک مورداستفاده قرار می‌گیرند و این خصوصیت بـرای مقابلـه با شرایط کم‌آبی و کاهش اثرات سوء تنش رطـوبتی در گیاهـان زراعـی اهمیـت بـه‌سـزایی دارد (Soltani *et al.*, 2001). دیاتومیت نوعی سنگ نرم سیلیسی اسـت کـه از تجمـع غشـاء ظریـف و مشـبک سیلیسـی گونـه‌ای از جلبـک‌هـای زرد-سـبز موسـوم بـه دیاتومـه تشـکیل‌شـده اسـت (Abdalla, 2011). ساختار شیمیایی دیاتومیت‌هـا از سیلیسـیم (۸۶-۸۹ درصـد) و مقدار کمی عناصر کمیاب تشکیل‌شده اسـت (Hanan *et al.*, 2014). دیاتومیـت باعـث بهبـود سـاختار فیزیکـی خـاک‌هـای سنگین و حفظ رطوبت بـرای مـدت طـولانی‌تـر در خـاک‌هـای سبک (می‌تواند دو برابر وزن خود آب جذب کند) بـدون تغییـر در شیمی خاک می‌شود و فعالیت کاپیلاری و حرکت فرعی آب در خاک را نیز افزایش داده و باعث آزادسـازی تـدریجی عنصـر سیلیسیم در محیط توسعه ریشـه مـی‌شـود (Hajirasouli *et al.*, 2018). این ماده آبشویی و رواناب را به حداقل می‌رساند و به دلیل ساختار شبکه‌ای آن اکسیژن را قادر می‌کند بدون هیچ مشکلی در ناحیه ریشه گیاه نفوذ کند. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک کود تقویت‌کننده خاک و سازگار با محیط‌زیسـت محسـوب شود (Abdalla, 2010). در تحقیقی به بررسی تأثیر دیاتومیت در شرایط تنش رطوبتی بر روی ارزن معمولی پرداخته شـد. بـر اساس نتایج این تحقیق در شرایط مزرعه برای حصول بیشترین عملکرد ماده خشک مصرف هشـت تُـن دیاتومیـت در هکتـار و آبیاری در حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی می‌تواند مناسـب باشـد (Hajirasouli *et al.*, 2018). نتایج مطالعه دیگری با بررسـی اثرات سه رژیم آبیاری (بدون تنش، افزایش دو روز فواصل بـین آبیـاری، افـزایش چهـار روز فواصـل بـین آبیـاری) و کـاربرد دیاتومیت به مقدار ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک بـر روی بـاقلا نشان داد کـاربرد دیاتومیـت در گیاهـان تحـت تـنش رطـوبتی شدید باعث بهبود پارامترهای رشد مانند طـول ریشـه و سـاقه، وزن‌تـر و خشـک سـاقه و تعـداد غـلاف در بوتـه شـده اسـت (Abdalla, 2011). در همین راستا در پژوهش دیگری بر روی گیاه نعناع مشخص شد که کاربرد دیاتومیت به میزان چهار گرم در ۱۰کیلوگرم خاک تحت شـرایط آبیـاری در حـد ۵۰ درصـد ظرفیت زراعی می‌توانـد باعـث افـزایش ارتفـاع بوتـه، وزن‌تـر و خشک برگ‌هـا و عملکـرد روغـن فـرار شـود (Hanan *et al.*, 2014). اثرات تسکین‌دهنده دیاتومیت بر گیاهـان تحـت تـنش رطوبتی مرتبط با قرارگیری سیلیسیوم موجود در سـاختار ایـن ترکیب در آوند چوبی و دیواره سلولی برگ‌ها و درنتیجه کاهش تعرق است (Savvas *et al.*, 2009).

با توجه به اهمیت گیاه نخود به‌عنوان یک منبع تأمین‌کننده پروتئین و از طرف دیگر صدمات جبران‌ناپذیر تنش رطوبتی به عملکرد، اتخاذ روش‌هایی که بتواند سبب افزایش تحمل گیاه به تنش رطوبتی شود بسیار حائز اهمیت است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین میزان مناسب دیاتومیت جهت حصول حداکثر عملکرد نخود تحت شرایط تنش رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری شهر خواف با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۸دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۷۰ متر از سطح دریا انجام شد. عامل اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری شامل پنج سطح (دیم، آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی) و عامل فرعی مقادیر دیاتومیت در سه سطح (صفر، ۳/۵ تن در هکتار و هفت تن در هکتار) بود.

عملیات آماده‌سازی زمین، شامل شخم با گاوآهن قلمی در اوایل زمستان سال قبل جهت حفظ بهتر رطوبت خاک و استفاده از دیسک در بهار (قبل از کشت) برای تسطیح و خردشدن کلوخه‌ها بود و برای تغذیه گیاه با توجه به نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱) به ترتیب ۴۰، ۲۵ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منابع سولفات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم محاسبه شد که قبل از عملیات دیسک و به‌صورت پیش کشت مورداستفاده قرار گرفت.

سپس کرت‌ها با طول سه متر و عرض دو متر و یک راهروی دو متری در بین تکرارها در نظر گرفته شد. فاصله بین هریک از کرت‌های فرعی آزمایش ۰/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت دارای شش خط کشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم و به طول سه متر بود. در این آزمایش دیاتومیت در کنار پشته‌ها و در عمق ۲۰ سانتی‌متری (منطقه حداکثر تراکم ریشه) زیر بذر قرار گرفت. کشت به‌صورت دستی در پانزدهم اسفندماه با تراکم ۴۵بوته در مترمربع و با عمق پنج سانتی‌متری انجام شد. جهت پیشگیری از بیماری‌های قارچی به‌خصوص برق‌زدگی نخود، بذور با قارچ‌کش کاربندازیم با نسبت دو در هزار ضدعفونی شد. در این آزمایش از توده بومی نخود منطقه خواف استفاده شد.

بلافاصله بعد از کشت، اولین آبیاری (۱۶ اسفندماه) در تمام تیمارها انجام گرفت. در طی دوره رشد، آبیاری بر اساس تیمارهای موردنظر اعمال شد و در تیمار آبیاری کامل، به مدار رایج منطقه، آبیاری هر ۱۵ روز یک‌بار انجام شد. جهت مبارزه با علف‌های‌هرز مزرعه در طی فصل رشد دو بار اقدام به وجین دستی با استفاده از نیروی کارگری شد. آبیاری در مراحل رویشی و زایشی در تیمارهای مربوطه نیز به ترتیب در تاریخ‌های ۲۶ فروردین و ۲۵ اردیبهشت‌ماه صورت گرفت.

به‌منظور تعیین عملکرد دانه با حذف ردیف‌های حاشیه، در هر کرت از سطح معادل پنج مترمربع در انتهای فصل رشد، بوته ها از سطح خاک کف‌بر شده و پس از قرارگیری در کیسه‌هایی جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد. سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. دانه‌ها از سایر قسمت‌ها جدا و با توزین دانه‌ها، عملکرد دانه محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، وزن خشک دانه‌ها با وزن خشک بقایای گیاهی جمع شد. جهت محاسبه شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک و ضرب آن در عدد ۱۰۰ به‌صورت درصد استفاده شد. همزمان با برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی برای اندازه‌گیری صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰دانه انتخاب شد. همچنین نسبت تعداد غلاف‌های پوک به‌کل غلاف‌های حاصل از پنج بوته به‌عنوان درصد پوکی در نظر گرفته شد. داده‌های حاصل از این آزمایش، در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 نرمال‌سنجی شد و پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها، تجزیه واریانس توسط همین نرم‌افزار انجام شد. مقایسه میانگین توسط MSTAT-C با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده (FLSD) و در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

جدول ۱-ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (خواف)

Table 1. Physical and chemical properties of soil test site (Khaf)

بافت خاک Soil pattern	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن کل N (%)	فسفر P(ppm)	پتاسیم K(ppm)
لومی رسی شنی Sandy clay loam	53.1	26.7	20.2	8.28	5.76	0.015	5.87	251

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت نشان داد در همه سطوح تیمار آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و آبیاری کامل کاربرد دیاتومیت به مقدار هفت تن در هکتار نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت، به ترتیب باعث افزایش تعداد غلاف در بوته به میزان ۷۰، ۳۵، ۱۱، ۲۰ و ۳۴ درصد شده است؛ هرچند که در سطوح آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت با تیمار کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تعداد غلاف در بوته با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت تحت تیمار آبیاری در مرحله زایشی به مقدار کمتری نسبت به تیمار آبیاری در مرحله رویشی و دیم افزایش یافت (۱۰ درصد در برابر ۲۶ و ۴۱ درصد). بر اساس جدول ۴، در شرایط عدم کاربرد دیاتومیت تیمار آبیاری در مرحله زایشی تعداد غلاف در بوته بیشتری نسبت به دو تیمار دیم و آبیاری در مرحله رویشی داشت؛ لذا با وجودی که همزمان با کاربرد دیاتومیت روند افزایشی در این صفت تحت تیمار آبیاری در مرحله زایشی مشاهده شد، ولی درصد افزایش آن نسبت به تیمارهای دیم و آبیاری در مرحله رویشی کمتر بود. به نظر می‌رسد هر چه فراهمی آب در طول فصل رشد بیشتر شود، تعداد غلاف‌ها افزایش می‌یابد و گیاه هم به دلیل طولانی‌ترشدن فصل رشد فرصت بیشتری برای پرکردن غلاف دارد. مشابه با نتایج این آزمایش سایر محققان هم اعلام کردند هر چه مقدار آب آبیاری افزایش یابد، تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010; Gholamizali *et al.*, 2016). در تحقیقات انجام‌شده در مورد اثرات تنش رطوبتی در نخود گزارش شده است که کمبود آب باعث کاهش تعداد غلاف در بوته می‌شود و این صفت نسبت به سایر اجزای عملکرد حساسیت بیشتری به تنش رطوبتی دارد (Soltani *et al.*, 2001; Leport *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 1987).

بر اساس نتایج، کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در شرایط دیم بیشترین تأثیر را بر جبران اثرات کم‌آبی در تعداد غلاف در بوته گذاشت که البته با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نسبت به بقیه سطوح کاربرد دیاتومیت، تعداد غلاف در بوته بیشتری ظاهر شد و با تیمار آبیاری کامل در همه سطوح کاربرد دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 2. Analysis of variance (mean square) for the effect of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pods	تعداد دانه در غلاف Number of seed in pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	درصد پوکی غلاف Percentage of pod unfilled	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
تکرار Replication	2	289.12 **	43.22 **	19.09 **	51.39 n.s	22461.43 n.s	634781.57 **	30.30 n.s
آبیاری Irrigation (a)	4	614.79 **	774.71**	32.75**	2200**	6371047.59**	20736485.77**	644.173**
خطای a Error (a)	8	3.25	8.49	13.67	65.35	23442.86	36581.02	47.33
دیاتومیت Diatomite (b)	2	38.90 **	76.36 **	37.92 **	170.64*	302200.60**	2298456.87**	43.43 n.s
آبیاری×دیاتومیت (a×b)	8	11.07 *	6.05 **	2.60 n.s	58.46 n.s	53182.66**	202145.00*	8.02 n.s
خطای کل Total Error	20	4.65	2.34	2.72	36.50	15513.26	85374.80	26.54
درصد تغییرات (٪) CV(%)	-	9.65	9.33	9.40	24.37	11.006	11.91	11.82

** معنی‌دار در سطح یک درصد؛ * معنی‌دار در سطح پنج درصد؛ n.s: غیرمعنی‌دار

**: Significant at α=0.01 probability level; * Significant at α=0.05 probability level and; ns: Non significant

بر اساس گزارش‌ها دیاتومیت قادر به افزایش تعداد غلاف در باقلا (Abdalla, 2011) و تعداد شاخه‌های جانبی در نعناع (Hanan *et al.*, 2014) است. احتمالاً دیاتومیت از طریق بهبود جذب آب و تعادل عناصر غذایی، کاهش سمیت معدنی و تقویت فتوسنتز باعث کاهش اثرات تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد می شود (Abdalla, 2011).

تعداد دانه در غلاف: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی سطوح آبیاری و دیاتومیت و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در غلاف نخود داشت (جدول ۲). بررسی اثرات متقابل نشان داد که در سطوح کم‌آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد دیاتومیت باعث افزایش تعداد دانه در غلاف شد. در این آزمایش کاربرد دیاتومیت به مقدار هفت تن در هکتار در تیمارهای آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار کاربرد دیاتومیت به مقدار ۳/۵ تن در هکتار شد و در تیمارهای دیم و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد ۳/۵ تن در هکتار و هفت تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین درصد افزایش تعداد دانه در غلاف تحت تیمارهای کاربرد دیاتومیت در سطوح بالاتر تنش رطوبتی بیشتر مشخص بود؛ به‌طوری‌که در تیمار دیم کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نسبت به شاهد (عدم کاربرد دیاتومیت) باعث افزایش ۵۲ درصد تعداد دانه در غلاف شد؛ هرچند که با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج اثرات متقابل کاربرد ۳/۵تن در هکتار دیاتومیت به ترتیب در تیمارهای آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی باعث افزایش ۱۲، ۲ و ۳۶ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت شد (جدول ۴).

تعداد دانه در غلاف از اجزای مهم عملکرد دانه در نخود است که به‌صورت ارثی کنترل می‌شود ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرد (Rafiolhosseini *et al.*, 2016). بر همین اساس نتایج آزمایشی نشان داد که با افزایش آب آبیاری، رشد غلاف‌ها و بلوغ آن‌ها در دوره طولانی‌تر صورت می‌گیرد و برگ‌ها آهسته‌تر پیر می‌شوند؛ درنتیجه تعداد دانه در بوته افزایش می‌یابد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010). به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و لقاح دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد (Eivazi *et al.*, 2012). در مرحله گلدهی گیاه نخود در صورت فراهم‌بودن رطوبت قابل‌دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری آن افزایش می‌یابد که نتیجه افزایش فتوسنتز جاری تشکیل گل های بیشتر در گیاه خواهد بود که بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است (Goldani & Rezvani-Moghadam, 2007). عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر و نیز کاهش تعداد غلاف در بوته از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش رطوبتی است (Dehahmadi *et al.*, 2010). از طرف دیگر کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا و لوبیا هم گزارش شده است و می‌تواند سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شود. این ریزش می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع ABA در اندام‌زایشی نسبت داده شود (Rafiolhosseini *et al.*, 2016).

با توجه به این موضوع می‌توان گفت در شرایط کمبود آب علاوه بر آبیاری در مرحله رویشی یک مرحله آبیاری در مرحله زایشی به‌صورت آبیاری تکمیلی همراه با کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت می‌تواند تا حدودی اثرات کاهشی تنش رطوبتی بر تعداد دانه در غلاف را جبران کند. گزارش شده است که این موضوع به علت افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل‌دسترس و بهبود رشد گیاه درنتیجه کاربرد سوپرجاذب است (Keshavarz *et al.*, 2012).

وزن۱۰۰دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی رژیم آبیاری و دیاتومیت تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن۱۰۰دانه نخود داشت درحالی‌که اثرات متقابل آن معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین وزن۱۰۰دانه در آبیاری کامل مشاهده شد که نسبت به مقدار آن در تیمار دیم ۳۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج سایر تحقیقات احتمالاً آبیاری تکمیلی که در زمان غلاف‌بندی انجام شد، باعث کاهش محدودیت رطوبتی و طولانی‌ترشدن دوره پُرشدن دانه و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه و درنتیجه افزایش وزن۱۰۰دانه شد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که افزایش تنش موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن را می‌توان به تسریع در پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن مرتبط دانست (Rafiolhosseini *et al.*, 2016). مطابق با نتایج این آزمایش سایر تحقیقات نشان داد که تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث کمترشدن تعداد گل و درنتیجه وزن کمتر دانه در مقایسه با دیگر تیمارها شد. همچنین تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی باعث کوچک‌شدن و

چروکیده‌شدن دانه‌ها و کمترشدن وزن آن‌ها شد (Eivazi *et al.*, 2012; Chaiechi *et al.*, 2004).

بر اساس نتایج مقایسات میانگین با کاربرد دیاتومیت، وزن۱۰۰دانه نخود افزایش یافت. بیشترین وزن۱۰۰دانه با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت مشاهده شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت ۱۶ درصد افزایش داشت، هرچند با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 3. Means comparison of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

	تعداد غلاف در بوته Number of pod (per plant)	تعداد دانه در غلاف (در مترمربع) Number of fertile pod (in m^2)	وزن۱۰۰دانه (گرم) Number of seeds in pod (g)	درصد پوکی غلاف Percentage of pod unfilled	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
رژیم آبیاری Irrigation regime							
دیم Dry farming	11.10 e	4.15 e	14.94 b	45.24 a	318.54 d	725.44 e	46.75 ab
آبیاری در مرحله رویشی Irri. at vegetative St.	17.91 d	11.29 d	17.51 ab	33.83 b	453.02 d	1465.73 d	30.93 c
آبیاری در مرحله زایشی Irri. at reproductive St.	22.29 c	16.61 c	16.92 ab	24.59 c	872.40 c	2216.51 c	40.25 b
آبیاری در مرحله رویشی و زایشی Irri. at vegetative and reproductive St.	28.62 b	21.74 b	18.32 ab	14.98 d	1513.73 b	3213.76 b	46.42 ab
آبیاری کامل Full Irri.	31.71 a	28.22 a	20.14 a	5.25 e	2410.30 a	4584.17 a	53.43 a
کاربرد دیاتومیت (تن در هکتار) Consumption of diatomite (ton/ha)							
0	20.52 b	13.97 c	15.76 b	28.65 a	981.20 c	2054.71 c	41.68 a
3.5	22.86 a	16.82 b	18.18 a	23.18 b	1150.40 b	2461.94 b	43.99 a
7	23.60 a	18.42 a	18.75 a	22.50 b	1263.20 a	2837.42 a	45.01 a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test.

مطالعه Abdalla (2010) نیز نشان داد دیاتومیت افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در وزن۱۰۰دانه گیاه باقلا داشته است. همچنین در آزمایشی بر گیاه ذرت مشخص شد سوپرجاذب با اثرات مثبت بر توسعه برگی از طریق افزایش محتوی نسبی آب برگ باعث تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و درنتیجه افزایش وزن دانه شد (Khalili-Mahalleh *et al.*, 2011).

درصد پوکی غلاف: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری در سطح یک درصد و کاربرد دیاتومیت در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد پوکی غلاف نخود داشت، ولی اثرات متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به جدول ۳، کمترین درصد پوکی غلاف در آبیاری کامل مشاهده شد و بالاترین آن در تیمار دیم به دست آمد. احتمالاً افزایش درصد پوکی غلاف در شرایط کمبود رطوبت به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی موردنیاز برای بقاء گل و تشکیل و پُرشدن دانه در غلاف در مراحل آخر گلدهی و یا عقیم‌شدن گل‌ها و ریزش آن‌ها بود (Gholamizali *et al.*, 2016). همچنین نتایج نشان داد درصد پوکی غلاف در تیمار یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و زایشی نسبت به تیمار آبیاری در مرحله رویشی یا زایشی کمتر بود. افزایش مقدار آب آبیاری در طول فصل رشد باعث کاهش تأثیرات تنش رطوبتی بر باروری گلچه‌های نخود شده و درنتیجه در تیمارهایی که میزان آب مصرفی بیشتر بوده است، درصد پوکی غلاف نسبت به تیمار دیم کاهش داشت. در مطالعه‌ای مشابه نشان داده شد هرچه مقدار آب آبیاری افزایش یابد، تعداد دانه در غلاف

افـزایش مـی‌یابـد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010). تنش رطوبتی شـدید در اوایـل گسـترش غلاف‌ها، رشـد آن‌هـا را کـاهش مـی‌دهـد و منجـر بـه کـاهش قابل‌ملاحظه در تعداد غلاف می‌شـود (Liu *et al.*, 2004). هـر چه مقدار آب آبیاری بیشتر شـود، سـطح فتوسـنتزکننده گیـاه افزایش می‌یابد و بنابراین گیاه می‌تواند مخزن زایشی بزرگ‌تر و بیشتری را تغذیه نماید و به میـزان کـافی مـاده خشـک بـه آن اختصاص دهد، درنتیجه تعداد دانه در غـلاف افـزایش و درصـد پـوکی غـلاف کـاهش مـی‌یابـد (Jalota *et al.*, 2006). نتـایج آزمایش دیگری بر گیاه نخود نشـان داد کـه وقـوع خشـکی در انتهای دوره رشد نخود، علاوه بر عدم تکامـل غـلاف و گـل، بـر مادگی بیشتر از دانه گرده تأثیرگذار بود (Fang *et al.*, 2010). با کاربرد دیاتومیت، درصد پوکی غلاف کـاهش یافـت. کمتـرین درصد پوکی غـلاف بـا کـاربرد هفـت تـن در هکتـار دیاتومیـت مشاهده شد، هرچند با تیمار کاربرد دیاتومیت به مقدار ۳/۵ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). مطـابق بـا این نتایج سایر محققان نیـز گـزارش کردنـد سـوپرجاذب‌هـا بـا توانایی زیاد نگهداری آب، می‌توانند اثرات سوء تـنش را کـاهش دهند. سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌هـا بـه مـدت طـولانی و افزایش فتوسنتز می‌شود و از این طریـق در بهبـود خصوصـیات رشدی گیاه تأثیر مثبـت مـی‌گـذارد (Khalili-Mahalleh *et al.*, 2010; Keshavarz *et al.*, 2012).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریـانس نشـان داد اثـر اصـلی رژیم آبیاری و دیاتومیت و نیز اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنـی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانـه نخـود داشـت (جـدول ۲). نتـایج مقایسـه میـانگین اثـر متقابـل رژیـم آبیـاری و کـاربرد دیاتومیت نشان داد عملکرد دانـه در همـه سـطوح کـم‌آبیـاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشـی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کاربرد هفت تن در هکتـار دیاتومیت دارای بیشترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بـین دو تیمار کاربرد دیاتومیت (۳/۵ و هفت تن در هکتـار) مشـاهده نشد (جدول ۴). همچنـین بـر اسـاس نتـایج اثـرات متقابـل در صفات تعداد غلاف در بوتـه و تعـداد دانـه در غـلاف بـه‌عنـوان اجزای عملکرد نخود، در سطوح کم‌آبیاری شامل دیم و آبیـاری در مرحله رویشی و زایشی نیز اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار کاربرد دیاتومیـت (۳/۵ و هفـت تـن در هکتـار) مشـاهده نشـد (جدول ۴). بررسی اثـرات متقابـل نشـان داد عملکـرد دانـه در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی بـا کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتار دیاتومیت افزایش داشته است، هرچند که جبـران اثـرات کم‌آبی به‌طور کامل صورت نگرفته است و عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتـار دیاتومیت در گروه آماری مشـترک بـا تیمـار آبیـاری کامـل بـا کاربرد هفت تن در هکتار و ۳/۵ تن در هکتـار دیاتومیـت قـرار نگرفت. مطـابق بـا ایـن نتـایج در آزمـایش دیگـری اسـتفاده از دیاتومیـت باعـث افـزایش عملکـرد گیـاه بـاقلا شـده اسـت (Abdalla, 2011). بـه نظـر مـی‌رسـد کمبـود آب در مراحـل زایشی نخـود بـا ریـزش گـل‌هـا و غـلاف‌هـا سـبب ممانعـت از دستیابی به پتانسیل عملکـرد مـی‌شـود. اسـتفاده از دیاتومیـت باعث فراهم‌شدن رطوبت کافی و کاهش تنش رطوبتی ناشـی از کم‌آبیاری شده که به برتـری ازنظـر دوره مـؤثر پُرشـدن دانـه و اجزای عملکرد یعنـی تعـداد غـلاف و وزن دانـه در مقایسـه بـا تیمارهای بدون کاربرد دیاتومیت می‌شود (Keshavarz *et al.*, 2012). دوام بیشتر سطح سبز در شرایط آبیاری کامل توانسـت از طریق افزایش طول مدت فتوسنتز موجـب افـزایش عملکـرد گردد (Mohammadi *et al.*, 2007). همچنین کمبود رطوبت در لایه‌های سطحی خاک در تیمارهای کم‌آبیاری، ممکن اسـت سبب شود که گیاه رطوبت موردنیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آن‌هـا کـم اسـت، اسـتخراج کند. بدین ترتیب، گیاه دچـار تـنش عناصـر غـذایی مـی‌شـود. مجموع این عوامل، موجب کاهش اندازه گیـاه و کـاهش ذخـایر فتوسنتزی موجود برای پرکردن غلاف‌ها مـی‌شـود و در نهایـت عملکرد دانـه را کـاهش مـی‌دهـد (Benjamin & Nielsen, 2006). انجام آبیاری در مرحلـه غـلاف‌بنـدی موجـب کـاهش اثرات سوء تنش شده و در نتیجه موجب افزایش عملکـرد دانـه نسبت به دیم گردید. بـه‌عبـارت‌دیگـر بـه نظـر مـی‌رسـد عـدم مواجه‌شدن دوره پُرشدن غلاف‌ها بـا تـنش رطـوبتی، از طریـق طولانی‌ترشدن دوره پُرشدن دانه با تأثیر بـر انـدازه دانـه‌هـا بـر عملکرد دانـه مـؤثر اسـت (Eivazi *et al.*, 2012). بـر اسـاس نتایج جدول اثرات متقابل در تیمارهای آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و زایشی، یک نوبت آبیاری در مرحلـه زایشی، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و دیم، عملکرد دانـه با کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیـت نسـبت عـدم کـاربرد بـه ترتیب به میزان ۱۴، ۲۲، ۴۷، ۱۵ و ۳ درصـد نسـبت بـه عـدم کاربرد دیاتومیت افزایش یافت. به نظر می‌رسد کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتار دیاتومیت در تیمـار آبیـاری در مرحلـه زایشـی تـأثیر افزایشی بیشتری نسـبت بـه سـایر تیمارهـای آبیـاری بـر روی عملکرد دانه داشته است.

عملکرد بیولوژیک: بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری و دیاتومیت در سـطح یـک درصـد و اثـر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بـر عملکـرد بیولوژیـک نخـود

معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت بر عملکرد بیولوژیک در همه سطوح کم‌آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت دارای بیشترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار کاربرد دیاتومیت مشاهده نشد (جدول ۴). در همین راستا در مطالعه دیگری نشان داده شد که عملکرد بیولوژیک نخود در شرایط آبیاری نسبت به دیم بیش از ۴۰ درصد افزایش داشت (Kumar & Abbo, 2001).

شاخص برداشت: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص برداشت نخود داشت، ولی اثر اصلی کاربرد دیاتومیت و نیز اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین شاخص برداشت در آبیاری کامل مشاهده شد و تیمار دیم باعث کاهش ۱۲/۵درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل در شاخص برداشت شد (جدول۳). این صفت رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد. با افزایش عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل، شاخص برداشت نیز افزایش یافت. همچنین نتایج مقایسات میانگین نشان داد که شاخص برداشت در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی نسبت به تیمار دیم کمتر است. شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به عملکرد بیولوژیکی (Sabaghpour *et al.*, 2019). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، درصد افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی در مقایسه با تیمار دیم (به ترتیب ۱۰۲ و ۲۰۵ درصد) نسبت به عملکرد دانه (به ترتیب ۴۲ و ۱۷۳ درصد) بیشتر بود؛ بنابراین با این‌که هر دو صفت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای ذکرشده افزایش یافته، لذا چون وزن بیولوژیک گیاه بیشتر تحت تأثیر آبیاری قرارگرفت، شاخص برداشت کمتری به دست آمد.

جدول ۴- اثر متقابل اثر رژیم آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 4. Means comparison of interaction effect of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

رژیم آبیاری Irrigation regime	کاربرد دیاتومیت (تن در هکتار) Consumption of diatomit (ton/ha)	تعداد غلاف در بوته Number of pod (per plant)	تعداد دانه در غلاف (در مترمربع) Number of fertile pod (in m^2)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)
دیم Dry farming	0	7.55 ^{i}	2.60 ^{h}	363.97 ^{g}	605.99 ^{j}
	3.5	12.89 ^{h}	4.41 ^{gh}	373.68 ^{g}	755.94 ^{ij}
	7	12.86 ^{h}	5.45 ^{g}	470.97 ^{fg}	814.60 ^{ij}
آبیاری در مرحله رویشی Irri. at vegetative St.	0	15.20 ^{gh}	9.63 ^{f}	394.56 ^{g}	1200.92 ^{hi}
	3.5	17.99 ^{fg}	10.77 ^{f}	456.17 ^{fg}	1522.70 ^{gh}
	7	20.55 ^{ef}	13.48 ^{e}	508.34 ^{fg}	1673.56 ^{gh}
آبیاری در مرحله زایشی Irri. at reproductive St.	0	20.80 ^{ef}	15.26 ^{de}	616.46 ^{f}	1828.21 ^{fg}
	3.5	20.85 ^{de}	15.64 ^{de}	906.90 ^{e}	2267.49 ^{ef}
	7	23.21 ^{de}	18.93 ^{c}	1093.83 ^{de}	2483.83 ^{e}
آبیاری در مرحله رویشی و زایشی Irri. at vegetative and reproductive St.	0	25.66 ^{cd}	17.06 ^{cd}	1256.57 ^{d}	2754.38 ^{e}
	3.5	29.23 ^{bc}	23.33 ^{b}	1538.96 ^{c}	3298.51 ^{d}
	7	30.98 ^{ab}	24.83 ^{b}	1745.67 ^{c}	3741.39 ^{cd}
آبیاری کامل Full Irri.	0	23.32 ^{de}	25.30 ^{b}	2167.42 ^{b}	3883.99 ^{c}
	3.5	30.41 ^{ab}	29.94 ^{a}	2476.29 ^{a}	4465.23 ^{b}
	7	31.41 ^{a}	29.4 ^{a}	2587.19 ^{a}	5403.50 ^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود توده بومی خواف داشت، به این صورت که کاهش مقدار آب آبیاری در تیمارهای یک مرحله آبیاری در مرحله رویشی و زایشی، یک مرحله آبیاری در مرحله زایشی، یک مرحله آبیاری در مرحله رویشی و دیم نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۳۷، ۶۴، ۸۱ و ۸۶ درصد در عملکرد دانه شد و این روند کاهشی در سایر صفات اندازه‌گیری‌شده شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. ضمناً کاهش میزان آب آبیاری باعث افزایش درصد پوکی غلاف شد. با وجود این، تأثیرات منفی کاهش میزان آب آبیاری را می‌توان با استفاده از دیاتومیت کاهش داد. نتایج نشان داد که کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در سطوح مختلف آبیاری در

کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده تفاوت معنی‌داری با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نداشت. البته کاربرد دیاتومیت تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. در مجموع، با به کارگیری دیاتومیت به‌عنوان سوپرجاذب ضمن صرفه‌جویی در هزینه تولید محصول در مناطق خشک، از طریق حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و بهبود نفوذپذیری آب در خاک می‌توان گامی مؤثر در جهت بهره‌برداری از منابع محدود آب و افزایش عملکرد دانه در توده مذکور برداشت.

منابع

1. Abdalla, M. 2010. Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of *Vicia faba* plants. Agriculture and Biology Journal of North America 1(5): 1076-1089.
2. Abdalla, M. 2011. Beneficial of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lopinus albus* plants grown under water stress. Agriculture and Biology Journal of North America 2(2): 207-220.
3. Abhari, A., and Haresabadi, B. 2017. The effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under season terminal drought stress conditions. Journal of Crop Production 10(1): 191-202.
4. Anwar, M.R., Makenzie, B.A., and Hill, G.D. 2003. Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool temperate sub humid climate. Journal of Agricultural Science 141: 273-284.
5. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
6. Chaiechi, M., Rostamzadeh, M., and Esmaielian, K.S. 2004. Examination for resistance of black chickpea genotypes to drought stress under different irrigation regimes. Journal of Agricultural Science & Natural Resource 10: 126-135. (In Persian with English Summary).
7. Dehahmadi, R., Parsa, M., and Ganejali, A. 2010. Effect of drought stress on phenological characteristics and yield component on chickpea in green house. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 157-166. (In Persian).
8. Eivazi, A., Taghikhani, H., Shiralizade, S.H., Rezayi, M., and Mousavi, S.H. 2012. Evaluation of response of chickpea genotypes to water deficit at different growth stages by using drought tolerance indices. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 81-92. (In Persian with English Summary).
9. Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., and Siddique, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
10. Gholamizali, A., Ehsanzade, P., and Razmjoo, J. 2016. Effects of seed priming and irrigation regimes on grain yield and components of spring and autumn sown Hashem chickpea genotype in northern Lorestan. Iranian Journal of Field Crop Science 47(1): 119-130. (In Persian).
11. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2007. The effect of different irrigation regimes and planting dates on phenological characteristics and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes under rain fed and irrigated condition in Mashhad. Journal of Agricultural Science & Natural Resource 14: 229-242. (In Persian with English Summary).
12. Hajirasouli, F. 2018. Effect of different levels of moisture and diatomite on growth characteristics and yield of common millet in Birjand region. MSc. Thesis. University of Birjand, Birjand.
13. Hanan, M.H., Nadia, A.M., and Salem, M. 2014. Phisiological effects of diatomaceous earth on *Mentha viridis* plants grown under drought condition. Scientific Journal Flowers & Ornamental Plants 1(2):105-115.
14. Jalota, S.K., Anil, K., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum*) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
15. Keshavarz, L., Farahbakhsh, H., and Golkar, H. 2012. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphophysiological traits of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). International Research Journal of Applied and Basic Science 3(1): 148-154.
16. Khalili-Mahalleh, J., Heidari-Sharifabad, G., Nourmohammadi, F., Darvish, I., Majidi-Haravan, E., and Valizadegan, E. 2011. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy zone (Northwest of Iran). Advanced in Environmental Biology 5(9): 2579-2587.
17. Khazai, H.R., and Kafi, M. 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 1(1): 33-41. (In Persian).

18. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi-arid environments. Advances in Agronomy 72: 107-138.
19. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.B., Dude, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. European Journal Agronomy 11(3): 279- 291.
20. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
21. Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research 86: 1-13.
22. Malhorta, R.S., Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1997. Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. Journal of Agronomy and Crop Science 178: 237-243.
23. Mohammadi, Q.H., Ghasemi-Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. The effect of water limitation on yield of three chickpea. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource 2: 109-120. (In Persian with English Summary).
24. Rafiolhosseini, M., Salehi, F., and Mazhari, M. 2016. The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common Bean cultivars. Desert Ecosystem Engineering Journal 5(11): 45-56. (In Persian with English Summary).
25. Ravi, N., Sharma, H.M., Singh, R.N.P., and Nandan, R. 2008. Response of late-sown chickpea to irrigation and foliar nutrition in calcareous soil. Journal of Applied Biology & Biotechnology 4: 5-8.
26. Rezvani-Moghadam, P., and Sadeghi-Samarjan, R. 2010. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 315-325. (In Persian).
27. Sabaghpour, S.H., Sharifi, A., and Aradatmand-Asli, D. 2019. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizer on yield and yield components of improved chickpea varieties under rainfed conditions. Iranian Journal of Pluses Research 10(2): 49-61. (In Persian with English Summary).
28. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour, H. 2011. The effect of drought stress in the end of the season on yield and yield components of five genotypes of chickpea. Iranian Journal of Field Crop Science 41(2): 259-269. (In Persian with English Summary).
29. Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., and Patakioutas, G. 2009. Silicon supply in soiless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Enviromental and Experimental Botany 65: 11-17.
30. Singh, D.P., Singh, P., Sharma, H.C., and Turner, N.C. 1987. Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea *(Cicer arietinum).* Field Crops Research 16: 231-241.
31. Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Agriculture Water Management 49: 225-237.
32. Turner, N.C. 2003. Adaptation to drought: lessons from studies with chickpea. Indian Journal of Plant Physiology 2: 11-17.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 57-68 (Original Research Article)

The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes

Zamani[1], Gholamreza; Ghotbinezhad[2], Davood; Sayyari[1], Mohammad Hasan; and Nabipour[3*], Zohreh

1. Associate Professor, department of agronomy, faculty of agriculture, university of birjand, Birjand, Iran (gzamani@birjand.ac.ir and msayari@birjand.ac.ir; respectively)
2. Graduated Masters Degree, Dpartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran; davoodghotbinezhad@gmail.com
3. Researcher of Gonabad Agricutural and Natural Resource and Education Station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO; Gonabad; Iran

Received: 24 June 2019; **Revised:** 9 November 2019
Accepted: 8 August 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.81506

How to cite this article:
Zamani, Gh., Ghotbinezhad, D., Sayyari, M.H.., and Nabipour, Z. 2021. The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 57-68.

Introduction

Moisture stress is one of the most important limiting factors which can affect crop production in semi-arid regions. Proper management and application of advanced techniques to maintain soil moisture and improve soil moisture holding capacity in the soil are effective in increasing water use efficiency and improving water resource utilization. Due to the importance of chickpea as a source of protein and the irreparable damage of moisture stress to yield of chickpea, the selection of methods that can increase the tolerance of the plant to moisture stress is very important. Recently, the use of superabsorbent has increased due to the ability to absorb and maintain water and consequently increase water use efficiency in the soil. Diatomite, as a superabsorbent, is a unique natural material with interesting features including very fine structure, low mass density, high porosity, high specific surface, chemical neutrality and high silica content. Therefore, the aim of this study was to determine the proper amount of diatomite to obtain maximum chickpea yield under moisture stress conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of diatomite on yield and yield component of chickpea under different irrigation regimes, an experiment was conducted in Khaf in the year 1396-1397. This research was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. The main factor of irrigation regimes was five levels (dry farming, full irrigation, one irrigation in vegetative stage, one irrigation in reproductive stage, two irrigations: one vegetative stage and one reproductive stage) and factor the subdivisions of diatomite were in three levels (0, 3.5 t/ha and 7 t/ha). Each plot has 6 cultivating lines 30 cm long and 3 meters long. In this experiment, diatomite was placed at a depth of 20 cm (maximum root zone density) under seed. The cultivation was carried out manually on the fifth of March with a density of 45 plants per square meter and a depth of 5 cm. In flowering after full yellowing of chickpea pods, number of pods, number of seed in pod, 100 seed weight, percentage of pod unfilled, seed yield and biological yield were measured. Harvest was calculated by dividing the seed yield into biological yield and multiplying it by 100.

Results and Discussion

The results showed that changing the irrigation regime from full irrigation to dry farming caused a decrease in the quantitative traits studied. The lowest seed yield (318.54 kg/ha) and biological yield (725.44

* **Corresponding Author:** zohreh.nabipour@yahoo.com

kg/ha) were obtained in dry farming treatment. Application of diatomite under different irrigation regimes increased all evaluated traits and seed yield. The highest seed yield (1745.67 kg/ha) was obtained in irrigation treatment in vegetative and reproductive stages and consumption of 7 ton/ha of diatomite and the lowest amount (363.97 kg/ha) was recorded in dry farming without diatomite application. Also, application of 7 ton/ha of diatomite compared to non-application of diatomite increased by 29, 29, 77 and 39% in irrigation regimes including dry farming, one irrigation in vegetative stage, one irrigation in reproductive stage, two irrigations including stage, respectively. Vegetative and reproductive were in the trait of seed yield. Based on the results of interaction effects in irrigation treatment in vegetative and reproductive stage and other low irrigation treatments including irrigation in vegetative stage, irrigation in reproductive stage and dry farming application of 3.5 ton/ha diatomite with application of 7 ton/ha of diatomite in all studied traits in a statistical group it placed; Therefore, it can be said that the use of 3.5 ton/ha diatomite is the most appropriate amount in increasing the yield of chickpeas under low irrigation regimes.

Conclusion

Generally, the results showed that the amount of irrigation water had a significant effect on yield and yield components of chickpea, thus reducing irrigation water in the treatments of two irrigations: one vegetative stage and one reproductive stage, one irrigation in reproductive stage, one irrigation in vegetative stage and dry farming in compared to the full irrigation treatment, it reduce 37, 63, 81 and 86% in seed yield, respectively, and this decreasing trend in other measured traits was observed. At the same time, reducing the amount of irrigation water increased the percentage of pod unfilled. However, the negative effects of reduced irrigation water can be reduced by using diatomite. The result showed that the application of 3.5 ton/ha diatomite at different irrigation levels in all measured traits didn't differ significantly from the application of 7 ton/ha of diatomite. Based on this, it can be said that the application of 3.5 ton/ha is the optimal amount. In general, using advanced methods such as using diatomite as a super absorbent while saving the cost of crop production in dry areas, by maintaining and storing moisture in the soil and improving water permeability in the soil can be an effective step in order to exploit limited water resources and increase seed yield.

Keywords: Harvest index، Moisture stress، Number of seeds per pod، Seed yield

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 69-84
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86464

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۸۴-۶۹، نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

سیامک رنجبر[۱]، محمداقبال قبادی[۲]* و مختار قبادی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی؛ siaranj@yahoo.com
۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی
۳- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی؛ m.ghobadi@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
رنجبر، س.، قبادی، م.ا.، و قبادی، م. ۱۴۰۰. تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۸۴-۶۹.

چکیده

یکی از مشکلات رسوب ریزگردها بر روی سطح برگ گیاهان، کاهش شدت نور وارده می باشد. از این‌رو، به منظور بررسی اثر ریزگردها و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی نخود رقم بیونیچ، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل شدت نور (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد شدت نور طبیعی) و رسوب ریزگردها در مرحله شروع گلدهی و بدون رسوب ریزگرد بودند. نتایج نشان داد که از مرحله گلدهی به بعد میزان خسارت رسوب ریزگردها به عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، کربوهیدرات‌های محلول و کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴/۵، ۱۶/۸، ۱۵/۴، ۱۳/۵، ۲۱/۷، ۱۰/۷، ۱۸/۸ و ۲۴/۶ درصد بود. اثر کاهش شدت نور در تیمار بدون ریزگرد بین شدت نورهای کامل و ۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری بر صفات عملکرد زیست‌توده عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته ایجاد نکرد ولی از ۵۰ درصد تا صفر درصد این مقادیر کاهش داشتند؛ اگرچه، در تیمار رسوب ریزگردها با کاهش شدت نور از ۱۰۰ درصد، مقادیر این صفات کاهش معنی‌داری داشتند. هم رسوب ریزگردها و هم کاهش شدت نور اثرات شدیدی بر کارآیی مصرف آب گیاه نخود ایجاد کردند. بر این اساس، دامنه تغییرات برای کارآیی مصرف آب بین ۱/۲۳ تا ۰/۶۱ گرم ماده خشک به ازای هر واحد مصرف آب به‌ترتیب در تیمارهای نور کامل (شاهد)+بدون ریزگرد و با شدت نوری صفر (بدون شدت نور مستقیم)+ریزگرد به‌دست آمد. در کل، نتایج نشان داد که رسوب ریزگردها روی سطح برگ گیاه نخود، عملکرد دانه این گیاه را معادل کاهش ۵۰ درصدی شدت نور کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی؛ کارآیی مصرف آب؛ کربوهیدرات‌های محلول

مقدمه

ذرات گرد و غبار[۲] با قطر بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۱ میلی‌متر در هوا پدیده گرد و غبار[۳] را تشکیل می‌دهند که می‌تواند بیشتر در اثر وزش بادهای بهار و تابستان به مناطق مختلف منتقل شوند (Wang *et al.*, 2006). پیش‌بینی شده است که بین ۰/۵ تا ۵ میلیارد تن ذرات در اندازه‌های متفاوت به صورت ریزگرد از طریق طوفان‌های گردوغباری به نقاط دیگر دنیا منتقل می‌شوند (Escudero *et al.*, 2007).

بزرگترین منبع تولید ریزگرد در دنیا بیابان‌های صحرایی ساهارا[۴] در آفریقاست که حدود ۷۰ درصد طوفان‌های دنیا را تشکیل می‌دهند و سالانه ۷۰۰ میلیون تن گردوغبار وارد اتمسفر می‌کنند. از این مقدار حدود ۵۰ درصد به مناطق دوردست منتقل می‌شوند (Prospero & Lamb, 2003). منابع مهم دیگر بیابان‌های عربستان و چین می‌باشند (Xuan *et al.*, 2004). اما نزدیک‌ترین کانون‌های ریزگرد به ایران،

* نویسنده مسئول: eghbalghobadi@yahoo.com

۲. Dust
۳. Floating dust
۴. Sahara

صحراهای سوریه، عراق و عربستان هستند (Shahsavani *et al.*, 2011).

ذرات بسیار ریز خاک (رسی و سیلتی) و آلاینده‌های صنعتی و شهری شامل کارخانه‌های سیمان (ذرات سیمان با قطر حدود ۱۰ میکرون است)، گچ، دانه‌بندی شن و ماسه[1]، آرد، بوجاری روزانه سیلوهای ذخیره غلات، تردد ماشین‌آلات سبک و سنگین در جاده‌های خاکی، دود اتومبیل و سوختن مشتقات نفتی نیروگاه‌ها و غیره ترکیبات گرد و غباری را به‌وجود می‌آورند (Tanaka & Chiba, 2006; Goudie & Middleton, 2006; Tegan *et al.*, 1997; Sadeghiravesh & Khorasani, 2009; Shao *et al.*, 2011).

این گردوغبار و یا ریزگردها هم سلامت انسان و هم تولیدات کشاورزی را تهدید می‌کنند. ریزگردها به شکل‌های مختلف به گیاهان خسارت وارد می‌کنند. ابتدا با ورود از طریق روزنه‌ها (اغلب روزنه‌ها قطری حدود ۳۰ میکرون دارند) به سیستم فتوسنتزی آسیب می‌زنند و سپس با رسوب بر سطح برگ باعث کاهش نور رسیده به برگ شده و با تغییر در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و تغییر در دمای برگ و کاهش عملکرد کوانتومی (Sayyahi *et al.*, 2016) باعث کاهش تولید مواد پرورده شده و با بسته‌شدن روزنه‌ها، تشدید فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌ها و بروز آفات و بیماری‌ها (Emberson *et al.*, 2001; Najafi *et al.*, 2014)، در نهایت رشد و عملکرد را دچار مشکل می‌کنند (Wang *et al.*, 2006; Johnson & Hale, 2004).

میزان خسارت ریزگردها به نوع گیاه، رقم، ویژگی‌های سطح برگ گیاه، مدت ماندگاری ریزگرد بر روی برگ، مرحله رشدی گیاه که ریزگرد روی سطح برگ می‌ماند، نوع ریزگرد و سرعت باد، میزان ضخامت رسوبات ریزگرد بر روی برگ و رژیم آبیاری بستگی دارد (Doley & Sivakumar, 2005; Norouzi *et al.*, 2016; Rossato, 2010).

موقعی که ریزگردها بر سطح برگ گیاه رسوب کنند، اسیمیلات‌ها بیشتر برای توسعه ریشه و ساقه مصرف می‌شوند و سطح برگ افزایش نمی‌یابد. این تأثیر، در مناطق خشک شدیدتر بوده و همچنین میزان آب نسبی برگ به‌علت افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق از سطح برگ کاهش می‌یابد (Rai *et al.*, 2013).

در بررسی اثرات خسارت ریزگردها بر محصولات زراعی مطالعاتی توسط محققان صورت گرفته است. رسوب ریزگردها روی برگ گندم باعث کاهش کلروفیل و آسیب به بافت برگ و در نتیجه کاهش وزن خشک گندم شده است (Chauhan & Joshi, 2010).

اثرات ریزگردهای کارخانه‌های سیمان و دانه‌بندی شن و ماسه بر روی گیاهان و درختان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که اثر ریزگرد بر گونه‌های کاشته‌شده اطراف کارخانه سیمان (ترکیب قلیایی) باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، تغییر در اسیدینه شیره سلولی و تسریع در حذف شاخه‌های جوان شده است (Kumar & Thambavani, 2012). اثر ریزگردهای کارخانه‌های دانه‌بندی شن و ماسه بر گیاه برنج نیز در مراحل اولیه رشد باعث کاهش ۱۵ درصدی جوانه‌زنی، ۲۸ درصدی کلروفیل، ۱۰ درصدی کربوهیدرات کل، ۷ درصدی پروتئین و در نهایت ۸ درصدی عملکرد گیاه گردیده است (Sharma & Kumar, 2016). همچین اثر ریزگردها بر تعدادی از گونه‌های درختان نشان داده است که علاوه بر این که در همه آن‌ها مقدار کلروفیل کاهش و اسید اسکوربیک افزایش داشته است، نسبت کاهش بین آن‌ها متفاوت بوده است (Prajapati & Tripathi, 2008).

ریزگردهای موجود در اتمسفر، نور خورشید را پراکنده کرده و تأثیر بسیار مهمی بر شدت نور و نسبت تابش فعال فتوسنتزی به کل تابش خورشیدی دارند و به پدیده گلخانه‌ای و گرمترشدن هوا کمک می‌کنند (Jacovides *et al.*, 2004). در اوایل بهار که دما افزایش می‌یابد، تابش نور خورشید نیز مقداری دمای برگ را افزایش داده و در کل مقدار فتوسنتز افزایش می‌یابد. اما در شرایطی که رسوب ریزگردها اتفاق بیفتد، مقدار دما از حد تحمل بیشتر شده و باعث افزایش تنفس و کاهش رشد و عملکرد می‌شوند (Wijayratne *et al.*, 2009). هر قدر اندازه ریزگردها کوچک‌تر باشد، تأثیرات مخرب تر و سایه بیشتری خواهند داشت. علاوه بر آن، از روزنه‌های ریز برگ وارد سیستم فتوسنتزی می‌شوند، اما ریزگردهای با اندازه‌های بزرگ‌تر فقط سطح رویی را می‌پوشانند (Prajapati, 2012).

شدت نور معمولاً بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر دارد. در آزمایشی روی دو رقم گندم اثرات شدت نور با ایجاد سایه‌اندازی در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که سایه‌اندازی بر عملکرد ماده خشک و تجمع و تخصیص مواد به دانه بر دو رقم تأثیر منفی داشته است، ولی رقمی که دارای سنبله و اندازه دانه بزرگ‌تری بوده است، به سایه‌اندازی حساس‌تر بوده است. با این حال، تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه، کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است و لذا پیشنهاد شده است که در مناطقی که شدت نور پایین است، برای داشتن عملکرد پایدار، از ارقامی استفاده شود

۱. Stone crashed dust

که دارای سنبله کوچک‌تر و دانه ریزتری باشند (Wang *et al.*, 2003).

بر اساس آخرین اطلاعات موجود در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، در بین حبوبات، استان کرمانشاه، رتبه اول را از نظر سطح زیرکشت و میزان تولید نخود به خود اختصاص داده است. در این سال، استان دارای سطح زیرکشت ۱۵۹۹۸۸ هکتار و تولید ۷۳۸۲۰ تن بوده است (Ahmadi *et al.*, 2019). از نظر فنولوژیک، در گیاه نخود، به‌دلیل داشتن کرک زیاد در سطح برگ (Sajja *et al.* 2017)، گرد و غبار بیشتری نسبت به سایر گیاهان رسوب کرده و ماندگاری آن نیز بیشتر است و لذا خسارت بیشتری وارد می‌گردد. از طرفی، سطح قابل توجهی از مزارع دیم استان کرمانشاه به کشت نخود دیم اختصاص دارد. این اراضی دیم علاوه بر این‌که در معرض ریزگردهای وارده از کشورهای همسایه قرار دارند، تحت تأثیر ریزگردهای حاصل از کارخانه‌های سیمان، دانه‌بندی شن و ماسه، آرد و تردد ماشین‌آلات سنگین در جاده‌های خاکی منتهی به معادن سنگ که تمام کوه‌ها را شکافته‌اند و باعث تخریب و تولید ریزگرد و همچنین شکایت دیمکاران این مناطق از جمله نخودکاران شده است نیز قرار دارد. از طرفی، در بررسی‌هایی که در استان‌های خوزستان، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام و کرمانشاه صورت گرفته، نشان داده شده است که گرد و غبار در این مناطق بر تولید محصولات کشاورزی اثر کاهشی داشته است (Norouzi *et al.*, 2018). بر این اساس، شبیه‌سازی تأثیر رسوب ریزگردها و کاهش شدت نور ناشی از آن و اثرات متقابل آن‌ها بر رشد و عملکرد محصول نخود رقم بیونیچ به‌عنوان رقم غالب منطقه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی، طول ۴۷درجه و ۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه و عرض ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه، ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۴۸۰-۴۵۰ میلی‌متر با آب و هوای سرد و معتدل در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا گردید. مشخصات میزان بارندگی و دما در جدول ۱ و مشخصات خاک محل آزمایش قبل از اجرا در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- مشخصات دما و بارندگی در محل و سال اجرای آزمایش (سال زراعی۹۶-۱۳۹۵)

Table 1. Temperature and rainfall specifications at site and year of testing (2016-2017)

پارامترها	ماه (Month)									
Parameters	**Oct.**	**Nov.**	**Dec.**	**Jan.**	**Feb.**	**Mar.**	**Apr.**	**Jun.**	**Jul.**	**Aug.**
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) T min (°C)	8.1	5.2	-1.8	-0.9	-3.4	-0.4	3.9	9.0	11.5	17.2
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) T max (°C)	28.4	22.8	11.7	11.0	7.2	14.5	16.4	24.6	31.0	38.6
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) T average (°C)	18.2	14.0	4.9	5.0	1.9	7.0	10.1	16.8	21.2	27.9
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	0.0	1.0	14.4	75.4	80.8	70.0	163.1	54.6	0.3	0.0
میانگین ساعت آفتابی (ساعت در روز) Average sun hours (h day^{-1})	9.6	6.8	6.7	6.6	4.7	6.9	5.3	8.6	12.2	10.8

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil at the examination site

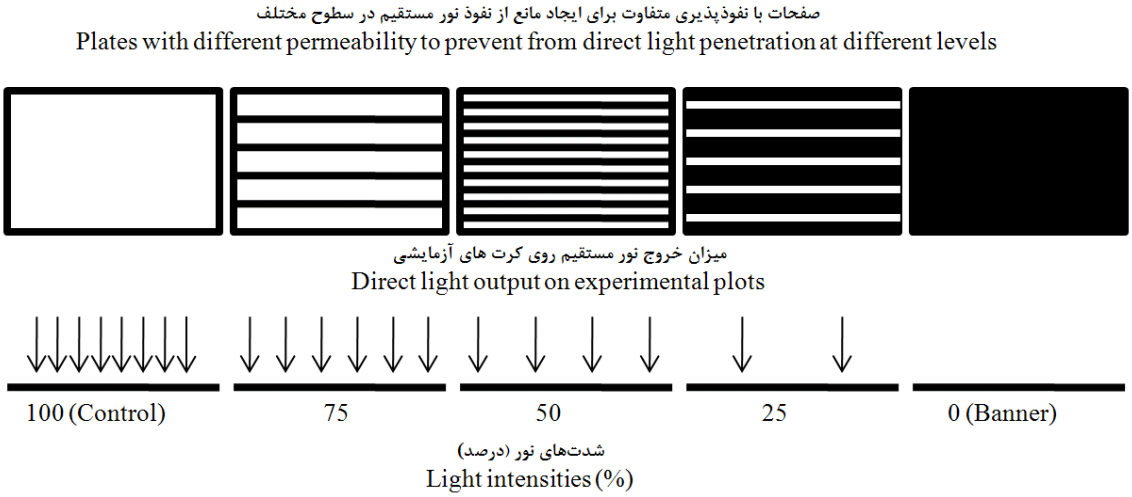
عمق خاک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	بافت خاک
Soil depth (cm)	**K_2O (mg kg^{-1})**	**P_2O_5 (mg kg^{-1})**	**Nitrogen (%)**	**EC (ec × 10^3)**	**pH**	**Organic Carbon (%)**	**Soil texture**
0-30	340	12.4	0.011	0.66	7.31	0.12	Clay - Silt
30-60	350	18.4	0.006	0.56	7.41	0.02	Clay - Silt

آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شد. فاکتورها شامل، اعمال رسوب ریزگرد (در ابتدای مرحله گلدهی و شاهد) و شدت‌های نور (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد شدت نور طبیعی) بر نخود رقم بیونیچ اعمال گردید. مرحله گلدهی تقریباً مصادف با شروع تولید انواع ریزگردها در منطقه است. رقم نخود بیونیچ از مرکز

تحقیقات کشاورزی دیم-سرارود، در کرمانشاه تهیه گردید. این رقم دارای خصوصیات فرم بوته‌ای، دانه درشت، سفید و سریع‌پز و رقم غالب منطقه است و به همین دلیل استفاده گردید. کود نیتروژنه به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در زمان کاشت مصرف شد و کودهای پتاسه و فسفره به‌دلیل کفایت آن در خاک استفاده نشد. کشت در اواخر اسفند ماه ۱۳۹۵ به صورت دیم با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ۱۳/۵ سانتی‌متر در کرت‌های با طول سه متر با شش ردیف کاشت انجام گردید.

اعمال سایه با بست‌های پلاستیکی مخصوص بسته‌بندی که دارای عرض یک سانتی‌متر بودند، استفاده شد. این بست‌ها با توجه به سطوح سایه‌اندازی بر قاب‌های چوبی که متناسب با عرض و طول کرت‌ها طراحی شده بودند، نصب شدند و جهت اعمال سایه‌اندازی کامل یا همان سطح صفر درصد نور مستقیم، از بنر پلاستیکی استفاده شد. در این تیمار، نور غیرمستقیم از اطراف صفحه بنر به داخل کرت و کانوپی نفوذ داشت و تاریک نبود. بسته به سطوح تیمار درنظرگرفته‌شده، از مرحله گلدهی تا پایان رشد نخود، شدت نور طبیعی تنظیم گردیدند (شکل۱). بر این اساس، پهنای خطوط یک سانتی‌متر بود و مشکلی برای ورود نزولات ایجاد نکرد. در مدتی که سایه‌اندازی اعمال شد، بیماری خاصی مشاهده نگردید و با برداشتن قاب چوبی که نوارهای سایه‌اندازی روی آن‌ها نصب بودند، وجین با دست صورت گرفت. در چند مورد که بارندگی باعث شستشوی ریزگردها شد، اعمال تیمار، تکرار گردید.

بررسی میزان شدت نور با لوکس‌متر در چهار زمان اندازگیری و در عدد ۰/۰۱۸۵ ضرب و بر حسب میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه (جدول ۳) که مقدار واقعی انرژی نوری را که برای فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌دست آمد (Osram Sylvania, 2000).



شکل ۱- نحوه اعمال تیمارهای شدت های نوری مستقیم بر کرت‌های آزمایشی

Fig. 1. Method of applying direct light intensities treatments on experimental plots

جدول ۳- میزان شدت نور یا جریان فوتون فتوسنتزی (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) در زمان اجرای آزمایش

Table 3. Light intensity or photosynthetic photon flux (µmols / m^2s) during experiment

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۶ May 5, 2017	۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۶ May 21, 2017	۱۵ خرداد ۱۳۹۶ Jun 5, 2017	۳۱ خرداد ۱۳۹۶ Jun 21, 2017
100	1566	1685	1895	1941
75	1195	1228	1395	1411
50	845	875	966	982
25	476	539	621	645
0	147	151	169	173

برای تهیه ریزگرد، گردهای کنار جاده‌های مزارع، جمع‌آوری گردید و به‌وسیله گردپاش دستی برروی کرت‌ها همزمان با تیمار سایه‌اندازی و در مرحله اوایل گلدهی به‌صورت باز روی کرت‌ها اعمال گردید. میزان ریزگرد مورد استفاده پنج گرم در مترمربع بود (این مقدار، اگر ناشی از طوفان‌های گرد و غبار باشد، مقدار زیادی است، ولی برای مزارع اطراف

کارخانه‌های تولیدکننده ریزگرد، مقدار زیادی نیست). برای کنترل میزان ریزگرد مصرف شده در زمان گردپاشی، کاغذ به ابعاد و وزن مشخص در کف کرت قرار داده و تا رسیدن به وزن مورد نظر (۵ گرم در مترمربع) با دقت (با وزن مرتب کاغذ هنگام گردپاشی) پاشیده شدند.

میزان کلروفیل‌های a، b و کُل و نیز کاروتنوئیدها از روش تغییریافته آرنون (Arnon, 1949) استفاده گردید. با استفاده از این روش، در زمان اواسط پرشدن دانه، ۰/۲۵ گرم برگ تر را در هاون چینی با نیتروژن مایع پودر کرده و با چهار میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در تاریکی هموژنیزه نموده و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰هزار دور در دقیقه، در نهایت ۲۵۰ میلی‌لیتر از مایع رویی را در چاهک پلیت‌های دستگاه الایزا (EL 808, Bio Tek) قرار داده و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر مقدار جذب نوری را بررسی کرده و از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ مقدار رنگیزه‌ها به میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست می‌آید (Lichtenthaler & Wellburn, 1983):

$$\text{Chllorophyll a} = 12.21\ (A_{663}) - 2.81\ (A_{646}) \quad (۱)$$

$$\text{Chllorophyll b} = 20.13\ (A_{646}) - 5.1\ (A_{663}) \quad (۲)$$

$$\text{Chllorophyll total} = \text{Chl. a} + \text{Chl. b} \quad (۳)$$

$$\text{Carothenoides} = (1000\ A_{470} - 3.27\ [\text{Chl.a}] - 104\ [\text{Chl. b}])/227 \quad (۴)$$

برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل، با کمی تغییر، از روش فنل-اسیدسولفوریک استفاده شد. بر این اساس از ۰/۵گرم نمونه برگی پودر شده در مرحله اواسط پرشدن دانه استفاده گردید. از حلال‌های اتانول ۸۰ درصد و فنول ۰/۵درصد و اسید سولفوریک ۹۸ درصد طی فرایندهای نسبتاً طولانی استفاده و در نهایت، میزان جذب نوری محلول به‌دست‌آمده با دستگاه الایزا در طول موج ۴۸۸ نانومتر ثبت گردید. در این روش از گلوکز برای محلول استاندارد، استفاده شد (Kiniry, 1993).

بررسی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دانه، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (رسیدگی کامل دانه و زردشدن بوته) صورت گرفت و تقریباً تمام کرت‌ها همزمان رسیدند. بدین صورت که بوته‌ها از مساحت یک مترمربع که قبلاً در تراکم ۳۰بوته کنترل شده بود، از سطح خاک کف‌بُر و بعد از خشک شدن کامل توزین و عدد حاصله به‌عنوان عملکرد زیست‌توده در واحد سطح محاسبه گردید. تعداد دانه‌های ۱۰بوته یک کرت شمارش و میانگین آن‌ها محاسبه شدند. وزن۱۰۰دانه نیز با شمارش سه نمونه ۱۰۰تایی به‌دست آمد. عملکرد دانه نیز بعد از کوبیدن بوته‌های یک مترمربع از ساقه و برگ جدا و توزین شدند.

کارآیی مصرف آب[1] بر اساس ماده خشک تولیدی به ازای واحد آب مصرف‌شده برای محصول[2] برآورد گردید (Sarmadnia & Koocheki, 2014):

$$\text{WUE} = 1000_{(g)}/\text{CWP}_{(kg)} \quad (۵)$$

در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شده و تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و اختلاف میانگین تیمارها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد انجام شد (SAS, 2008).

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های مختلف نور رسیده بر محصول در ابتدای شروع گلدهی تا رسیدن در سه بخش شامل اثر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، اثر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و اثر بر کارآیی مصرف آب مورد بررسی قرار گرفتند:

الف- اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های مختلف نور بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد نخود نشان داد که اثر رسوب ریزگردها، شدت‌های مختلف نور و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته، معنی‌دار، اما بر صفات شاخص برداشت و وزن۱۰۰دانه فقط اثر شدت نور معنی‌دار شد (جدول ۴).

عملکرد زیست‌توده در تیمار رسوب ریزگردها نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت. در تیمار شدت نوری ۷۵درصد در شرایط بدون رسوب ریزگردها عملکرد زیست‌توده، ۴/۶ درصد افزایش داشت، ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در شرایط رسوب ریزگردها بین تیمار شاهد و شدت نوری ۷۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود. اثرات کاهش شدت نور بر عملکرد زیست‌توده در شرایط بدون ریزگرد کمتر (۱۷/۴ تا ۲۷/۹ درصد)، اما بین تیمارهای رسوب ریزگرد بیشتر (بین ۲۴/۵ تا ۵۰/۶ درصد) بود.

اگر فقط اثر رسوب ریزگردها در شرایط نور کامل بررسی شود، ملاحظه می‌گردد که در این آزمایش حدود ۲۴/۵ درصد کاهش عملکرد زیست‌توده اتفاق افتاده است که بسیار قابل‌توجه است (جدول ۵).

۱. Water use efficiency

۲. Crop water productivity

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

Table 4. Analysis of variance (mean squares) of the effect of light intensities and dust deposition on yield and yield components of chickpea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن۱۰۰دانه 100-grain weight	تعداد دانه در بوته No. grain per plant
بلوک Block	2	728.5^{ns}	90.5^{ns}	9.63^{ns}	1.33^{ns}	0.421^{ns}
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	161348**	22495**	9.22^{ns}	10.09^{ns}	131.6**
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	27427**	9081**	109.7**	21.25**	19.42**
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	2699**	601*	16.69^{ns}	0.89^{ns}	2.04**
اشتباه Error	18	560.1	197.7	14.0	3.29	0.438
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.6	9.45	10.78	4.94	4.82

ns ،** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای رسوب ریزگرد و شدت‌های مختلف نور بر عملکردهای زیست‌توده، دانه و تعداد دانه در بوته نخود

Table 5. Mean comparison of interaction of between dust deposition and different light intensities on biomass, grain and number of seeds per plant of chickpea

تیمارها Treatments		عملکرد زیست‌توده Biological yield		عملکرد دانه Grain yield		دانه در بوته Grain per plant	
رسوب ریزگرد Dust deposition	شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	گرم در مترمربع ($g.m^{-2}$)	درصد نسبت به شاهد (% to control)	گرم در مترمربع ($g.m^{-2}$)	درصد نسبت به شاهد (% to control)	تعداد No.	درصد نسبت به شاهد (% to control)
شاهد Control	100	569.3^{a} ±18.0	100.0	205.9^{a} ±10.9	100.0	16.9^{b} ±0.66	100.0
	75	595.7^{a} ±11.4	104.6	228.8^{a} ±11.6	111.1	18.3^{a} ±0.33	108.2
	50	470.6^{b} ±6.0	82.6	174.8^{b} ±5.3	84.8	15.6^{c} ±0.34	92.3
	25	432.2^{bc} ±12.7	75.9	147.7^{cd} ±7.3	71.7	14.4^{d} ±0.41	85.2
	0	410.2^{cd} ±16.0	72.0	123.5^{d} ±6.1	59.9	13.6^{d} ±0.55	80.4
رسوب ریزگردها Dust deposition	100	430.1^{bc} ±6.1	75.5	171.2^{bc} ±9.2	83.1	14.3^{d} ±0.17	84.6
	75	375.4^{de} ±8.5	65.9	140.7^{d} ±5.9	68.3	12.5^{e} ±0.28	73.9
	50	337.3^{ef} ±5.0	59.2	125.2^{d} ±8.4	60.8	11.2^{f} ±0.16	66.2
	25	320.6^{fg} ±16.3	56.3	93.2^{e} ±5.6	45.2	10.6^{g} ±0.55	62.7
	0	281.3^{g} ±10.2	49.4	76.7^{e} ±5.4	37.2	9.3^{g} ±0.32	55.0
LSD (α= 0.05)		40.6	-	24.1	-	1.13	-

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test);
± Standard error

نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که درصد کاهش عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت، تقریباً دارای روال مشابهی با عملکرد زیست‌توده بود. در شرایط بدون ریزگرد بین سطوح شدت نور ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری برای عملکرد دانه به دست نیامد، ولی سطوح ۵۰، ۲۵ و صفر درصد شدت نوری به ترتیب ۱۵/۱، ۲۸/۳ و ۴۰/۱درصد نسبت به شاهد کاهش داشتند. در شرایط رسوب ریزگردها بین سطوح شدت نوری اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بین ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد میزان عملکرد دانه به ترتیب ۱۶/۱، ۳۱/۷، ۳۹/۲، ۵۴/۷، ۶۲/۷ درصد نسبت به شاهد (تیمار ۱۰۰درصد شدت نور و بدون رسوب ریزگردها) کاهش داشتند. در کل کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون نور مستقیم و رسوب ریزگردها با ۷۶/۷ گرم در مترمربع و بیشترین مربوط به تیمار شاهد و ۷۵ درصد شدت نوری در شرایط بدون ریزگردها به ترتیب با ۲۰۵/۹ و ۲۲۸/۸ گرم در مترمربع به دست آمد (جدول ۵).

تعداد دانه در بوته یکی از مهم‌ترین صفات مربوط به اجزای عملکرد دانه نخود است که اثرات متقابل آن (رسوب ریزگردها × شدت‌های نور) معنی‌دار شد (جدول ۴). تعداد دانه در بوته به‌شدت تحت تأثیر رسوب ریزگردها و شدت‌های متفاوت نور قرار گرفت. بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار شدت نوری ۷۵ درصد و بدون ریزگرد حدود ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون ریزگرد و شدت نور ۱۰۰درصد) افزایش داشت. در شرایط رسوب ریزگردها میزان کاهش بیشتر شد، به‌گونه‌ای که در شرایط رسوب ریزگردها در تیمار شدت نوری ۱۰۰ درصد نسبت به بدون رسوب ریزگردها ۱۵/۴درصد کاهش داشت. این مقدار در تیمار رسوب ریزگردها و شدت نوری صفر درصد (بدون نور مستقیم) به ۴۵ درصد رسید که کاهش قابل توجهی بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌های اثر ساده شدت‌های نور بر شاخص برداشت نشان داد که بین سطوح شدت نور ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰درصد بر شاخص برداشت اختلاف آماری معنی‌داری به دست نیامد و با کاهش شدت‌های نور به ۲۵ و صفر درصد، شاخص برداشت نیز تا حدود ۲۵/۵ درصد کاهش داشت (جدول۶).

وزن۱۰۰دانه نیز در اثر کاهش شدت نور کاهش داشت، ولی مقدار کاهش آن نسبت به سایر صفات عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی دارای کمترین مقدار بود، به‌گونه‌ای که در تیمار صفر درصد شدت نوری به مقدار ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف شدت‌های نوری بر شاخص برداشت و وزن۱۰۰دانه نخود

Table 6. Mean comparison the effects of different levels of light intensities on harvest index and 100-grain weight of chickpea

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	شاخص برداشت Harvest index		وزن۱۰۰دانه 100 - grain weight	
	درصد (%)	درصد نسبت به شاهد (% to control)	گرم (g)	درصد نسبت به شاهد (% to control)
100	$38.06^{a} \pm 1.76$	100.0	$37.8^{ab} \pm 0.66$	100.0
75	$38.00^{a} \pm 1.63$	99.8	$39.3^{a} \pm 0.93$	103.9
50	$37.19^{a} \pm 1.57$	97.7	$36.7^{bc} \pm 0.70$	98.0
25	$31.68^{b} \pm 1.75$	83.2	$35.2^{c} \pm 0.49$	93.1
0	$28.73^{b} \pm 1.38$	75.4	$34.7^{c} \pm 0.84$	91.7
LSD (α= 0.05)	4.54	-	2.20	-

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).

± Standard error

بررسی عملکردهای زیست‌توده و دانه و همچنین تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه و علت‌های احتمالی این تغییرات در اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های متفاوت نوری نشان داد که رسوب ریزگردها برای گیاه ایجاد تنش کرده و به عملکردهای زیست‌توده، دانه و تعداد دانه در بوته به ترتیب ۲/۵ ، ۱۶/۷ و ۱۵/۳ درصد خسارت وارد کرده است (در مقایسه با تیمار بدون ریزگرد و شرایط نوری کامل).

نکته مهم و جالب نتایج آزمایش این بود که در شرایط بدون رسوب ریزگرد، تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و شاید بتوان این‌گونه استنباط کرد که گیاه نخود با ۷۵ درصد شدت نوری بعد از مرحله

گلدهی نیاز نوری خود را مرتفع کرده و یا بتوان به‌عنوان گیاهی مناسب که تا کاهش ۲۵ درصد نور رسیده را بعد از مرحله گلدهی تحمل و بدون کاهش عملکرد دانه، طول دوره رسیدگی خود را طی کند، از آن استفاده کرد. اما وقتی‌که رسوب ریزگرد اتفاق می‌افتد، کاهش شدت نور وارده (حتی در ۲۵ درصد هم) باعث کاهش صفات مورد بررسی گردید.

در مورد صفت وزن ۱۰۰دانه که فقط تحت تأثیر شدت‌های نوری قرارگرفته است، این‌گونه استنباط می‌شود که همچنان که تنش‌ها (خشکی، گرما، سرما، ماندابی و...) کمترین اثر را بر وزن دانه اکثر محصولات دانه‌ای دارند، در اینجا نیز بیشتر، رسوب ریزگردها به‌عنوان یک تنش بر وزن دانه تأثیر معنی‌دار نداشته و شدت‌های نوری هم اگرچه تأثیر معنی‌داری داشته‌اند، ولی در کل، شدت کاهش به اندازه سایر صفات نبود. به عبارت‌دیگر، بین ۱۰۰ و ۷۵ درصد شدت نور تفاوت معنی‌داری نبود و در کمترین میزان نوری حدود ۸/۲ درصد کاهش نشان دادند. به نظر می‌رسد در شرایط بروز تنش، گیاه، اسیمیلات خود را برای تعداد دانه که به‌اندازه قابل قبول برساند، تنظیم می‌کند و از تولید دانه‌های خیلی ریز و با تعداد زیاد پرهیز می‌کند و تعدادی از آن‌ها را در طی مراحل اولیه تشکیل و به محض ورود به حالت تنش سقط می‌کند (Fenner & Thompson, 2005). در این آزمایش تراکم بوته بر اساس ۳۰ بوته در مترمربع تنظیم و کنترل گردید و چون اختلافی بین کرت‌ها مشاهده نشد، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صورت نگرفت.

در آزمایشی میزان خسارت رسوب ریزگردها به مقدار ۵گرم در مترمربع در ابتدای مرحله رشد رویشی نخود رقم بیونیچ، باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۳۸ درصد شده است. علاوه بر این عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته را نیز کاهش داده است (Felekari *et al.*, 2017). برخلاف این آزمایش، در کار ما مقدار کاهش عملکرد دانه بین تیمارهای رسوب ریزگرد با شاهد ۱۶/۹ درصد بود. احتمالاً میزان خسارت کمتر مربوط به اعمال تیمار ریزگرد و تأخیر در آن باشد.

در آزمایشی دیگر نیز اثرات ریزگردهای طبیعی و شستشو (به‌عنوان تیمار شاهد) بر صفات مهم زراعی ارقام گندم پیشگام و زرین در منطقه کرمانشاه بررسی شده و نتایج نشان داده است که عملکرد این ارقام به‌ترتیب ۳ و ۱۲ درصد کاهش داشته است که بیشتر تأثیر آن بر تعداد دانه در سنبله بوده است (Shahbazi *et al.*, 2016). در این آزمایش که میزان ریزگرد به صورت طبیعی بوده و قطعاً میزان آن کمتر از میزان رسوب، در آزمایش ما بوده است و به همین دلیل هم میزان کاهش عملکرد کمتر بوده است.

ب- بررسی اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که اثرات ساده ریزگردها و شدت‌های نور بر میزان کلروفیل a، b، کل، نسبت a/b و کاروتنوئیدها و کربوهیدرات محلول که در اواسط پُرشدن دانه نخود بررسی شدند، معنی‌دار، ولی اثرات متقابل بین این اثرات بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین اثرات رسوب ریزگردها بر رنگدانه‌های فتوسنتزی شاهد این موضوع است که میزان کلروفیل a، b، کل، نسبت a/b و کاروتنوئیدها و کربوهیدرات محلول در تیمار رسوب ریزگردها به ترتیب به میزان ۱۳/۵، ۲۱/۷، ۱۵/۷، ۱۰/۷، ۱۸/۸ درصد نسبت به تیمار بدون رسوب ریزگردها (شاهد) کاهش داشتند. برخلاف این صفات، نسبت کلروفیل a به b در تیمار بدون رسوب ریزگرد به مقدار ۷/۰درصد پایین‌تر از تیمار رسوب ریزگردها بود (جدول ۸). کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌های طبیعی محلول در چربی هستند که در گیاهان یافت می‌شوند و نقش مهمی در فرایندهای فتوسنتز بازی می‌کنند. این‌ها به‌عنوان رنگدانه‌های کمکی در گیاهان عالی هستند. چندین تحقیق نشان داده است که مقادیر و نوع آلاینده‌ها می‌تواند بر رشد گیاهان تأثیر بگذارد. در تحقیقی، آلودگی هوای شهری (به‌دلیل داشتن دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و اوزن بالاتر) در مقایسه با هوای فیلترشده بر میزان فتوسنتز و رشد اندام هوایی و ریشه هویج اثرات کاهش داشته است (Tiwari *et al.*, 2006). همچنین در بررسی دیگر، اثر آلودگی‌های صنعتی و وسایل نقلیه بر گندم و کلزا نشان داده است که نسبت به شرایط شاهد، مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها، اسید اسکوربیک، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد کاهش داشته است (Joshi *et al.*, 2009).

بررسی اثر شدت‌های متفاوت نوری بر نخود نیز نشان داد که با افزایش سایه‌اندازی (کاهش شدت نور)، مقادیر رنگیزه‌های مورد بررسی افزایش نشان دادند و در تیمار بدون نور مستقیم به حداکثر مقدار خود رسیدند. به‌عنوان مثال در تیمار بدون نور مستقیم (صفر درصد شدت نوری) میزان کلروفیل a، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b و کاروتنوئیدها به ترتیب تا ۲۷/۴، ۷/۷، ۱۰۰/۸، ۴۵/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نور مستقیم) افزایش داشتند.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود (میانگین مربعات)

Table 7. Analysis of variance the effects of light intensities and dust deposition on some physiological properties of chickpea (mean squares)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل Chlorophyll a	کلروفیل Chlorophyll b	کلروفیل Chlorophyll Total	کاروتنوئیدها Carotenoides	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble
بلوک Block	2	0.752^{ns}	0.11^{ns}	0.763^{ns}	0.332^{ns}	0.096^{ns}	0.373^{ns}
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	67.5**	23.58**	170.8**	3.008*	0.383*	111.7**
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	24.96**	10.78**	3.95*	4.92**	5.35**	19.38**
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	1.29^{ns}	0.665^{ns}	0.679^{ns}	0.371^{ns}	0.052^{ns}	1.279^{ns}
اشتباه Error	18	0.764	0.255	1.083	0.487	0.072	0.574
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.23	6.97	3.73	12.36	8.87	4.08

ns ، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

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

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر رسوب ریزگردها بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

Table 8. Mean comparison the effect of dust deposition on some physiological properties of chickpea

رسوب ریزگردها Dust deposition	کلروفیل Chlorophyll a	کلروفیل Chlorophyll b	کلروفیل Chlorophyll Total	کاروتنوئیدها Carotenoides	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)
	میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)					
شاهد Control	22.15^{a}	8.13^{a}	30.28^{a}	5.96^{a}	2.90^{b}	20.50^{a}
	±1.60	±0.74	±0.36	±0.50	±0.46	±0.98
رسوب ریزگردها Dust deposition	19.15^{b}	6.36^{b}	25.51^{b}	5.32^{b}	3.12^{a}	16.64^{b}
	±0.80	±0.45	±0.41	±0.30	±0.38	±0.63

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).
± Standard error

برعکس، مقدار صفت کلروفیل b با کاهش شدت نور کاهش داشت و مقدار کاهش نسبت به شاهد ۳۶/۵ درصد بود (جدول ۹).

در آزمایشی تأثیر شدت‌های مختلف نور ۲۴۰، ۵۲۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد، بدون استفاده از تور) میکرومول بر متر مربع بر ثانیه با استفاده از تورهای پلاستیکی بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ دو رقم رز تجاری، بررسی شد. نتایج نشان داد که در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید افزایش یافت و در تیمار شاهد از مقدار آن‌ها کاسته شد (Hatamian *et al.*, 2014). این آزمایش، تأییدی بر نتیجه آزمایش ما می‌باشد، به خصوص از این نظر که نحوه اعمال تیمار تقریباً مشابه بوده است.

کربوهیدرات‌های محلول نیز با کاهش شدت نور کاهش داشت. بیشترین مقدار در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد مستقیم) و کمترین مقدار در تیمار صفر درصد نور مستقیم بود که به مقدار ۲۰/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۹). یکی از مهم‌ترین تأثیرات نور می‌تواند اثرات بر قندهای محلول باشد که مجموعه‌ای از فرایندها را کنترل می‌کند و در کل بحث در مورد آن بدون درنظرگرفتن عوامل دیگر، پیچیده می‌باشد. در آزمایشی کیفیت نور بر جذب دی اکسید کربن در خیار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت نور در برگ‌ها با اثر بر بیان ژن‌ها و یا فعالیت آنزیمی چرخه کلوین در دستگاه فتوسنتزی تأثیر گذار بوده است (Wang *et al.*, 2009).

جدول ۹ - مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف شدت‌های نوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

Table 9. Mean comparison for different levels of light intensities on some physiological characteristics of chickpea

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	کلروفیل Chlorophyll			کاروتنوئیدها	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble
	a	b	Total	Carotenoides		
	میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)					میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)
100	18.73^{c}	8.35^{a}	27.08^{b}	4.90^{b}	2.26^{d}	20.15^{a}
	±0.55	±0.44	±1.11	±0.18	±0.19	±0.93
75	19.15^{c}	8.38^{a}	27.53^{b}	5.01^{b}	2.32^{d}	20.25^{a}
	±0.61	±0.60	±1.12	±0.19	±0.32	±1.11
50	20.40^{b}	7.75^{a}	28.15^{ab}	5.40^{b}	2.65^{c}	18.90^{b}
	±0.87	±0.50	±1.22	±0.13	±0.08	±1.05
25	21.1^{b}	6.45^{b}	27.55^{b}	5.75^{b}	3.28^{b}	17.50^{c}
	±1.01	±0.35	±1.16	±0.18	±0.08	±0.79
0	23.88^{a}	5.30^{c}	29.18^{b}	7.15^{a}	4.54^{a}	16.05^{d}
	±0.92	±0.29	±1.02	±0.58	±0.17	±0.64
LSD (α= 0.05)	1.06	0.61	1.26	0.84	0.32	0.91

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.
± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).
± Standard error

کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات‌های محلول در اثر رسوب ریزگردها، نشان‌دهنده این موضوع است که این تیمار یک اثر تخریبی و بازدارنده به هر دلیلی بر روی این صفت داشته است. اندازه‌گیری کلروفیل یکی از مهم‌ترین ابزارها برای بررسی اثر آلودگی هوا روی گیاهان است، چون کلروفیل نقش مهمی در متابولیسیم گیاه بر عهده دارد، به گونه‌ای که کاهش غلظت کلروفیل به طور مستقیم مسئول کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه است. همچنین کلروفیل باعث تغییر در تجمع نشاسته شده و رقیق‌سازی آن باعث تنظیم غلظت مواد غذایی در برگ‌ها می‌شود. بر این اساس، در برگ‌های آلوده به ریزگردها کاهش در غلظت کلروفیل، آسیب به کلروپلاست است که بازدارنده بیوسنتز کلروفیل بوده و یا تخریب کلروفیل را افزایش می‌دهند (Marinari *et al.*, 2007). در شرایطی که ریزگردها رسوب می‌کنند، به علت کاهش سنتز کلروفیل و کاروتنوئیدها در اثر کاهش شدت نور مستقیم، میزان رنگیزه‌ها کاهش خواهند داشت. همچنین ورود ریزگردها در بافت‌های گیاهی باعث قلیایی شدن شیره سلولی و ممانعت از فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز رنگدانه‌ها در کلروپلاست می‌شود (Prusty *et al.*, 2005). اثرات تنش خشکی و اعمال ریزگرد (تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم ریزگرد در مترمکعب فضای ایجاد شده) بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ماش (رقم پرتو) بررسی شده است و نتایج نشان داده است که در شرایط تنش خشکی کلروفیل کاهش پیدا کرده، ولی در تیماری که اعمال ریزگرد وجود داشته است، مقدار کاهش شدیدتر بوده است. در این آزمایش همچنین میزان قندها و پروتئین‌های محلول برگ با افزایش ریزگرد افزایش داشته است (Fateminezhad *et al.*, 2017).

ج - اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نوری بر کارآیی مصرف آب بر نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و سطوح مختلف شدت نور بر کارآیی مصرف آب (بر اساس وزن خشک کل و دانه) نخود نشان داد که اثرات ساده و متقابل بین آن‌ها بر این دو صفت بسیار معنی‌دار بود (جدول۱۰).

چون کارآیی مصرف آب از نظر فیزیولوژیک از تقسیم ۱۰۰۰(واحد گرم) به واحد آب مصرف‌شده برای تولید به‌دست می‌آید (Sarmadnia & Koocheki, 2014)، هرچه مقدار کارآیی مصرف آب بیشتر باشد، مطلوب‌تر است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با کاهش شدت نور و در شرایط رسوب ریزگردها، کارآیی مصرف آب تا ۵۰/۵ درصد کاهش داشت (جدول۱۱).

رسوب ریزگرد در مقایسه با غیرریزگرد (تیمار شاهد)، کارآیی مصرف آب (بر اساس ماده خشک کل) را ۲۴/۴ درصد کاهش داد. احتمالاً در شرایط رسوب ریزگردها به دلیل افزایش دما (با تیره‌شدن سطح برگ و جذب نور بیشتر) و افزایش میزان تعرق (برای خنک‌شدن سیستم برگ و اندام‌های فتوسنتزی)، آب بیشتری نسبت به شرایط شاهد (مطلوب) از دست داده است و در عوض نسبت به آب ازدست رفته ماده خشک کمتری تولید کرده است.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و سطوح شدت نور بر کارآیی مصرف آب در نخود (میانگین مربعات)

Table 10. Analysis of variance for the effect of dust deposition and light intensities on water use efficiency in chickpea (mean squares)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارآیی مصرف آب Water use efficiency	
		برای عملکرد کل Biological yield (or WUE_{BY})	برای عملکرد دانه Grain yield (or WUE_{GY})
بلوک Block	2	0.003^{ns}	0.457^{ns}
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	0.764^{**}	113.73^{**}
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	0.13^{**}	45.91^{**}
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	0.013^{**}	3.044^{*}
اشتباه Error	18	0.003	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.60	9.45

ns ، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

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

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر کارآیی مصرف آب در نخود

Table 11. Mean comparison the interactions of dust deposition and light intensities on water use efficiency in chickpea

تیمارها Treatments		کارآیی مصرف آب Water use efficiency گرم ماده خشک تولیدی به ازای کیلوگرم آب مصرفی (g dry matter / kg water)	
رسوب ریزگردها Dust deposition	شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	برای عملکرد کل Biological yield (or WUE_{BY})	برای عملکرد دانه Grain yield (or WUE_{GY})
شاهد Control	100	0.03 ± 1.23^{a}	0.023 ± 0.44^{a}
	75	0.02 ± 1.29^{a}	0.025 ± 0.49^{a}
	50	0.02 ± 1.02^{b}	0.010 ± 0.38^{b}
	25	0.02 ± 0.94^{bc}	0.015 ± 0.32^{cd}
	0	0.03 ± 0.89^{cd}	0.012 ± 0.26^{d}
رسوب ریزگرده Dust deposition	100	0.01 ± 0.93^{bc}	0.020 ± 0.37^{bc}
	75	0.01 ± 0.81^{de}	0.012 ± 0.30^{d}
	50	0.03 ± 0.73^{ef}	0.018 ± 0.27^{d}
	25	$0.06 \pm 0.69f^{g}$	0.012 ± 0.20^{e}
	0	0.02 ± 0.61^{g}	0.012 ± 0.16^{e}
LSD (α= 0.05)		0.093	0.054

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).
± Standard error

علاوه بر تیمار ۷۵ درصد شدت نور که با تیمار شاهد اثرات معنی‌داری بر راندمان مصرف آب ایجاد نکرد، سایر تیمارهای کاهش شدت نور باعث کاهش راندمان مصرف آب شدند. همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، چون در تیمارهای شدت‌های نوری کمتر، ماده خشک کمتری تولید شده، پس کارآیی مصرف آب نیز کاهش داشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کارآیی مصرف آب برای دانه در این آزمایش، دارای روال مشابهی با تغییرات کارآیی مصرف آب برای کل ماده خشک بود، ولی مقدار آن به نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده کاهش داشت و دارای نوساناتی بین ۰/۱۶ تا ۰/۴۹ بود (جدول ۱۱).

در اهمیت کارآیی مصرف آب در شرایط تنش، نتایج تحقیقات دیگران نیز مشابه با نتایج این آزمایش بود. مثلاً در آزمایشی ارقام نخود آزاد، هاشم و آرمان در شرایط آب و هوایی

اصفهان به صورت دیم و آبیاری دیم بررسی گردید. نتایج نشان داد که ارقام کارآیی مصرف آب در شرایط دیم (در محدوده بین ۰/۱۸ تا ۰/۲۲) پایین‌تر از تیمار آبیاری تکمیلی (در محدوده بین ۱/۵۲ تا ۱/۸۰) بوده است که دلیل کم‌بودن کارآیی مصرف آب در شرایط دیم نسبت به شرایط کار حاضر، به پایین‌بودن میزان بارندگی و کاهش عملکرد در منطقه اصفهان مربوط بوده است (Jalali, 2019).

در آزمایشی دیگر، کارآیی مصرف آب برای دانه نخود با تیمارهای رژیم های آبیاری (آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد)، مواد ضدتعرق و کاهنده تعرق (محلول‌پاشی با کلرید سدیم و سلنات سدیم) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر چه آبیاری تکمیلی در مراحل آخر رشد صورت گرفته است، کارآیی مصرف آب افزایش داشته است و همچنین تیمارهای ضدتعرق نیز کارآیی مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد بالا برده است. در کل در این آزمایش، کارآیی مصرف آب برای دانه بین ۰/۲۳ تا ۰/۷۰ متغیر بوده است (Mohammadi *et al.*, 2018). در کل، نتایج دو آزمایش ذکر شده با نتایج کار انجام شده مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که رسوب ریزگردها از مرحله گلدهی به بعد باعث خسارت به صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰انه، رنگیزه‌های فتوسنتزی و کارآیی مصرف آب شد. میزان این خسارت برای عملکرد زیست‌توده ۲۴/۴ درصد، عملکرد دانه ۱۶/۸، تعداد دانه در بوته ۱۵/۴درصد، کلروفیل a ۱۳/۵ درصد، کلروفیل b ۲۱/۷ درصد، کاروتنوئیدها ۱۰/۷ درصد، کربوهیدرات‌های محلول ۱۸/۸درصد و کارآیی مصرف آب ۲۴/۶ درصد بود. با کاهش شدت نور تا ۷۵درصد در شرایط بدون ریزگرد (تیمار شاهد)، عملکرد ماده خشک کل، عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته کاهش معنی‌داری نداشتند، ولی در تیمار رسوب ریزگردها با کاهش شدت نور از ۱۰۰ درصد مقادیر صفات عملکرد و اجزای عملکرد کاهش شدیدی داشتند. به طور کلی نتایج، نشان‌دهنده آن است که رسوب ریزگردها بر سطح برگ نخود، در شرایط دیم به عملکرد گیاه خسارت وارد می‌کند و به کشاورزان توصیه می‌شود در کشت و کار در اطراف تأسیسات تولیدکننده ریزگرد، به صدمات وارده به محصول توجه نمایند.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdeshah, H., and Kazemian, A. 2019. Iran Agriculture Statistics in 2017-2018: Crop Plants. Ministry of Agriculture-Jahad Press, 87 p. (In Persian).
2. Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.
3. Chauhan, A., and Joshi, P. 2010. Effect of ambient air pollutants on wheat and mustard crops growing in the vicinity of urban and industrial areas. New York Science Journal 3(2): 52-60.
4. Doley, D., and Rossato, L. 2010. Mineral particulates and vegetation: Modelled effects of dust on photosynthesis in plant canopies. Air Quality and Climate Change 44(2): 22-27.
5. Emberson, L., Ashmore, M., Murray, F., Kuylenstierna, J., Percy, K., Izuta, T., Zheng, Y., Shimizu, H., Sheu, B., and Liu, C. 2001. Impacts of air pollutants on vegetation in developing countries. Water, Air, and Soil Pollution 130(1-4): 107-118.
6. Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Pérez, N., Ferreira, F., Alonso, S., Rodríguez, S., and Cuevas, E. 2007. A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. Atmospheric Environment 41: 5516-5524.
7. Fateminezhad, P., Lari Yazdi, H., and Rafiee, M. 2017. Effect of aerosols and drought stresses on some physiological traits of Mungbean (*Vigna radiata* L.). Applied Field Crops Research 30(2): 19-30. (In Persian with English Summary).
8. Felegari, H., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Jalali-Honarmand, S., and Saeidi, M. 2017. Effect of dust deposition on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed and supplemental irrigation conditions in Kermanshah. Agroecology 9(2): 535-544. (In Persian with English Summary).
9. Fenner, M., and Thompson, K. 2005. The Ecology of Seeds. Cambridge University Press. 250 p.
10. Goudie, A., and Middleton, N.J. 2006. Desert dust in the global system. Agricultural Systems 80: 110-121.
11. Hatamian, M., Arab, M., and Rozban M.R. 2014. Photosynthetic and nonphotosynthetic pigments of two rose cultivars under different light intensities. Journal of Crop Improvement 16(2): 259-270. (In Persian with English Summary).

12. Jacovides, C.P., Tmvios, F.S., and Papaioannou, G. 2004. Ratio of PAR to broad b and solar radiation measured in Cyprus. Agricultural and Forest Meteorology 121: 135-140.
13. Jalali, A.H. 2019. Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition. Iranian Journal of Pulses Research 10(1): 52-62. (In Persian with English Summary).
14. Johnson, D., and Hale, B. 2004. White birch (*Betula papyrifera* Marshall) foliar litter decomposition in relation to trace metal atmospheric inputs at metal-contaminated and uncontaminated sites near Sudbury. Ontario and Rouyn-Nor and a, Quebec, Canada. Environmental Pollution 127: 65-72.
15. Joshi, N., Chauhan, A., and Joshi, P.C. 2009. Impact of industrial air pollutants on some biochemical parameters and yield in wheat and mustard plants. Environmentalist 29: 398-404.
16. Kiniry, J.R. 1993. Nonstructural carbohydrate utilization by wheat shaded during grain growth. Agronomy Journal 85: 844-849.
17. Kumar S., and Thambavani S. 2012. Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some selected plant species. International Journal of Science and Technology Research 1(9): 98-105.
18. 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.
19. Marinari, S., Calfapietra, C., Angelis, P.D., Mugnozza, G.S., and Grego, S. 2007. Impact of elevated CO_2 and nitrogen fertilization on foliar elemental composition in a short rotation poplar plantation. Environmental Pollution 147: 507-515.
20. Mohammadi, H., Sepehri, A., and Sabaghpour., H. 2018. Effect of antitranspirants substances and drought stress ameliorator on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes. Applied Field Crops Research 31(2): 92-118. (In Persian with English Summary).
21. Najafi, M.S., Khoshakhllagh, F., Zamanzadeh, S.M., Shirazi, M.H., Samadi, M., and Hajikhani, S. 2014. Characteristics of TSP loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in Western Iran. Arabian Journal of Geosciences 7: 5367-5381.
22. Norouzi, A.A. 2018. Investigating the impact of dust phenomenon on crop reduction in Western Iran. In: Proceeding of the 3rd National Conference on Soil Conservation and Watershed Management. June 30-31, 2018. Institute for Soil Conservation and Watershed Management, Tehran. p. 613-617. (In Persian).
23. Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A.F., and Acosta, J.A. 2016. Biomagnetic monitoring of heavy metals contamination in deposited atmospheric dust, a case study from Isfahan, Iran. Journal of Environmental Management 173: 55-64.
24. Osram, S. 2000. Photosynthetically Active Radiation (PAR) Units. National Customer Support Center, N. Union Street 18725, Westfield, In 46074 USA, Available at Web site http:// www.sylvania.com.
25. Prajapati, S.K. 2012. Ecological effect of airborne particulate matter on plants. Environmental Skeptics and Critics 1(1): 12-19.
26. Prajapati, S.K., and Tripathi, B.D. 2008. Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution. Journal of Environmental Quality 37(3): 865-870.
27. Prospero, J.M., and Lamb, P.J. 2003. African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications. Science 302: 1024-1027.
28. Prusty, B., Mishra, P., and Azeez, P. 2005. Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 228-235.
29. Rai, P.K., Panda, L.L., Chutia, B.M., and Singh, M.M. 2013. Comparative assessment of air pollution tolerance index (APTI) in the industrial (Rourkela) and non industrial area (Aizawl) of India: An ecomanagement approach. African Journal of Environmental Science and Technology 7: 944-948.
30. Sadeghiravesh, M.H., and Khorasani, N. 2009. Investigation of dust effects resulting from cement industries on variation and density of rangeland vegetation cover case study: Abyek cement factory. Journal of Environmental Science and Technology 11(1): 107-1120. (In Persian with English Summary).
31. Sajja, S.B., Samineni, S., and Guar, P.M. 2017. Botany of Chickpea. The Chickpea Genome, Springer International Publishing, 13-24.
32. Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2014. Physiology of Crop Plants. Ferdowsi University of Mashhhad Press, 400 P. (In Persian).
33. SAS, 2008. SAS/STAT software, version 9.2 of the SAS system for windows. SAS Institute Inc.Cary, NC, USA.

34. Shahbazi, T., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., and Nosratti, I. 2016. Evaluation the effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.). Journal of Plant Process and Function 5(15): 195-204. (In Persian with English Summary).
35. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Jafarzade Haghighifard, N., Naimabadie, A., Mahmoudian, M., Saki, H., Saolati, M.H., Solaimani, Z., and Nadafi, K. 2011. Dust storms: Environmental and health impacts. Journal of North Khorasan University of Medical Science 2(4): 45-56. (In Persian with English Summary).
36. Shao, Y., Wyrwoll, K.H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G.H., Mikami, M., Tanaka, T.Y., Wang, X., and Yoon, S. 2011. Dust cycle: An emerging core theme in earth system science. Aeolian Research 2(4): 181-204.
37. Sharma, S.B., and Kumar, B. 2016. Effects of stone crusher dust pollution on growth performance and yield status of rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5: 796-806.
38. Sivakumar, M.V. 2005. Impacts of sand storms/dust storms on agriculture. Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture. Springer. Chapter 10: 159-177.
39. Syyahi, N., Meskarbashee, M., Hassibi, P., and Shomeili, M. 2016. Effect of dust on chlorophyll fluorescence parameters and photosynthetic characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Ahvaz. Journal of Plant Production Research 22(3): 277-293. (In Persian with English Summary).
40. Tanaka, T.Y., and Chiba, M. 2006. A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget. Global and Planetary Change 52(1): 88-104.
41. Tegen, I., Hollrig, P., Chin, M., Fung, I., Jacob, D., and Penner, J. 1997. Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. Journal of Geophysical Research 102(23): 895-915.
42. Tiwari, S., Agrawal, M., and Marshall, F.M. 2006. Evaluation of ambient air pollution impact on carrot plants at a sub urban site using open top chambers. Environmental Monitoring and Assessment 119: 15-30.
43. Wang, H., Gu, M., Cui, J., Shi, K., Zhou, Y., and Yu, J. 2009. Effects of light quality on CO_2 assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in Cucumis sativus. Journal of Photochemistry and Photobiology 96: 30-37.
44. Wang, S., Yuan, W., and Shang, K. 2006. The impacts of different kinds of dust events on PM10 pollution in northern China. Atmospheric Environment 40: 7975-7982.
45. Wang, X., Oenema, O., Hoogmoed, W., Perdok, U., and Cai, D. 2006. Dust storm erosion and its impact on soil carbon and nitrogen losses in northern China. Catena 66: 221-227.
46. Wang, Z., Yin, Y., He, M., Zhang, Y., Lu, S., Li, Q., and Shi, S. 2003. Allocation of photosynthates and grain growth of two wheat cultivars with different potential grain growth in response to pre-and post-anthesis shading. Journal of Agronomy and Crop Science 189: 280-285.
47. Wijayratne, U.C., Scoles-Sciulla, S.J., and Defalco, L.A. 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered *Astragalus jaegerianus* (Fabaceae). Madroño 56(2): 81-88.
48. Xuan, J., Sokolik, I.N., Hao, J., Guo F., Mao, H., and Yang, G. 2004. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. Atmospheric Environment 38: 6239-6252.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 69-84 (Original Research Article)

Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions

Ranjbar[1], Siamac; Ghobadi[2*], Mohammad-Eghbal; and Ghobadi[3], Mokhtar

1. MSc. in Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University; siaranj@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University; m.ghobadi@yahoo.com

Received: 18 April 2020; **Revised:** 10 July 2020
Accepted: 19 October 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86464

How to cite this article:
Ranjbar, S., Ghobadi, M.E., and Ghobadi, M. 2021. Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 69-84.

Introduction

Dust creates fine particulate matter and industrial and urban pollutants including factories of cement, gypsum, stone crasher, flour, daily winnowing of grain storage silos, heavy and light machinery traffic on dirt roads, car smoke and burning oil derivatives, power plants, etc. The dust damages the plants in various forms. The first damage the photosynthetic system by entering through the pores, and then by deposition on the leaf surface, reducing the light reached to the leaf, reducing the amount of photosynthetic pigments, changing the leaf temperature, and reducing the quantum yield, reducing the assimilation and closing stomata, exacerbated fungal and bacterial activity, pests and diseases, and ultimately reduce growth and yield. The amount of damage to the plant depends on the type of plant, cultivar, leaf area characteristics, the growth stage of the dust on the leaf surface, the type of dust and wind speed, the amount of dust thickness on the leaf, and the irrigation regime. Accordingly, the simulation of the effect of dust deposition and the reduction of light intensity due to it and their interactions on the growth and yield of chickpea cultivar Bivanich was performed as the dominant cultivar in the region.

Materials and Methods

This experiment was carried out to investigate the effect of dust and light intensity on yield and some physiological and agronomic characteristics of chickpea cv. Bivanich, at the Research Field, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran in 2016-2017. Experiment was Factorial based on randomized complete block design with three replications. Factors included light intensity (100, 75, 50, 25 and 0% light intensity) and dust deposition at flowering onset and no dust deposition. Sowing date was in late March 2016 in dryland with 25 cm line spacing and 13.5 cm inter-plant spacing in 6 lines with 3 m plots long. Shading was applied with plastic wrap fasteners that were 1 cm wide. The amount of chlorophylls a, b, total and carotenoides and soluble carbohydrates were investigated in mid grain filling. Yield traits and components of grain yield were studied at physiological maturity. The water requirement and water use efficiency were calculated for both total dry matter and grain yield. The data were analyzed by SAS software and the means were compared with LSD at 5% probability level.

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

Results and Discussion

The results showed that from flowering stage, the interaction effects of dust deposition and different light intensities were significant on yield traits such as biomass yield, grain yield and number of seeds per plant. Both biomass and grain yields at 100 and 75% light intensities were not significantly different in non-dust treatments, but the number of seeds per plant decreased at 75% light intensity compared to 100%. In dust conditions, there was a significant difference between the light intensities of 75% and 100%, which was reduced significantly. This indicates that the deposition of the dust by increasing stress on the plant increased the sensitivity of chickpea to the amount of light intensity. In this experiment, the number of grains per plant was ranged between 13.6 to 16.9 for the light intensity levels and 9.3 and 14.3 between the dust conditions. The effects of dust deposition on the 100-grain weight were not significant but were significant due to light intensities and the light intensity of 0% decreased maximum of 8.4%. The effects of two treatments on photosynthetic pigments and soluble carbohydrates were significant. In general, the dust deposition reduced the amount of photosynthetic pigments and soluble carbohydrates. With decreasing light intensities decreased chlorophyll a and carotenoids, but increased chlorophyll b and total chlorophyll. Water requirement and water use efficiency were also affected by treatments.

Conclusion

In general, the results showed that the deposition of dust from flowering stage caused damage to biomass yield, grain yield, grain number per plant, 100 seed weight, photosynthetic pigments and water use efficiency. Rate of this damage for biomass yield was 24.4%, grain yield 16.8%, grain number per plant 15.4%, chlorophyll a 13.5%, chlorophyll b 21.7%, carotenoids 10.7%, soluble carbohydrates 18.8% Water use efficiency was 24.6%. By reducing the light intensity up to 75% were not significantly decreased in no-dust conditions (control treatment), total dry matter yield, grain yield and grain number per plant. Effect of light intensity reduction from 50% (at no dust treatment) until 0% (without direct light) reduced the most important traits such as biomass yield, grain yield and grain number per plant, but in dust treatment with decrease in light intensity from 100% decreased significant. Both the deposition of dust and the reduction in light intensity had severe effects on the water use efficiency of chickpea. Accordingly, the ranges of changes were for water use efficiency between 0.61 and 1.23 (based on total dry matter).

Keywords: Photosynthetic pigments، Soluble carbohydrates، Water use efficiency

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 85-103
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87704

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۰۳-۸۵، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

بهنام بخشی[1*]، معصومه پوراسماعیل[2] و محمد کشت‌گر خواجه‌داد[1]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران (به‌ترتیب، b.bakhshi@areeo.ac.ir و m.kh1392@yahoo.com)

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛
masoumehpouresmael@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۱، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
بخشی، ب.، پوراسماعیل، م.، و کشت‌گر خواجه‌داد، م. ۱۴۰۰. ارزیابی تنوع اگرومورفولوژیکی ژرم‌پلاسم لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۰۳-۸۵.

چکیده

لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) از محصولات زراعی فراموش‌شده با تنوع وسیع در توده‌های بومی و سازگار با شرایط مختلف اقلیمی کشور از جمله اقلیم گرم و خشک است. در این تحقیق، تعداد ۵۰ توده لوبیا چشم‌بلبلی محلی با خاستگاه اقلیم گرم و خشک به همراه توده لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) از نظر تنوع اگرومورفولوژیکی برای ۳۹ صفت کمی و کیفی مورد ارزیابی و تجزیه چندمتغیره قرار گرفتند. نتایج توده‌های مورد بررسی را به دو تیپ علوفه‌ای و دانه‌ای طبقه‌بندی نمود. توده‌های TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) بیشترین عملکرد دانه و توده‌های TN7241 (دیگر توده محلی زابل) و TN7274 (محلی کهنوج) بیشترین عملکرد علوفه را داشتند. همچنین دو توده دیگر محلی کهنوج شامل TN7292 و TN7291 زودرس‌ترین توده‌ها در بین توده‌های مورد بررسی بودند. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد طول غلاف همبستگی مثبتی را با وزن خشک، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه دارد. همچنین با استفاده از تجزیه مسیر مشخص شد که طول غلاف بیشترین تأثیر را به صورت مستقیم بر افزایش عملکرد دانه دارد. بررسی تجزیه به عامل‌ها، دو مؤلفه اصلی صفات فنولوژیکی و صفات کمی مرتبط با عملکرد را تفکیک کرد. با استفاده از همبستگی کانونیک مشخص شد که صفت تعداد روز تا گلدهی دارای همبستگی منفی با عملکرد است و بوته‌های کوتاه‌تر، دیررس‌تر بوده و اجزای عملکرد از جمله وزن ۱۰۰دانه و طول غلاف در آن‌ها بیشتر است. در این تحقیق، برخی از توده‌های با خصوصیات مناسب شناسایی شدند که قابلیت استفاده دربرنامه‌های به‌نژادی لوبیا چشم‌بلبلی را دارند.

واژه‌های کلیدی: بانک ژن؛ تجزیه چندمتغیره؛ تنوع ژنتیکی؛ توده‌های محلی؛ *Vigna unguiculata*

مقدمه

لوبیا چشم‌بلبلی[2] (2n= 2x= 22) با نام علمی *Vigna unguiculata*، یک لگوم دانه‌ای دولپه‌ای متعلق به جنس *Vigna* است (Padulosi & Ng, 1997). لوبیا چشم‌بلبلی یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی و لگوم علوفه‌ای و دانه‌ای در مناطق گرمسیری نیمه خشک است (Timko & Singh, 2008). لوبیا چشم‌بلبلی به خوبی با شرایط اقلیمی مناطق گرم و خشک سازگاری پیدا کرده است و قادر است شرایط گرما و خشکی را تحمل کند (Hall & Patel, 1985). دانه‌های لوبیا چشم‌بلبلی غنی از مواد مغذی هستند (Ehlers & Hall, 1997) و از آن به عنوان گوشت مردمان فقیر به خصوص در کشورهای درحال‌توسعه و با کشاورزی کم‌نهاده، یاد می‌شود (Ba *et al.*, 2004). این محصول از خانواده بقولات[3] و یکی از قدیمی‌ترین منابع غذایی مهم به حساب می‌آید (Bozokalfa *et al.*, 2017).

به دلیل تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی در بسیاری از کشورها، ارقام تجاری، کمتر توسعه یافته‌اند (Peksen & Artik, 2004). کشت این محصول توسط کشاورزان اغلب با

* نویسنده مسئول: b.bakhshi@areeo.ac.ir

۲. Cowpea (*Vigna unguiculate* L.)

۳. Fabaceae

استفاده از توده‌های بومی و تبادل آن‌ها با یکدیگر صورت می پذیرد و در حال حاضر تعداد زیادی از این توده‌های بومی به صورت تجاری در مناطق مختلف در اغلب کشورها توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کشاورزان نقش مهمی را در حفظ کیفیت این توده‌های بومی با کشت سالیانه آن‌ها و نگهداری بذور برای کشت در سال‌های بعد و تبادل بین همدیگر ایفا نموده‌اند. متأسفانه در این بین برنامه‌های اصلاحی مرسوم همراه با روش‌های نوین در کشاورزی به صورت تدریجی منجر به کاهش تنوع ژنتیکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی مورد استفاده برای کشت شده است (Wilkes, 1983).

ساختار ژنتیکی جمعیت و به ویژه محیط بر روی خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی این محصول تأثیرگذار است و منجر به درجه زیادی از تنوع در میان جمعیت‌های سازگار محلی شده است (Bozokalfa *et al.*, 2017). مطالعات زیادی به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و همچنین بررسی ارتباط میان جمعیت‌های لوبیای چشم‌بلبلی بومی با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی و نشانگرهای مولکولی انجام شده است (Ali *et al.*, 2015; Asare *et al.*, 2010; Ba *et al.*, 2004; Coulibaly *et al.*, 2002; Egbadzor *et al.*, 2014). بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی با هدف شناسایی ارتباط بین مناطق و کشورهای مختلف و جمعیت‌های مختلف در قالب سه گروه اصلی طبقه‌بندی شده و نمونه‌های ایران از نظر ژنتیکی در کنار نمونه‌های کشورهای افغانستان، پاکستان، ترکیه، چین و نیز کشورهای آفریقایی نیجریه و کامرون قرار گرفتند (Xiong *et al.*, 2016). بنابراین احتمال آن وجود دارد که منشأ اصلی نمونه‌های لوبیا چشم‌بلبلی ایران از مرکز آفریقا باشد. در مطالعه شناسایی ژنوتیپ‌های با صفات ویژه برای برنامه‌های اصلاحی، تعداد ۱۸۸ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی از کشور غنا بر اساس ۱۶ خصوصیت مورفولوژیکی بررسی شدند و تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای برای صفات مورد ارزیابی مشاهده شد؛ ضمن این که تعدادی ژنوتیپ مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی شناخته شدند (Egbadzor *et al.*, 2014). در مطالعه ۳۶ صفت مورفولوژیکی از ۳۲ ژنوتیپ جمع‌آوری‌شده از مزارع کشاورزان در ترکیه، تنوع ژنتیکی زیادی از نظر خصوصیات مورفولوژیکی مشاهده شد. همچنین در این مطالعه مشخص شد که صفات وزن دانه، طول و عرض دانه، رنگ چشم، رنگدانه‌های غلاف نارس و رنگ برگ و غلاف از ویژگی‌های اصلی در تشخیص و تمایز ژنوتیپ‌های لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشند (Bozokalfa *et al.*, 2017). در مطالعه ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی غرب آفریقا معلوم شد که تمام ژنوتیپ‌ها به استثنای توده‌های محلی مورد کشت توسط کشاورزان، از نظر مورفولوژیکی یکسان بودند. در این مطالعه عملکرد برگ‌های تازه بین ۳۴/۶ تا ۵۲/۸ گرم در هر گیاه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی بین ۶۴ تا ۸۲ روز، وزن ۱۰۰دانه بین ۷/۶۷ تا ۱۵/۱۲ گرم، تعداد غلاف در بوته بین ۴/۸ تا ۱۵/۶بود. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بین وزن برگ‌های تازه و سایر صفات مورفولوژیکی همبستگی وجود ندارد؛ در حالی که بین تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰دانه همبستگی منفی مشاهده شد (Menssen *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری تعداد ۲۳ تودۀ بومی از یونان از نظر ۳۲ خصوصیت اگرومورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند و تنوع فنوتیپی زیادی بین صفات مورد ارزیابی وجود داشت که استفاده از آن‌ها برای برنامه‌های اصلاحی توصیه شد (Lazaridi *et al.*, 2017). در بانک ژن ملی کشور آفریقایی موزامبیک تعداد ۱۴۴ توده لوبیا چشم‌بلبلی از ۳۱ ناحیه این کشور جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی به تنش خشکی در بین ژرم پلاسم جمع‌آوری‌شده نشان داد که توده‌ها تنوع زیادی را در تحمل به تنش خشکی و سایر ویژگی‌ها داشتند و بر این اساس، استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی لوبیا چشم‌بلبلی توصیه گردید. علاوه بر این مشخص شد که از وزن خشک برگ می‌توان به عنوان یک نشانگر مفید در شناسایی توده‌های بومی متحمل به تنش خشکی استفاده نمود (Martins *et al.*, 2014). در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ۳۱ ژنوتیپ از کلکسیون بانک ژن گیاهی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار در شرایط نرمال و تنش مشاهده شد و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تعداد سه ژنوتیپ متحمل شناسایی شد (Hoseyniyan & Hoseiyni, 2014, 2015). در بررسی دیگری بر روی ۳۰ ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی از کلکسیون بانک ژن گیاهی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تعداد چهار ژنوتیپ متحمل به خشکی شناسایی شدند (Mafakheri *et al.*, 2015).

لوبیا چشم‌بلبلی از محصولات زراعی است که در حال حاضر تعداد زیادی نمونه از آن در بانک‌های ژن سراسر دنیا نگهداری می‌شود (Fatokun, 2002). وجود تعداد زیاد نمونه از لوبیاچشم‌بلبلی در بانک‌های ژن احتمالاً به دلیل حضور تنوع مورفولوژیکی زیاد در درون این گونه و از طرف دیگر اهمیت این محصول است. این تنوع تا حدی است که گاهاً در ژنوتیپ های نزدیک به هم ممکن است تفاوت‌های آشکاری ملاحظه شود (Omoigui *et al.*, 2006). با وجود این که استفاده از نشانگرهای مولکولی در شناسایی تنوع موجود در نمونه‌های

لوبیا چشم‌بلبلی مؤثر بوده‌اند (Tan *et al.*, 2012; Tanhuanpää & Manninen, 2012) اما صفات اگرونومیکی و مورفولوژیکی و به‌ویژه ارزیابی آن‌ها هنوز برای به‌نژادگران از اهمیت زیادی برخوردار است (Krichen *et al.*, 2012). ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی توسط به‌نژادگران امری مرسوم به منظور توصیف و طبقه‌بندی ژرم‌پلاسم‌ها به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای کشت توسط کشاورزان و یا استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی است (Krichen *et al.*, 2012). از طرفی بروز صفات مختلف در محیط‌های مختلف متفاوت است و این باعث می‌شود تا اهمیت ارزیابی‌های مورفولوژیکی برای به نژادگران بیشتر شود (Egbadzor *et al.*, 2014).

اهداف برنامه‌های اصلاحی لوبیا چشم‌بلبلی، افزایش عملکرد، زودرسی در تولید دانه، داشتن مواد مغذی مناسب در برگ و دانه، کیفیت پخت مناسب و نرخ جوانه‌زنی بیشتر است. برای تهیه بذور با کیفیت و با ویژگی‌های مناسب برای کشاورزان، اطلاعات تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم گیاه مورد بررسی، اساس هر برنامه اصلاحی است (Menssen *et al.*, 2017). هدف از این مطالعه ارزیابی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تعداد ۵۱ توده لوبیا چشم‌بلبلی ایران با خاستگاه اقلیم گرم و خشک بود، تا ضمن بررسی و شناسایی تنوع موجود در توده‌های این اقلیم، توده‌هایی با ویژگی‌های شاخص برای برنامه‌های به‌نژادی شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

توده‌های ژنتیکی

در این مطالعه تعداد ۵۰ توده بومی با خاستگاه مناطق گرم و خشک کشور از بانک ژن گیاهی ملی ایران دریافت شد (جدول ۱). همچنین یک توده لوبیا چشم‌بلبلی به نام ماک (محلی زابل) از یکی از کشاورزان منطقه سیستان دریافت و در مجموع تعداد ۵۱ توده به منظور ارزیابی و احیاء در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک واقع در منطقه سیستان (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۶۱ درجه شرقی و ارتفاع ۴۸۹ متر ازسطح دریا) کشت شدند.

جدول ۱- کدهای ژنتیکی و محل جمع‌آوری توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. Accession codes and collected sites of cowpea accessions evaluated in the current study

ردیف ۱	ردیف ۲	ردیف ۳	ردیف ۴	ردیف ۵	ردیف ۶
Row 1	**Row 2**	**Row 3**	**Row 4**	**Row 5**	**Row 6**
TN7013[a]	TN7239[d]	TN7273[e]	TN7282[e]	TN7291[e]	TN7300[c]
TN7015[b]	TN7240[d]	TN7274[e]	TN7283[e]	TN7292[e]	TN7301[c]
TN7068[c]	TN7241[d]	TN7275[e]	TN7284[e]	TN7293[e]	TN7302[c]
TN7071[c]	TN7242[d]	TN7276[e]	TN7285[e]	TN7294[e]	TN7303[c]
TN7074[c]	TN7243[d]	TN7277[e]	TN7286	TN7295[e]	TN7305[f]
TN7089[c]	TN7268[e]	TN7278[e]	TN7287	TN7296[e]	Mak[d]
TN7209[c]	TN7269[e]	TN7279[e]	TN7288	TN7297[c]	
TN7222[c]	TN7270[e]	TN7280[e]	TN7289[e]	TN7298[c]	
TN7238[d]	TN7272[e]	TN7281[e]	TN7290[e]	TN7299[c]	

محل‌های جمع‌آوری: a: محلات، b: طبس، c: جیرفت، d: زابل، e: کهنوج، f: کرمان

Collected Sites: a:Mahallat, b:Tabas, c:Jiroft, d: Zabol, e:Kahnouj, f:Kerman

این بررسی به مدت یک سال زراعی انجام شد. توده‌های بانک ژن در اواخر فروردین ماه سال ۱۳۹۸ کشت شدند. عملیات آماده‌سازی و تهیه بستر شامل شخم و دیسک بود. کوددهی با مشورت کارشناسان آب و خاک صورت پذیرفت، به طوری که قبل از کشت از کودهای سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره، به میزان ۵۰، ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. بعد از کشت نیز در دو مرحله ظهور گل و ۵۰ درصد غلاف‌دهی از کود NPK به میزان ۳۳ کیلوگرم در هکتار به همراه آبیاری استفاده شد. کشت به صورت جوی و پشته و آزمایش به صورت مشاهده‌ای و بدون تکرار انجام شد. هر توده در یک خط پنج‌متری کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و با تراکم نهایی ۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه و روش مرسوم آبیاری لوبیا چشم‌بلبلی در منطقه و تقریباً هر دو هفته یکبار انجام شد. علف‌های‌هرز مزرعه شامل اویار سلام، گلرنگ وحشی، تاج خروس و سس بودند که میزان آن‌ها کم و به صورت دستی وجین شدند. آفات مشاهده شده نیز شامل سوسک لوبیا و شته بودند که با سم‌پاشی در دو مرحله با دیازینون به میزان یک در هزار کنترل انجام شد.

در این مطالعه ۳۹ صفت شامل شکل برگچه انتهایی، سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، طول هیپوکتیل، عادت رشدی، تعداد گره در ساقه اصلی، طول میان‌گره، بنیه گیاه، تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد روز از کاشت تا ظهور گل، تعداد

روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از کاشت تا پایان گلدهی، تعداد روز از کاشت تا ظهور اولین غلاف بالغ، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد روز از کاشت تا برداشت، رنگ گل، جایگاه گل‌آذین، رنگ غلاف، فشردگی بذر در غلاف، ضخامت دیواره غلاف، کرکی‌بودن بوته، اتصال پوسته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، طول دانه، عرض بذر، انحنای غلاف، الگوی چشم، جنس پوسته، دمای کانوپی در مرحله رشد زایشی با استفاده از دستگاه حرارت‌سنج مادون‌قرمز Summit SIR100B، میزان کلروفیل برگ در مرحله رشد زایشی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD و میزان تأثیر تنش گرما (ارزیابی با مشاهده درصد خسارت ناشی از تنش شدید گرما در منطقه سیستان) ارزیابی شدند. ارزیابی صفات با حذف نیم‌متر از حاشیه انجام شد. سطح برگ با استفاده از کاغذ شطرنجی اندازه‌گیری شد. صفات مورد مطالعه به همراه نام انگلیسی و نام مختصر در جدول ۲ آمده است. ارزیابی و یادداشت‌برداری صفات در طول اجرای آزمایش نیز بر اساس دسکریپتور IBPGR انجام شد (IBPGR, 1982).

آماره‌های توصیفی برای بررسی تنوع موجود در توده‌ها با استفاده از آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین، دامنه تغییرات، مد، میانگین، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات صفات محاسبه شد. برای محاسبه تنوع موجود در صفات کیفی مورد بررسی از روش شاخص تنوع شانون-ویور[1] استفاده شد (Ortiz-Burgos, 2016).

تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی برای صفات کمی با استفاده از روش پیرسن (Benesty *et al.*, 2009) و برای صفات کیفی با استفاده از روش اسپیرمن (Myers & Sirois, 2004) انجام شد. همچنین همبستگی کانونیک (Thompson, 2005) بین صفات فنولوژیکی و سایر صفات مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای توده های مورد مطالعه با استفاده از روش وارد (Blashfield, 1980) انجام شد.

از تجزیه به عامل‌ها (Thurstone, 1931) برای شناسایی ارتباط صفات مورد بررسی با مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. همچنین به منظور شناسایی اثرات تأثیرگذار بر عملکرد از تجزیه مسیر (Klem, 1995) استفاده شد. به منظور انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای XLSTAT (Addinsoft, 2010) و SPSS (Verma, 2012) استفاده شد.

نتایج و بحث

تنوع صفات کمی

مقادیر میانگین، میانه، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تنوع برای صفات کمی مورد بررسی در ۵۱ توده در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس براوردهای انجام‌شده در زمینهٔ مقادیر انحراف معیار و ضریب تنوع، معلوم شد که تنوع زیادی در بین توده‌های مورد بررسی وجود دارد. ضریب تنوع بیشتر در برخی از صفات کمی نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی زیاد آن صفت است. بیشترین ضریب تنوع برای وزن۱۰۰دانه مشاهده شد. بعد از وزن۱۰۰دانه، ۱۲ صفت دیگر به ترتیب شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف در خوشه، تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن خشک بوته، تعداد شاخه در بوته (در محدوده ضریب تنوع بین ۲۰ تا ۳۹ درصد) و طول هیپوکوتیل، تعداد گره در ساقه اصلی، طول دانه، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، عرض بذر و طول غلاف (در محدوده ضریب تنوع بین بین ۱۵ تا ۲۰ درصد) از بین ۲۵ صفت کمی مورد بررسی به ترتیب بیشترین ضرایب تنوع را داشتند. بنابراین بیشترین تنوع مربوط به اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته بود. معمولاً در مطالعات انجام‌شده بر روی توده‌های بومی لوبیا چشم‌بلبلی در قیاس با ارقام اصلاح‌شده، این تنوع زیاد در اجزای عملکرد وجود داشته و بیشترین ضریب تنوع در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی متعلق به عملکرد و اجزای آن بوده است (Ajayi *et al.*, 2014; Lazaridi *et al.*, 2017; Manggoel *et al.*, 2012). به طور کلی ضریب تنوع در توده‌های بومی زیاد و غیریکنواخت و در ارقام تجاری کمتر و یکنواخت‌تر است (Gepts, 2002). از طرف دیگر کمترین میزان تنوع در این بررسی متعلق به صفات فنولوژیکی بود و به نظر می‌رسد وجود تنوع کمتر در صفات فنولوژیکی به دلیل انتخاب توده‌ها از اقلیم گرم و خشک جهت بررسی در این تحقیق بوده و از آنجا که اغلب محصولات اقلیم گرم و خشک ایران از نظر فنولوژیکی تقریباً مشابه و زودرس می‌باشند، تنوع کمتری در آن‌ها قابل رؤیت است. تنوع زیاد مشاهده‌شده در اجزای عملکرد در این پژوهش به دلیل تأثیر بیشتر آن‌ها بر افزایش عملکرد می‌تواند برای به‌نژادگران لوبیا چشم‌بلبلی بسیار مفید و کاربردی باشد. همچنین بالاترین محدوده تغییرات به ترتیب برای عملکرد دانه، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، وزن تر و صفات فنولوژیکی از جمله روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و روز تا گلدهی بود (جدول ۳). توده TN7222 بیشترین عملکرد را در بین توده‌های مورد بررسی با مقدار ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار داشت. توده بومی زابل (ماک) نیز با عملکرد ۶۰۳ کیلوگرم در هکتار دومین رتبه

۱. Shannon-Weaver Diversity Index

را در بین سایر توده‌های مورد مطالعه داشت. بیشترین سطح برگ در توده TN7297 با ۲۵۵ میلی‌متر و کمترین سطح برگ در توده‌های TN7276 و TN7279 با ۱۷۶ میلی‌متر مشاهده شد. توده بومی زابل (ماک) دارای سطح برگی معادل ۲۱۷میلی‌متر بود. بیشترین و کمترین ارتفاع در بین توده‌های مورد بررسی به ترتیب متعلق به توده TN7013 (۱۵۵/۶۰) و TN7209 (۸۹/۳۰) بود. توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی محلی زابل (ماک) دارای ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بود.

جدول ۲ - صفات مورد مطالعه در ارزیابی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی

Table 2. Studied traits in the evaluation of cowpea accessions

Trait	صفت	نام مختصر Abbreviation
Terminal leaflet shape (^{O}C)[a]	شکل برگچه انتهایی	TLS
Leaf Area (mm) [b]	سطح برگ (میلی‌متر)	LA
Plant Height (cm) [b]	ارتفاع (سانتی‌متر)	PHT
Number of Main Branches [b]	تعداد شاخه در بوته	NMB
Hypocotyl Length (cm) [b]	طول هیپوکتیل (سانتی‌متر)	HL
Growth Habit [a]	عادت رشدی	GH
Number of Nodes on Main Stem [b]	تعداد گره در ساقه اصلی	NNMS
Internode Length (cm) [b]	طول میان گره (سانتی‌متر)	IL
Plant Vigor [a]	بنیه گیاه	PV
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root [b]	تعداد گره تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه	NFNR
Plant Wet Weight (g) [b]	وزن تر بوته (گرم)	WW
Plant Dry Weight (g) [b]	وزن خشک بوته (گرم)	DW
Days to Flower Initiation [b]	روز تا ظهور گل	DFI
Days to Flowering [b]	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	DF
Days to Flower Termination [b]	روز تا پایان گلدهی	DFT
Days to First Mature Pods [b]	روز تا ظهور اولین غلاف بالغ	DFMP
Days to Maturity [b]	روز تا رسیدگی	DM
Days to Harvest [b]	روز تا برداشت	DH
Flower Color [a]	رنگ گل	FC
Raceme Position [a]	جایگاه گل آذین	RP
Pod Color [a]	رنگ غلاف	PCO
Seed Crowding [a]	فشردگی بذر در غلاف	SC
Pod Wall Thickness [a]	ضخامت دیواره غلاف	PWT
Plant Hairiness [a]	کرکی‌بودن بوته	PHR
Attachment of Testa [a]	اتصال پوسته	AT
Pod Length (cm) [b]	طول غلاف (سانتی‌متر)	PL
Number of Locules per Pod [b]	تعداد دانه در غلاف	NLP
100-Seed Weight [b]	وزن۱۰۰دانه	HSW
Number of Pods per Peduncle [b]	تعداد غلاف در خوشه	NPPD
Number of Pods per Plant [b]	تعداد غلاف در بوته	NPPL
Yield (g) [b]	عملکرد دانه (گرم)	Y
Seed Length (mm) [b]	طول بذر (میلی‌متر)	SL
Seed Width (mm) [b]	قطر بذر (میلی‌متر)	SW
Pod Curvature [a]	انحنای غلاف	PCU
Eye Pattern [a]	الگوی چشم	EP
Testa Texture [a]	جنس پوسته	TT
Canopy Temperature [b]	دمای کانوپی	CT
Leaf Chlorophyll Cncentration [b]	میزان کلروفیل برگ	LCC
Heat Stress Effects % [b]	تأثیر تنش گرما بر روی بوته (درصد)	PHSE

نوع صفات: a: کیفی، b: کمی

Trait Types: a: Qualitative, b: Quantitative

ارتفاع بوته برای توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۳۷/۶۶ تا ۵۵/۶۶ گزارش شده است (Mafakheri *et al.*, 2017). بیشترین وزن۱۰۰دانه (بیشتر از ۴۰ گرم) در توده‌های TN7284، TN7281، TN7222، TN7291، TN7292، TN7297، TN7300، TN7294 و TN7285، مشاهده شد. کمترین وزن۱۰۰دانه نیز به ترتیب متعلق به توده‌های TN7240، TN7301، TN7273 و TN7239 و بین ۱۱ تا ۱۵ گرم بود. توده بومی زابل (ماک) دارای وزن۱۰۰دانه ۱۵/۵۴گرم بود. محدوده تغییرات وزن۱۰۰دانه در این مطالعه بین ۱۱/۰۵ تا ۴۵/۰۸ گرم بود. در مطالعه انجام‌شده در ژنوتیپ‌های لوبیا چشم‌بلبلی بانک ژن دانشگاه تهران محدوده تغییرات این صفت بین ۱۱/۴۴ تا ۲۲/۴۹ گزارش شد (Mafakheri *et al.*, 2017). بیشترین وزن تر بوته نیز به ترتیب متعلق به توده‌های TN7241، TN7209، TN7274، TN7243، TN7280 و TN7068 با بیش از ۱۴۷ گرم در یک بوته بود که هیچ‌کدام عملکرد دانه‌ای نداشتند و برای مصارف علوفه‌ای مناسب بودند. توده بومی زابل (ماک) دارای وزن تر معادل ۱۲۷/۷۵ ۱۲۷/۷۵گرم بود. همچنین با بررسی نتایج اطلاعات فنولوژیک مشخص شد که توده TN7292 زودتر از سایر توده‌ها و پس از ۷۱ روز وارد مرحله ۵۰ درصد گلدهی شد. این توده از نظر زودرسی نیز دومین رتبه (۱۰۴ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی کامل) را پس از توده TN7291 (۱۰۰ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی) داشت. توده بومی زابل (ماک) پس از ۷۹ روز وارد مرحله ۵۰ درصد گلدهی و پس از ۱۰۸ روز وارد مرحله رسیدگی کامل شد. در این مطالعه تعداد روز تا گلدهی در محدوده بین ۷۱ تا ۹۸ روز بود؛ در حالی که در آزمایش انجام شده بر روی نمونه‌های غرب آفریقا دامنهٔ این صفت بین ۶۴ تا ۸۲ روز (Menssen *et al.*, 2017) و در نمونه‌های بانک ژن دانشگاه تهران دامنهٔ آن بین ۹۱ تا ۱۱۴ روز (Mafakheri *et al.*, 2017) گزارش شده است(Mafakheri *et al.*, 2017). بررسی خصوصیات غلاف‌ها نیز نشان داد که توده‌های TN7281 و TN7288 دارای طویل‌ترین غلاف، به ترتیب با ۱۵/۴۰ و ۱۳/۲۰ سانتی‌متر بودند. توده‌های TN7305 و TN7238 نیز کوتاه‌ترین غلاف‌ها را به ترتیب با اندازه ۸/۲ و ۸/۳ سانتی‌متر داشتند. قبل از این، در توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران طول غلاف بین ۱۳/۹ تا ۱۹/۶ (Mafakheri *et al.*, 2017) و در توده‌های محلی ترکیه بین ۱۱/۹ تا ۱۷/۰ (Bozokalfa *et al.*, 2017) گزارش شده است. از نظر تعداد دانه در غلاف نیز توده‌های TN7297، TN7294، TN7288، TN7273، TN7239 و TN7222 با تعداد ۹ دانه در غلاف بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. توده محلی زابل (ماک) دارای هفت دانه در غلاف بود. از طرف دیگر توده TN7238، با تعداد پنج دانه در غلاف کمترین تعداد دانه در غلاف را داشت. قبل از این، در بررسی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی بانک ژن دانشگاه تهران محدوده تغییرات تعداد دانه در غلاف بین ۱۱/۷۹ تا ۱۸/۴۵ عدد (Mafakheri *et al.*, 2017) و در توده های ترکیه بین ۸ تا ۱۰/۲۳ عدد (Bozokalfa *et al.*, 2017) مشاهده شده بود. از نظر تعداد غلاف در بوته، توده‌های لوبیاچشم‌بلبلی محلی زابل (ماک)، TN7285 و TN7277 به ترتیب با تعداد ۲۷، ۲۱ و ۲۰ غلاف در بوته دارای بیشترین مقادیر این صفت بودند. تعداد غلاف در بوته در این مطالعه بین ۶ تا ۲۷/۶ عدد بود. در حالی که در مطالعه توده‌های غرب آفریقا تعداد غلاف در بوته بین ۴/۸ تا ۱۵/۶ عدد (Menssen *et al.*, 2017) و در مطالعه توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۳۷/۶۷ تا ۵۵/۶۷ عدد بود (Mafakheri *et al.*, 2017). بررسی اندازه بذرها نشان داد که توده‌های TN7284، TN7294، TN7281، TN7292 و TN7305 دارای بیشترین طول بذر با اندازه بین ۱۱ تا ۱۱/۳۳ میلی‌متر بودند. کوچک ترین طول بذر نیز متعلق به توده TN7240 و برابر شِش میلی-متر بود. از نظر عرض دانه توده TN7298 دارای بیشترین عرض با اندازه هشت میلی‌متر و توده‌های TN7240 و TN7222 دارای کمترین عرض با اندازه چهار میلی‌متر بودند. توده بومی زابل (ماک) دارای طول دانه ۸/۳ و عرض دانهٔ ۶/۶میلی‌متر بود. قبل از این، طول دانه در توده‌های بانک ژن دانشگاه تهران بین ۶/۷ تا ۹/۴ و در توده‌های ترکیه بین ۸/۰ تا ۱۰/۸ و عرض دانه در توده‌های دانشگاه تهران بین ۵/۶ تا ۷/۳ و در توده‌های دانشگاه ترکیه بین ۵/۶ تا ۶/۷ گزارش شده بود (Mafakheri *et al.*, 2017).

در بین توده‌های مورد بررسی تعداد ۲۲ توده وارد مرحله زایشی و تولید غلاف شدند و سایر توده‌ها فقط به رشد رویشی و تولید شاخ و برگ ادامه دادند و به‌نظر می‌رسد توده‌های مذکور مناسب مصارف علوفه‌ای و یا کود سبز می‌باشند. به منظور متمایزکردن تفاوت‌های بین این دو گروه مقایسه بین میانگین برخی از صفات کمی بین آن‌ها انجام شد و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، توده‌های با خاصیت تولید علوفه دارای ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، وزن تر و خشک بوته بیشتری در مقایسه با توده‌های با پتانسیل تولید دانه بودند؛ اگرچه سطح برگ و محتوای کلروفیل در توده‌های با پتانسیل تولید علوفه کمتر بود. در بین توده‌های مورد بررسی دو توده TN7241 و TN7274 پتانسیل تولید علوفه بیشتری نسبت به سایر توده‌ها داشتند.

جدول۳- آماره‌های توصیفی برای صفات کمی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Table 3. Descriptive statistics for quantitative traits in cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

صفت Trait	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	محدوده تغییرات Variation Range	میانه Median	میانگین Mean	واریانس Variance	انحراف معیار Standard Deviation	ضریب تغییرات Coefficient of Variation
Canopy Temperature (^{O}C) دمای کانوپی (درجه سلسیوس)	21.30	26.60	5.30	23.50	23.66	1.73	1.32	5.56
Leaf Chlorophyll Concentration میزان کلروفیل برگ	33.70	46.30	12.60	38.70	39.06	9.67	3.11	7.96
Leaf Area (mm) سطح برگ (میلی‌متر)	176.00	255.00	79.00	215.00	212.53	505.57	22.48	10.58
Plant Height (cm) ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	89	156	66	111	110	92.69	9.63	8.73
Number of Main Branches تعداد شاخه‌های اصلی	3	8	5	5	6	1.32	1.15	20.33
Hypocotyl Length (mm) طول هیپوکوتیل (میلی‌متر)	1.30	2.60	1.30	1.80	1.94	0.14	0.38	19.63
Number of Nodes on Main Stem تعداد گره در ساقه اصلی	12	29	17	21	20	13	3.61	17.99
Internode Length (cm) طول میانگره (سانتی‌متر)	3.50	7.30	3.80	5.40	5.50	0.79	0.89	16.17
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root تعداد گره تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن در ریشه	17	42	25	27	29	41.05	6.41	22.41
Plant Wet Weight (g) وزن تر بوته (گرم)	120.29	154.27	33.98	136.56	136.69	62.89	7.93	5.80
Plant Dry Weight(g) وزن خشک بوته (گرم)	12.20	29.43	17.23	24.10	22.77	22.89	4.78	21.01
Days to Flower Initiation روز تا ظهور گل	59	77	18	65	66	27.35	5.23	7.96
Days to Flowering روز تا ۵۰ درصد گلدهی	71	98	27	78	79	40.51	6.36	8.07
Days to Flower Termination روز تا پایان گلدهی	86	113	27	104	103	49.18	7.01	6.79
Days to First Mature Pods روز تا ظهور اولین غلاف بالغ	64	91	27	73	74	47.97	6.93	9.38
Days to Maturity روز تا رسیدگی	100	128	28	112	113	39.73	6.30	5.59
Days to Harvest روز تا برداشت	108	138	30	127	126	35.33	5.94	4.70
Pod Length (cm) طول غلاف (سانتی‌متر)	8.20	15.40	7.20	11.30	11.19	3.01	1.74	15.52
Number of Locules per pod تعداد دانه در غلاف	5	9	4	8	8	1.49	1.22	16.15
100-Seed Weight (g) وزن۱۰۰دانه (گرم)	11.05	45.08	34.03	35.67	31.28	149.40	12.22	39.07
Number of Pods per Peduncle تعداد غلاف در خوشه	1	4	3	3	3	0.43	0.65	24.24
Number of Pods per Plant تعداد غلاف در بوته	6	28	22	15	14	24.02	4.90	34.16
Seed Length (mm) طول دانه (میلی‌متر)	6	11.33	5.33	9.75	9.25	2.70	1.64	17.77
Seed Width (mm) عرض دانه (میلی‌متر)	4	8	4	6	6	0.79	0.89	15.52

جدول۴- میانگین برخی از صفات کمی در مقایسه بین توده‌های با پتانسیل تولید عملکرد دانه‌ای و توده‌های با پتانسیل تولید علوفه

Table 4. Average of some quantitative traits in the comparison of accessions with grain yield production potential and accessions with forage production potential

صفت	تیپ دانه‌ای	تیپ علوفه‌ای
Trait	**Grain type**	**Fodder type**
Canopy Temperature (^{O}C) دمای کانوپی (درجه سلسیوس)	23.64	23.68
Leaf Chlorophyll Concentration میزان کلروفیل برگ	40.46	38.01
Leaf Area (mm) سطح برگ (میلی‌متر)	225.45	202.72
Plant Height (cm) ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	106	114
Number of Main Branches تعداد شاخه‌های اصلی	6	5
Hypocotyl length (mm) طول هیپوکوتیل (میلی‌متر)	2.04	1.86
Number of nodes on main stem تعداد گره در ساقه اصلی	18	22
Internode Length (cm) طول میانگره (سانتی‌متر)	5	6
Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه	28	29
Plant Wet Weight (g) وزن تر بوته (گرم)	135.65	137.48
Plant Dry Weight(g) وزن خشک بوته (گرم)	18.85	25.75

تنوع صفات کیفی

در این مطالعه تنوع زیادی در میان توده‌های لوبیا چشم بلبلی برای برخی از صفات کیفی مشاهده شد. شاخص تنوع برای صفات کیفی بین ۰ تا ۱ و با میانگین کلی ۰/۵۷ بود. بیشترین تنوع به ترتیب برای صفات عادت رشدی (۱)، ضخامت دیواره غلاف (۰/۹۷)، انحنای غلاف (۰/۹۰)، بنیه گیاه (۰/۷۹) و الگوی چشم (۰/۷۶) وجود داشت. الگوی چشم دانه‌ها در اغلب موارد به صورت یک نوار باریک امتداد یافته به پشت هلیوم (۷۲/۷درصد) بود. جنس پوسته در اغلب موارد صاف و صیقلی (۹۵/۵ درصد) بود. غلاف‌ها بیشتر با دیواره نازک (۵۴/۵ درصد) به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ متمایل به زرد (۷۲/۷ درصد) با انحنای خمیده (۷۲/۷ درصد) و بدون کرک (۸۶/۴ درصد) مشاهده شدند. گل‌آذین در بیشتر موارد در سرتاسر کانوپی (۶۳/۶درصد) و با گل‌های قرمز روشن (۵۴/۵ درصد) مشاهده شد. رنگ گل بنفش و قرمز روشن صفتی غالب نسبت به رنگ سفید است (Othman *et al.*, 2006). اغلب رنگ گل‌های مشاهده‌شده در این مطالعه قرمز روشن و بنفش بودند؛ درحالی که در بررسی نمونه‌های یونان و ترکیه اغلب نمونه‌ها دارای رنگ گل سفید بودند (Bozokalfa *et al.*, 2017; Lazaridi *et al.*, 2017). بوته‌ها اغلب از نظر بنیه متوسط (۷۰/۷ درصد) و با عادت رشدی نیمه‌خوابیده (۵۲ درصد) و شکل انتهای برگ اغلب آن‌ها به صورت نیم‌گرد (۷۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۱).

همبستگی بین صفات

نتایج نشان داد که طول هیپوکوتیل با طول میانگره ساقه اصلی همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۴۹) دارد. تعداد گره در ساقه اصلی نیز با تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری (۰/۵۰-) داشت. بررسی خصوصیات دانه نشان داد که طول دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن۱۰۰دانه (۰/۶۶) و تعداد گره تثبیت‌کنندۀ نیتروژن در ریشه (۰/۴۲) دارد. همچنین همبستگی مثبت و غیرمعنی‌داری بین طول دانه و طول غلاف (۰/۴۱) و تعداد دانه در غلاف (۰/۲۵) وجود داشت. از طرف دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار طول دانه با طول میانگره (۰/۵۲-) مشاهده شد. بررسی همبستگی صفات کمی غلاف‌های توده‌های لوبیا چشم بلبلی نشان داد که طول غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری را با وزن خشک بوته (۰/۴۶)، تعداد دانه در غلاف (۰/۶۲) و وزن۱۰۰دانه (۰/۵۴) دارد. تعداد غلاف در خوشه با تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۴۳) نشان داد.

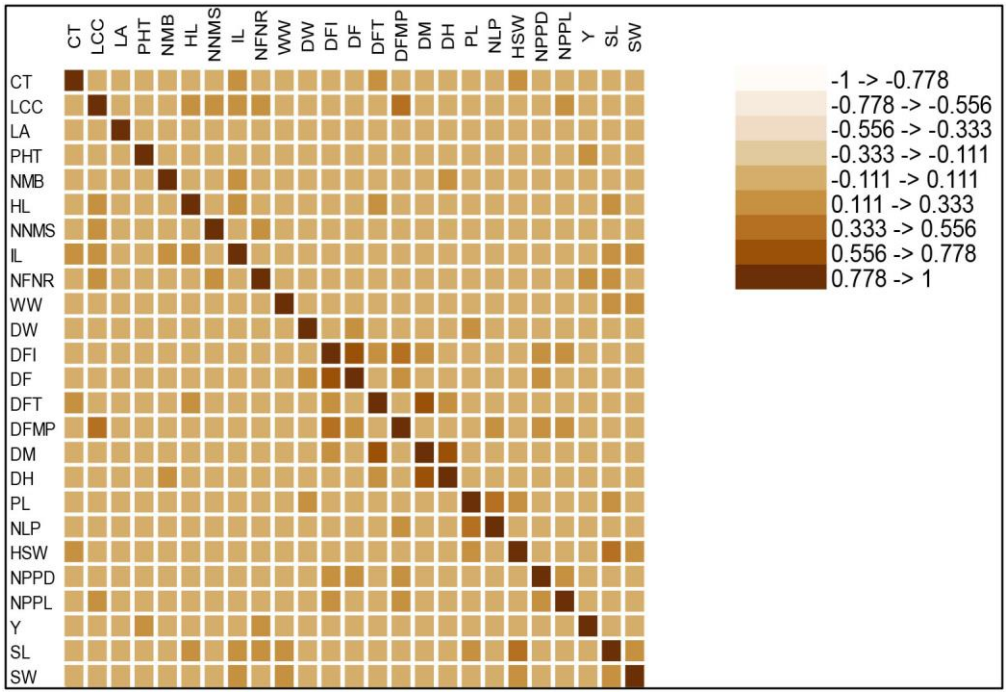


شکل ۱- تنوع ژنتیکی شکل و اندازه دانه در برخی از توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Fig. 1. Genetic diversity of grain shape and size in some cowpea accessions of arid and warm climate

همچنین تعداد غلاف در خوشه با صفت روز تا ظهور گلدهی همبستگی مثبتی و معنی‌داری داشت (۰/۴۵). بررسی همبستگی صفات فنولوژیکی نشان داد که صفت روز تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری را با روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۷۹)، روز تا پایان گلدهی (۰/۵۵)، روز تا ظهور اولین غلاف بالغ (۰/۶۳) و تعداد غلاف در خوشه (۰/۴۵) دارد. صفت فنولوژیک روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی مثبتی را با روز تا ظهور اولین غلاف بالغ (۰/۴۵) نشان داد. صفت روز تا پایان گلدهی نیز همبستگی مثبتی را با روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۷۷) و طول هیپوکوتیل (۰/۴۷) نشان داد. وزن۱۰۰دانه تنها همبستگی معنی‌دار خود را فقط با طول غلاف (۰/۵۴) و طول بذر (۰/۶۶) نشان داد. وزن۱۰۰دانه با برخی از اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته (۰/۰۱-) و تعداد دانه در غلاف (۰/۲۵) ارتباط معنی‌داری را نشان نداد. این مورد قبلاً در

بررسی لوبیا چشم‌بلبلی‌های محلی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Menssen *et al.*, 2017). بررسی همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت اما غیرمعنی‌داری را با تعداد گره در ساقه اصلی، طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰دانه دارد. عملکرد بیشتر توده‌های با دانه‌های کوچک‌تر دلیل عدم همبستگی مثبت بین وزن ۱۰۰دانه و عملکرد می‌تواند باشد. این مورد در توده‌های TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) نیز مشاهده شد. عدم همبستگی و حتی همبستگی منفی بین عملکرد و وزن ۱۰۰دانه در لوبیا چشم‌بلبلی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Aryeetey & Laing, 1973; Manggoel *et al.*, 2012). از طرف دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار با تعداد گره تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن در ریشه و همبستگی منفی و غیرمعنی داری را با ارتفاع بوته، وزن تر بوته و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی دارد. بنابراین بر اساس نتایج همبستگی معلوم شد که توده‌های با ارتفاع و وزن تر بوته بیشتر برای تولید دانه مناسب نبوده و برای مصارف علوفه‌ای مناسب‌تر می‌باشند. بررسی همبستگی صفات کیفی نیز نشان داد که شکل انتهای برگ با رنگ غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است (۰/۶۱). همچنین عادت رشدی با ضخامت دیواره غلاف همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (۰/۵۳-) (شکل ۲).



شکل۲ - همبستگی بین صفات کمی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران

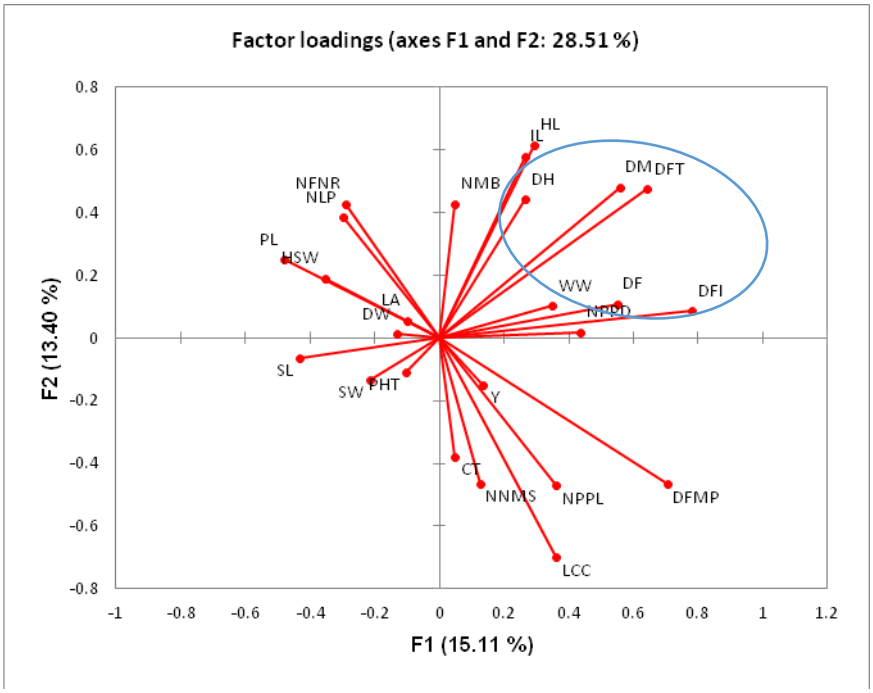
CT: دمای کانوپی، LCC: میزال کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته ، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن ۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه وSW: عرض دانه

Fig. 2. Correlation of quantitative traits among cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width

تجزیه به عامل‌ها

بررسی تجزیه به عامل‌ها و با استفاده از نمودار اسکری پلات نشان داد که سه عامل اول، بیشترین میزان واریانس را با مجموع ۴۱ درصد از بین ۱۰ عامل به خود اختصاص دادند (شکل ۳). بنابراین به جای بررسی تمام عامل‌ها، فقط سه عامل اول بررسی شدند. همچنین بررسی ماتریس مؤلفه‌ها نشان دادکه مؤلفه اول مرتبط با صفات فنولوژیک و مؤلفه‌های دوم و سوم مرتبط با صفات اجزای عملکرد است. نمودار دوبعدی دو مؤلفه اول نیز صفات فنولوژیک را از اجزای عملکرد تفکیک نمود (شکل ۷). در مطالعات دیگری که قبل از این به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی انجام شده است، معلوم شد که سه عامل اول در مجموع حدود ۴۰ درصد کل تنوع را به خود اختصاص دادند (Aremu *et al.*, 2007; Lazaridi *et al.*, 2017; Olukolu *et al.*, 2012).



شکل۳ - نمودار دوبعدی دو مؤلفه اول برای توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران

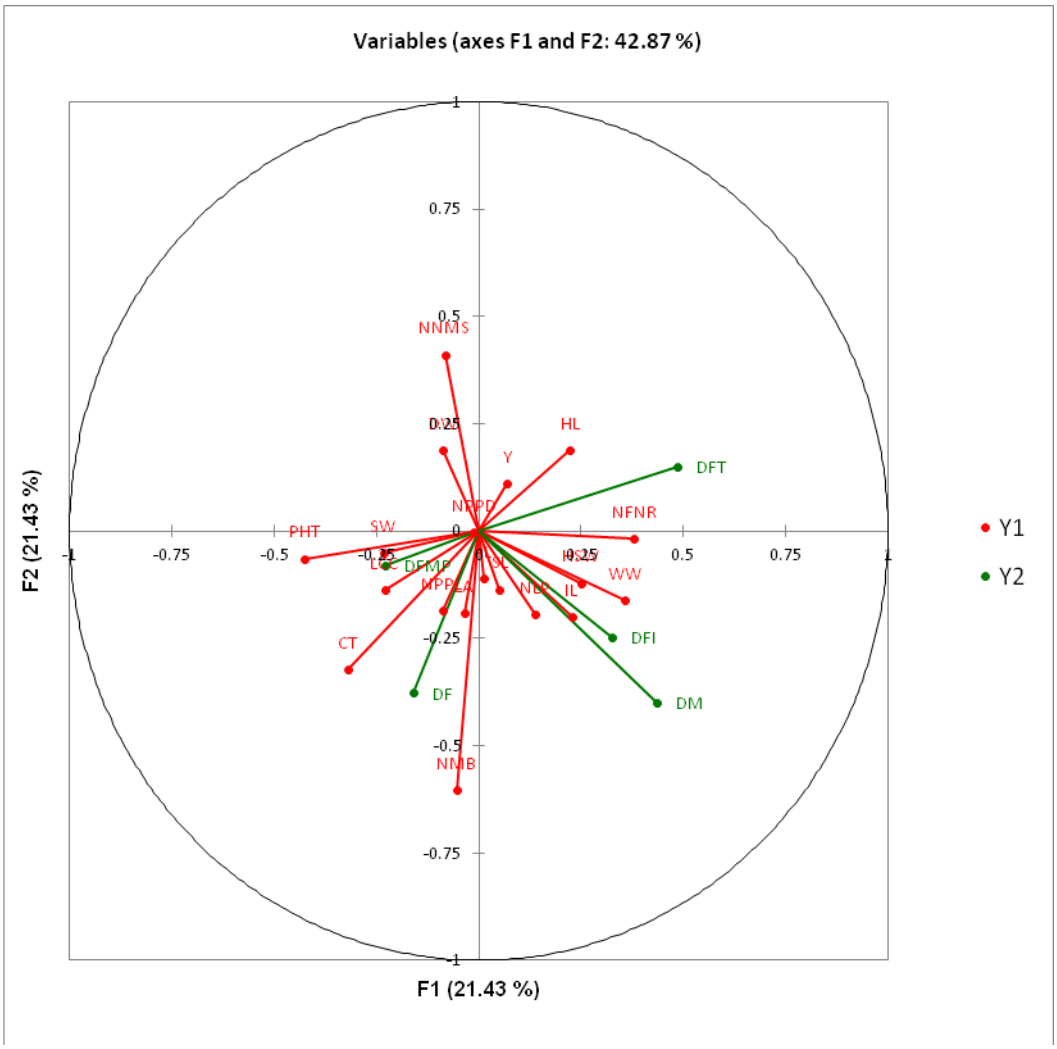
F1 و F2: به ترتیب عامل اول و دوم، CT: دمای کانوپی، LCC: میزال کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه، SW: عرض دانه

Fig. 3. Biplot of two first component of cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

F1 & F2: Factor 1 and Factor 2, respectively, CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width

همبستگی کانونیک

بررسی همبستگی کانونیک برای دو گروه صفات کمی تفکیک‌شده در تجزیه به عامل‌ها شامل صفات کمی مرتبط با عملکرد و اجزای آن و صفات فنولوژیکی نشان داد که سه متغیر اول کانونیک دارای همبستگی کانونیک با مقدار ۱ و متغیر چهارم و پنجم به ترتیب دارای همبستگی کانونیک ۰/۹۸ و ۰/۸۳ هستند. آزمون ویلکس لامبدا نشان داد که سه متغیر اول معنی‌دار و متغیرهای چهارم و پنجم معنی‌دار نیستند.

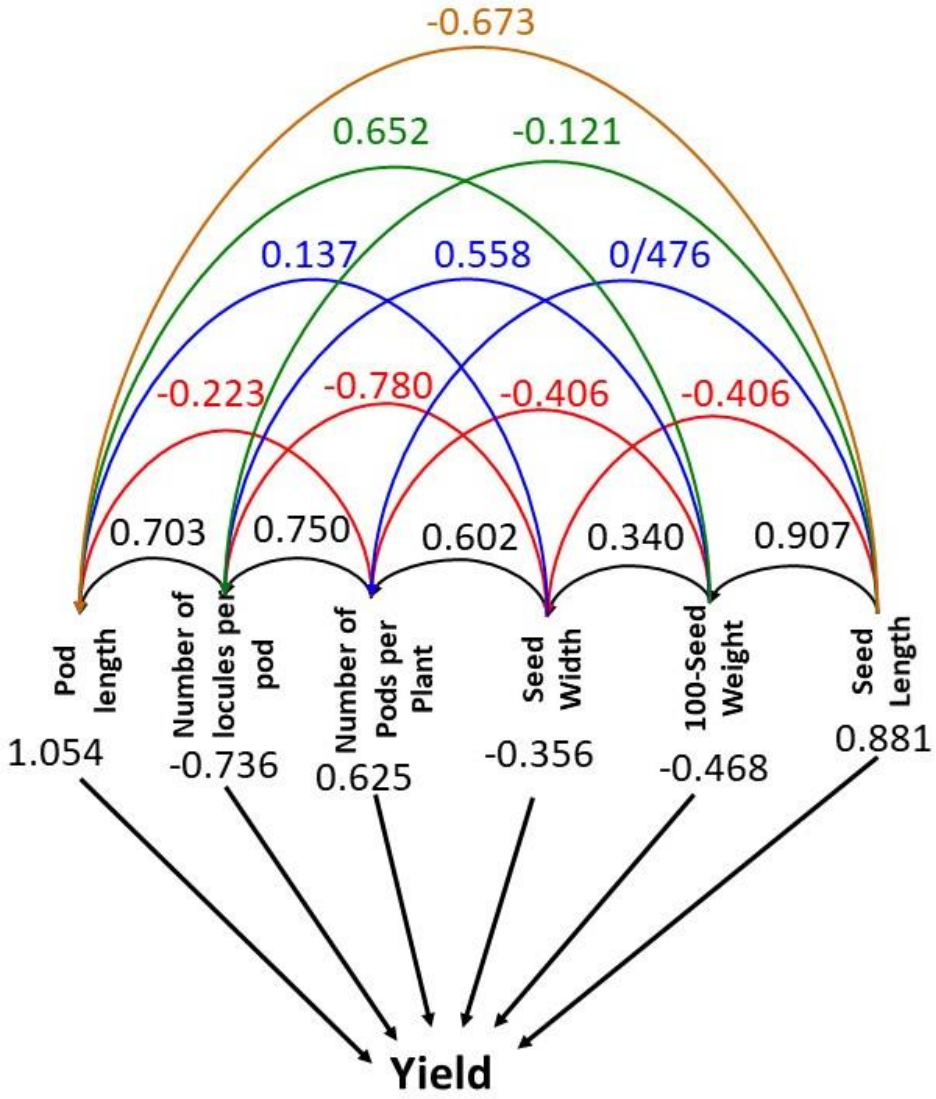


شکل ۴- نمودار همبستگی کانونیک بین صفات کمی و صفات فنولوژیکی توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

F1 و F2: به ترتیب عامل اول و دوم، CT: دمای کانوپی، LCC: میزال کلوفیل برگ، LA: سطح برگ، PHT: ارتفاع بوته، NMB: تعداد شاخه اصلی، HL: طول هیپوکوتیل، NNMS: تعداد گره در ساقه اصلی، IL: طول میانگره، NFNR: تعداد گره تثبیت نیتروژن در ریشه، WW: وزن تر بوته، DW: وزن خشک بوته، DFI: روز تا ظهور گلدهی، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DFT: روز تا پایان گلدهی، DFMP: روز تا ظهور اولین غلاف بالغ ، DM: روز تا رسیدگی، DH: روز تا برداشت، PL: طول غلاف، NLP: تعداد دانه در غلاف، HSW: وزن۱۰۰دانه، NPPD: تعداد غلاف در خوشه، NPPL: غلاف در بوته، Y: عملکرد دانه، SL: طول دانه، SW: عرض دانه

Fig. 4. Plot of canonical correlation between quantitative and phenological traits of cowpea accessions in arid and warm climate of Iran

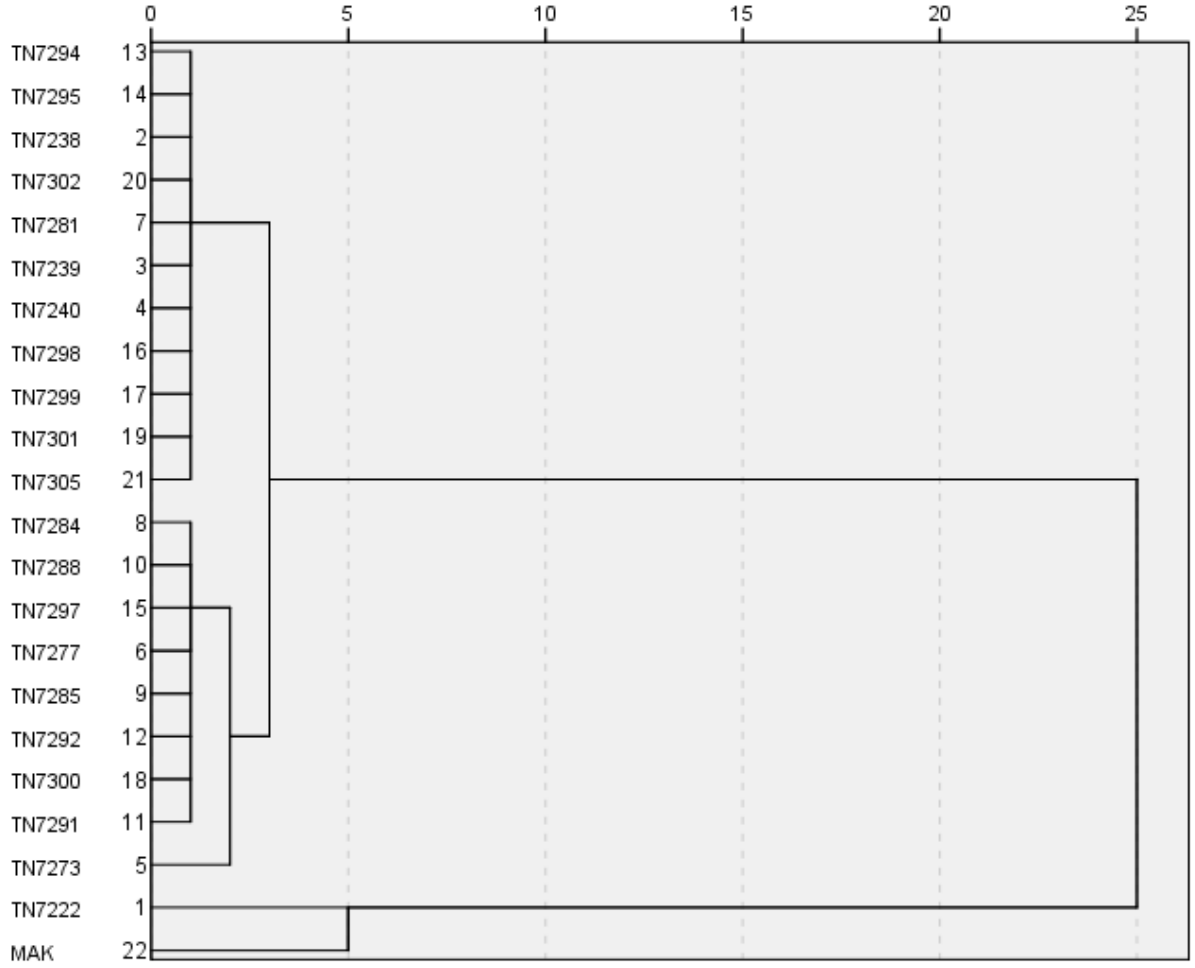
F1 & F2: Factor 1 and Factor 2, respectively, CT: Canopy Temperature, LCC: Leaf Chlorophyll Concentration, LA: Leaf Area, PHT: Plant Height, NMB: Number of Main Branches, HL: Hypocotyl Length, NNMS: Number of Nodes on Main Stem, IL: Internode Length, NFNR: Number of Nitrogen Fixation Nodules in Root, WW: Plant Wet Weight, DW: Plant Dry Weight, DFI: Days to Flower Initiation, DF: Days to Flowering, DFT: Days to Flower Termination, DFMP: Days to First Mature Pods, DM: Days to Maturity, DH: Days to Harvest, PL: Pod Length, NLP: Number of Locules per Pod, HSW: 100-Seed Weight, NPPD: Number of Pods per Peduncle, NPPL: Number of Pods per Plant, Y: Grain Yield, SL: Seed Length, SW: Seed Width



شکل ۵- تجزیه مسیر برای عملکرد و اجزای آن در توده‌های چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران

Fig. 5. Path analysis for yield and its component for cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

با توجه به این که این آزمون تحت تأثیر اندازه نمونه است، به‌نظر می‌رسد احتمالاً کوچک‌بودن اندازه نمونه در این مطالعه باعث این نتیجه (عدم معنی‌داری) در متغیرهای چهارم و پنجم شد. همبستگی کانونیک قوی ممکن است به علت اندازه نمونه کوچک معنی‌دار نشود، اما همبستگی بین متغیرهای کانونی اصلی با مقدار بیش از ۰/۳ قابل تفسیر است (Tabachnick *et al.*, 2007). لازم به ذکر است که در این مطالعه ضرایب کانونیک بزرگتر از یک در تفسیر روابط بین دو گروه مورد استفاده قرار گرفته است. ضرایب کانونیک استانداردشده، سهم هر متغیر را در تشکیل متغیر کانونیک مربوطه در حضور سایر متغیرها نشان می‌دهد. ضرایب کانونیک استانداردشده اولین متغیر کانونیک مربوط به صفات کمی نشان داد که ارتفاع و تعداد دانه در غلاف با اثر منفی و طول غلاف و طول بذر با اثر مثبت، سهم بیشتری در تشکیل این متغیر کانونیک دارند. مقادیر این ضرایب در اولین متغیر کانونیک مربوط به صفات فنولوژیک حاکی از تأثیر زیاد و مثبت روز تا ظهور گل در تشکیل متغیر کانونیک مربوطه است. همچنین ارتباط صفات کمی و فنولوژیکی با یکدیگر در شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس نمودار دوبعدی همبستگی کانونیک، صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی دارای همبستگی مثبت با طول میانگره، تعداد دانه در غلاف، طول دانه، وزن تر بوته، وزن۱۰۰دانه و طول غلاف است و از طرف دیگر دارای همبستگی منفی با وزن خشک، تعداد گره در ساقه اصلی و ارتفاع بوته است.



شکل ۶- تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد بر اساس تمام صفات کمی و کیفی در توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی مناطق گرم و خشک ایران
Fig. 6. Cluster analysis using ward method for all quantitative and qualitative traits in cowpea accessions of arid and warm climate of Iran

بنابراین همان‌طور که مشخص است، بوته‌های کوتاهتر، دیررس‌تر بوده و اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و طول غلاف در آن‌ها نیز بیشتر است. بر اساس نمودار دوبعدی همبستگی کانونیک، صفت روز تا گلدهی دارای همبستگی منفی با عملکرد بود؛ بنابراین توده‌هایی که زودتر وارد گلدهی شده بودند، به دلیل داشتن فرصت بیشتر در دوره زایشی و تشکیل غلاف و دانه، عملکرد بیشتری نیز داشتند.

تجزیه مسیر

تجزیه مسیر به منظور شناسایی اثرات تأثیرگذار در افزایش عملکرد انجام شد. نتایج تجزیه مسیر (شکل ۵) نشان داد که طول غلاف یک جزء مهم در عملکرد دانه بوده و اثر مستقیم مثبت و نسبتاً بیشتری دارد. اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه زیاد بود. در مطالعه همبستگی نیز وزن۱۰۰دانه با طول غلاف همبستگی داشت. لذا این ارتباط به صورت غیرمستقیم و از طریق طول غلاف بود. اثر مستقیم طول دانه و غلاف در بوته، صفات مهم دیگر با اثر مستقیم و زیاد بر عملکرد بودند. عرض دانه و وزن۱۰۰دانه اثر مستقیم منفی بر عملکرد داشتند. در مطالعات همبستگی نیز بین وزن۱۰۰دانه و عملکرد رابطه مثبتی مشاهده نشد. این نتایج نشان‌دهنده آن است که توده‌های با دانه‌های سنگین‌تر از پتانسیل عملکرد بالایی برای اقلیم گرم و خشک از جمله سیستان برخوردار نیستند. اما توده‌هایی از جمله لوبیا چشم بلبلی ماک (محلی زابل) و همچنین توده TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) که دارای دانه‌های سبک‌تر و کوچکتری بودند، عملکرد بیشتری داشتند.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد برای صفات کمی و کیفی، توده‌هایی که مرحله زایشی را طی نمودند را به دو گروه اصلی متمایز نمود. گروه اول شامل ۲۰ توده بود که از نظر عملکردی نیز دارای مقادیر کم و متوسط بودند. گروه دوم شامل دو توده TN7222 و لوبیا چشم‌بلبلی محلی زابل بود که از نظر عملکردی بیشترین مقادیر را در بین سایر توده‌ها داشتند (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

اگرچه گزارش شده است که لوبیا چشم‌بلبلی پایه ژنتیکی محدودی دارد (Asare *et al.*, 2010)، اما بررسی ۵۱ توده با خاستگاه مناطق گرم و خشک نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی زیادی از لوبیا چشم‌بلبلی در ایران وجود دارد که توسط کشاورزان و با کشت متوالی آن‌ها حفاظت شده است. این تنوع احتمالاً نتیجه فرایندهای تکاملی است که با فشار انتخابی القاءشده توسط کشاورزان و با کمک طبیعت اتفاق افتاده است. در این مطالعه ۳۹ صفت کمی وکیفی بر روی ۵۱ توده مورد بررسی قرار گرفت. هدف این مطالعه شناسایی تنوع موجود در بین توده‌های لوبیا چشم‌بلبلی اقلیم گرم و خشک ایران بود که با استفاده از روش‌های آماری و تجزیه‌های چندمتغیره انجام شد. تجزیه به عامل‌ها صفات مورد بررسی توده‌های لوبیا چشم بلبلی را به دو گروه: ۱- فنولوژیکی و ۲- عملکرد و اجزای آن گروه‌بندی نمود و بر همین اساس بین این دو گروه همبستگی کانونیک انجام و ارتباط بین آن‌ها مورد بررسی و ارتباط معکوس بین آن‌ها مشخص شد. بررسی تنوع صفات مورد بررسی نشان داد که صفات فنولوژیکی دارای تنوع کم و بالعکس صفات مرتبط با اجزای عملکرد از جمله وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته دارای تنوع بیشتری بودند. به منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر عملکرد، تجزیه مسیر انجام شد و مشخص شد که طول غلاف بیشترین تأثیر را به صورت مستقیم در افزایش عملکرد توده‌ها دارد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، توده‌ها به دو گروه کلی طبقه بندی شدند. گروه اول شامل توده‌های با تولید شاخ و برگ زیاد، اما بدون تشکیل غلاف و فاقد عملکرد دانه‌ای بودند که مناسب برای مصارف علوفه‌ای یا کود سبز بودند. گروه دوم شامل ۲۲ توده بودند که بر اساس تجزیه‌های انجام‌شده به دو گروه با عملکرد کم و متوسط و گروه با عملکرد زیاد طبقه‌بندی شدند. دو توده TN7222 (محلی سرمشک جیرفت) و لوبیا چشم‌بلبلی ماک (محلی زابل) بیشترین عملکرد دانه را در شرایط منطقه سیستان داشتند که نشان‌دهنده سازگاری این دو توده به شرایط گرمای بسیار زیاد تابستان و تحمل آن‌ها به شرایط تنش های محیطی در منطقه است. بنابراین استفاده از این دو توده در برنامه‌های اصلاح لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق گرم و خشک توصیه می‌شود.

منابع

1. Addinsoft, S. 2010. XLSTAT Software, version 9.0. Addinsoft, Paris, France.
2. Ajayi, A., Adekola, M., Taiwo, B., and Azuh, V. 2014. Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). International Journal of Plant Research 4(3): 63-71.
3. Ali, Z., Yao, K., Odeny, D., Kyalo, M., Skilton, R., and Eltahir, I. 2015. Assessing the genetic diversity of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] accessions from Sudan using simple sequence repeat (SSR) markers. African Journal of Plant Science 9(7): 293-304.
4. Aremu, C., Adebayo, M., Ariyo, O., and Adewale, B. 2007. Classification of genetic diversity and choice of parents for hybridization in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp for humid savanna ecology. African Journal of Biotechnology 6(20): 2333-2339.
5. Aryeetey, A., and Laing, E. 1973. Inheritance of yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Euphytica 22(2): 386-392.
6. Asare, A.T., Gowda, B.S., Galyuon, I.K., Aboagye, L.L., Takrama, J.F., and Timko, M.P. 2010. Assessment of the genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) germplasm from Ghana using simple sequence repeat markers. Plant Genetic Resources 8(2): 142-150.
7. Ba, F.S., Pasquet, R.S., and Gepts, P. 2004. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] as revealed by RAPD markers. Genetic Resources and Crop Evolution 51(5): 539-550.
8. Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., and Cohen, I. 2009. Pearson correlation coefficient. In: Noise Reduction in Speech Processing (pp. 1-4). Springer.
9. Blashfield, R.K. 1980. The growth of cluster analysis: Tryon, Ward, and Johnson. Multivariate Behavioral Research 15(4): 439-458.

10. Bozokalfa, M.K., Kaygisiz, A.T., and Eşiyok, D. 2017. Genetic diversity of farmer-preferred cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) landraces in Turkey and evaluation of their relationships based on agromorphological traits. Genetika 49(3): 935-957.
11. Coulibaly, S., Pasquet, R., Papa, R., and Gepts, P. 2002. AFLP analysis of the phenetic organization and genetic diversity of *Vigna unguiculata* L. Walp. reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. Theoretical and Applied Genetics 104(2-3): 358-366.
12. Egbadzor, K., Danquah, E., Ofori, K., Yeboah, M., and Offei, S. 2014. Diversity in 118 cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) accessions assessed with 16 morphological traits. International Journal of Plant Breeding and Genetics 8(1): 13-24.
13. Ehlers, J., and Hall, A. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.). Field Crops Research 53(1-3): 187-204.
14. Fatokun, C.A., Tarawali, S.A., Singh, B.B., Kormawa, P.M., and Tamo, M. 2002. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceedings of the World Cowpea Conference III held at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 48 September 2000.
15. Gepts, P. 2002. A comparison between crop domestication, classical plant breeding, and genetic engineering. Crop Science 42(6): 1780-1790.
16. Hall, A., and Patel, P. 1985. Breeding for resistance to drought and heat. Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley, New York, 137-151.
17. Hosseinian, S., and Hoseiyni, N. 2014. Determination of drought tolerant genotypes in cowpea based on drought tolerance indices. Iranian Journal of Field Crop Science 45(1): 123-138. (In Persian with English Summary).
18. Hosseinian, S., and Hoseiyni, H.N. 2015. Evaluation of irrigation cut off effect at flowering stage on yield and yield components of cowpea genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 99-108. (In Persian with English Summary).
19. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1982. Descriptors for Cowpea. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at Web site https://www.bioversityinternational.org/
20. Klem, L. 1995. Path analysis. American Psychological Association.
21. Krichen, L., Audergon, J., and Trifi- Farah, N. 2012. Relative efficiency of morphological characters and molecular markers in the establishment of an apricot core collection. Hereditas 149(5): 163-172.
22. Lazaridi, E., Ntatsi, G., Savvas, D., and Bebeli, P. 2017. Diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) local populations from Greece. Genetic Resources and Crop Evolution 64(7): 1529-1551.
23. Mafakheri, K., Bihamta, M., and Abbasi, A. 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).
24. Mafakheri, K., Bihamta, M.R., and Abbasi, A.R. 2017. Assessment of genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) germplasm using morphological and molecular characterisation. Cogent Food and Agriculture. https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1327092
25. Manggoel, W., Uguru, M., Ndam, O., and Dasbak, M. 2012. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] accessions. Journal of Plant Breeding and Crop Science 4(5): 80-86.
26. Martins, C.M., Lawlor, D.W., Quilambo, O.A., and Kunert, K.J. 2014. Evaluation of four Mozambican cowpea landraces for drought tolerance. South African Journal of Plant and Soil 31(2): 87-91.
27. Menssen, M., Linde, M., Omondi, E.O., Abukutsa-Onyango, M., Dinssa, F.F., and Winkelmann, T. 2017. Genetic and morphological diversity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) entries from East Africa. Scientia Horticulturae 226: 268-276.
28. Myers, L., and Sirois, M.J. 2004. Spearman correlation coefficients, differences between. Encyclopedia of Statistical Sciences. https://doi.org/10.1002/0471667196.ess5050.pub2
29. Olukolu, B.A., Mayes, S., Stadler, F., Ng, N.Q., Fawole, I., Dominique, D., and Kole, C. 2012. Genetic diversity in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L. Verdc.) as revealed by phenotypic descriptors and DArT marker analysis. Genetic Resources and Crop Evolution 59(3): 347-358.
30. Omoigui, L., Ishiyaku, M., Kamara, A., Alabi, S., and Mohammed, S. 2006. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea (*Vigna unguiculate* (L.) Walp.). African Journal of Biotechnology 5(13): 1191-1195.
31. Ortiz-Burgos, S. 2016. Shannon-weaver diversity index. In: Encyclopedia of Estuaries (pp. 572-573): Springer Netherlands.

32. Othman, S., Singh, B., and Mukhtar, F. 2006. Studies on the inheritance pattern of joints, pod and flower pigmentation in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) walp.]. African Journal of Biotechnology 5(23): 2371-2376.
33. Padulosi, S., and Ng, N. 1997. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Advances in Cowpea Research. Ibadan, Nigeria: IITA, p. 1-12.
34. Peksen, E., and Artik, C. 2004. Comparison of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes from Turkey for seed yield and yield related characters. Journal of Agronomy 3(2): 137-140.
35. Tabachnick, B.G., Fidell, L.S., and Ullman, J.B. 2007. Using Multivariate Statistics (Vol. 5), Pearson Boston, MA.
36. Tan, H., Tie, M., Luo, Q., Zhu, Y., Lai, J., and Li, H. 2012. A review of molecular makers applied in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) breeding. Journal of Life Sciences 6(11): 1190-1199.
37. Tanhuanpää, P., and Manninen, O. 2012. High SSR diversity but little differentiation between accessions of Nordic timothy (*Phleum pratense* L.). Hereditas 149(4): 114-127.
38. Thompson, B. 2005. Canonical correlation analysis. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science 1: 192-196.
39. Thurstone, L.L. 1931. Multiple factor analysis. Psychological Review 38(5): 406.
40. Timko, M.P., and Singh, B. 2008. Cowpea, a multifunctional legume. In: Genomics of Tropical Crop Plants (p. 227-258): Springer.
41. Verma, J. 2012. Data Analysis in Management with SPSS Software: Springer Science and Business Media.
42. Wilkes, G. 1983. Current Status of Crop Plant Germplasm: CAC Critical Review. Plant Science 127: 137-181.
43. Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W., and Wu, D. 2016. Genetic diversity and population structure of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). PLoS One 11(8): e0160941.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 85-103 (Original Research Article)

Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran

Bakhshi[1*], Behnam; Pouresmaeil[2], Masoumeh; and Keshtgar Khajedad[1], Mohammad

1. Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran (b.bakhshi@areeo.ac.ir & m.kh1392@yahoo.com; respectively)
2. Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; masoumehpouresmael@yahoo.com

Received: 11 July 2020; **Revised:** 19 September 2020
Accepted: 19 December 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87704

How to cite this article:
Bakhshi, B., Pouresmaeil, M., and Keshtgar Khajedad, M. 2021. Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 85-103.

Introduction

Cowpea (*Vigna unguiculata*) is a neglected crop with a wide diversity of its landraces in Iran, which acclimated to different climates. Cowpea is considered as one of the most tolerant food legumes under heat and drought stress. Although cowpea is distributed in a wide range of arid and warm climate of Iran, no extensive study has been done to determine the diversity of the landrace originated from these regions. Increasing yield, early maturity for grain production, long vegetative period for fodder yield, nutrient in leaf and grains, cooking quality, and germination rate are some crucial traits in cowpea breeding programs. Agro-morphological characterization of the existence germplasm would help to identification of the valuable genetic resources which could be entered into cowpea breeding programs to overcome challenges facing this crop production.

Materials and Methods

Fifty landraces of cowpea originated from the arid and warm climate of IRAN along with Sistan local cowpea landrace (Mak) were evaluated for the diversity of 39 quantitative and qualitative agro-morphological traits. IBPGR descriptor was used to the characterization of traits; including terminal leaflet shape, leaf area, plant height, number of main branches, hypocotyl length, growth habit, number of nodes on the main stem, internode length, plant vigor, number of fixation nodules in root, fresh weight, dry weight, days to flower initiation, days to flowering (50%), days to flower termination, days to first mature pods, days to maturity, days to harvest, flower color, raceme position, pod color, seed crowding, pod wall thickness, plant hairiness, attachment of testa, pod length, number of locules per pod, 100-seed weight, number of pods per peduncle, number of pods per plant, yield, seed length, seed width, pod curvature, eye pattern, testa texture, canopy temperature, leaf chlorophyll concentration, and heat stress effects %. This experiment was done at the Zahak agricultural station of Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The experiments were performed observationally using furrow planting. Each landrace was sown in a five-meter row. 100 and 10 cm were considered for between and within row spaces of plants, respectively. Irrigation was carried out based on the needs of the plant and considering the conventional method of cowpea irrigating in the Sistan region, almost every two weeks. Statistical methods, including correlation, factor analysis, canonical correlation, path analysis, and cluster analysis, were used to identify the diversity and relationship among traits.

Results and Discussion

*** Corresponding Author:** b.bakhshi@areeo.ac.ir

Yield components included 100-seed weight and number of pods per plant were the most diverse traits in the current study. Based on the results, studied landraces could be potentially categorized in two grain and forage types. N7222 (Sarmoshk local landrace) and Mak (Zabol local landrace) showed the highest grain yield among evaluated landraces. TN7241 (another Zabol local landrace) and TN7274 (Kahnouj local landrace) were detected as landrace with the highest potential for forage production. It was also identified that two other Kahnouj local landraces, including TN7292 and TN7291, are the earliest maturity landraces among evaluated landraces. Correlation analysis showed a significant positive relationship between yield and number of N_2 fixation nodules in the root. A significant positive correlation was also identified between pod length with a dry weight of the plant, the number of locules per pod, and 100-seed weight. Furthermore, it was revealed that yield was directly affected by pod length using path analysis. Path analysis distinct phenological traits from quantitative traits related to yield. Canonical correlation showed a negative correlation between days to flowering with grain yield, and it was shown that dwarf bushes with high yield component and 100-seed weight matured lately.

Conclusion

Notable diversity for cowpea landraces was observed in the current study. The results of this research divided the accession to two grain and forage types. It was identified that high biomass yielded plants were not comfortable for grain production while they product suitable forage production. According to the results, two landraces were the best ones in grain production that were confirmed by cluster analysis. Pod length and the number of locules per pod were detected as the main two traits related to yield. The observed diversity in yield components could be applied further in the cowpea breeding programs.

Keywords: Arid and warm climate؛ Cowpea؛ Genetic diversity؛ *Vigna unguiculata*

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۲۱-۱۰۴، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 104-121
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86598

تأثیر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمدجواد ارشدی[1*]، مهدی پارسا[2]، امیر لکزیان[3] و محمد کافی[4]

۱- دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ parsa@um.ac.ir
۳- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ alakzain@yahoo.com
۴- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛
mkafi36@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
ارشدی، م.ج.، پارسا، م.، لکزیان، ا.، و کافی، م. ۱۴۰۰. تأثیر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۰۴-۱۲۱.

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های نخود با میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر روی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک نخود، آزمایشی به‌صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل‌تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به اجرا در آمد. فاکتور اصلی در سه سطح شامل میکوریزای آرباسکولار گونهٔ *Glomus mosseae* و شبه‌میکوریزای داخلی گونهٔ *Piriformospora indica* و عدم مصرف کود و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود بود. نتایج نشان داد که *G. mosseae* از اواسط فصل رشد به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک گیاه نخود گردید. ژنوتیپ MCC537 از اوایل فصل رشد از نظر سطح برگ و ماده خشک، برتری مشهودی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. میکوریزای آرباسکولار سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئیدها و سبزینگی برگ گردید، اما سطوح میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر روی میزان کلروفیل کل نداشتند. بیشترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC693 و MCC392، بیشترین مقدار کلروفیل کل در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC392، MCC693 و MCC80 به ترتیب به میزان ۰/۶۲۰، ۰/۶۱۲، ۰/۵۷۴، ۰/۵۶۴ و ۰/۵۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین مقدار کاروتنوئید در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427 و MCC392 و بالاترین شاخص سبزینگی به ترتیب به میزان ۳۳/۸، ۳۱/۷ و ۲۹/۹ در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427 و MCC392 مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC537 و شرایط کاربرد *G. mosseae* مشاهده شد که در مقایسه با شرایط عدم مصرف قارچ ۳۱ درصد بیشتر بود. در مجموع به نظر می‌رسد که میکوریزای آرباسکولار می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود شده و در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد مطالعه برتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزینگی؛ کاروتنوئید؛ کلروفیل

مقدمه

افزایش تقاضا برای غذا در دنیا، کشاورزان را وادار کرده است تا نسبت به زیرکشت‌بردن اراضی دارای شرایط نامساعد مبادرت ورزند. این وضعیت به ویژه در مورد حبوبات که اغلب نسبت به محصولات پُردرآمدتری مانند غلات در مرتبه بعدی قرار دارند، نمود بیشتری دارد (Arshadi *et al.*, 2017). به همین جهت چنانچه افزایش عملکرد حبوبات و یا ثبات عملکرد آن‌ها تحت شرایط نامساعد مدنظر باشد، بایستی عمده فعالیت

* **نویسنده مسئول:** javad_arshadi24@yahoo.com

های به‌نژادی و به‌زراعی بر روی مقاوم‌کردن ارقام مختلف حبوبات به شرایط نامساعد محیطی متمرکز شوند. یکی از عواملی که احتمالاً بتواند در افزایش عملکرد گیاه حبوبات مؤثر باشد، همزیستی آن با قارچ میکوریزا است (Arshadi *et al.*, 2017). قارچ‌های میکوریزا در تأمین زیستی فسفر برای گیاه نقش به‌سزایی دارند. از بین آن‌ها، میکوریزاهای داخلی (یا وزیکولار-آرباسکولارها) که به اختصار به VAMها[1] شهرت یافته‌اند، در برقراری همزیستی با ریشه گیاهان زراعی از جمله لگوم‌ها موفق‌تر بوده‌اند؛ چرا که آن‌ها نیز با دریافت کربن تثبیت شدهٔ فتوسنتزی، عناصر غذایی را به فرم قابل‌جذب برای گیاه درمی‌آورند (Koocheki *et al.*, 2005; Shrimant Shridhar, 2012). همچنین قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم، قبل از این که هریک با گیاه میزبان، همزیستی ایجاد کنند، در محیط ریزوسفری گیاه میزبان مستقیماً بر روی هم تأثیر می‌گذارند (Ford Denison & Toby Kiers, 2011). میکوریزاها هم در ایجاد شرایط مساعد برای تولید گره‌های ریزوبیومی بر روی ریشه و هم در فراهمی بیشتر فسفر برای آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های ریزوبیوم نقش دارند. در مقابل، ریزوبیوم‌ها در جذب بهتر نیتروژن و به دنبال آن سنتز بیشتر اسیدهای آمینه و فراهمی اسیدهای آمینه مورد نیاز میکوریزاها نقش دارند (Koocheki *et al.*, 2005; Diouf *et al.*, 2003)؛ با این حال به نظر می‌رسد که این رابطه همزیستی بین گیاه، ریزوبیوم و میکوریزا می‌تواند چه در شرایط نرمال و چه در شرایط نامطلوب، در ارتقای میزان تولید محصول مؤثر باشد.

مطالعات نشان داده‌اند که VAMها (که جدیداً به AMFها[2] نامگذاری شده‌اند) عموماً از گروه زیگومایست‌ها بوده و قارچ‌های اکتومیکوریزا عمدتاً جزء گروه بازیدیومایست‌ها هستند (Singh, 2000; Asadi Rahmani *et al.*, 2007). اما اخیراً یک گونهٔ جدید از بازیدیومایست‌ها با نام *Piriformospora indica* شناسایی شده که همانند AMFها عمل کرده و اندوفیت می‌باشد و بر خلاف سایر هم‌گروه‌های خود، به داخل ریشه گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند (Verma *et al.*, 1998; Arshadi *et al.*, 2017)، به همین دلیل اصطلاحاً به آن شبه‌میکوریزای داخلی نیز می‌گویند. تحقیقات انجام‌شدهٔ اخیر حکایت از افزایش تحمل گیاهان زراعیِ همزیست‌شده با این سویه جدید، در شرایط محیطی مختلف دارند (Stein *et al.*, 2008; Waller *et al.*, 2005; Kari Dolatabadi & Mohamadi Galtapeh, 2010; Baltruschant *et al.*, 2008).

در ایران، نخود در بین حبوبات بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که میانگین عملکرد نخود آبی و دیم کشور به ترتیب در حدود ۱۰۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده که نسبت به سایر کشورهای تولیدکننده این محصول، عملکرد پایینی است (Alimadadi *et al.*, 2010). البته در سال‌های اخیر، پژوهشگران زیادی بر روی شناسایی و معرفی ارقام با پتانسیل عملکرد بیشتر در محصول نخود تحقیق کرده و در این زمینه به موفقیت‌هایی دست یافته‌اند (جدول ۱). به عنوان مثال ژنوتیپ توده بومی گناباد که دارای پتانسیل عملکرد بالایی است، حاصل تحقیقات Ganjeali *et al.*, (2011a) بوده است.

Kapoor *et al.*, (2004) نشان دادند که همزیستی ریشهٔ رازیانه با دو گونهٔ قارچ VAM به‌طور معنی‌داری سبب بهبود گلدهی (تعداد چتر)، وزن۱۰۰۰دانه، بیوماس و عملکرد دانه رازیانه گردید. Rasae *et al.*, (2013) در تحقیقات خود بر روی کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه نخود از طریق به کارگیری هیومیک اسید، ریزوبیوم و میکوریزا (گونهٔ *Glomus intraradices*) اظهار داشتند که کاربرد ریزوبیوم، هیومیک اسید و آبیاری تکمیلی در بهبود صفات فیزیولوژیک گیاه نخود (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، سطح برگ و قندهای محلول) مؤثر بودند، اما کاربرد میکوریزا تأثیری در بهبود این صفات نداشت. در تحقیقی دیگر، Prajapati *et al.*, (2008) گزارش کردند که گیاهان برنج تلقیح‌شده با *Piriformospora indica* از نظر تمام شاخص‌های رشدِ اندازه‌گیری‌شده در مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به شاهد برتری داشتند.

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود با قارچ‌های AMF و شبه‌میکوریزای داخلی بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه نخود انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپیلت پلات (کرت‌های خردشده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتور اصلی در سه سطح شامل میکوریزای AMF گونهٔ *Glomus mosseae*،

۱. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

۲. Arbuscular Mycorrhizal Fungi

شبه‌میکوریزای داخلی گونهٔ *Piriformospora indica* و عدم مصرف کود و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود که از پتانسیل عملکرد خوبی برخوردار بودند، بود. این ژنوتیپ‌ها طی مطالعات انجام‌شده بر روی ژرم‌پلاسم متعلق به بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، گزینش و معرفی شده‌اند (جدول ۱). قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌برداری شده و صفات pH، درصد ماده آلی، EC، بافت خاک، مقدار عناصر ماکرو (N، P و K) و مقدار عناصر میکرو (Fe، Zn ، Cu، و Mn) تعیین شدند (جدول ۲). بافت خاک محل آزمایش از نوع سیلت‌لومی بود. بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک مقدار عناصر فسفر و پتاسیم خاک در حد متعادل قرار داشت و نیازی به مصرف کودهای فسفره و پتاسه نبود. اما قبل از کاشت، ۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به عنوان استارتر و ۲۰ تن در هکتار کود دامی جهت افزایش کربن آلی خاک استفاده شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین (شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته)، کاشت در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۱۳۹۲ در وسط پشته انجام گردید. فاصلهٔ روی ردیف ۱۰سانتی‌متر و فاصلهٔ بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت پنج ردیف منظور شد که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه بودند. طول کرت‌ها ۷/۵ متر بود و در هر ردیف ۷۵ عدد بذر به‌صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متر کشت گردید. بذور ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد، ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جهت آلوده‌کردن بذور به باکتری ریزوبیوم همزیست نخود[1]، مایه تلقیح تجاری این باکتری از شرکت زیست‌فناوری مهر آسیا در تهران تهیه شد و مطابق با روش توصیه‌شده توسط این شرکت، به‌صورت بذرمال، به‌طور یکسان برای کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت (Izadi Darbandi & Akram, 2012). به منظور آلوده‌کردن خاک مزرعه به قارچ *Glomus mosseae*، این قارچ از کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک در همدان تهیه شد و مطابق با روش توصیه شده توسط این شرکت، قبل از کاشت بذور، در تیمارهای مورد نظر ۳۰ گرم از خاک آلوده به میسیلیوم قارچ مذکور در محل قرارگیری بذر بر روی پشته ریخته شد (Kamaei, 2014) و برای آلوده‌کردن خاک مزرعه به قارچ *Piriformospora indica* ، بذور جوانه‌زدهٔ ۲روزهٔ نخود در محیط مایهٔ حاوی این قارچ، غوطه‌ور شده و سپس مورد کشت قرار گرفتند (Harrach, 2009). محیط کشت قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا جهت تکثیر، به‌صورت محیط کشت جامد آماده‌سازی گردید (Kumar *et al.*, 2011; Namvar, 2014). سپس قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بر روی پلیت‌ها تلقیح و پتری‌ها جهت تکثیر قارچ به گرم‌خانه منتقل شدند.

در طول فصل رشد، سه مرتبه عملیات وجین در تاریخ های ۱۷ و ۲۳ اردیبهشت‌ماه و ۴ خردادماه و دو مرتبه عملیات سمپاشی با سم دیازینون جهت مبارزه با کرم هلیوتیس با غلظت یک در هزار در تاریخ های ۲۴ و ۳۰ اردیبهشت‌ماه به‌طور یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت پذیرفت. برای کلیهٔ تیمارها آبیاری در سه مرحلهٔ پس از کاشت، شروع گلدهی و غلاف‌دهی انجام گردید (هنگامی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت به گل رفته بودند، شروع گلدهی و زمانی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت دارای غلاف شده بودند، شروع غلاف‌دهی تلقی گردید (IBPGR., ICRISAT & ICARDA, 1993).

میزان کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کاروتنوئیدهای برگ‌ها نیز در زمان ۵۰ درصد گلدهی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Wellburn, 1994) تعیین گردید. (وقوع ۵۰درصد گلدهی زمانی است که نصف بوته‌های سه ردیف میانی هر کرت، گل‌دار شده باشند (IBPGR., ICRISAT & ICARDA, 1993). در طول فصل رشد در تاریخ‌های ۳۲، ۵۱، ۶۵، ۷۵، ۸۱ و ۸۷ روز پس کاشت، سه بوته از نیمه بالایی هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و ابتدا سطح برگ، با دستگاه ارزیابی سطح برگ (مدل Li-1300) اندازه‌گیری شد، سپس ماده خشک بوته از طریق قرارگرفتن آن‌ها در دمای ۷۵درجهٔ سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت ارزیابی گردید. در اواسط گلدهی شاخص سبزینگی برگ‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه SPAD مورد ارزیابی قرار گرفت؛ بدین ترتیب که قرائت‌گیری از سه بوته در هر کرت انجام گردید و برای قرائت‌گیری با دستگاهSPAD، از برگچهٔ نوک در اولین برگ کاملاً توسعه‌یافته از قسمت بالای ساقه استفاده شده و به ازای هر گیاه فقط یک قرائت‌گیری انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شدند. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه برداشت و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، عملکردهای بیولوژیک و دانه به تفکیک اندازه‌گیری شده و از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک،

۱. *Mesorhizobium ciceri*

شاخص برداشت محاسبه و برحسب درصد گزارش گردید. ژنوتیپMCC80 در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۳، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC392، MCC693، MCC696، MCC427 و MCC950 در ششم تیرماه و ژنوتیپMCC537 در هشتم تیرماه ۱۳۹۳ آماده برداشت شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم گراف‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و MSTAT-C صورت پذیرفت. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده در آزمایش
Table 1. Traits of chickpea genotypes used in experiment

کدشناسه دربانک بذر پژوهشکده گیاهی Identifying code in seed bank of plant Institute	منبع مورد استفاده Used sources	منشأ و نام ژنوتیپ Origin and name of genotype
MCC[1] 80	Ganjeali *et al.*, 2011(a)	ایران، ۵۳۱۱-Iran, 5311
MCC 358	Ganjeali & Bagheri, 2010	ایران، رقم کرج- Iran, Karaj cultivar
MCC 361	Ganjeali & Bagheri, 2010	ایران، رقم جم- Iran, Jam cultivar
MCC 392	Ganjeali *et al.*, 2011(a)	ایران، توده بومی کرمانشاه- Iran, native lot of Kermanshah
MCC 427	Ganjeali *et al.*, 2011(b)	ایران، توده بومی بجنورد- Iran, native lot of Bojnurd
MCC 537	Ganjeali *et al.*, 2011(a)	ایران، توده بومی گناباد- Iran, native lot of Gonabad
MCC 693	مذاکرات شخصی (پُرسا، ح. ۱۳۹۳؛ مسئول بانک بذر) Personal negotiations (Seed Bank Manager)	ایران- Iran
MCC 696	Abrishamchi *et al.*, 2012	ایران- Iran
MCC 950	Mansoorifar *et al.*, 2012	ایران، رقم هاشم- Iran, Hashem cultivar

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش
Table 2. Traits of soil of experiment location

رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	ماده آلی (٪) OC (%)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn (ppm)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (ppm)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (ppm)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (ppm)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (ppm)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (ppm)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) N (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس برمتر) EC (dS/m)	اسیدیته pH
5.53	65.34	29.13	0.87	17.152	1.410	1.516	7.620	413	38	861	4.26	7.29

نتایج و بحث

کلروفیل

اثر سطوح کود زیستی بر روی کلروفیل a برگ نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار کلروفیل a برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی کلروفیل a برگ را به ترتیب به میزان ۱۱/۵۳ و ۱۲/۳۰ درصد افزایش داد. اما دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). تأثیر کلروفیل a به عنوان فاکتور اصلی مراکز واکنش فتوسنتزی و نقش کلروفیل b در قالب رنگریزهٔ آنتنی و پدیدهٔ قیف انرژی دیر زمانی است که شناخته شده است (Taiz & Zeiger, 2006) و افزایش مقادیر آن‌ها بواسطهٔ استفادهٔ تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا، در افزایش سرعت و میزان فتوسنتز و به دنبال آن ارتقای ظرفیت فتوسنتزی گیاه نخود تأثیرگذار خواهد بود (Kafi *et al.*, 2010). این موضوع افزایش ماده خشک تولیدی گیاهان نخودِ تیمارشده با ریزوبیوم و میکوریزا را منطقی جلوه می‌دهد. با این حال، با توجه به معنی‌داری اثر تیمار ریزوبیوم و

۱. Mashhad Chickpea Collection

میکوریزا بر روی مقادیر کلروفیل‌های a و b غیرمعنی‌دارشدن مقدار کلروفیل کل در گیاهان تحت تیمارهای کودهای زیستی، برای محقق این پژوهش قابل توجیه نبود. با این وجود، با توجه به این که صفات مذکور دارای ضریب تغییرات پایینی هستند، لذا علت غیرمعنی‌دارشدن آن‌ها نمی‌تواند خطای آزمایش قلمداد شود (Farshadfar & Javadi Niya, 2011).

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل a برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با مقدار ۰/۳۱۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان کلروفیل a را از خود نشان داد، اما ژنوتیپ‌های MCC427، MCC392، MCC696 و MCC693 به همراه ژنوتیپ MCC537 از این نظر در یک کلاس آماری قرار گرفتند. همچنین بین مقدار کلروفیل a ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC80 و MCC950 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲-الف). علاوه بر این، اثر متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل b برگ آن در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، اما اختلاف ناچیزی از این نظر بین تیمارهای مورد بررسی وجود داشت، به‌طوری‌که در بین تیمارهای مورد بررسی، ۱۱ تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند. با این وجود، برای دو ژنوتیپ MCC696 و MCC950 مصرف کودهای میکوریزایی سبب افزایش کلروفیل b برگ نشد (جدول ۴). همچنین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC358، MCC80 و MCC392 در سطوح مختلف کود زیستی، کلروفیل b بالایی را از خود نشان دادند که حاکی از پتانسیل بالای این ژنوتیپ‌ها در سنتز کلروفیل b می‌باشد (جدول ۴). اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل کل برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل در ژنوتیپ MCC537 و کمترین آن در ژنوتیپ MCC950 مشاهده گردید، اما بین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC693، MCC80 و MCC392 و همچنین بین ژنوتیپ های MCC950، MCC696، MCC361 و MCC358 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲-ب). با توجه به این‌که سه ژنوتیپ MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر هر سه نوع کلروفیل a، b و کل بالاترین میزان‌ها را به خود اختصاص دادند، به نظر می‌رسد که این سه ژنوتیپ از نظر تولید کلروفیل، از پتانسیل‌های بالایی برخوردار باشند.

کاروتنوئیدها

اثر سطوح کود زیستی بر روی کاروتنوئیدهای برگ نخود در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار کاروتنوئیدهای برگ به‌طور معنی داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی کاروتنوئیدهای برگ را به ترتیب به میزان ۴/۷۱ و ۴/۶۲ درصد افزایش داد. اما، بین دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل۳). کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرونوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند. کاروتنوئیدها به کاروتن‌های هیدروکربنی مانند لیکوپن و بتاکاروتن یا گزانتوفیل‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (Kafi *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد که مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا در تأمین سوبسترای لازم برای بیوسنتز کاروتنوئیدها موفق‌تر از دو تیمار دیگر عمل کرده است. Parsa Motlagh *et al*, (2011) نیز در گزارش‌های خود، تأثیر معنی‌دار قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradisces* بر افزایش غلظت کاروتنوئیدهای لوبیا را در مقایسه با شاهد (عدم مصرف قارچ) بیان نمودند. البته این محققان بین تأثیر این دو سویه قارچ بر روی غلظت کاروتنوئیدها اختلاف معنی‌داری ملاحظه نکردند.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کاروتنوئیدهای برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئید در ژنوتیپ MCC537 و کمترین آن در ژنوتیپ MCC950 مشادهد گردید. اما بین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC247 و MCC392 همچنین بین ژنوتیپ های MCC950، MCC696، MCC361 و MCC358 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴). با توجه به این‌که سه ژنوتیپ MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر غلظت کاروتنوئیدها بالاترین میزان را به خود اختصاص دادند، چنین برمی‌آید که این سه ژنوتیپ از نظر تولید کاروتنوئید، از پتانسیل بالایی برخوردار باشند. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر تولید رنگریزه های فتوسنتزی قابلیت‌های متفاوتی با هم دارند. Kafi *et al*, (2010) نیز در مطالعاتشان بر روی بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک ۱۱ ژنوتیپ نخود، تغییرات فاحشی را در

ژنوتیپ‌های مورد تحقیق خود مشاهده نمودند. این پژوهشگران بیشترین مقدار کاروتنوئید را در سطح شوریِ ۱۲ dS/m، برای ژنوتیپ‌های MCC674، MCC544 و MCC783 گزارش کردند.

در تحقیقی دیگر، پاسخ‌های فیزیولوژیکی ۳۵ ژنوتیپ نخود در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه مقدار کاروتنوئید، در ژنوتیپ‌های Flip03-63C، Flip03-87C، Flip05-59C، Flip05-153C، Flip05-74C و Flip05-143C در شرایط تنش خشکی کاهشی از خود نشان نداد (Talebi *et al.*, 2013).

پروتئین بافت‌های گیاهی

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت پروتئین در دو ژنوتیپ MCC537 و MCC427 تحت شرایط مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا (به ترتیب به میزان ۱۴/۹۴ و ۱۶/۱۲ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید.

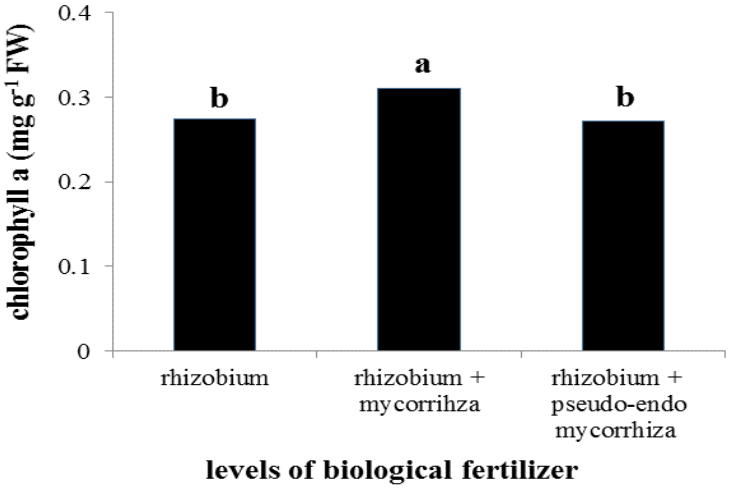
جدول ۴- اثرات متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی صفات کلروفیل b، پروتئین بافت‌های گیاه، عملکردهای بیولوژیک و دانه و شاخص برداشت

Table 4. Mean comparisons for interactions of biological fertilizer and chickpea genotypes on chlorophyll b, protein of plant tissues, biological yield, seed yield and harvest index

کود زیستی Biological fertilizer	ژنوتیپ genotype (MCC)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم‌درهکتار) Biological yield (Kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) HI (%)	پروتئین بافت‌های گیاه Protein of plant tissues (mg g^{-1})
ریزوبیوم Rhizobium	696	0.243 c-f	1134 i-k	4340 ijkl	26.15 hi	7.856 c-f
	358	0.256 a-f	925 kl	4026 klmn	23.00 jk	6.285 ef
	361	0.213 fg	876 kl	3979 lmno	22.01 k	6.747 d-f
	693	0.150 g	1370 g-j	4530 hij	30.23 f	8.950 b-f
	950	0.228 ef	790 l	4329 ijkl	25.17 hij	7.022 c-f
	392	0.283 a-f	1907 de	5132 ef	37.14 cd	8.835 b-f
	80	0.291 a-f	1488 gh	3837 no	38.77 abc	6.743 d-f
	427	0.308 a-e	1957 c-e	5330 de	36.70 cd	10.200 b-d
	537	0.301 a-e	2085 b-e	5486 cde	37.99 bcd	11.510 b
ریزوبیوم + میکوریزا Rhizobium + Mycorrihza	696	0.235 d-f	1187 h-k	4455 ij	26.64 gh	8.975 b-f
	358	0.259 a-f	1285 h-j	4429 ij	28.96 fg	7.506 c-f
	361	0.246 b-f	1185 h-k	4278 ijklm	27.71 fgh	7.581 c-f
	693	0.329 a	1431 g-i	4912 fg	29.10 fg	10.410 bc
	950	0.228 h-j	1124 i-k	4366 ijk	25.67 hij	7.635 c-f
	392	0.325 ab	2352 b	5823 c	40.39 ab	7.856 c-f
	80	0.315 ab	1615 fg	3947 mno	40.92 a	6.814 d-f
	427	0.301 e	2226 bc	6596 b	33.74 e	14.940 a
	537	0.326 b-d	2730 a	7180 a	38.02 bcd	16.120 a
ریزوبیوم + شبه‌میکوریزای داخلی Rhizobium + Pseudo-endo mycorrihza	696	00.241 h-j	1085 j-l	4220 jklm	25.68 hij	7.169 c-f
	358	0.254 i-k	924 kl	3925 mno	23.62 ijk	5.579 f
	361	0.255 f-h	1094 j-l	3926 mno	27.87 fgh	6.208 ef
	693	0.251 f	1375 g-j	4613 ghi	29.81 f	8.431 b-f
	950	0.232 f	1347 g-j	4550 hij	29.60 f	6.454 ef
	392	0.296 cd	1817 ef	4866 fgh	37.32 cd	7.850 c-f
	80	0.280 de	1302 h-j	3650 o	35.66 de	6.733 d-f
	427	0.303 a-c	2099 b-e	5359 de	39.16 abc	9.002 b-f
	537	0.302 a-c	2203 b-d	5674 cd	38.82 abc	9.506 b-e

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد (برای کلروفیل b) و در سطح یک درصد (برای سایر صفات) با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 5% (for chlorophyll b) and 1% (for other traits).

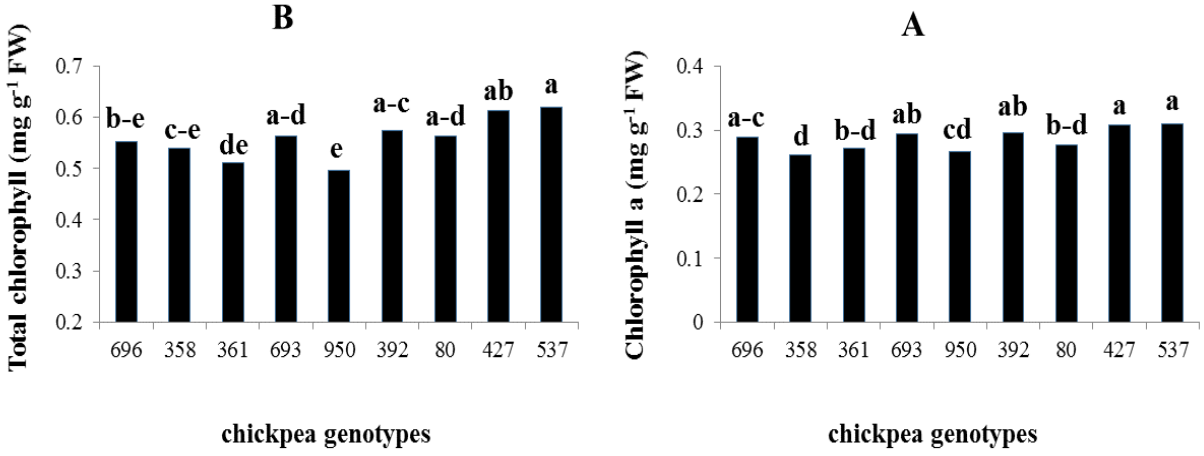


شکل ۱- اثر سطوح کود زیستی بر کلروفیل a نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 1. Effects of biological fertilizer on chlorophyll a of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.



شکل ۲- اثر ژنوتیپ بر روی مقادیر کلروفیل نخود

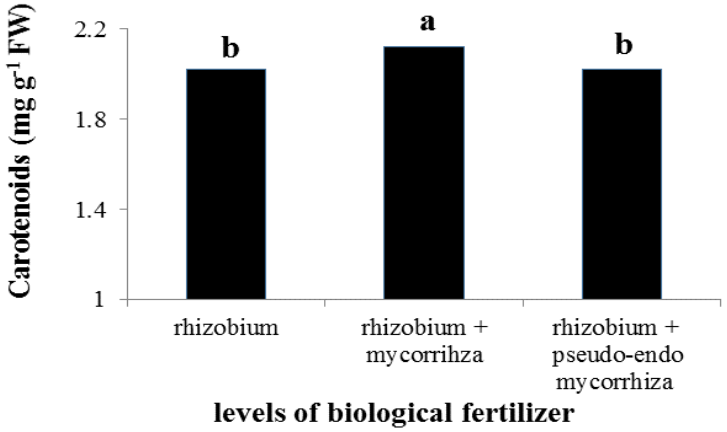
الف و ب، به ترتیب اثر ژنوتیپ بر مقدار کلروفیل‌های a و کل هستند.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. Effect of chickpea genotypes on contents of chickpea chlorophyll

A and B are effects of chickpea genotypes on chlorophyll a and total chlorophyll, respectively.

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

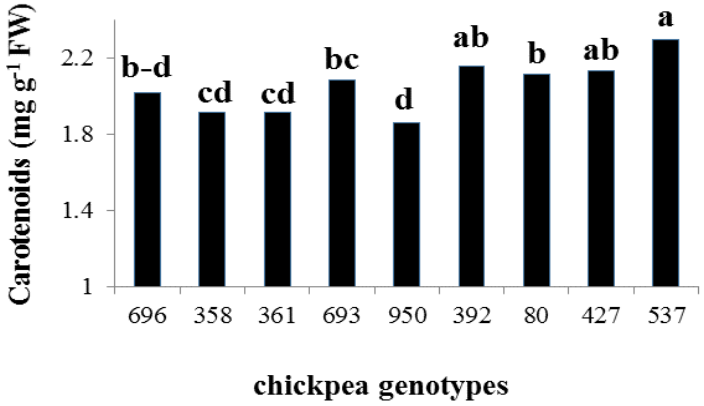


شکل ۳- اثر سطوح کود زیستی بر روی میزان کاروتنوئیدهای برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 3. Effect of biological fertilizer on contents of leaf carotenoids of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 5%.



شکل ۴- اثر ژنوتیپ بر روی مقدار کاروتنوئید برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 4. Effect of chickpea genotypes on contents of leaf carotenoids of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

در سایر تیمارها میزان پروتئین بافت‌های گیاهی حتی به ۱۱/۶ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید. البته ۲۱ تیمار از ۲۷ تیمار مورد بررسی در این تحقیق، از نظر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). با این وجود، مصرف میکوریزا به همراه ریزوبیوم توانست در دو ژنوتیپ MCC537 و MCC427 سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی گردد. به نظر می‌رسد که کاربرد میکوریزا به همراه ریزوبیوم به واسطهٔ تأمین عناصر غذایی لازم (خصوصاً نیتروژن) برای سنتز پروتئین در بافت‌های گیاهی، باعث افزایش پروتئین‌های گیاهی در دو ژنوتیپ MCC537 و MCC427 شده است. در همین راستا، Mehr (2011) Puyan & Shirani Rad در بررسی تثبیت بیولوژیکی

نیتروژن در نژادهای بومی و غیربومی لوبیا گزارش کردند که بیشترین درصد پروتئین دانه از تلقیح بذور با نژاد L-125 و کمترین آن در تیمار عدم تلقیح و کود به دست آمد. Naseri *et al*, (2011) نیز در گزارش خود، تفاوت‌های معنی داری را بین سه رقم نخود از نظر پروتئین دانه، تحت تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته عنوان کردند.

شاخص سبزینگی

اثر سطوح کود زیستی بر روی شاخص سبزینگی برگ‌های نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که شاخص سبزینگی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا به‌طور معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر برتری داشت و در این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی شاخص سبزینگی به ترتیب به میزان ۸/۰۳ و ۱۱/۳۹ درصد بیشتر بود (شکل ۵). با توجه به برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در خصوصیات نیتروژن بافت‌های گیاهی و کلروفیل برگ (خصوصاً کلروفیل a)، برتری این تیمار در صفت شاخص سبزینگی نسبت به دو تیمار دیگر منطقی به نظر می‌رسد. چرا که نیتروژن جزء لاینفک ساختمان کلروفیل بوده و کلروفیل‌مترِ SPAD-502 نیز مقدار کلروفیل پهنک برگ را که تخمینی از مقدار نیتروژن برگ است نشان می‌دهد. Ghalavand *et al*, (2012) نیز در تحقیقات خود بر روی کاربرد چهار ترکیب کود زیستی باکتری های باسیلوس[۱] و سدوموناس[۲] (B_1)، قارچ تریکودرما[۳] (B_2)، مصرف تلفیقی باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما (B_3) و عدم مصرف باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما به عنوان شاهد (B_4) را بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود گزارش کردند که مصرف تلفیقی باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی که معیاری از کلروفیل برگ است، گردید. آن‌ها این موضوع را به تأثیر مثبت باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما بر روی فعالیت ریزوبیوم در محیط ریزوسفر نخود و فراهمیِ بیشتر عناصر مؤثر در ساختمان و تشکیل کلروفیل مانند منیزیم و خصوصاً نیتروژن نسبت دادند.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی شاخص سبزینگی برگ‌های آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با مقدار ۳۳/۸۴، بیشترین قرائت SPAD را از خود نشان داد. البته این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC392 در یک گروه آماری قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC361 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، پایین‌ترین شاخص سبزینگی را از خود نشان دادند (شکل ۶). با توجه به این‌که کلروفیل‌مترِ SPAD-502 تخمینی از مقدار کلروفیل پهنک برگ است (Arshadi, 2008; Abbasi, 2020)، لذا به نظر می‌رسد که برخی از ژنوتیپ‌های نخود از قابلیت بالاتری برای سنتز کلروفیل در برگ‌های خود برخوردار باشند.

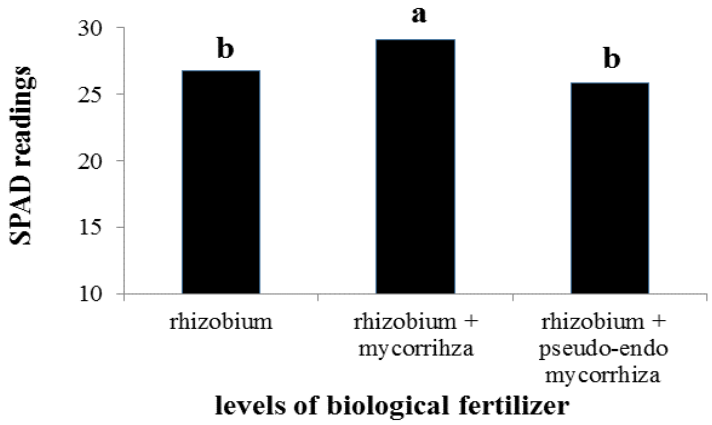
الگوی تجمع ماده خشک

به‌طور کلی روند تجمع ماده خشک در بین تیمارهای مختلف در این تحقیق، مشابه یکدیگر و به صورت سیگموئیدی بود (شکل A-۷). در کلیه تیمارهای آزمایش الگوی تجمع ماده خشک به گونه‌ای بود که کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، از وزن خشک تمام تیمارها کاسته شد که می‌توان این موضوع را به زردشدن و ریزش برگ‌ها و تشدید رقابت در اواخر فصل رشد نسبت داد (Khaje Poor, 2004; Koocheki & Sarmad Nia, 2008). مقایسه الگوی تجمع ماده خشک در بین سطوح مختلف کود زیستی، نشان داد که در نمونه‌گیری اول اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت، اما از نمونه‌گیری دوم به بعد، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مشاهده شد و کاربرد تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید و این روند تقریباً تا انتهای فصل رشد ادامه داشت. به عبارت بهتر، از نمونه‌گیری دوم به بعد و با حرکت به سمت انتهای فصل رشد، برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر شد، به‌طوری‌که در انتهای فصل رشد، برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا کاملاً محسوس بود (شکل A-۷). نتایج این آزمایش نشان داد که نخود گیاهی است که به خوبی به مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا پاسخ مثبت نشان می‌دهد و با مصرف این کودهای بیولوژیک، رشد اندام هوایی آن افزایش می‌یابد. چنین بر می‌آید که همزیستی سه‌گانهٔ گیاه، باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا می‌تواند اثربخشی چشمگیری در ماده خشک تولیدی گیاه نخود داشته باشد.

۱. *Bacillus lentus*

۲. *Pseudomonas putida*

۳. *Trichoderma harzianum*

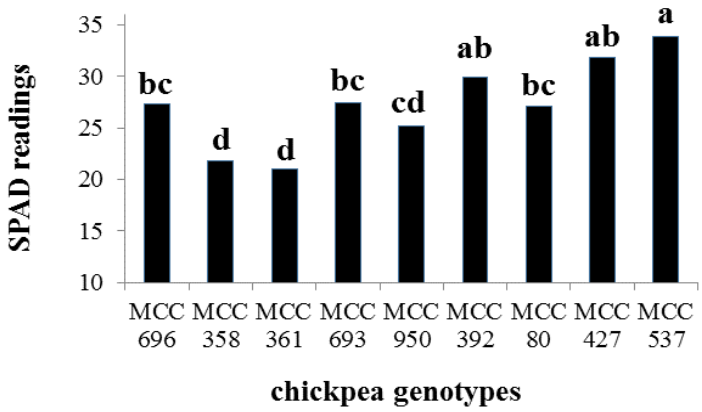


شکل ۵- اثر سطوح کود زیستی بر روی شاخص سبزینگی برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 5. Effect of biological fertilizer on SPAD reading of chickpea leaf

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.



شکل ۶- اثر ژنوتیپ بر روی شاخص سبزینگی برگ نخود

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 6. Effect of chickpea genotypes on SPAD reading of chickpea leaf

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

نتایج مشابهی توسط محققان دیگر گزارش شده است که مؤید تأثیر مثبت کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بر روی عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. Rodelas *et al*, (1999) نیز در آزمایشی کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای زیستی باکتری های ریزوبیوم (سویه لگومینوزاریوم[۱]) و ازتوباکتر (گونه چروکوکوم[۲]) را بر روی گیاه باقلا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند که اثر کاربرد تلفیقی این کودها بر روی افزایش وزن خشک اندام هوایی باقلا به مراتب بیشتر از کاربرد کود ریزوبیوم به تنهایی بود. Rezvami *et al*, (2009) نیز در تحقیقات خود با بررسی اثر چهار سویهٔ میکوریزای

۱. *Rhizobium leguminosarum*

۲. *Azotobacter chroococcum*

Glomus mosseae، *G. etanicatum*، *G. intraradices* و ترکیبی از *G. mosseae*، *G. fasciculatum* و *Gigaspora hartiga* بر روی گیاه یونجه، به نقش مثبت میکوریزا بر روی خصوصیات زراعی گیاه یونجه اشاره کرده و در این بین، اثر سویهٔ *G. mosseae* را بر روی این خصوصیات (از جمله وزن خشک اندام هوایی) بیشتر از سویه‌های دیگر دیدند. در بررسی روند تجمع ماده خشک در بین ژنوتیپ‌های نخود، برتری ژنوتیپ‌های MCC537 و MCC427 از نمونه‌گیری دوم به بعد کاملاً محسوس بود، چرا که این دو ژنوتیپ، در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در مراحل مختلف نمونه‌گیری، برتری چشمگیری از نظر ماده خشک تولیدی داشتند (شکل ۷-B). به نظر می‌رسد که این دو ژنوتیپ از پتانسیل بالاتری برای تولید ماده خشک در طول فصل رشد برخوردار باشند.

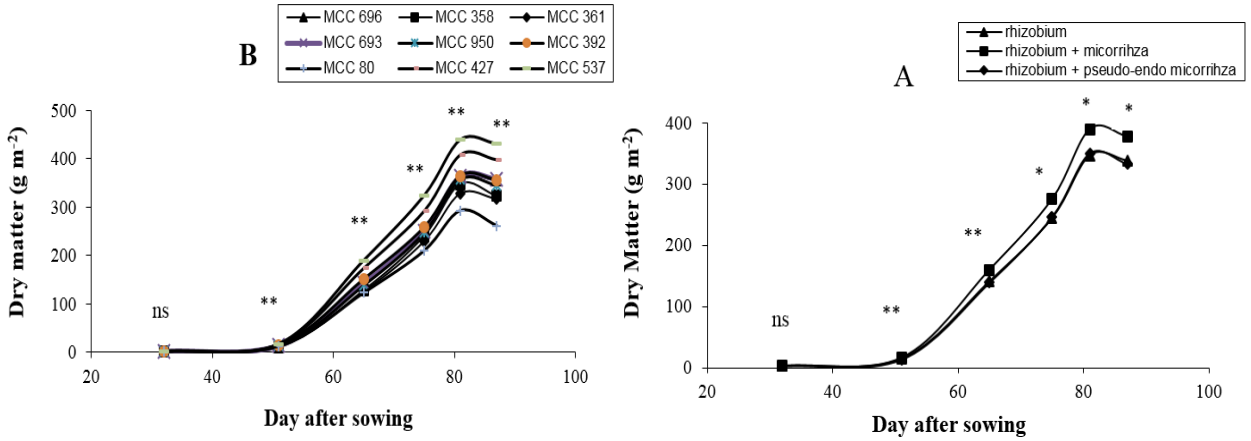
شاخص سطح برگ

روند شاخص سطح برگ، همانند الگوی تجمع مادهٔ خشک، به گونه‌ای بود که کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، از سطح برگ تمام تیمارها کاسته شد که می‌توان این موضوع را به پیرشدن و ریزش برگ‌ها و تشدید رقابت در اواخر فصل رشد نسبت داد (Khaje Poor, 2004; Koocheki & Sarmad Nia, 2008). بررسی روند شاخص سطح برگ در بین سطوح مختلف کود زیستی، نشان داد که در نمونه‌گیری‌های اول، چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و در نمونه‌گیری‌های دوم، سوم و ششم، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مشاهده شد و کاربرد تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید. علاوه بر این، پایش روند شاخص سطح برگ در انتهای فصل رشد بازگوکنندهٔ افزایش سطح زیرین منحنی شاخص سطح برگ در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا بود که البته این مهم، در نمونه‌گیری پنجم غیرمعنی‌دار و در نمونه‌گیری ششم معنی دار بود (شکل ۸-A). این موضوع مبین آن است که مصرف ریزوبیوم و میکوریزا علاوه بر افزایش شاخص سطح برگ، می‌تواند تا حدی در ارتقای دوام سطح برگ نیز مؤثر باشد. همچنین در بررسی روند شاخص سطح برگ در بین ژنوتیپ‌های نخود، برتری ژنوتیپ MCC537 و پس از آن، ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC392 از نمونه‌گیری دوم به بعد کاملاً محسوس بود (شکل ۸-B). از طرف دیگر، ژنوتیپ MCC80 هم از نظر الگوی تجمع ماده خشک و هم از نظر روند شاخص سطح برگ، پایین‌ترین منحنی را به خود اختصاص داد. این موضوع نشان‌دهندهٔ داشتن جثهٔ کوچک و احتمالاً زودرسی برای این ژنوتیپ می‌باشد و بازگوکنندهٔ آن است که شاید این خصوصیات بتوانند تحت شرایط برخی از تنش‌های محیطی، با وجود پایین‌بودن ماده خشک تولیدی، از کاهش چشمگیر عملکرد ممانعت کرده و تا حدی در ثبات عملکرد آن مؤثر باشند.

عملکرد دانه

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر این اساس، ژنوتیپ MCC537 در شرایط مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا، با عملکرد دانهٔ ۲۷۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشترین عملکرد را از خود نشان داد (جدول ۴). ضمن آن که این ژنوتیپ، در شرایط مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و همچنین مصرف ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزا، عملکرد بالایی را از خود نشان داد و مقادیر عملکرد آن در این سطوح تیماری، در رتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۴). به‌طور کلی تقریباً عملکرد کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. این نتایج، بازگوکنندهٔ موفقیت همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا و نیز نقش بهتر میکوریزا در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام‌های فتوسنتزی و مخازن نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر می‌باشند.

در همین راستا، Zaidi *et al,* (2003) گزارش نمودند که استفاده از ریزوبیوم به همراه میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات و قارچ میکوریزای‌آرباسکولار، باعث افزایش وزن خشک گره ریزوبیوم می‌شود که خود می‌تواند افزایش عملکرد دانهٔ نخود را به همراه داشته باشد. در تحقیقی دیگر، Rezvani *et al,* (2009) طی بررسی اثر چهار سویه قارچ میکوریزا بر روی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک یونجه، اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا تأثیر مثبتی بر روی بهبود عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه یونجه داشت و در این بین، اثر سویهٔ *G. mosseae* بر روی این خصوصیات بیشتر از سایر سویه‌های به کاررفته در این تحقیق بود. آن‌ها این موضوع را به تأثیر سویهٔ *G. mosseae* بر جذب بهتر آب و مواد غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

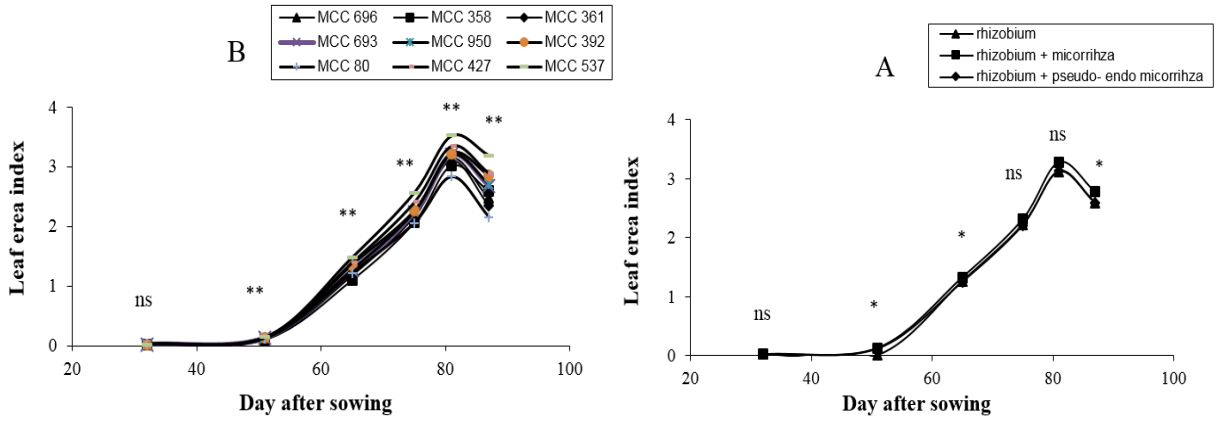


شکل ۷- روند تغییرات ماده خشک بوته در سطوح مختلف کود زیستی (A) و ژنوتیپ‌های نخود (B)

ns، ** و *: به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

Fig. 7. Variations process of dry matter at different levels of biofertilizer (A) and chickpea genotypes (B)

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



شکل ۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود زیستی (A) و ژنوتیپ‌های نخود (B)

ns، ** و *: به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصدو پنج درصد

Fig. 8. Variations process of leaf erea index at different levels of biofertilizer (A) and chickpea genotypes (B)

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

عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی عملکرد بیولوژیک آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که عملکرد بیولوژیک در ترکیب ژنوتیپ MCC537 همراه با مصرف کود ریزوبیوم به همراه میکوریزا به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول۴)، به‌طوری‌که تنها در این تیمار، عملکرد بیولوژیک، بیش از ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و در سایر ژنوتیپ‌ها، مقدار این صفت حتی به ۶۶۰۰ کیلوگرم در هکتار هم نرسید. به‌طور کلی تقریباً عملکرد بیولوژیک کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای بیولوژیک آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و

مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. به نظر می‌رسد که در سه رابطهٔ همزیستی مورد بررسی در این تحقیق، رابطهٔ همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا موفق‌تر عمل کرده و میکوریزا نقش بهتری در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام های فتوسنتزی نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر داشته است. چنین استنباط می‌شود که همزیستی میکوریزایی تأثیر بهتری بر جذب آب و مواد غذایی و نیز فتوسنتز گیاه نخود داشته و این موضوع موجب افزایش بیوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک گیاه نخود گردیده است. این نتایج با یافته‌های Rezvani *et al*, (2009) و Darzi *et al*, (2009) که به ترتیب اثر میکوریزا را بر روی عملکرد بیولوژیک گیاهان یونجه و رازیانه بررسی کردند، هماهنگ است.

شاخص برداشت

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی شاخص برداشت آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین صورت که ترکیب ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا بیشترین شاخص برداشت را نشان داد. هرچند که این تیمار با تیمارهای ژنوتیپ MCC392 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا، ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم (به تنهایی)، ژنوتیپ MCC427 و مصرف ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی و ژنوتیپ MCC537 و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تولید ماده خشک کمتر و در عین حال، کاهش ناچیز عملکرد دانه در ترکیب ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا سبب افزایش نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک و به دنبال آن افزایش شاخص برداشت این تیمار شده است. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ترکیب کودی ریزوبیوم و میکوریزا، افزایش شاخص برداشت در این تیمار منطقی به نظر می‌رسد و از تفسیر نتایج این پژوهش، چنین استنباط می‌شود که همزیستی سه‌گانهٔ نخود، ریزوبیوم و میکوریزا، یک رابطهٔ مسالمت آمیزِ موفق بوده که می‌تواند در افزایش عملکرد و ارتقای سطح تولید نخود مؤثر باشد.

Golubkina *et al*, (2020) در تحقیقات خود در دانشگاه شهر ناپولی ایتالیا به بررسی تأثیر کاربرد قارچ آرباسکولار میکوریزا و برخی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود پرداختند. این محققان گزارش کردند که کاربرد عناصر ریزمغذی به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه نخود نداشت. اما کاربرد آن‌ها به همراه قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت آن گردید. آن‌ها دلیل این پدیده را به توانایی میکوریزا در به‌فرم‌قابل‌جذب‌درآوردن عناصر غذایی و جذب به‌موقع آن‌ها توسط گیاه نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر از برتری میکوریزای *Glomus mosseae* نسبت به دو تیمار شبه‌میکوریزای داخلی و شاهد در بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود حکایت داشت؛ چرا که میکوریزای آرباسکولار از اواسط فصل رشد به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک گیاه نخود شد و سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئیدها و سبزینگی برگ گردید. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، MCC537، MCC427 و MCC392 تقریباً در اکثر صفات مورد بررسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند. در مجموع به نظر می‌رسد که کاربرد میکوریزای آرباسکولار به همراه گونه اختصاصی ریزوبیوم نخود می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود و در نهایت عملکرد دانهٔ این محصول گردد. با توجه به اثربخشی بهتر میکوریزای *Glomus mosseae* و برتری سه ژنوتیپ مذکور از نظر صفات فیزیولوژیک و عملکردی، مطالعه تأثیر سایر سویه‌های جنس *Glomus* بر روی این سه ژنوتیپ پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Abbasi, Z. 2020. Evaluation of sugar beet monogerm O-type lines for salinity tolerance at vegetative stage. African Journal of Biotechnology 19(9): 602-612.
2. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological triats, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 17-30. (In Persian with English Summary).

3. Alimadadi, A., Jansuz, M.R., Besharati, H., and Tavakol Afshari, R. 2010. Evaluate the effect of phosphate-solubilizing microorganisms, mycorrhiza and seed priming on nodulation in chickpea. Journal of Soil Research 24(1): 43-51. (In Persian with English Summary).
4. Arshadi, M.J. 2008. Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and quality of potato (*Agria cv.*). M.Sc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
5. Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A., and Kafi, M. 2017. Evaluation of the effect of chickpea seeds inoculation with rhizobium, arbuscular mycorhiza and like-endo mycorhiza on yield and yield components of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 8(2): 109-125. (In Persian with English Summary).
6. Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G.R. 2007. Siol Biological Fertility. Publication of Jahad Daneshgahi. 311 pp. (In Persian).
7. Baltruschant, H., Fodor, J., Harrach, B.D., Niemczyk, E., Barna, B., Gullner, G., Janeczko, A., Kogel, K., Schafer, P., and Schwarczinger, I. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. New Phytologist 180: 501-510.
8. Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences 10(1): 88-109. (In Persian with Enlish Summary).
9. Diouf, D., Diop, T.A., and Ndoye, I. 2003. Actinorhizal, mycorhizal and rhizobial symbioses: how much do we know? African Journal of Biotechnology 2(1): 1-7.
10. Farshadfar, A., and Javadi Niya, J. 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. Breeding Seed and Plant Journal 1-27(4): 517-537. (In Persian with English Summary).
11. Ford Denison, R., and Toby Kiers, E. 2011. Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi, a Review. Current Biology 21(18): 775-785.
12. Ganjeali, A., and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of root morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 101-110. (In Persian with English Summary).
13. Ganjeali, A., Joveynipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011a. Sellection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) in Neyshabour region. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 27-38. (In Persian with English Summary).
14. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011b. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80. (In Persian with English Summary).
15. Ghalavand, A., Mohammadi, Kh., Aghaalikhani, M., Sohrabi, Y., and Heydari, Gh. 2012. Effects of different organic and biological fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 94: 41-49. (In Persian with English Summary).
16. Golubkina, N., Gomez, L.D., Kekina, H., Cozzolino, E., Simister, R., Tallarita, A., Torino, V., Koshevarov, A., Cuciniello, A., Maiello, R., Cenvinzo, V., and Caruso, G. 2020. Joint selenium-iodine supply and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation affect yield and quality of chickpea seeds and residual biomass. Plant Journal 9(804): 1-18.
17. Harrach, B.D. 2009. Abiotic and biotic stress effects on barley and tobacco plants. Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest.
18. IBPGR., ICRISAT and ICARDA. 1993. Description for Ckickpea (*Cicer arietinum* L.). Printed by ICRISAT.
19. Izadi Darbandi, A., and Akram, L. 2012. Investigate the effect of Pyridate, bentazon and Imazethapyr herbicide on growth, nodulation and biological nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 94-105. (In Persian with English Summary).
20. Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., and Masoumi, A. 2010. Investigation of the effect of salinity stress on some physiological variables of 11 chickpea genotypes in hydroponic environment. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology 1(4): 70-55. (In Persian with English Summary).

21. Kamaei, R. 2014. Effects of plant species and biological, chemical fertilizers and manure on mycorrhiza infectivness under greenhouse conditions. M.Sc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
22. Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculum vulgare Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bio-Resource Technology 93: 307-311.
23. Kari Dolatabadi, H., and Mohamadi Galtapeh, E. 2010. In vivo biological activity of Piriformospora indica, Sebacina vermifera and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. Plant Protection Journal 2(2): 127-143. (In Persian with English Summary).
24. Khaje Poor, M.R. 2004. Principles of Agronomy. Jihad Daneshgahi Publications of Esfahan. (In Persian).
25. Koocheki, A., and Sarmad Nia, Gh. 2008. Crop Physiology. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
26. Koocheki, A., Zand, A., Banayan, M., Rezvani Moghadam, P., Mahdavi Damghani, A., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S. 2005. Plant Eco-Physiology. Vol. 2. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
27. Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V.S. 2011. High-density spore production of *Piriformospora indica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bioresource Technology 102: 3169-3175.
28. Mansoorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 101-110. (In Persian with English Summary).
29. Mehr Puyan, M., and Shirani Rad, A.H. 2011. Comparing the biological nitrogen fixation efficiency, in native and non-native strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. phaseoli in common bean. Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
30. Namvar, P. 2014. Evaluation of effects of Piriformospora indica on nitrogen and phosphorus uptake in corn. MSc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
31. Naseri, R., Siyadat, 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 chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
32. Parsa Motlagh, B., Mahmudi, S., Siari, M.H., and Naghi Zadeh, M. 2011. Effect of Mycorrhiza and phosphorus fertilizer on the concentration of photosynthetic pigments and nutrients concentrations of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in saline stress conditions. Journal of Agroecology 3(2): 233-244. (In Persian with English Summary).
33. Prajapati, K., Yami, K.D., and Singh, A. 2008. Plant growth promotional effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and vermicompost on rice plant. Nepal Journal of Science and Technology 9: 85-90.
34. Rasae, B., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., and Najaphy, A. 2013. Reducing effects of drought stress by application of humic acid, Mycorrhiza and Rhizobium on chickpea. Journal of Agriculture and Crop Sciences 5-16: 1775-1778.
35. Rezvami, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Noor Mohamadi, Gh., Zafariyan, F., and Teymuri, S. 2009. The effect of different strains of mycorrhizal fungi on root characteristics and concentrations of phosphorus, potassium, iron, zinc on Alfalfa (*Medicagi sativa* L.). Journal of modern Knowledge of Agriculture 5(15): 55-67. (In Persian with English Summary).
36. Rodelas, B., GonzaÂlez-LoÂpez, J., Pozo, C., SalmeroÂn, V., and MartõÂnez-Toledo M.V. 1999. Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to combined inoculation with *Azotobacter* and *Rhizobium leguminosarum* bv. Viceae. Applied Soil Ecology 12: 51-59.
37. Shrimant Shridhar, B. 2012. Review: nitrogen fixing microorganisms. International Journal of Microbiological Research 3(1): 46-52.
38. Singh, D.N., Massod Ali, R.I., and Basu, P.S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000. Hamburg Germany.

39. Stein, E., Molitor, A., Kogel, K.H., and Waller, F. 2008. Systemic resistance in *Arabidopsis* conferred by the mycorrhizal fungus *Piriformospora indica* requires jasmonic acid signaling and the cytoplasmic function of NPR1. Plant Cell Physiology 49: 1747-1751.
40. Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Associates. Inc. Publishers.
41. Talebi, R., Ensafi, M.H., Baghebani, N., and Karami, E. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology 11: 9-15.
42. Verma, S., Varma, A., Rexer, K., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, P. 1998. *Piriformospora indica*, gen: A new root-colonizing fungus. Mycologia 95: 896-903.
43. Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R.., Neumann, C., Wettstein, D., Franken, P., and Kogel, K.H. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceeding of the National Academy of Science 102: 13386-13391.
44. Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology 144: 307-313.
45. Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. 2003. Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 104-121 (Original Research Article)

Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes

Arshadi[1*], Mohammad Javad; Parsa[2], Mahdi; Lakzian[3], Amir; and Kafi[4], Mohammad

1. Ph.D Graduated of Crop Physiology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; parsa@um.ac.ir
3. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; alakzain@yahoo.com
4. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; mkafi36@yahoo.com

Received: 26 April 2020; **Revised:** 10 July 2020
Accepted: 2 January 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86598

How to cite this article:
Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A., and Kafi, M. 2021. Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 104-121.

Introduction

It has been proven that microorganisms such as mycorrhiza and rhizobium can improve the nutrients absorption in crops such as chickpea. Rhizobiums are effective to provide nitrogen by biological form in crops and mycorrhizal fungi are involved to supply biological phosphorus to the plants. Among them, the endo myccorihza (or Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) that abbreviated VAM, in creation of symbiosis with the roots of crops such as legumes have been more successful. Of course, the mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria before create symbiosis with host plant, directly affect in the overlay in rhizosphere environment of host plant. Creating colonies in the roots by mycorrhizal fungi leads to conducive for forming nodulation of rhizobium. Studies have shown that the VAM_s (which are newly named AMF (Arbuscular Mycorrhizal Fungi)) are generally belongs to *Zigomaycota* groups and ecto-myccorihza are mainly to *Basidiomaycota*. But recently a new species of *Basidiomaycota* has been identified with name of *Piriformospora indica* that acts as AMF and is an entophyte fungus (or pseudo endo mycorrihza). It seems that this symbiotic relationship between plants, mycorrhizal and rhizobium can be either normal or adverse environmental conditions, is effective in promoting the product of crop. In Iran, among pluses, chickpea has been allocated the most area under cultivation. Meanwhile, the average yield of irrigated and dryland chickpea is about 1000 and 500 kg ha^{-1}, respectively and Iran is located the lowest ranking among the countries producing this product. Thus, the triplet symbiosis of chickpea, mycorrhiza and rhizobium and also chickpea genotypes response to this symbiosis were examined in this research.

Materials and Methods

This study was conducted to investigate the inoculation of Kabuli seeds of chickpea genotypes with arbuscular mycorrhiza and pseudo endo mycorhiza, in split plot by arrangement of two factors with a randomized complete block design and three replications in Research Field, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2014. Main plots were consisted of three levels of mycorhiza (arbuscular

*** Corresponding Author:** javad_arshadi24@yahoo.com

mycorhiza of *Glomus mosseae*, pseudo endo mycorhiza of *Piriformospora indica* and non-used mycorhiza) and sub plots were consisted of nine genotypes of chickpea: MCC80, MCC358, MCC361, MCC392, MCC427, MCC537, MCC693, MCC696 and MCC950. These genotypes had good yield potentials and selection and presented in the studies on germplasm from the Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad seed bank. Before the sowing, all seeds of genotypes were infected to the symbiotic rhizobium bacteria of chickpea. During the growing season, traits of chlorophyll a and b, carotenoids, SPAD readings and protein of plant tissues were measured and by measuring dry matter and leaf area, their process was investigated under different treatments. Also, at the end of the growing season, seed yield of genotypes was measured.

Results and Discussion

The results indicated that *G. mosseae* significantly increased seed yield and dry matter of chickpea since mid-season upward compared to other treatments. Arbuscular mycorrhiza significantly increased chlorophyll a and chlorophyll b, carotenoids and SPAD readings. Also the most protein of plant tissues belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza in two genotypes of MCC537 and MCC427. The combined application of rhizobium and mycorrhiza increased leaf area index. Evaluation of leaf area index process at the end of the growing season showed an increase in the lower range of leaf area index curve in rhizobium and mycorrhiza treatments, which was not significant in the fifth sampling and was significant in the sixth sampling. Among study genotypes, MCC537 showed the highest seed yield and higher dry matter than other genotypes during the growing season at harvest time. The most content of carotenoids and SPAD readings were in genotypes of MCC537, MCC427 and MCC392.

Conclusion

It seems that application of pseudo endo mycorrhiza had not significant effect on the absorption of seed yield in chickpea. But application of *G. mosseae* along with rhizobium can improve the physiological traits and seed yield of chickpea. Also, in a general conclusion, among the studied genotypes, MCC 537 and MCC 427 were better than the others.

Keywords: Carotenoid؛ Chlorophyll؛ SPAD reading

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰
صفحۀ ۱۳۵-۱۲۲، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 122-135
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84317

تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس)

بهرام کمالی[۱]، علی راحمی کاریزکی[۲*]، عباس بیابانی[۳] و مهدی ملاشاهی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آگرواکولوژی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس؛ bkspkp@gmail.com
۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
۳- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس؛ abbass.biabani@gonbad.ac.ir
۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، mmollashahi@gonbad.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵، بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
کمالی، ب.، راحمی کاریزکی، ع.، بیابانی، ع.، و ملاشاهی، م. ۱۴۰۰. تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۳۵-۱۲۲.

چکیده

به منظور ارزیابی خلأ عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلأ عملکرد، براساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده مربوط به مدیریت زراعی (۴۵ متغیر) از ۴۰ مزرعه در سطح شهرستان گنبد کاووس، استان گلستان در سال ۹۷- ۱۳۹۶، تولید نخودفرنگی با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد پتانسیل، محاسبه‌شده با مدل به‌ترتیب برابر ۷۹۴۱ و ۱۷۷۰۸ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. دلایل این خلأ عملکرد به ترتیب اهمیت عبارت بودند از: میزان بذر مصرفی (۱۹/۵۶ درصد)، میزان نیتروژن مصرفی (۱۷/۰۴ درصد)، دفعات مصرف علف‌کش (۱۵/۰۲ درصد)، مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک (۱۳/۳۴ درصد)، مواد آلی خاک (۱۲/۸۱درصد)، مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک (۱۱/۸۷ درصد)، تجربه کشاورز (۱۰/۳۶ درصد). بنابراین به نظر می‌رسد که با مدیریت صحیح مزارع و درنظرگرفتن عوامل خلأ عملکرد ذکرشده، می‌توان عملکرد نخودفرنگی در شهرستان گنبد را در حدود ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به عملکردهای فعلی کشاورزان، افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: خلأ عملکرد؛ عملکرد پتانسیل؛ علف‌کش؛ نیتروژن

مقدمه

حبوبات نقش مهمی را در تأمین نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کنند و منبع اصلی پروتئین در کشورهای درحال‌توسعه هستند، لذا نقش ویژه‌ای در تولید غذا در این کشورها دارند (Bagheri *et al.*, 2006; Seyedi *et al.*, 2018).

نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) گیاهی از خانواده حبوبات است و با آب و هوای سرد، سازگاری وسیع و مناسبی دارد. این گیاه دارای مقدار زیادی پروتئین خام و نشاسته است و بنابراین سرشار از انرژی می‌باشد (Abasian *et al.*, 2017). ارزیابی وضعیت تولید حبوبات به‌دلیل اهمیت آن‌ها در تغذیه مردم جهان و نقش آن‌ها در طراحی الگوهای کشت ضروری می‌باشد. ازبین‌بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به‌دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند به‌وسیله استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و بهترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به‌دست آید، راهکار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman *et al.*, 2013). بنابراین، کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل یک راهکار مناسب و استراتژیک برای حل این

* **نویسنده مسئول:** rahemi@gonbad.ac.ir

موضوع به‌نظر می‌رسد (Van Ittersum *et al.*, 2013). اولین گام برای تعیین خلأ عملکرد در یک منطقه معین، اندازه‌گیری عملکرد پتانسیل است. منظور از عملکرد پتانسیل، عملکرد یک محصول تحت شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و تنش‌های زیستی می‌باشد. در بیشتر سیستم‌های کشت زراعی اصلی، رسیدن به ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل، به‌عنوان عملکرد قابل حصول و سطح بهینه اقتصادی تولید مورد توجه قرار می‌گیرد (Connor *et al.*, 2011). خلأ عملکرد به صورت اختلاف بین عملکردهای واقعی در مقابل عملکرد به‌دست‌آمده تحت شرایط مطلوب مدیریتی تعریف می‌شود (Lobell *et al.*, 2009). به‌عبارت بهتر، در یک منطقه مشخص، خلأ عملکرد عبارت از اختلاف بین عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی به‌دست‌آمده در مزارع کشاورزان آن منطقه می‌باشد (Van Ittersum *et al.*, 2013). آنالیز خلأ عملکرد، یک تخمین کمّی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (Van Wart *et al.*, 2013).

عملکرد پتانسیل با روش‌های مختلفی اندازه‌گیری و تخمین زده می‌شود، بنابراین با توجه به نحوه برآورد عملکرد پتانسیل می‌توان خلأهای مختلفی را تخمین زد (Lobell *et al.*, 2009). حداقل چهار روش برای اندازه‌گیری عملکرد پتانسیل و در نهایت ارزیابی خلأ عملکرد در سطح محلی گزارش شده که عبارتند از: ۱- آزمایش‌های مزرعه‌ای، ۲- عملکرد رقابتی، ۳- حداکثر عملکردهای کشاورزان بر مبنای پیمایش و ۴- استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی‌شده رشد محصول (Van Ittersum *et al.*, 2013). این چهار مورد، روش‌های تعیین عملکرد پتانسیل و عملکرد قابل حصول هستند که با داشتن عملکرد واقعی و این عملکرد، می‌توان خلأ عملکرد را محاسبه کرد. CPA[1] (تحلیل مقایسه عملکرد) یکی از روش‌هایی است که برای کمی‌کردن خلأ عملکرد استفاده می‌شود. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلأ عملکرد تعیین می‌شوند. در روش CPA با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام محدودیت‌های عملکرد و در نهایت مدل تولید تعیین می‌شود. با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد. برای اجرای موفق روش CPA، مطالعه باید روی یک طبقه خاصی از کاربری زمین متمرکز باشد و نیز سامانه‌های کاربری زمین جهت مطالعات پیمایشی باید شامل دامنه متنوعی از شرایط محیطی و فناوری‌های مختلف باشد (Torabi *et al.*, 2011).

در سال‌های اخیر به علت نگرانی‌های به‌وجودآمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات در این زمینه و در مباحث خلأ عملکرد نیز در سطح جهان رو به افزایش بوده و لازم است تا با استفاده از روش‌های مناسب، اقدام به برآورد میزان خلأ عملکرد و دلایل آن و به عبارت دیگر شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد پتانسیل نمود (Hajjarpour *et al.*, 2017). اکثر مطالعات خلأ عملکرد در ایران مربوط به استان گلستان می‌باشد. Torabi *et al*, (2011) براساس روش تحلیل مقایسه کارکرد به تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان مصرف پتاسیم، تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد در خلأ عملکرد نقش دارند. شناسایی عوامل محدودکننده می‌تواند سبب برطرف‌شدن یا کاهش خلأ عملکرد شود. روش تحلیل مقایسه کارکرد گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرده و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهنده عملکرد اقدام کرد. بررسی عملکردهای سالانه از مزارع سویا در شهرستان کلاله نشان داد که بین متوسط عملکرد به‌دست‌آمده از مزارع کشاورزان با حداکثر عملکرد به‌دست‌آمده در همان سال تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (Mansouri Rad, 2012).

Nekahi *et al*, (2014) با استفاده از روش CPA در بررسی خلأ عملکرد گندم دیم در بندرگز نشان دادند که بین متوسط عملکرد واقعی (۲۲۳۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قابل حصول (۵۶۹۸ کیلوگرم در هکتار)، ۳۴۶۲ کیلوگرم در هکتار خلأ وجود دارد. آنها مهم‌ترین عوامل مؤثر در خلأ عملکرد را در تراکم بوته (۱۵ درصد)، تاریخ کاشت (۳۶ درصد)، رقم (۲۱ درصد) و عدم استفاده از علف‌کش تاپیک و گرانستار (۱۸ درصد) معرفی کردند. Nasiri Mahallati & Koochaki (2009) به‌منظور پهنه‌بندی استان خراسان از نظر پتانسیل عملکرد گندم مطالعه‌ای را انجام دادند و نتایج ایشان نشان داد که خلأ عملکرد در مناطقی که دارای پتانسیل عملکرد بالاتری هستند، بیشتر است. Gharineh *et al*, (2012) نیز مطالعه مشابهی را در استان خوزستان انجام دادند و استان خوزستان را از نظر کشاورزی اقلیمی به سه منطقه تولید گندم تقسیم‌بندی

۱- Comparative Performance Analysis

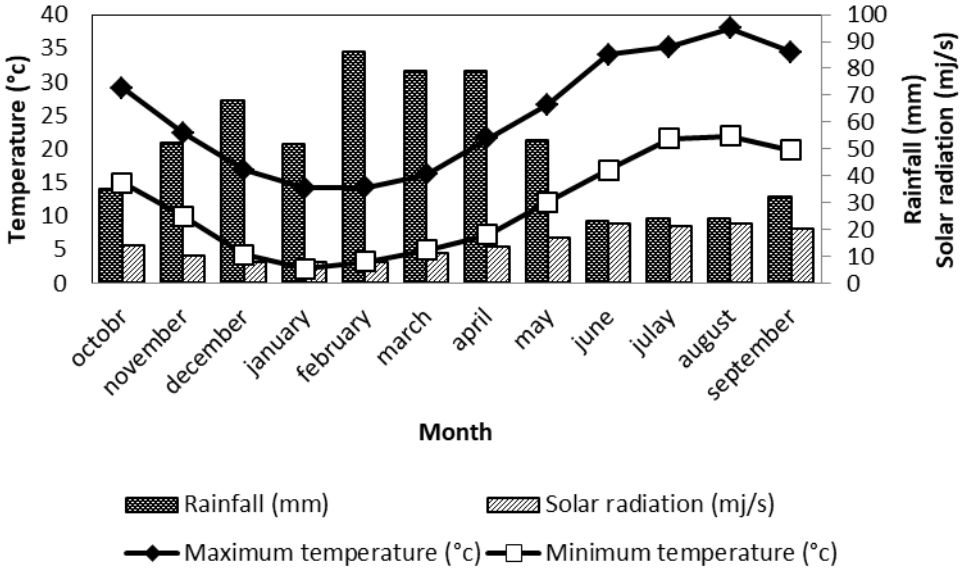
کردند. ایشان اختلاف عملکرد بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی مزارع را در بیشتر موارد، به نامناسب‌بودن عوامل خاکی و ضعف در مدیریت زراعی کشاورزان نسبت دادند.

کاهش عملکرد در مزارع کشاورزان نسبت به عملکرد پتانسیل در واحد سطح و تشخیص عوامل ایجادکننده این خلأ عملکرد، ضرورت اجرای چنین تحقیقی در استان گلستان، شهرستان گنبد کاووس را ایجاب نمود. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور تعیین خلأ عملکرد نخودفرنگی و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آنها در ایجاد خلأ عملکرد در مزارع نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی، آماده‌سازی و مراقبت‌های زراعی

این مطالعه در سال ۹۷-۱۳۹۶ به‌منظور تعیین خلأ عملکرد نخودفرنگی و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلأ عملکرد در مزارع نخودفرنگی در شهرستان گنبد کاووس انجام شد. اطلاعات بیشینه، کمینه و میانگین دما و بارندگی شهرستان در فصل زراعی ۹۷-۱۳۹۶ (مهرماه ۱۳۹۶ لغایت شهریور ۱۳۹۷) در شکل۱ آورده شده است.



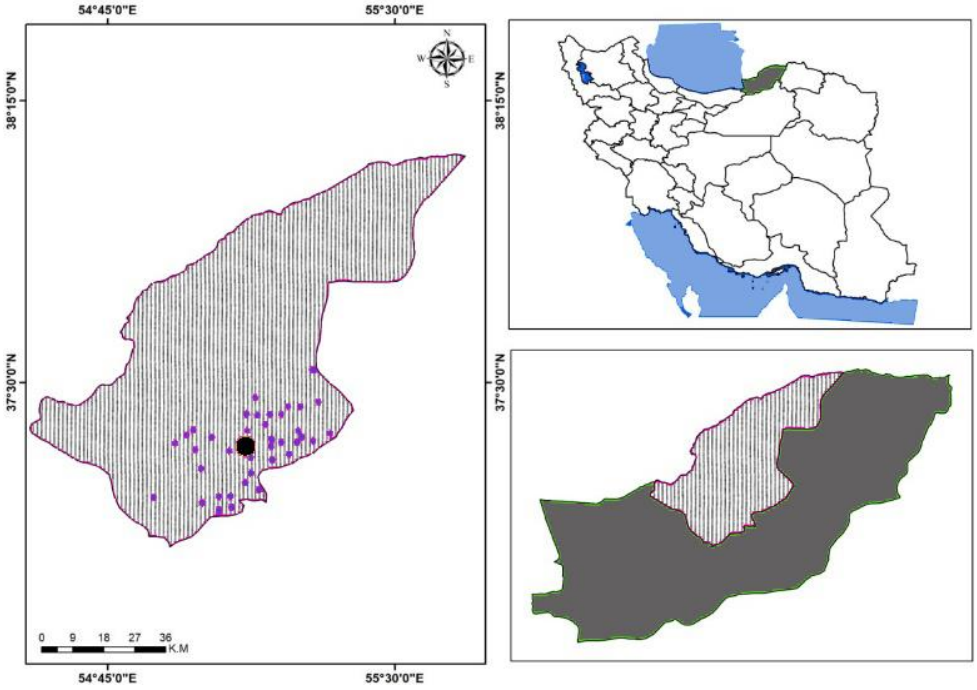
شکل ۱- میانگین بلندمدت ماهانه حداکثر (دایره‌های تاریک) و حداقل دما (دایره‌های روشن)، بارندگی (ستون روشن) و تشعشع خورشیدی (ستون تاریک) در منطقه گنبدکاووس

Fig. 1. Mean long-term monthly maximum (dark circles) and minimum temperature (light circles), rainfall (light column) and solar radiation (dark column) in the Gonbad kavus region

جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد نخودفرنگی نیاز به انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان وجود دارد. بدین منظور حداقل ۴۰ مزرعه نخودفرنگی واقع در محدوده جغرافیایی تعیین شده مورد پایش قرار گرفت. این مزارع منتخب از قسمت‌های شمال گنبدکاووس شامل روستاهای سارلی‌مختوم، عوض‌حاجی، قره‌محمدتپه، آق‌آباد، حاجی‌قوشان، توتلی‌کوچک، امانقرجه و از جنوب گنبدکاووس شامل روستاهای قل‌حاجی، سمبه‌مختوم، کاکا، باغلیمرامه، کوچک‌الوم، زابل‌آباد و از شرق گنبدکاووس شامل روستاهای پشمک‌پناده، قزلجه‌ماتی، اسلام‌آباد، گدایجه، سارجه‌کر، کوچک‌یورت‌شیخان و از غرب گنبدکاووس شامل روستاهای سلطانعلی، حالی‌آخوند، ساری‌بخش، قزاقلی، پتکه و ایمرملاساری شدند (شکل ۲).

عملیات پایش در طی فصل رشد محصول به صورت هفتگی و با دقت انجام گرفته و مشاهدات حاصل از پایش مزارع

ثبت شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که از تنوع کافی از لحاظ مکانی (جهت ایجاد تنوع در خصوصیات مزرعه مانند کیفیت خاک و وسعت مزارع) و زمانی (جهت ایجاد تنوع در عملیات تهیه بستر و تاریخ‌های کشت) و همچنین سطح معلومات و شرایط درآمدی کشاورز و در نهایت از نظر نحوه انجام عملیات، برخوردار باشند و تحت این شرایط، تنوع لازم در نوع روش‌های کاشت، داشت، برداشت و تکنولوژی‌های استفاده‌شده و سایر موارد ایجاد شد.



شکل ۲- نقشه اراضی مورد مطالعه

Fig. 2. Map of the studied lands

جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت یک‌ساله در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ صورت گرفت. اطلاعات مورد نیاز مربوط به مزرعه (موقعیت، جهت شیب و...)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع شخم، تعداد و زمان شخم، دیسک و...)، رقم مورد استفاده (نحوه ضدعفونی بذور، میزان بذر و وسیله کاشت)، زمان‌کاشت، کود (نوع کود، میزان مصرفی کود پایه و کود سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد)، اطلاعات مربوط به خاک و گیاه زراعی در طول فصل رشد و مشکلات تولید از قبیل مشکل ورس، آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز در هر مزرعه از طریق مشاهده، پرسش از کشاورزان و یا اندازه‌گیری تکمیل شد. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های خاک شامل EC، PH، درصد کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب، درصد رس- سیلت-ماسه و کلاس بافت خاک با استفاده از نقشه‌های رقومی موجود در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان حاصل شد.

برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تحلیل مقایسه کارکرد استفاده شد (Torabi *et al.*, 2011). در این روش رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش ابتدا برای تعیین این‌که کدام متغیرها باید در مدل نهایی تولید گنجانده شوند، از گزینش متغیر با استفاده از روش گام به گام[1] استفاده شد (Rezaei & Soltani, 1998). با قراردادن متوسط مشاهده‌شده متغیرها (xها) در مزارع بررسی‌شده در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه گردید. سپس با

1-Step Wise

قراردادن بهترین مقدار مشاهده‌شده متغیرها در مدل، حداکثر عملکرد قابل حصول محاسبه شد. اختلاف بین این دو عملکرد به‌عنوان خلأ عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل‌ضرب مقدار متوسط مشاهده‌شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل‌ضرب مقدار بهترین مشاهده‌شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر نشان‌دهنده مقدار خلأ عملکرد ایجادشده برای آن متغیر بود. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلأ عملکرد بود و به صورت درصد نشان داده شد (Torabi *et al.*, 2011).

در این مطالعه، عملکرد در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته لحاظ گردید و سایر متغیرها از قبیل سن و تجربه کشاورز، تاریخ کاشت، تراکم بوته در مترمربع، مدیریت بقایای گیاهی، نوع خاک‌ورزی، مصرف کودهای پایه و سرک، مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس، مصرف آفت‌کش و علف‌کش، مصرف کود بیولوژیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS (Soltani, 2006) انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و Word صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی خلأ عملکرد نخودفرنگی

در این مطالعه، از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با هفت متغیر مستقل انتخاب شد. این مدل ۷۲ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه نمود ($P<0/0001$) که مدل عملکرد به صورت زیر بود:

معادله ۱- مدل عملکرد

$$Y= 7941–55.5X_1+29.24X_2+236.58X_3+12.45X_4+ 141.56X_5+3.57X_6+4.94X_7$$

که در آن، Y: عملکرد دانه نخودفرنگی (کیلوگرم در هکتار)، X_1: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_2: میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_3: دفعات مصرف علف‌کش، X_4: مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، X_5: درصد مواد آلی خاک، X_6: مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک، X_7: تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی (سال) می‌باشند.

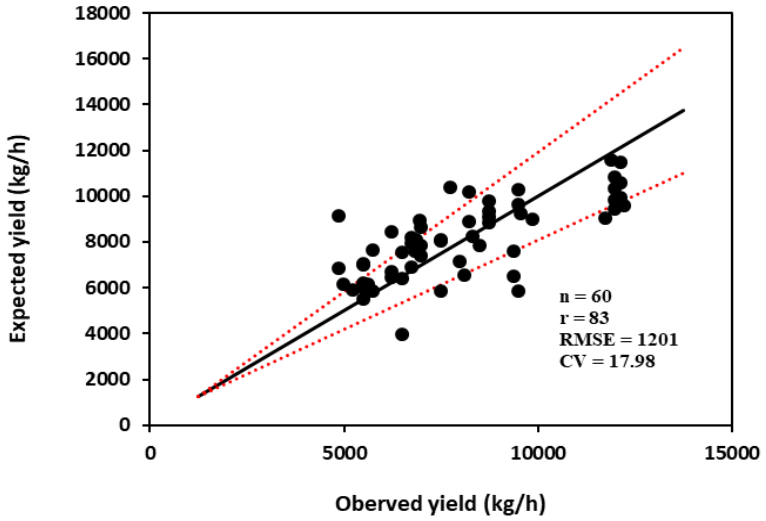
کل خلأ عملکرد نخودفرنگی و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۱ نشان داده شده است. بر طبق مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۷۹۴۱/۲ و ۱۷۷۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار تخمین‌زده‌شده است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و سهم هر یک از عوامل محدودکننده در ایجاد خلأ عملکرد نخودفرنگی

Table 1. Results of stepwise regression analysis and contribution of each limiting factor in pea yield gap

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقادیر متغیر Variable values		عملکرد محاسبه‌شده با مدل Yield calculated by model		خلأ عملکرد Yield gap	
		میانگین Mean	بهینه Optimal	میانگین Mean	بهینه Optimal	مقدار Value	درصد (%)
عرض از مبدأ Width from origin	0.86	4.00	4.00	39283.40	39283.40	-	-
میزان بذر مصرفی Seeding rate	-13.89	209.31	67.48	-2907.44	-937.24	1970.20	19.56
میزان نیتروژن مصرفی Nitrogen rate	7.31	85.40	319.66	624.37	2336.87	1712.50	17.04
دفعات مصرف علف‌کش Frequency of herbicide application	345.00	1.08	5.47	373.75	1886.85	1513.10	15.02
مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک Soil available potassium	3.11	224.36	655.90	698.47	2041.87	1343.40	13.34
مواد آلی خاک Soil organic matter	1035.39	0.652	1.90	674.56	1964.96	1290.40	12.81
مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک Soil available phosphorus	65.89	7.810	25.96	514.63	1710.33	1195.70	11.87
تجربه کشاورز Farmer experience	18.73	22.93	78.63	429.63	1473.03	1043.40	10.36
میانگین عملکرد Mean yield	-	7812.10	11342.00	7941.20	17708.10	1438.38	-

شکل۳، رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین‌زده‌شده توسط مدل تولید با ضریب همبستگی ۰/۸۳ را نشان می‌دهد. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تغییرات مدل به ترتیب ۱۲۰۱ کیلوگرم در هکتار و ۱۷/۹۸ درصد می‌باشد. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود. یافته‌های شکل۳ رابطه بین عملکرد واقعی (مشاهده‌شده) و عملکرد پیش‌بینی‌شده را نشان می‌دهد. این آماره مشخص کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده عملکرد به کار گرفته شود.



شکل ۳- رابطه بین عملکرد مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده

خطوط منقطع نشان دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده‌شده و پیش بینی‌شده هستند.

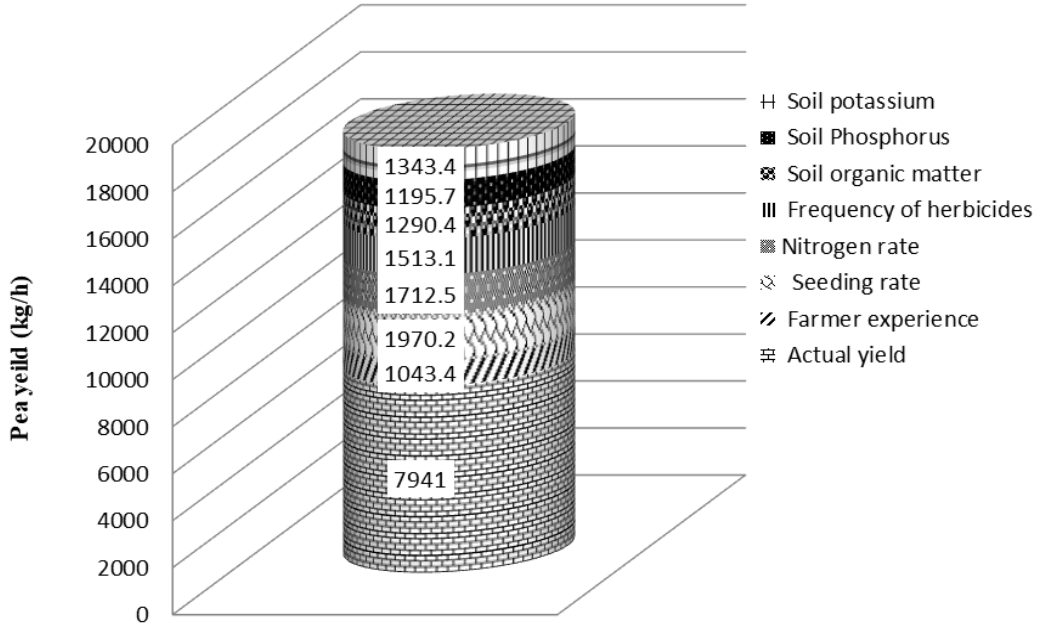
خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می‌باشد.

Fig. 3. Relationship between observed and predicted yield

The dashed lines represent a difference of 20% above and below the observed and predicted yield.

The middle line (continuous) is the 1: 1 line.

خلأ عملکرد کل تخمین‌زده‌شده توسط هفت متغیر تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی، میزان بذر مصرفی، میزان نیتروژن مصرفی، دفعات کاربرد علف‌کش، درصد مواد آلی خاک، مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک و مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار بود و نشان‌دهنده این مفهوم است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آن مقدار عملکردی که می‌توانستند برداشت کنند، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با اعمال مدیریت‌های مناسب‌تر قابل کاهش یا حذف خواهد بود. از این میزان خلأ عملکرد، ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۹/۵۶ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر میزان بذر مصرفی، ۱۷۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار (۱۷/۰۴ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر میزان نیتروژن مصرفی، ۱۵۱۳/۱ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۰۲ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر دفعات مصرف علف‌کش، ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۳/۳۴ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، ۱۲۹۰/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۲/۸۱ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر درصد مواد آلی خاک، ۱۱۹۵/۷ کیلوگرم در هکتار (۱۱/۸۷ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک و ۱۰۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۰/۳۶ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی بوده است (شکل ۴).



شکل ۴- سهم محدودیت‌های اصلی خلأ عملکرد در نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس

Fig. 4. Contribution of main constraints of peas yield gap in Gonbad kavus

جدول۱ خلأ عملکرد کل نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد را نسبت به آن نشان می‌دهد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به‌ترتیب ۷۹۴۱/۲ و ۱۷۷۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده‌شده (۷۸۱۲/۱ و ۱۱۳۴۲ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلأ عملکرد تخمین‌زده‌شده نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان شهرستان گنبدکاووس و آنچه می‌توانند برداشت کنند، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف یا کاهش خواهد بود (جدول ۱). طبق یافته‌های روش CPA، میزان بالای خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل‌توجهی از این خلأ را جبران کرد و به عملکرد پتانسیل رسید. دستیابی به عملکرد پتانسیل به‌ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود.

محققان با ارزیابی پتانسیل و خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی ارقام اصلاح‌شده برنج در منطقه نکا گزارش کردند که از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی CPA با هشت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. کل خلأ عملکرد تخمین‌زده‌شده برابر ۲۰۴۷کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیرهای تناوب زراعی و بذر گواهی‌شده به ترتیب برابر ۱۱۱ و ۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر کود سرک و پتاسیم مصرفی نیز به ترتیب برابر ۳۲۷ و ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۳۳ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن بعد از گل‌دهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به ترتیب برابر ۳۲۴ و ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۱۰ درصد از کل افزایش عملکرد مشاهده شد. میزان خسارت عملکرد ناشی از دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به‌ترتیب برابر ۲ و ۱۱ درصد از کل

افـزایش عملکـرد (۳۴ و ۲۲۳ کیلـوگرم در هکتـار) بـود (Gorjizad *et al.*, 2019).

به‌نظر مـی‌رسـد عملکـردی معـادل ۸۰ درصـد عملکـرد پتانسیل، یک آستانه تقریبی مطلوب از نظر اقتصادی در بیشـتر نظام‌های کاشت گیاهان زراعی باشـد (Lobell *et al.*, 2009). دستیابی به عملکرد بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل اگرچـه امکان‌پذیر است، اما شاید با توجه به قیمت ادوات، کـود، سـم و همچنین همپوشانی فصل کاشت محصـولات، از نظـر اقتصـادی برای کشاورزان منطقه مقرون به صرفه نباشـد. عـلاوه بـر ایـن، مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد کـه مهـم‌تـرین مشـکل خـلأ عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌هـای مـدیریتی ناکارآمـد در مـزارع کشـاورزان اسـت (Torabi *et al.*, 2011). اگرچـه هـدف از ایـن پـژوهش بـرآورد میـزان خـلأ عملکـرد نخودفرنگی بوده است و دلایل بـه‌وجودآمـدن ایـن میـزان خـلأ عملکرد نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر است، اما محتمـل‌تـرین راهکار که می‌تواند منجـر بـه افـزایش عملکـرد و کـاهش خـلأ عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است.

روش‌های رگرسـیونی چنـدمتغیره اگرچـه دارای مزایـایی هستند، اما همانند شرایط مزرعه توسط عوامل متعددی محدود می‌شوند که در روش آنالیز خط مرزی، این موارد وجود نـدارد و تنها اثر یک عامل یا محـدودیت مـورد بررسـی قـرار مـی‌گیـرد (Nezamzadeh *et al.*, 2019). با تمام این تفاسـیر مـی‌تـوان گفت که خلأ عملکرد محاسبه‌شده در این پـژوهش بـه تعریـف ارائه‌شده توسط محققان در مورد خلأ عملکرد قابل بهره‌بـرداری نزدیک بـوده و اخـتلاف بـین عملکـرد واقعـی و عملکـرد قابـل حصول با توجه به شـرایط محیطـی منطقـه را نشـان مـی‌دهـد (Connor *et al.*, 2011). یکی از محدودیت‌های این پـژوهش تعداد سال‌های اجرای آن است؛ هرچه تعـداد سـال انجـام یـک مطالعه بیشـتر باشـد، تخمـین تـأثیر نوسـانات اقلیمـی و آب و هوایی دقیق‌تر اسـت (Egli & Hatfield, 2014; Lobell *et al.*, 2009). بـرای کـاهش خـلأ عملکـرد مشـخص‌کـردن محدودیت‌های عملکـرد در یـک ناحیـه خـاص ضـروری اسـت (Van Ittersum *et al.*, 2013). با توجه بـه ایـن‌کـه عملکـرد پتانسیل محاسبه‌شده در این آنالیز در منطقه، از طریق داده‌های واقعی هر مزرعه حاصل شـده، عملکـرد پتانسـیل حاصـل‌شـده وابسته به منطقه بوده و می‌توان گفت که این عملکرد پتانسیل، قابـل حصـول اسـت (Zhang *et al.*, 2014). در واقعیـت، پژوهش‌های چندمنطقه‌ای، اثر تـاریخ کاشـت، تـاریخ برداشـت، اقلیم و شرایط خاکی متفاوتی را به گیاه تحمیل می‌کند (Van Ittersum *et al.*, 2013)؛ در صـورتی کـه عملکـرد پتانسـیل به‌دست‌آمده در یـک ایسـتگاه تحقیقـاتی و یـا در شـبیه‌سـازی عملکرد پتانسیل با مدل‌های گیاهی این‌گونه محدودیت‌ها وجود ندارد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد کـه اسـتفاده از CPA در مطالعات خلأ عملکرد می‌تواند به‌خـوبی پاسـخ‌هـای عملکرد را به عوامل مدیریتی از طریق شناسایی سهم هر متغیر نشان دهد. با استفاده از این پاسخ‌ها می‌توان بهترین مـدیریت و برنامه‌ریزی را برای رسیدن به بالاترین عملکـرد مشـخص کـرد. البته استفاده از این روش معـایبی نیـز داشـته اسـت؛ از جملـه برهم‌کنش متغیرهای تأثیرگذار بـر عملکـرد را غیرمعنـی‌دار در نظر گرفته و تنها به آنالیز تأثیر یک متغیر بر عملکرد می‌پردازد، در حالی که در واقعیت، عملکرد حاصل برهم‌کنش مجموعـه‌ای از عوامل است (Yousefian *et al.*, 2019). توجه به این نکته ضروری است که اسـتفاده از سـایر روش‌هـای بـرآورد عملکـرد پتانسیل مانند استفاده از مدل‌هـای گیـاهی در کنـار CPA کـه می‌تواند نکات بسیار مهمـی از محـدودیت‌هـای تولیـد در یـک منطقه را آشکار نماید نیز لحاظ شـود (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2019). در مطالعـه‌ای بـا هـدف تحلیـل عوامـل محدودکننده عملکرد گندم در شـرایط گرگـان بـه روش CPA گزارش شد که خلأ عملکرد برابر ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار بـود که میزان مصرف پتاسـیم، مـدیریت، تغذیـه نیتـروژن و تـاریخ کاشت به‌ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد مهم‌ترین عوامل مؤثر در خلأ عملکرد بودند که با بهینه‌سازی آن‌ها می‌تـوان بـا مـدیریت این عوامل خلأ عملکرد گندم در گرگان را جبران کرد (Torabi *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای دیگـر در منطقـه بنـدرگز اسـتان گلسـتان میـزان خـلأ عملکـرد گنـدم بـه روش CPA، برابـر ۳۴۶۲کیلوگرم در هکتار گزارش شد (Nekahi *et al.*, 2014). شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تـأثیر هـر یـک از عوامل محدودکننده عملکرد به‌صورت جداگانه، نقش مهمـی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین جهت رسیدن به حـداکثر عملکـرد دارد (Main *et al.*, 2013). پژوهشـگران در بررسـی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد ذرت دریافتند که خاک دارای بافت سبک، مساحت مزارع، تعداد بذر کاشته‌شده در هر کپـه و عـدم انجـام عملیـات تنـک بـه‌ترتیـب بـا ۲۷، ۳۰، ۳۰ و ۱۳ درصـد، مهـم‌تـرین عوامـل ایجـاد کـاهش عملکـرد در ذرت بودنـد (Pradhan *et al.*, 2004).

میزان بذر مصرفی

نتایج تجزیه مقایسه کارکرد نشان داد که اولین عاملی که بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی داشت، مقدار بذر مصرفی در هکتار است که سبب ۱۹/۵۶ درصد (۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱ و شکل ۴). عامل عمده‌ای که معمولاً مقدار بذر مصرفی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تعیین می‌کند، مقدار رطوبت قابل استفاده خاک است که انتظار می‌رود در دسترس محصول قرار گیرد. از این جهت هرچه شرایط و فصل رشد خشک‌تر باشد، میزان بذر کمتری می‌کارند. با توجه به این‌که کشت نخودفرنگی در منطقه مورد مطالعه اکثراً به صورت دیم‌کاری انجام می‌شود، حصول عملکرد مناسب، متکی به باران در طی فصل رشد نخودفرنگی می‌باشد و به تبع آن در تراکم‌های بالا اثرات تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد نخودفرنگی مشهود خواهد بود. ضریب منفی متغیر میزان بذر مصرفی به این معنی است که هر چه مقدار بذر در هکتار بیشتر مصرف شود، عملکرد نهایی کاهش بیشتری می‌یابد. به عبارتی اگر کشاورزان میزان بذر مصرفی در هکتار را در حد بهینه (۷۵ کیلوگرم در هکتار) بکار ببرند، به عملکرد نخودفرنگی ۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار افزوده می‌شود و خلأ عملکرد ۱۹/۵۶ درصدی حاصل از مصرف زیادی بذر از بین خواهد رفت.

میزان نیتروژن مصرفی

نتایج تجزیه کارکرد نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی، سبب ۱۷/۰۴ درصد (۱۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود و به عبارتی با مصرف بهینه میزان نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد نخودفرنگی در منطقه مورد بررسی، ۱۷۱۲ کیلوگرم افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیقات Hajjarpour *et al*, (2018) نشان داد مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار در زراعت گندم می‌تواند باعث رفع ۲۵ درصد (۱۰۴۲ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شود. واکنش گیاهان به عناصر محدودکننده رشد گیاه از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. علاوه بر این افزایش عناصر غذایی تا یک حد باعث افزایش عملکرد می‌گردد و بعد از آن نه تنها باعث افزایش نمی‌گردد، بلکه ممکن است باعث کاهش عملکرد نیز گردد (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2019). کمبود شدید نیتروژن سبب ریزش برگ‌ها از پایین گیاه به بالا می‌شود. زیادی نیتروژن موجب رشد بیش از حد قسمت هوایی و نسبت بالای قسمت هوایی به ریشه می‌شود و در بیشتر مواقع شروع گل دهی را در محصولات کشاورزی به تأخیر می‌اندازد. از طرفی کمبود نیتروژن، گل‌دهی را تسریع می‌کند. بنابراین یکی از عوامل مهم در کاربرد محلول‌های غذایی، کنترل میزان نیتروژن است که به دو عامل غلظت و نوع منبع نیتروژن بستگی دارد و به‌نوبه خود می‌تواند عملکرد و کیفیت تولید را تحت تاثیر قرار دهد (Moshrefi Araghi *et al.*, 2014).

دفعات مصرف علف‌کش

نتایج نشان داد که تعداد دفعات مصرف علف‌کش سبب ۱۵/۰۲ درصد (۱۵۱۳ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱). به عبارتی با مصرف علف‌کش تا دو بار در طی فصل رشد محصول، عملکرد نخودفرنگی ۱۵۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. یکی از مهم‌ترین موانع تولید و حصول عملکردهای بالا در زراعت، علف‌های‌هرز هستند. نتایج تحقیقات Hajjarpour *et al.*, (2017) نشان داد که عدم استفاده از علف‌کش نیز باعث ۵ درصد (۲۰۸/۹ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود.

مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک

در این مطالعه، مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک چهارمین عاملی است که بعد از میزان بذر مصرفی، میزان نیتروژن مصرفی و تعداد دفعات مصرف علف‌کش بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی در منطقه مورد مطالعه داشت، به‌طوری که این عامل سبب ۱۳/۳۴ درصد خلأ عملکرد شده بود که از نظر وزنی معادل ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار بود. هنگامی که مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک در حد بهینه (۲۵۰ قسمت در میلیون) بود، عملکرد نخودفرنگی به میزان ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۱). کمبود پتاسیم باعث تضعیف سیستم ریشه‌ای می‌شود که موجب کاهش جذب عناصر غذایی لازم و در نتیجه تولید بذور و میوه‌های کوچک و چروکیده و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد. تقریباً ۷۵ درصد پتاسیم جذب شده توسط غلات دانه‌ریز، در بقایای محصول باقی می‌ماند. بنابراین ترکیب بقایای گیاهی با خاک بعد از برداشت، مقدار قابل توجهی از پتاسیم را به چرخه باز می‌گرداند (Poori *et al.*, 2012). با توجه به این‌که در منطقه مورد مطالعه بخش اعظم بقایای گیاهی به‌عنوان علوفه از مزارع خارج می‌شود و همچنین به سبب آتش‌زدن بقایای گیاهی، کاهش پتاسیم خاک خیلی سریع رخ می‌دهد، بنابراین حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و عدم آتش‌زدن بقایای گیاهی کمک قابل‌توجهی به افزایش پتاسیم در خاک می‌کند.

مواد آلی خاک

نتایج این بررسی نشان داد که مواد آلی خاک سبب ۱۲/۸۱ درصد (۱۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱). مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلف از جمله اقلیم، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی می‌باشد (Shahbazi & Besharati, 2013) که با توجه به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پایداری کیفیت خاک، مقدار آستانه مواد آلی در خاک در حدود ۲درصد اظهار شده است (Mirzashahi, 2017). واقع‌شدن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک سبب شده است تا بخش قابل‌توجهی از اراضی کشور از نظر مواد آلی وضعیت مطلوبی نداشته باشد، به طوری‌که در ۶۳/۲ درصد خاک‌های کشور، درصد مواد آلی کمتر از یک درصد است (Shahbazi & Besharati, 2013). اقلیم منطقه مورد مطالعه نیز بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، نیمه‌خشک می‌باشد که متأثر از آن ۹۱/۶ درصد مزارع مورد بررسی، کمتر از یک درصد مواد آلی داشتند که به‌دلیل فرسایش، عدم استفاده از کودهای آلی، شخم زیاد، جمع‌آوری بقایای گیاهی و سوزاندن آن‌ها مواد آلی خاک نسبت به ۴۰سال گذشته کاهش یافته است، به‌طوری که افزایش و پایداری تولید را در این منطقه با خطر مواجه کرده است.

مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک

مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک، ششمین عاملی است که بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی داشت که باعث ۱۱/۸۷ درصد (۱۱۹۵ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱ و شکل ۴). فسفر یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی بوده و پس از نیتروژن بیشترین مصرف را در دنیا دارد. کمبود فسفر در خاک باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در اغلب خاک‌ها است. کودهای فسفری برای افزایش میزان فسفر و حاصلخیزی خاک و ظرفیت تولید محصولات کشاورزی در زراعت‌های مختلف استفاده می‌شوند (Markarian *et al.*, 2015). در مطالعه Tavajjoh *et al*, (2016) افزایش فسفر به‌طور معنی‌دار عملکرد کلزا را افزایش داد و این نتایج به دلیل اثر مثبت فسفر بر توسعه و رشد ساقه و برگ‌ها و در نتیجه افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، تولید بوته‌هایی با ارتفاع بیشتر و افزایش تعداد غلاف از طریق افزایش مواد پرورده بود.

تجربه کشاورز

در این مطالعه، نتایج حاکی از آن بود که از بین عوامل مورد بررسی، تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی با ۱۰/۳۶درصد (۱۰۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد، کمترین سهم را در محدودیت عملکرد و ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول داشت (جدول ۱ و شکل ۴). به نظر می‌رسد آموزش‌های فنی کشاورزان، انتقال یافته‌های جدید تحقیقاتی و ارتقاء سطح دانش آنان می‌تواند از سهم ۱۰/۳۶ درصدی این عامل بکاهد و باعث کمترشدن فاصله از عملکرد قابل حصول شود (Mansouri rad *et al.*, 2018).

در مطالعه Nekahi *et al*, (2014) سابقه کشاورز در کشت گندم ۳۵۴ کیلوگرم در هکتار (۱۰ درصد) در خلأ عملکرد گندم نقش داشت. آنان بیان داشتند که کشاورزان قدیمی‌تر از روش‌های سنتی‌تر استفاده می‌کنند و به کاربرد یافته‌های جدید تحقیقاتی کمتر توجه نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌ها در ۴۰ مزرعه مورد مطالعه، از حدود ۴۵متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با هفت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد پتانسیل، محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۷۹۴۱ و ۱۷۷۰۸ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. توصیه‌های این پژوهش بر اساس یافته‌ها در سال‌های ذکرشده در منطقه است. بدیهی است که در آینده با تغییر نظام زراعی (مثل گسترش کشاورزی حفاظتی)، مدیریت زراعی و احتمالاً شرایط آب و هوایی، این توصیه‌ها ممکن است تغییر کنند. همچنین، با اصلاح عوامل درجه اول ایجادکننده خلأ عملکرد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است، عوامل درجه دوم خود را نشان خواهند داد. بنابراین، شایسته است پایش و ارزیابی مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان به‌طور پیوسته صورت گیرد و میزان خلأ عملکرد و عوامل مدیریتی ایجادکننده آن، شناسایی و برطرف شوند. در این پژوهش، از میان تمامی مدیریت‌های زراعی رایج کشاورزان، مواردی که در خلأ عملکرد تأثیر بیشتری داشته و در مرحله اول نیاز به تغییر و بهبود دارند، مورد اشاره قرار گرفته‌اند. بنابراین، توصیه‌های این پژوهش، مکمل سایر مدیریت‌های توصیه‌شده و معمول است.

منابع

1. Abasian, A., Nakhzarimoghadam, A., Pirdashti, H., and Gholamalipour Alamdari, E. 2017. Effect of different garlic (*Allium sativum*) and peas (*Pisum sativum*) intercropping patterns on weed population indices. Journal of Weed Science 12(2): 222-235. (In Persian with English Summary).
2. Bagheri, E., Nezami, A., and Porsa, H., 2006. An analysis to pulse research strategies in Iran based on the first national pulse symposium approaches. Journal of Field Crops Research 4(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
3. CIA. 2018. CIA World Fact Book. World POP Clock Projection. United State.
4. Connor, D.J., Loomis, R.S., and Cassman, K.G. 2011. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press. 556 p.
5. Egli, D.B., and Hatfield, J.L. 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. Agronomy Journal 106(2): 560-566.
6. Espe, M.B., Yang, H., Cassman, K.G., Guilpart, N., Sharifi, H., and Linquist, B.A. 2016. Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. Field Crops Research 193: 123-132.
7. Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A.M., Andarzian, B., and Fayezizadeh, N. 2012. Agro-climatic zonation of Khouzestan province based on potential yield of irrigated wheat using WOFOST model. Agroecology 4: 255-264. (in Persian with English Summary).
8. Gorjizad, A., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2019. Potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. Agroecology Journal 11(1): 277-294. (In Persian with English Summary).
9. Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., and Aynehband, A. 2017. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method. Iranian Journal of Crop Sciences 19(2): 86-101. (In Persian with English Summary).
10. Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., and Aynehband, A. 2018. Comparison of two methods for fitting boundary line in yield gap analysis: Case study of rainfed wheat in Golestan province. Journal of Crop Production 11(2): 19-33. (In Persian with English Summary).
11. Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., Van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N., and Horan, H. 2013. Reprint of quantifying yield gaps in rain-fed cropping systems: A case study of wheat in Australia. Field Crops Research 143: 65-75.
12. Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environment and Resources 34(1): 179-204.
13. Lu, C., and Fan, L. 2013. Winter wheat yield potentials and yield gaps in the North China plain. Field Crops Research 143: 98-105.
14. Main, C.L., Tomas Barber, L., Boman, R.K., Chapman, K., Dodds, D.M., Duncan, S., and Bronson, K.F. 2013. Effects of nitrogen and planting seed size on cotton growth, development, and yield. Agronomy Journal 105(6): 1853-1859.
15. Mansouri Rad, A., Nakhzari Moghadam, A., Soltani, A., Rahemi Karizaki, A., and Torabi, B. 2018. Identifying soybean yield-limiting factors by using comparative performance analysis (Case study: Golestan province-Kalaleh). Journal of Crops Improvement 19(4): 1033-1046. (In Persian with English Summary).
16. Mansouri Rad, E. 2012. Soybean Agriculture Final Report. Agricultural Jihad Management in Kalaleh city, Iran. 5 p. (in Persian).
17. Markarian SH., Najafi N., Aliasgharzad N., and Oustan, Sh. 2015. Interactive effects of *Ensifer meliloti* (*Sinorhizobium meliloti*) and phosphorus on some growth characteristics of alfalfa under soil water deficit conditions. Journal of Soil Biology 3(2): 163-177. (In Persian with English Summary).
18. Mirzashahi, K. 2017. Periodic study of soil organic carbon in plains of Khuzestan and providing extensions. Journal of Land Management 5(1): 1-12. (In Persian with English Summary).
19. Moshrefi Araghi, A., Naderi, R., Babalar, M., and Taheri, M.R. 2014. Effect of different spraying levels of cycocle on vegetative growth and flowering of poinsettia pot plant (*Euphorbia pulcherrima* Willd). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(1): 73-84. (In Persian with English Summary).
20. Nasiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2009. Agroclimatical zoning of wheat in Khorasan province: evaluation of potential and gap yield. Iranian Field Crop Researches 7: 965-702. (in Persian with English Summary).

21. Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siahmarguee, A., and Bagherani, N. 2014. Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-Gaz). Journal of Crop Production 7(2): 135-156. (In Persian with English Summary).
22. Nezamzadeh, S.E., Soltani, A., Dastan, S., and Ajam Norouzi, H. 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed productionusing comparative performance analysis (CPA) and boundaryline analysis (BLA) methods in Neka region. Applied Research in Field Crops 32(2): 76-107. (In Persian with English Summary).
23. Poori, K., Akbari, F., and Kamkar, B. 2012. The effect of different crop residues and soil compound on potassium concentration of leaf and wheat yield. Journal of Plant Production 19(4): 207-201. (In Persian with English Summary).
24. Pradhan, R. 2004. The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 52 p.
25. Rezaei, A., and Soltani, A. 1998. An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press, Isfahan, Iran, ISBN: 964-6029-51-5. (in Persian).
26. Seyedi, M., Azadbakht, A., and Fesahat, A. 2018. Evaluation of growing properties, yield and component yield of three chickpea cultivar in waitng and spring sowing. Journal of Agronomy and Plant Breeding 14(1): 73-86. (In Persian with English Summary).
27. Shahbazi, K., and Besharati, H. 2013. Overview of agricultural soil fertility status of Iran. Journal of Land Management 1(1): 1-15. (In Persian with English Summary).
28. Shokrgozar Darabi, M., Soltani, A., and Zeinali, A. 2019. Study of cotton yield gap with boundary-line analysis in the Aq-Qala and Ali Abad Katul cities in the Golestan province, Iran. Journal of Crop Production 11(3): 15-28. (In Persian with English Summary).
29. Soltani, A. 2006. Application of SAS in Statistical Analysis (Second Edition). JDM Press, Mashhad, Iran, ISBN: 964324137-8. (in Persian).
30. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperature sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research 77(1): 17-30.
31. Tavajjoh, M., Karimian, N., Ronaghi, A., Yasrebi, J., Hamidi, R., and Olama, V. 2016. Yield, yield components and seed quality of two rapeseed cultivars as affected by different levels of phosphorus and boron under greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6 (4): 99-113. (In Persian with English Summary).
32. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2011. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. Journal of Crop Production 4(4): 1-17. (In Persian with English Summary).
33. Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research 143: 4-17.
34. Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M., and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research 143: 34-43.
35. Wang, N., Jassogne, L., Van Asten, P.J.A., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G., and Giller, K.E. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. European Journal of Agronomy 63: 1-11.
36. Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S., and Ajamnoroozi, H. 2019. Documenting production process and the ranking factors causing yield gap in rice fields in Sari, Iran. Iran Agricultural Research. In press.
37. Zhang, D., Zhang, L., Liu, J., Han, S., Wang, Q., Evers, J., Liu, J., Werf, W., and Li, L. 2014. Plant density affects light interception and yield in cotton grown as companion crop in young jujube plantations. Field Crops Research 169: 132-139.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 122-135 (Original Research Article)

Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus

Kamali[1], Bahram; Rahemi Karizaki[2*], Ali; Biabani[3], Abbas; and Mollashahi[4], Mahdi

1. Graduated in Agroecology, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; bkspkp@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University
3. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; abbass.biabani@gonbad.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; mmollashahi@gonbad.ac.ir

Received: 26 November 2019; **Revised:** 3 February 2020
Accepted: 27 February 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84317

How to cite this article:
Kamali, B., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., and Mollashahi, M. 2021. Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 122-135.

Introduction

Pulses play an important role in supplying human food and are a major source of protein in developing countries, so they have a special role in producing food in these countries. Peas (*Pisum sativum* L.) belongs to legume family and is well adapted to the cold climate. This plant has a lot of crude protein and starch and is therefore high in energy. Evaluating the status of pulses production is essential because of their importance in feeding the people of the world and their role in the design of cultivation patterns. Eliminating the gap between the yield currently achieved on farms and the yield that can be achieved by using the best environmentally adapted varieties and the optimum water, soil and plant management techniques is a key strategy to overcome the nutritional challenge of a growing global population. In recent years, due to concerns about food safety issues, studies on the issue of yield gap have also been increasing worldwide and it is necessary to estimate the yield gap and its causes using appropriate methods. Therefore, the present study was conducted to determine the yield gap of peas and determine the limiting factors and their contribution to the yield gap in pea farms in Gonbad kavus.

Materials and Methods

This study was carried out in pea farms (40 farms) during 2017-18 in Gonbad Kavus, Golestan province. The required information about farms was completed through observation, questioning of farmers or measurement. Information on soil properties was obtained using digital maps available at the Agricultural Jihad Office of Gonbad Kavus. Comparative performance analysis (CPA) method was used to determine the yield gap rate and to identify its causes. In this method, the relationship between all measured variables (quantitative and qualitative) and yield was evaluated using multiple regression. In this section, first, we used stepwise method to determine which variables should be included in the final production model. The average

*** Corresponding Author:** rahemi@gonbad.ac.ir

yield was calculated by placing the observed variables (x) of the studied farms in the yield model. The maximum yield obtained was then calculated by placing the best observed value of the variables in the model. The discrepancy between these two functions was considered as the performance gap. The ratio of yield gap for each variable to total yield gap represents its contribution in the yield gap and was expressed as a percentage.

Results and Discussion

The actual and potential yield calculated by the model were estimated to be 7941 and 17708 kg/ha, respectively, and yield gap was 10078.7 kg/ha. The reasons for this yield gap were as follows: Seed rate (19.56%), Nitrogen rate (17.04%), Frequency of herbicide application (15.02%), amount of available potassium in soil (34 (13%), soil organic matter (12.81%), amount of available phosphorus in soil (11.87%), farmer experience (10.36%). Therefore, it seems that with proper management of farms and taking into account the yield gap factors mentioned above, the yield of peas in Gonbad kavus can be increased to about 10078.7 kg/ha in comparison with current yield.

Conclusion

Based on the results in 40 farms studied, out of 45 variables studied, the final model was selected with seven independent variables. In the yield model, the actual and potential yield of farms calculated by the model were 7941 and 17708 kg/ha, respectively, and the yield gap was 10078.7 kg/ha. The recommendations of this research are based on the findings of the mentioned years in the region. Obviously, these recommendations may change in the future with changing farming systems (such as extension of conservation agriculture), agricultural management and possibly climatic conditions. In addition, by modifying the first-order causing factors of the yield gap discussed in this study, the second-order factors will emerge. Therefore, monitoring and evaluation of crop management in farms should be carried out on a continuous basis and the yield gap and its causes identified and resolved. In this study, among all the common agricultural management of farms, the cases that have the most impact on the yield gap and need to be modified and improved in the first stage are identified.

Keywords: Herbicide؛ Nitrogen؛ Potential yield؛ Yield gap

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 136-150
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87109

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۵۰-۱۳۶، نوع مقاله: پژوهشی

اثر اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.)

فردین مؤمنی[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲*]، سید عطاله سیادت[۳]، بابک پاکدامن سردرود[۴] و مختار قبادی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان؛ f_moemeni@yahoo.com
۲- دانشیار زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳- استاد زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران؛ seyedatasiadat@yahoo.com
۴- استادیار گیاهپزشکی، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران؛ bpakdaman@asnrukh.ac.ir
۵- دانشیار زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ ghobadi.m@razi.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۰، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
مؤمنی، ف.، ابدالی مشهدی، ع.، سیادت، س.ع.، پاکدامن سردرود، ب.، و قبادی، م. ۱۴۰۰. اثر اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۳۶-۱۵۰.

چکیده

بهبود وضعیت فیزیولوژیک گیاه در شرایط دیم می‌تواند باعث افزایش توان گیاه و بالابردن تولید در گیاه گردد. در همین راستا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در کرمانشاه در شرایط دیم اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم بیونیج (رقم محلی) و آزاد (رقم اصلاح‌شده)، سه سطح محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (عدم کاربرد، مصرف نیم و یک میلی‌مولار) که حدود دو هفته قبل ازگل‌دهی آغاز و به مدت ۲۰ روز ادامه یافت و کودهای‌زیستی در پنج سطح (شاهد، باکتری بیوسوپرفسفات (Pseudomonas+Enterobacter)، باکتری بیوسولفور (*Thiobacillus* spp.)، باکتری ریزوبیوم (*Mesorhizobium ciceri*) و قارچ میکوریز (*Rhizophagus irregularis*) همزمان با کاشت اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل محتوای‌نسبی آب برگ، آب نسبی ازدست‌رفته برگ‌ها (RWL[۲])، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیلa/b، کاروتنوئید، پراکسید هیدروژن، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و عملکرد دانه بود. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و کاربرد کودهای‌زیستی تولید پراکسید هیدروژن را افزایش و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را کاهش داد. بالاترین فعالیت کاتالاز در رقم بیونیج×عدم محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک، رقم بیونیج×عدم کاربرد کودزیستی و عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک×کودزیستی و کمترین فعالیت کاتالاز در رقم آزاد×اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار، رقم بیونیج×بیوسوپرفسفات و اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار×بیوسولفور به‌دست آمد. بالاترین و کمترین فعالیت پراکسیداز به‌ترتیب در شرایط عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک×عدم کاربرد کودزیستی (۰/۰۷۸ نانومول بر دقیقه بر گرم) و اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار×کاربرد ریزوبیوم (۰/۰۴۹ نانومول بر دقیقه بر گرم) حاصل شد. محتوای کلروفیلa، کلروفیلa/b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با کاربرد کودهای‌زیستی به‌ترتیب تا ۱/۸۳، ۱/۲۶۹، ۳/۳۴۷ و ۹/۶۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۶۲۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد ریزوبیوم و در سطح نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد. با توجه به نتایج این پژوهش محلول‌پاشی نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با کاربرد کودهای‌زیستی دارای باکتری ریزوبیومی و قارچ میکوریز علاوه بر بهبود ویژگی فیزیولوژیکی، منجر به افزایش ۳۴ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد گردید که به لحاظ اقتصادی بسیار قابل توجه بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت؛ پراکسیدهیدروژن؛ کاتالاز، کاروتنوئیدها؛ کلروفیل

* **نویسنده مسئول:** alirezaabdali@ramin.ac.ir

۲- Relative Water Loss

مقدمه

برای حصول عملکرد بیشتر حبوبات در شرایط دیم نیاز به بهینه‌نمودن استفاده از سایر منابع می‌باشد. نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از حبوبات باارزش و همچنین منبع سرشار و ارزان پروتئین در قاره آسیا است که می‌تواند به بهبود کیفیت خوراک کمک نماید (Jesfar *et al*., 2018). فراهمی عناصر غذایی با استفاده از کودها نقش پایه‌ای در افزایش عملکرد دارد. کودهای‌زیستی دارای پتانسیل بالا برای جایگزینی کودهای شیمیایی به منظور تغذیه گیاهان هستند. کودهای‌زیستی سلول‌های فعال بیولوژیک یا سویه‌های سلول های در حال کمون هستند که از طریق تلقیح‌کردن باعث می‌شوند تثبیت و جذب مواد مغذی بهبود یابد. این کودها با محیط سازگار بوده و اثر مثبت زیادی بر عملکرد محصولات زراعی دارند (Dahal & Bhandari, 2019). کودهای‌زیستی در بالابردن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نقش دارند (Beres *et al*., 2012).

بیشتر محصول نخود در ایران از زراعت دیم به‌دست می‌آید و در بسیاری از موارد این دیم‌زارها با تنش خشکی مواجه هستند. تحمل به خشکی در گیاهان ممکن است با شیوه های مختلف مانند فناوری‌های به‌نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد بهبود یابد. اسیدسالیسیلیک از ترکیبات شیمیایی است که برای کاهش اثرات خطرناک تنش خشکی بر روی گیاهان استفاده می شود (Elhakem, 2019). در شرایط تنش غیرزیستی، اسیدسالیسیلیک از طریق تنظیم اسمولیت‌ها، افزایش سنتز پرولین، افزایش غلظت گلایسین، بتایین، افزایش پلی‌آمین‌ها و اسیدهای آمینه و نیز اثرگذاری بر محتوای قندها و الکل قندها، تحمل گیاه را افزایش می‌دهد (Sharma *et al*.,2019). در آزمایشی بر روی نخود کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده در سطوح مختلف تنش خشکی گردید که دلیل آن را اثر آنتی‌اکسیدانی اسیدسالیسیلیک بر جلوگیری از تخریب سلول‌های گیاهی عنوان نموده‌اند (Farjam & Siosemadrdeh, 2014). در پژوهشی دیگر کاربرد اسیدسالیسیلیک نسبت به تیمار شاهد، باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد در نخود گردید (Norouzi *et al*., 2018). اثر مثبت کاربرد اسیدسالیسیلیک بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید ژنوتیپ‌های نخود (Ramezannezhad *et al*., 2013) نیز گزارش شده است.

محتوای نسبی آب برگ (RWC[1]) شاخصی برای سنجش میزان تنش گزارش شده و کاهش آن مربوط به کاهش جذب آب توسط گیاه است. اسیدسالیسیلیک سبب افزایش درصد آب بافت برگ و در نتیجه افزایش RWC در سیاهدانه شد (Fazeli *et al*., 2017). در آزمایشی بیشترین عملکرد نخود تحت تنش شوری با کاربرد توأم اسیدسالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد (Riaz *et al*., 2019).

ارقام مختلف گیاهان زراعی از نظر واکنش به تنش‌های محیطی با یکدیگر تفاوت دارند. برای مثال در آزمایشی در تمامی سطوح تنش خشکی، غلظت پرولین به عنوان شاخصی جهت ارزیابی تنش در نخود رقم ILC482 کمتر از رقم کردستان بود (Farjam & Siosemadrdeh, 2014). هدف از اجرای این پژوهش مطالعه اثر اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی بر عملکرد از طریق بهبود فرایندهای فیزیولوژیک در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. شهرستان کرمانشاه با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه قرار دارد. این منطقه دارای میانگین بارندگی ۴۸۰-۴۵۰ میلی‌متر و جزو مناطق سرد معتدل با دماهای بیشینه و کمینه به ترتیب ۲۲/۶ و ۵/۹ درجه سلسیوس است. در این آزمایش دو رقم بیونیج (رقم محلی و دارای دانه‌های سفیدرنگ و درشت و وزن۱۰۰دانه بالا بازارپسندی مطلوبی نسبت به ارقام مرسوم) و آزاد (رقم اصلاح‌شده، متحمل به بیماری برق‌زدگی، تیپ بوته ایستاده، زودرس‌تر از رقم هاشم و پرمحصول و دانه‌درشت‌تر از رقم هاشم و آرمان)، سه سطح محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (عدم کاربرد، مصرف نیم و یک میلی‌مولار) و کودهای‌زیستی (در پنج سطح شاهد، باکتری بیوسوپرفسفات (*Pseudomonas*+ Enterobacter)، باکتری بیوسولفور (*Thiobacillus* spp.)، باکتری ریزوبیوم (*Mesorhizobium ciceri*) و قارچ میکوریزا (*Rhizophagus irregularis*) با $CFU=10^8$ در آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم اجرا شد. اعمال تیمارهای کودزیستی بر

۱- Relative Water Content

اساس نتایج آنالیز ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک و نیاز گیاه به شرح زیر هنگام کشت بذر انجام شد. باکتری بیوسولفور (*Thiobacillus* spp.) با $CFU=10^8$ به ازای هر میلی‌گرم بود که به میزان شش کیلوگرم در هکتار به همراه ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بنتونیت‌دار ۹۰ درصد و کود دامی پوسیده به روش شیاری در زیر و کنار بذر به‌کار گرفته شد. قارچ میکوریز (*Rhizophagus irregularis*) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و اختلاط با خاک منطقه گسترش ریشه مصرف شد. باکتری ریزوبیوم (*Mesorhizobium ciceri*) خالص‌سازی‌شده در بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، به روش پاششی[1] با زادمایه باکتری ریزوبیوم به میزان هفت گرم زادمایه که هر گرم آن 10^7 عدد باکتری زنده و فعال است به‌وسیله محلول چسباننده (صمغ عربی)، تلقیح و بلافاصله بعد از خشک شدن سطح بذور، به سرعت اقدام به کشت گردید (Karasu *et al*., 2009). کود مایع بیوسوپرفسفات (*Pseudomonas*+*Enterobacter*) تهیه شده از شرکت فن‌آوری زیستی مهرآسیا با $CFU=10^8$ به ازای هر میلی‌لیتر، به روش پاششی روی بذور ارقام نخود پاشیده و بعد از خشک شدن سطح بذور، به کشت آن‌ها اقدام شد (Karasu *et al*., 2009).

در ضمن، به منظور تلقیح، به ازای ۶۰ کیلوگرم بذر مقدار یک لیتر زادمایه استفاده شد. اعمال تیمارهای محلول‌پاشی برگ‌های نخود با اسیدسالیسیلیک، حدود دو هفته قبل از گل‌دهی آغاز (Rajabi *et al*., 2012) و به مدت ۲۰ روز ادامه یافت.

مساحت هر واحد آزمایشی شش متر مربع (چهار متر طول و یک‌ونیم متر عرض) و در هرکرت شش ردیف روی خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متری به فواصل ۱۰ سانتی‌متر از هم و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و به عمق هفت سانتی‌متر در ۲۹اسفندماه کشت شدند (Fetri *et al*., 2016). فاصله بین واحدهای آزمایشی نیم متر و فاصله بین دو تکرار سه‌ونیم متر بود.

زمین آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۵ شخم زده شد و قبل از کاشت، دو نمونه مرکب خاک به روش نمونه‌برداری ازاعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تهیه و طبق جداول ۱ و ۲ آنالیز شدند و وضعیت هواشناسی محل انجام آزمایش نیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

محتوای آب نسبی برگ‌ها (RWC[2]): پس از اعمال تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و در مرحله به‌غلاف‌رفتن، مقدار ۰/۵گرم از جوان‌ترین برگ توسعه‌یافته هر گیاه (FW) جدا و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور ماند. چهار ساعت بعد از آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن گردید تا وزن در هنگام تورژسانس (TW) به دست آمد. پس از آن قطعات برگ در آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شد تا وزن خشک ثابت (DW) به‌دست آمد. درصد RWC از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Cornic, 1994):

رابطه ۱:

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

FW: وزن تازه برگ‌ها بر حسب گرم

DW: وزن خشک برگ‌ها بر حسب گرم

TW: وزن برگ‌ها به هنگام تورژسانس بر حسب گرم

آب نسبی ازدست‌رفته برگ‌ها (RWL[3]): پس از اعمال تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و در مرحله به‌غلاف‌رفتن، حدود ۰/۵گرم از برگ‌های جوان از بوته‌های هر کرت جدا و بلافاصله با ترازوی دقیق با دقت ۰/۱، وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس برگ‌ها دردمای ۳۵ درجه سلسیوس به مدت پنج ساعت نگهداری و بلافاصله وزن پژمردگی آن‌ها اندازه‌گیری شد (WW5H). پس از آن برگ‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به طور کامل خشک و وزن خشک آن‌ها یادداشت گردید. در نهایت میزان آب نسبی ازدست‌رفته برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Cornic, 1994):

رابطه ۲:

$$RWL(\%)= (FW - WW5H) / (TW - DW)\times 100$$

FW: وزن تازه برگ‌ها بر حسب گرم

WW5H: وزن پژمردگی برگ‌ها پس از پنج ساعت بر حسب گرم

TW: وزن برگ‌ها به هنگام تورژسانس بر حسب گرم

DW: وزن خشک برگ‌ها

برای تعیین غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها از روش آرنون و با استفاده از نیم گرم برگ تازه استفاده شد (Arnon, 1967).

۱- Sprinkle application

۲- Relative Water Content

۳- Relative Water Loss

اندازه‌گیری پراکسید هیدروژن پس از محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و در مرحله به‌غلاف‌رفتن، شامل قراردادن ۰/۳گرم از بافت برگ با ۱/۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد در هاون چینی بر روی یخ هموژنیزه و انتقال به میکروتیوب به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۵۰۰۰ دور و سانتریفیوژ در دمای چهار درجه سلسیوس و استفاده از عصاره حاصله برای اندازه‌گیری میزان پراکسید هیدروژن در طول موج ۳۹۰ نانومتر بود (Ghiazdowska *et al*., 2010).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز پس از اعمال تیمار محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و در مرحله به‌غلاف‌رفتن، مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی با ۳۰۰۰ میکرومول بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH=7 و ۱۰۰ میکرومولار آب اکسیژنه مخلوط شد. این محلول برای مدت یک دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. سپس برای توقف فعالیت آنزیم کاتالار، مقدار ۱۰میلی لیتر اسید سولفوریک ۲درصد به مخلوط اضافه شد. آن‌گاه توسط پرمنگنات پتاسیم ۰/۰۱ مولار تا تشکیل رنگ صورتی کم‌رنگ (حداقل ۳۰ ثانیه با رنگ ثابت) تیتر شد و سپس فعالیت آنزیم کاتالاز بر حسب حجم مصرفی محلول پرمنگنات پتاسیم بر حسب درصد کنترل محاسبه شد (Chance & Maehly, 1955).

برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز محلول بافر استات، آب اکسیژنه و بنزیدین تهیه و درحمام یخ با یکدیگر مخلوط گردید و بلافاصله ۰/۱میلی لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. فعالیت آنزیمی بر حسب واحد جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محلول محاسبه گردید (Wenhugsic, 1992).

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1. Physical and chemical properties of experimental site soil

عمق	بافت	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	مواد خنثی‌شونده	هدایت الکتریکی	اسیدیته
Depth (cm)	**Texture**	**Clay (%)**	**Silt (%)**	**Sand (%)**	**TNV[1] (%)**	**EC (ds/m)**	**pH**
0-30	رسی clay	60	34	6	30	1.1	7.6
30-60	رسی clay	56	35	9	34	1.3	7.6

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش
Table 2. Chemical properties of soil

عمق خاک (سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	گوگرد (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
Soil depth (cm)	**Organic C (%)**	**Total N (%)**	**S (%)**	**P ($mg.kg^{-1}$)**	**K ($mg.kg^{-1}$)**	**Mn ($mg.kg^{-1}$)**	**Fe ($mg.kg^{-1}$)**	**Zn ($mg.kg^{-1}$)**	**Cu ($mg.kg^{-1}$)**
0-30	0.9	0.08	0.03	10.4	430	6.8	6.1	0.41	1.04
30-60	0.6	0.06	0.02	8	390	4.6	5	0.14	0.75

۱- Total Neutralizing Value

جدول ۳- میزان بارندگی و میانگین حداقل و حداکثر دما در ماه در طول دوره کاشت تا برداشت
Table 3. Rainfall and max and min temprature during sowing date to harvesting

شاخص‌های هواشناسی Meteorological indices	ماه‌های سال Months of year			
	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	49.7	134.48	22.45	0
میانگین دمای حداقل Min. temperature (C°)	5.8	6.49	9.51	11.66
میانگین دمای حداکثر Max. temperature (C°)	13.3	17.36	26.61	32.85

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، زمانی که بوته‌ها در رسیدگی کامل هستند (رطوبت دانه ۱۴ درصد)، برداشت بوته‌های موجود در دو ردیف میانی هر کرت انجام (از هر کرت نیم‌متر از پایین و نیم‌متر از بالا به عنوان حاشیه درنظر گرفته شد) و پس از جداکردن ریشه‌های بوته‌ها و خشک‌کردن بوته‌ها تا زمان ثبات وزن خشک در آون در دمای ۷۲ درجه سلسیوس، دانه‌ها در رطوبت ۱۰ درصد جدا و توسط ترازوی دیجیتالی عملکرد دانه کل بوته‌ها اندازه‌گیری گردید (Salahi Farahi *et al.*, 2016).

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین ها علاوه بر حالت کلی، از طریق اثرات متقابل سه‌گانه آن‌ها نیز به روش برش‌دهی (اثر متقابل تیمارهای کود زیستی و اسید سالیسیلیک به‌طور جداگانه با ارقام بیونیج و آزاد) با روش LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر اصلی کودهای‌زیستی و اثر متقابل رقم×کودهای‌زیستی بر RWC معنی‌دار شد (جدول ۴). بالاترین RWC در رقم بیونیج و با کاربرد کود میکوریز و کمترین RWC در رقم آزاد و با کاربرد کود بیوسولفور با ۲۷ درصد اختلاف به‌دست آمد (جدول ۵). از سوی دیگر به نظر می‌رسد دو رقم بیونیج و آزاد در واکنش به نوع کودهای‌زیستی تفاوت داشته‌اند. بخشی از اثر متفاوت کودهای زیستی بر ارقام می‌تواند ناشی از اختلاف خصوصیات ژنتیکی و فیزیولوژیکی دو رقم آزاد و بیونیج باشد و بخشی دیگر نیز ناشی از تفاوت در نوع کودهای زیستی است؛ زیرا مکانیسم اثر این دو کودزیستی یکسان نیست. به‌عبارتی میکوریز قارچ است که با هیف‌های خود سطح ریشه را گسترش می‌دهد، اما بیوسولفور باکتری است و وظیفه اکسیدکردن گوگرد را دارد. در آزمایشی بر روی نخود کاربرد کود زیستی، RWC را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد (Akhtar *et al.*, 2017). کاربرد کود ریزوباکتری می‌تواند باعث بهبود هدایت روزنه‌ای، افزایش طول و سطح ریشه و جذب آب از فواصل دورتر گردد که در نهایت منجر به بهبود RWC می‌شود (Amir *et al.*, 2013).

براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که آب نسبی ازدست‌رفته برگ‌ها (RWL) به‌طور کلی در سطوح مختلف تیمار کودزیستی در رقم بیونیج بالاتر از رقم آزاد بود، به‌طوری که در رقم بیونیج و عدم کاربرد کودهای‌زیستی بالاترین میزان RWL به مقدار ۴۲/۷۷ درصد حاصل شد. هر چند که در رقم بیونیج کاربرد کودهای‌زیستی مختلف سبب کاهش RWL برگ‌ها شد، ولی نتایج نشان داد که در رقم آزاد فقط کاربرد بیوسولفور سبب کاهش RWL شد، در حالی که کاربرد سایر کودهای زیستی از قبیل بیوسوپرفسفات، ریزوبیوم و میکوریز، RWL رقم آزاد را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در بین همه تیمارها نیز کمترین RWL در تیمار کاربرد بیوسولفور و در رقم آزاد (۲۷/۲۷ درصد) به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای‌زیستی در رقم بیونیج حدود ۵۷ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۵). در آزمایشی در شرایط تنش شدید خشکی از میان چهار رقم نخود آزاد، بیونیج، هاشم و ILC482، بالاترین RWL مربوط به رقم بیونیج و کمترین آن مربوط به ارقام آزاد و ILC482 بود (Mansourifar *et al.*, 2012). به احتمال زیاد اختلاف در واکنش دو رقم آزاد و بیونیج نسبت به کودهای‌زیستی دلیل اصلی متفاوت‌بودن RWL با کاربرد سطوح مختلف کودهای‌زیستی می‌باشد.

در نگاهی کلی کاربرد کودهای‌زیستی باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیلa، کلروفیلa/b، کلروفیل کل و کاروتنوئید نسبت به شاهد شد (جدول ۶). اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کودزیستی برای محتوای کلروفیل a معنی‌دار شد (جدول ۴). بالاترین کلروفیل a از کاربرد غلظت نیم میلی‌مولار و کود زیستی ریزوبیوم و کمترین کلروفیل a از عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کودزیستی به‌دست آمد (جدول۶) که اختلاف ۲/۸۹ برابری میان آن‌ها را نشان داد. در پژوهشی بر روی نخود کاربرد توأم اسیدسالیسیلیک و باکتری ریزوبیوم یا باعث افزایش کلروفیل‌های a، b و کارتنوئیدها شد (Riaz *et al*., 2019). در آزمایشی وقتی گیاه نخود تحت تنش خشکی محیطی قرار گرفت، کلروفیلa ، b و کاروتنوئید به طور معنی‌داری کاهش یافت که با استفاده از اسیدسالیسیلیک بر این کاهش غلبه شد، زیرا اسیدسالیسیلیک باعث افزایش فعالیت روبیسکو و PEP کربوکسیلاز در شرایط تنش می‌شود (Hayat *et al*., 2012).

اثرات متقابل رقم و اسیدسالیسیلیک برای محتوای کلروفیلb معنی‌دار شد (جدول۴). بالاترین کلروفیلb در هر دو رقم بیونیج و آزاد در سطح یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به دست آمد (جدول ۷). کمترین کلروفیلb در رقم بیونیج و با عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک مشاهده شدکه با بالاترین محتوای کلروفیل b مقدار ۷/۷ درصد اختلاف داشت (جدول ۷). همچنین اثرات متقابل رقم و کودهای زیستی برای کلروفیلb معنی‌دار گردید (جدول ۴). بالاترین کلروفیلb در رقم بیونیج و با کاربرد بیوسولفور و کمترین کلروفیلb در رقم آزاد و با عدم کاربرد کودزیستی مشاهده شد که دارای اختلافی حدود ۳۲درصد بودند (جدول ۵).

اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کودزیستی برای کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد بالاترین کلروفیل کل از کاربرد یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و ریزوبیوم و کمترین کلروفیل کل از عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی به‌دست آمد. در نگاهی کلی در تمامی سطوح اسیدسالیسیلیک کمترین کلروفیل کل از عدم کاربرد کودزیستی به‌دست آمد. کاربرد توأم اسید-سالیسیلیک و کودزیستی می‌تواند باعث افزایش کلروفیل‌هایa ، b و کلروفیل کل در نخود شود (Riaz *et al*., 2019).

کودهای زیستی می‌توانند به‌طور مستقیم از طریق کمک کردن به جذب منابع (نیتروژن، فسفر و مواد معدنی ضروری) و یا با بهینه‌نمودن سطح هورمون‌های گیاهی و یا به‌طور غیرمستقیم اثرات عوامل بیماری‌زای مختلف را محدود ساخته و به رشد گیاه کمک نمایند و از این طریق باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ شوند (Shweta & Kaur, 2017).

اثر متقابل رقم و اسیدسالیسیلیک بر نسبت کلروفیل a به b معنی‌دار گردید (جدول ۴). بالاترین نسبت کلروفیل a به b در هر دو رقم آزاد و بیونیج با کاربرد اسیدسالیسیلیک نیم میلی‌نرمال و کمترین نسبت کلروفیل a به b در رقم آزاد و عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۷). همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کودزیستی برای نسبت کلروفیل a به b معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که همانند نتایج کلروفیل a بالاترین نسبت کلروفیل a به b ازکاربرد غلظت نیم میلی‌مولار و کود زیستی ریزوبیوم و کمترین نسبت کلروفیل a به b از عدم کاربرد اسید-سالیسیلیک و کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۶) که ۲/۷۷ برابر تفاوت را نشان داد. محتوای کلروفیلa، کلروفیلa/b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با کاربرد کودهای زیستی به ترتیب تا ۱/۸۳، ۱/۲۶۹، ۳/۳۴۷ و ۹/۶۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر افزایش یافت.

اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کودزیستی برای محتوای کاروتنوئید معنی‌دار گردید (جدول ۴). بیشترین محتوای کاروتنوئید با کاربرد غلظت نیم‌میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به همراه بیوسولفور به‌دست آمد که با کمترین محتوای کاروتنوئید با عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کودزیستی، ۷۲ درصد اختلاف داشت (جدول ۶). در آزمایش‌هایی کاربرد توأم اسیدسالیسیلیک و کودزیستی بالاترین محتوای کاروتنوئید را در برگ نخود (Riaz *et al*., 2019) و آفتابگردان (Khan *et al*., 2018) باعث شد. این موضوع را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای و رطوبتی در محیط پیرامون ربط داد. در آزمایشی کاربرد اسیدسالیسیلیک و کودهای‌زیستی باعث انباشت عناصر درشت و ریزمغذی‌ها در ریزوسفر خاک و نیز حفظ محتوای رطوبت خاک شد (Khan & Bano, 2019).

اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کود زیستی بر محتوای پراکسید هیدروژن (H_2O_2) معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن با عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کاربرد میکوریز به‌دست آمد. البته این ترکیب تیماری با ۱۰ ترکیب تیماری دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین محتوای

پراکسید هیدروژن از عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کود زیستی حاصل شد. در نگاهی کلی در تمامی سطوح اسیدسالیسیلیک کمترین پراکسید هیدروژن از عدم کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۶). پراکسید هیدروژن، به عنوان یک گونه اکسیژن واکنش‌پذیر، در بسیاری از سیستم‌های زیستی به‌طور گسترده تولید می‌شود. H_2O_2 یک مولکول مهم در پیام‌رسانی است که واسطه فرایندهای مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان می‌باشد. متابولیسم طبیعی سلول‌های گیاهی منجر به تولید H_2O_2 از منابع مختلف می‌شود (Niu & Liao, 2016). در آزمایشی روی یونجه (*Medicago sativa*) کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار H_2O_2، هم در بخش هوایی گیاه و هم در ریشه گردید و میان محتوای H_2O_2 در بخش هوایی با محتوای کاتالاز در بخش هوایی همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. این افزایش به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز بوده که در اثر کاربرد کودهای زیستی این اتفاق رخ داده و سبب شده مقدار بیشتری از رادیکال سوپراکسید تولیدشده توسط آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به پراکسید هیدروژن تبدیل شده که اثر زیانبار کمتری بر سلول دارد. همچنین میان H_2O_2 و مقدار نیتروژن خاک و محتوای مس درون گیاه همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده گردید (Shen *et al.*, 2019). امکان دارد افزایش محتوای نیتروژن و عناصر غذایی توسط کودهای زیستی باعث افزایش H_2O_2 در گیاه نخود شده باشد. در آزمایشی غلظت بالای H_2O_2 و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (superoxide dismutase) در ریشه یونجه تلقیح‌شده با کود زیستی مشاهده شد، سوپراکسید دیسموتاز نقش محوری در تبدیل رادیکال‌های سوپراکسید به H_2O_2 و اکسیژن مولکولی دارد (Shen *et al.*, 2019).

براساس این نتایج مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر دو رقم بیونیج و آزاد شد. بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام بیونیج و آزاد به مقدار ۰/۰۷۶ نانومول بر دقیقه بر گرم در تیمار عدم کاربرد کودهای‌زیستی حاصل شد و نتایج نشان داد که در رقم بیونیج و آزاد کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۰/۰۵۸ و ۰/۰۵۹ نانومول بر دقیقه بر گرم به‌ترتیب با کاربرد بیوسوپرفسفات و بیوسولفور به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین مشخص شد که افزایش غلظت محلول‌پاشی اسیدسالیسلیک منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر دو رقم شد (جدول ۷) و این افزایش به دلیل اثر آنتی‌اکسیدانی اسیدسالیسیلیک در پالایش گونه‌های فعال اکسیژن و کمک به سیستم آنتی‌اکسیدانی مانند آنزیم کاتالاز می‌باشد. به هر حال با توجه به نقش غلظت اسیدسالیسیلیک در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مشخص شد که در سطوح مختلف کودهای‌زیستی نیز غلظت اسیدسالیسلیک بر فعالیت آنزیم کاتالاز اثر گذاشته و مشاهده شد که در سطح تیمار عدم کاربرد کودهای‌زیستی، افزایش غلظت اسیدسالیسلیک سبب کاهش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز شد (جدول ۶). بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و اسیدسالیسلیک به میزان ۰/۰۸۱ نانومول بر دقیقه بر گرم بود. بر اساس نتایج مشخص شد که در سطوح مختلف غلظت اسیدسالیسلیک واکنش کودهای زیستی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز متفاوت بود، به‌طوری که میزان فعالیت این آنزیم در سطوح شاهد، نیم و یک میلی مولار از اسیدسالیسلیک به‌ترتیب با کاربرد کودهای میکوریز (۰/۰۶۱ نانومول بر دقیقه بر گرم)، بیوسوپرفسفات (۰/۰۵۷ نانومول بر دقیقه بر گرم) و بیوسولفور (۰/۰۵۴ نانومول بر دقیقه بر گرم) کمتر از سایر تیمارهای کاربرد کودهای زیستی بود (جدول ۶). در نگاهی کلی با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت، به طوری که کمترین میزان فعالیت این آنزیم در سطح محلول‌پاشی یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد.

همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی بر فعالیت پراکسیداز معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین فعالیت پراکسیداز در شرایط عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک و کود زیستی مشاهده گردید (جدول ۶). بالاترین و کمترین فعالیت پراکسیداز به‌ترتیب در شرایط عدم کاربرد اسیدسالیسیلیک×عدم کاربرد کودزیستی به (۰/۰۷۸ نانومول بر دقیقه بر گرم) و اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار×کاربرد ریزوبیوم (۰/۰۴۹نانومول بر دقیقه بر گرم) حاصل شد. غلظت‌های نیم و یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به همراه ریزوبیوم کمترین میزان فعالیت پراکسیداز را به خود اختصاص دادند. در آزمایشی بر روی نخود نشان داده شد که در شرایط عدم تنش خشکی غلظت نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد به طور معنی‌داری فعالیت پراکسیداز کمتری داشت ولی غلظت یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Shooryabi & Ganjeali, 2012).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی برگ تازه و عملکرد دانه نخود تحت تاثیر سطوح مختلف ارقام، اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی

Table 4. Analysis of variance for physiological characteristics of fresh leaf and grain yield of chickpea under different levels of salicylic acid and biofertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square										
		RWC	RWL	کلروفیل a Chl-a	کلروفیل b Chl-b	کلروفیل کل Chl-ab	کلروفیل a/b Rate of Chl a/b	کاروتنوئید Carotenoid	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide	کاتالاز catalase	پراکسیداز peroxidase	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	71.4^{ns}	163*	009^{ns}	0.001^{ns}	0.009^{ns}	0.006^{ns}	2.11*	0.37^{ns}	0.00001^{ns}	0.000004^{ns}	12872^{ns}
رقم Cultivar	1	6.20^{ns}	401**	0.005^{ns}	0.001^{ns}	0.01^{ns}	0.0007^{ns}	0.05^{ns}	0.89^{ns}	0.00001^{ns}	0.00001^{ns}	168050**
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	2	100^{ns}	231**	3.47**	0.07**	4.02**	1.44**	0.53^{ns}	5.17**	0.0004**	0.0004**	286540**
کود زیستی Biofertilizer	4	166**	63.9^{ns}	0.88**	0.01**	1.10**	0.33**	28.2**	18.5**	0.0008**	0.0008**	280884**
رقم × اسید سالیسیلیک salicylic acid× Cultivar	2	86^{ns}	31.3^{ns}	0.03^{ns}	0.004**	0.02^{ns}	0.02*	0.76^{ns}	1.51^{ns}	0.00003*	0.000005^{ns}	22114**
رقم × کودهای زیستی Biofertilizer×Cultivar	4	122*	170**	0.005^{ns}	0.005*	0.01^{ns}	0.002^{ns}	0.38^{ns}	1.27^{ns}	0.00005**	0.00004*	10006^{ns}
اسید سالیسیلیک × کود زیستی Biofertilizer×Salicylic acid	8	56.4^{ns}	65.1^{ns}	0.12**	0.003^{ns}	0.1**	0.07**	5.22**	3.42**	0.00009**	0.00007**	23481**
رقم × اسید سالیسیلیک × کود زیستی salicylic acid× Biofertilizer ×Cultivar	8	60.1^{ns}	102*	0.009^{ns}	0.001^{ns}	0.006^{ns}	0.009^{ns}	0.93^{ns}	0.34^{ns}	0.00002*	0.00001^{ns}	14873*
خطای آزمایش Error	58	38.1	64.4	0.01	0.002	0.01	0.01	0.7	0.83	0.00001	0.00001	7291
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		11	19.7	9.11	3.04	4.70	9.98	9.99	8.22	5.01	6.82	6.17

* و ** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

* and ** represent of significant difference in 5 and 1 % , ns indicate of non-significant difference

در نگاهی کلی در هر سه سطح اسیدسالیسیلیک بالاترین فعالیت پراکسیداز در شرایط عدم کاربرد کود زیستی مشاهده گردید. این احتمال وجود دارد که کودهای زیستی از شرایط تنش‌زای درون خاک به‌ویژه تنش‌های تغذیه‌ای و رطوبتی کاسته و در این راستا از فعالیت پراکسیداز کاسته شده است. پراکسیداز در مقاومت در برابر تنش‌های دمایی، pH، شوری، فلزات سنگین و حلال‌های آلی و غیره نقش دارد (Pandey *et al.*, 2017). کاربرد کودهای زیستی با تأمین مداوم نیتروژن و فسفر در طی رشد و با تأمین متعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌توانند میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را کاهش دهند (Amani *et al.*, 2017).

با توجه به نتایج این مطالعه مشخص شد که در هر دو رقم بیونیج و آزاد، بالاترین میزان عملکرد دانه در غلظت نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد و در غلظت‌های کمتر و بیشتر و به‌ویژه در تیمار کاربرد اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار کمترین میزان عملکرد دانه به‌دست آمد. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به‌میزان ۱۶۲۶ و ۱۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در غلظت‌های نیم و یک میلی‌مولار و در ارقام بیونیج و آزاد حاصل شد (جدول ۷). نتایج همچنین نشان داد که در سطوح مختلف کاربرد کودهای زیستی نیز بالاترین میزان عملکرد دانه در همه سطوح کودهای زیستی در تیمار کاربرد نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک به‌دست آمد و کمترین میزان عملکرد دانه نیز در همه سطوح کودهای‌زیستی در سطح کاربرد اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار حاصل شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ارقام نخود و کودهای زیستی بر محتوای نسبی آب برگ، آب نسبی ازدست‌رفته برگ‌ها، غلظت کلروفیل b، کاتالاز و پراکسیداز در شرایط دیم

Table 5. Mean comparison effect of cultivar and biofertilizers on studied of RWC, RWL, Chl-b, catalase and Peroxidase of chickpea under dryland condition Peroxidase

رقم Cultivar	کود زیستی Bio fertilizer	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	آب نسبی ازدست‌رفته برگ‌ها (درصد) RWL (%)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم ماده تر) Chl-b (mg/g)	کاتالاز (نانومول بر دقیقه بر گرم) Catalase (nmol/min/g)	پراکسیداز (نانومول بردقیقه بر گرم) Peroxidase (nm/min/g)
بیونیج Bivanij	عدم کاربرد Control	55.41^{bc}	42.77^{a}	1.433^{de}	0.076^{a}	0.067^{b}
	بیوسوپرفسفات Biosuperphosphate	56.60^{abc}	36.63^{ab}	1.431^{e}	0.066^{b}	0.063^{c}
	بیوسولفورBioSulphur	54.36^{bcd}	36.10^{b}	1.532^{a}	0.058^{d}	0.058^{e}
	ریزوبیوم Rhizobium	51.50^{cd}	34.85^{b}	1.469^{b-e}	0.061^{c}	0.053^{fg}
	میکوریز Mycorrhiza	62.12^{a}	32.31^{bc}	1.474^{bcd}	0.062^{c}	0.056^{ef}
آزاد Azad	عدم کاربرد Control	57.65^{ab}	31.15^{bc}	1.428^{e}	0.076^{a}	0.072^{a}
	بیوسوپرفسفات Biosuperphosphate	59.52^{ab}	32.68^{bc}	1.483^{bc}	0.059^{cd}	0.062^{cd}
	بیوسولفورBioSulphur	48.69^{d}	27.27^{c}	1.501^{ab}	0.060^{cd}	0.059^{de}
	ریزوبیوم Rhizobium	56.02^{bc}	34.65^{b}	1.506^{ab}	0.062^{c}	0.049^{g}
	میکوریز Mycorrhiza	48.55^{bc}	35.80^{b}	1.463^{cde}	0.062^{c}	0.058^{e}

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Same letters in each column indicate of non-significant difference in 5% level.

جدول ۶ – مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک و کودهای‌زیستی بر غلظت کلروفیل a، غلظت کلروفیل کل، غلظت کلروفیل a/b غلظت کاروتنوئید، پراکسید هیدروژن، کاتالاز، پراکسیداز و عملکرد دانه در شرایط دیم

Table 6. Mean comparison for effect of salicylic acid and biofertilizers on studied Chl- a, Chl-ab, Chl a/b, Carotenoid, Hydrogen peroxide, Catalase Peroxidase and Grain yield of chickpea under dryland condition

اسید سالیسیلیک Salicylic acid	کودزیستی Bio fertilizer	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم ماده تر) Chl- a (mg/g)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم ماده تر) Chl-ab (mg/g)	کلروفیل a/b Chl a/b	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم ماده تر) Carotenoid (mg/g)	پراکسید هیدروژن (میلی گرم بر گرم) Hydrogen peroxide (nmol/g)	کاتالاز (نانومول بر دقیقه بر گرم) Catalase (nmol/min/g)	پراکسیداز Peroxidase (nmol/min/g)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg/ha)
عدم کاربرد Control	Control عدم کاربرد	0.47^{e}	1.909^{e}	0.336^{f}	5.61^{e}	7.45^{e}	0.081^{a}	0.078^{a}	1213^{f}
	Biosuperphosphate بیوسوپرفسفات	1.06^{d}	2.473^{d}	0.754^{e}	8.63^{b}	10.70^{bcd}	0.071^{b}	0.066^{b}	1345de
	BioSulphur بیوسولفور	1.26^{c}	2.777^{c}	0.839^{e}	9.6^{ab}	11.20^{abc}	0.064^{cd}	0.059^{cd}	1323de
	Rhizobium ریزوبیوم	1.38^{bc}	2.838^{c}	0.96^{d}	8.95^{ab}	11.82^{a}	0.065^{c}	0.054^{ef}	1599^{a}
	Mycorrhiza میکوریز	1.38^{bc}	2.803^{c}	0.977^{d}	9.25^{ab}	11.97^{a}	0.061^{c-f}	0.064^{bc}	1446^{bc}
نیم میلی‌مولار 0.5mM	Control عدم کاربرد	1.45^{b}	2.839^{c}	1.052^{cd}	5.73^{de}	10.04^{d}	0.078^{a}	0.066^{b}	1385^{cd}
	Biosuperphosphate بیوسوپرفسفات	1.75^{a}	3.191^{ab}	1.227^{ab}	9.41^{ab}	11.71^{ab}	0.057^{gh}	0.057^{def}	1401^{cd}
	BioSulphur بیوسولفور	1.80^{a}	3.294^{ab}	1.207^{ab}	9.66^{a}	11.42^{abc}	0.060^{efg}	0.059^{de}	1448^{bc}
	Rhizobium ریزوبیوم	1.83^{a}	3.281^{ab}	1.269^{a}	8.95^{ab}	11.77^{a}	0.058^{fg}	0.049^{g}	1626^{a}
	Mycorrhiza میکوریز	1.71^{a}	3.165^{b}	1.18^{ab}	9.00^{ab}	11.31^{abc}	0.064^{cd}	0.056^{def}	1532^{ab}
یک میلی‌مولار 1mM	Control عدم کاربرد	1.44^{b}	2.92^{c}	0.975^{d}	7.60^{c}	10.42^{cd}	0.069^{b}	0.066^{b}	1034^{g}
	Biosuperphosphate بیوسوپرفسفات	1.72^{a}	3.255^{ab}	1.113^{bc}	6.61^{d}	11.68^{ab}	0.060^{d-g}	0.065^{b}	1345de
	BioSulphur بیوسولفور	1.74^{a}	3.294^{ab}	1.13^{bc}	8.9^{ab}	11.64^{ab}	0.054^{h}	0.056^{def}	1308^{def}
	Rhizobium ریزوبیوم	1.78^{a}	3.347^{a}	1.141^{bc}	9.31^{ab}	11.5^{ab}	0.062^{cde}	0.049^{g}	1446^{bc}
	Mycorrhiza میکوریز	1.78^{a}	3.326^{ab}	1.164^{abc}	9.00^{ab}	11.82^{a}	0.061^{def}	0.052^{fg}	1282^{ef}

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Same letters in each column indicate of non-significant difference in 5% level

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ارقام نخود و اسیدسالیسیلیک بر صفات کلروفیلb ، کلروفیل a/b ، کاتالاز و عملکرد دانه در شرایط دیم

Table 7. Mean comparison for effect of cultivar and salicylic acid on studied Chl-b, Chl a/b, Catalase and Grain yield of chickpea under dryland condition

رقم Cultivar	اسید سالیسیلیک Salicylic acid	کلروفیلb (میلی گرم بر میلی لیتر) Chl b (mg/ml)	کلروفیل a/b Chl a/b	کاتالاز (نانومول بر دقیقه بر گرم) Catalase (nmol/min/g)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg/ha)
بیونیج Bivanij	عدم کاربرد control	1.42^{c}	0.805^{c}	0.069^{a}	1539^{b}
	نیم میلی‌مولار 0.5mM	1.44^{bc}	1.171^{a}	0.063^{b}	1626^{a}
	یک میلی‌مولار 1mM	1.52^{a}	1.084^{b}	0.063^{b}	1387^{c}
آزاد Azad	عدم کاربرد control	1.46^{b}	0.741^{c}	0.068^{a}	1232^{d}
	نیم میلی‌مولار 0.5mM	1.43^{bc}	1.203^{a}	0.064^{b}	1332^{c}
	یک میلی‌مولار 1mM	1.53^{a}	1.133^{ab}	0.059^{c}	1180^{d}

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Same letters in each column indicate of non-significant difference in 5% level.

بر این اساس مشخص شد که بالاترین میزان عملکرد دانه به‌میزان ۱۶۲۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد ریزوبیوم و در سطح محلول‌پاشی نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود، در حالی که کمترین میزان عملکرد دانه به‌میزان ۱۰۳۴ کیلوگرم مربوط به تیمار عدم کاربرد کودهای‌زیستی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار بود (جدول ۶). این موضوع نشان‌دهنده نقش مؤثر کود زیستی ریزوبیوم و محلول‌پاشی نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک در افزایش عملکرد بود.

نتیجه‌گیری

در نتیجه این مطالعه مشخص شد که کاربرد اسیدسالیسیلیک با بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه نخود و همچنین با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود سبب افزایش عملکرد نخود شده است. همچنین کودهای زیستی اثر بر جذب بیشتر عناصر بر عملکرد دانه اثر مثبت دارند. در نگاه کلی از میان ارقام مورد آزمایش رقم محلی بیونیج، از میان سطوح اسیدسالیسیلیک غلظت نیم میلی‌مولار و از میان سطوح کودهای زیستی کود ریزوبیوم، از لحاظ عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد برتری داشتند.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و دانشگاه رازی کرمانشاه به جهت کمک در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Amani, N., Sohrabi, Y., and Heidari, G. 2017. Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27(2): 65-83. (In Persian with English Summary).
2. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants: Agronomy Journal 23: 112-121.
3. Akhtar, M., Jamil, M., Ahamd, M., and Abbasi, G. 2017. Evaluation of biofertilizer in combination with organic amendments and rock phosphate enriched compost for improving productivity of chickpea and maiz. Soil and Environment 36(01): 59-69.
4. Amir, M., Aslam, A., Khan, M.Y., Jamshaid, M.U., Ahmad, M., Asghar, H.N., and Zahir, Z.A. 2013. Co-inoculation with Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for inducing salinity tolerance in mung bean under field conditions of semiarid climate. Asian Journal of Agriculture and Biology 1(1): 17-22.

5. Beres, B.L., McKenzie, R.H., Cárcamo, H.A., Dosdall, L.M., Evenden, M.L., Yang, R.C., and Spaner, D.M. 2012. Influence of seeding rate, nitrogen management and micronutrient blend applications on pith expression in solid-stemmed spring wheat. Crop Science 52: 1316-1329.
6. Bhutali, R.V., and Lal, E.P. 2017. Ameliorative effect of salicylic acid on yield, biochemical and antioxidant parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(8): 1388-1399.
7. Chance, B., and Maehly, A. C. 1955. Assay of catalase and peroxidase. Methods in Enzymology 2: 764-775.
8. Cornic, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. In: N.R. Baker and J.R. Bowyer (Eds.). Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the field. pp. 297-313.
9. Dahal B.R., and Bhandari S. 2019. Biofertilizer: A next generation fertilizer for sustainable rice production. International Journal of Graduate Research and Review 5(1): 1-5
10. Elhakem, A.H. 2019. Impact of salicylic acid application on growth, photosynthetic pigments and organic osmolytes response in *Mentha arvensis* under drought stress. Journal of Biological Sciences 19: 372-380.
11. Farjam S., and Siosemadrdeh, A. 2014. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to exogenous salicylic acid and ascorbic acid under vegetative and reproductive drought stress conditions. Journal of Applied Botany and Food Quality 87: 80-86.
12. Fazeli, A., Zarei, B., and Tahmasebi, Z. 2017. The effect of salinity stress and salicylic acid on some physiological and biochemical traits of Black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Plant Biology 9(4): 69-84. (In Persian with English Summary).
13. Fetri, M., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., and Mohammadi, G. 2016. Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rain fed farming. Iranian Journal of Pulses Research 7(1): 135-144.
14. Ghiazdowska, A., Krasuska, U., and Bogatek, R. 2010. Dormancy removal in apple embryos by nitric oxide or cyanide involves modifications in ethylene biosynthetic pathway. Planta 232: 1397-1407.
15. Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M.N., and Ahmad, A. 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. Plant, Soil and Environment 58(9): 417-423.
16. Jesfar, A.B.M., Rifky, A.L.M., and Rinos, M.H.M. 2018. Study on the feasibility of chickpea cultivation in Ampara area in Sri Lanka. International Journal of Academic and Applied Research 2: 1-4.
17. Karasu, A., Öz, M., and Dogan, R. 2009. The effect of bacterial inoculation and different nitrogen doses on yield and yield components of some chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 8(1): 59-64.
18. Khan, N., and Bano, A. 2019. Exopolysaccharide producing rhizobacteria and their impact on growth and drought tolerance of wheat grown under rainfed conditions. Plos One 14(9): e0222302. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222302
19. Khan, N., Zandi, P., Ali, S., Mehmood, A., Adnan Shahid, M., and Yang, J. 2018. Impact of salicylic acid and PGPR on the drought tolerance and phytoremediation potential of *Helianthus annus* .Frontiers in Microbiology 9: 2507. doi.org/10.3389/fmicb.2018.02507
20. Mansourifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 53-66. (In Persian with English Summary).
21. Niu, L., and Liao, W. 2016. Hydrogen peroxide signaling in plant development and abiotic responses: crosstalk with nitric oxide and calcium. Frontiers in Plant Science 7: 230. doi:10.3389/fpls.2016.00230
22. Norouzi, M., Sajedi, N.A., and Gomarian, M. 2018. Effects of salicylic acid and selenium at growth stages on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dryland farming condition. Environmental Stresses in Crop Sciences 11(3): 579-589. (In Persian with English Summary).
23. Pandey, V.P., Awasthi, M, Singh, S., Tiwari, S., and Dwivedi, U.N. 2017. A comprehensive review on function and application of plant peroxidases. Biochemistry and Analytical Biochemistry 6(1): 1000308. doi:10.4172/2161-1009.1000308
24. Rajabi, L., Sajadi, N.A., and Roshandel, M. 2012. Intraction of salicylic acid and superabsorbent on agronomocal characteristic and protein percentage chickpea cultivar Hashem in condition of dryland. Crop Production in Environmental Stress 4(1): 37-48. (In Persian with English Summary).

25. Ramezannezhad, R., Lahouti, M., and Ganjali, A. 2013. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical parameters on resistant and sensitive chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. Journal of Plant Ecophysiology 5(12): 24-36. (In Persian with English Summary).
26. Riaz, A., Rafique, M., Aftab, M., Qureshi, M.A., Javed, H., Mujeeb, F., and Akhtar, S. 2019. Mitigation of salinity in chickpea by Plant Growth Promoting Rhizobacteria and salicylic acid. Eurasian Journal of Soil Science 8(3): 221-228.
27. Salahi Farahi, M., Dadashi, M.R., and Ajam Norouzi, H. 2016. Effects of planting date, row spacing and Zn and nitrogen fertilizers on rain feed chickpea in Gonbad. Journal of Plant Ecophysiology 9(32): 26-36.
28. Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S.K., Sidhu, G.P.S., Bali, A.S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R., and Zheng, B. 2019. Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. Biomolecules 9: 285. doi:10.3390/biom9070285
29. Shen, G., Ju, W., Liu, Y., Guo, X., Zhao, W., and Fang, L. 2019. Impact of urea addition and Rhizobium inoculation on plant resistance in metal contaminated soil. International Journal of Environmental Research and Public Health 16(11): 1-17.
30. Shooryabi, M., and Ganjeali, A. 2012. Investigating the effect of salicylic asid on enzymes activity and antioxidant compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. Environmental Stress in Crop Sciences 5(1): 41-54. (In Persian with English Summary).
31. Shweta, S., and Kaur, M. 2017. Plant hormones synthesized by microorganisms and their role in biofertilizer- A review article. International Journal of Advanced Research 5(12): 1753-1763.
32. Wenhugsic, E.R.B. 1992. Structure biosanteetic of peroxidase from peinot cells, plant peroxidasses.X.U, analysis of osmotic adjustment in crop plants. Journal of Experimental Botany 50: 291-302.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 136-150 (Original Research Article)

Effect of salicylic acid spraying and application of biofertilizers on the physiological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions

Momeni[1], Fardin; Abdali Mashhadi[2*], Alireza; Siadat[3], Seyeed Ataolah; Pakdaman Sardrood[4], Babak; and Mokhtar Ghobadi[5]

1. PhD Student in Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran; f_moemeni@yahoo.com
2. Associate Professor of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran
3. Professor of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran; seyedatasiadat@yahoo.com
4. Assistant Professor of Phytopathology, Plant Pathology Department, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran; bpakdaman@asnrukh.ac.ir
5. Associate Professor of Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; ghobadi.m@razi.ac.ir

Received: 30 May 2020; **Revised:** 26 September 2020
Accepted: 24 February 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.87109

How to cite this article:
Momeni, F., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S.A., Pakdaman Sardrood, B., and Ghobadi, M. 2021. Effect of salicylic acid spraying and application of biofertilizers on the physiological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 136-150.

Introduction

Chickpea is one of the valuable pulses and rich source of protein. In most years, in west of Iran, the amount of rainfall is low and the distribution of rainfall is not suitable. In many cases, rainfed lands are affected by drought stress. On the other hand, most rainfed lands have low fertility, especially in nitrogen and phosphorus nutrients. In higher plants, salicylic acid applied to reduce the dangerous effects of drought stress. Different varieties of chickpeas show different responses to environmental changes. This experiment was carried out in order to investigate the effect of salicylic acid and biofertilizers on the physiological characteristics of two chickpea cultivars.

Materials and Methods

This experiment was done in factorial based on randomized complete block design with three replications in Kermanshah under rainfed conditions in the 2016. Kermanshah is located at an altitude of 1319 m of sea level (Latitude: 34°21′ N and Longitude: 47°9′ E). Experimental treatments included two chickpea cultivars (Bivanij and Azad), foliar spraying of salicylic acid (non-application, 0.5 and 1 mill molar concentrations) and biological fertilizer (non-application of biofertilizers, bio-superphosphate bacteria (*Pseudomonas+Enterobacter*), biosulfur bacteria (*Thiobacillus* spp.), a rhizobium bacterium (*Mesorhizobium ciceri*), and mycorrhiza fungus (*Rhizophagus irregularis*). Each plot was six m^2 (four

*** Corresponding Author:** alirezaabdali@ramin.ac.ir

meters long and 1.5 meters wide) with 6 lines (density= 40 plants per m^2, sowing line spacing= 25 cm, sowing distance on each line= 10 cm and sowing depth= 7 cm). The sowing date was March 19. The studied traits were relative water content, relative water loss, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, chlorophyll a/b ratio, carotenoids, hydrogen peroxide, catalase and peroxidase enzyme activity and grain yield.

Results and Discussion

Foliar spraying of salicylic acid and the application of biofertilizers increased the production of hydrogen peroxide and decreased the activity of catalase and peroxidase enzymes. The highest catalase activity were obtained in Bivanij cultivar×non-application of salicylic acid, Bivanij cultivar×non-use of biofertilizer, non-application of salicylic acid and the lowest catalase activity were obtained in Azad cultivar×one mM salicylic acid, Bivanij cultivar×bio-superphosphate and one mM salicylic acid×biosulfur application. The highest and lowest peroxidase activity were obtained under non-application of salicylic acid×non-application of biofertilizer and one mM salicylic acid×rhizobium application, respectively. The highest relative water loss (RWL) was obtained in Bivanij cultivar×non-application of biofertilizer, while the lowest RWL was observed in Azad cultivar×biosulfur application biofertilizer. Relatively, the content of chlorophyll a, chlorophyll a/b, total chlorophyll and carotenoids increased with the application of biofertilizers. Bivanij cultivar had a higher grain yield than Azad cultivar. In both Bivanij and Azad varieties, the highest grain yield was obtained from the use of rhizobium and mycorrhiza biofertilizers. The highest grain yield (1626 $kg.ha^{-1}$) was observed from the application of the concentration of 0.5 mM of salicylic acid and rhizobium biofertilizer. In both Bivanij and Azad varieties, the highest catalase activity was observed due to non-use of salicylic acid and non-application of biofertilizer.

Conclusion

In general, at all three levels of salicylic acid, the highest peroxidase activity was observed in the absence of biofertilizer application. It is possible that biofertilizers reduce both nutrient deficiencies and drought stress, thus reducing peroxidase activity. In general, in this experiment, in terms of grain yield and physiological traits affecting grain yield, between the cultivars, native Bivanij cultivar, among the salicylic acid levels, the concentration of 0.5 mmol and among the biofertilizers, rhizobium biofertilizer were superior treatments.

Keywords: Antioxidant؛ Carotenoids؛ Catalase؛ Chlorophyll؛ Hydrogen peroxide

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 151-164
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.75037

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۶۴-۱۵۱، نوع مقاله: پژوهشی

اثرات ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشدی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش‌کمبود آب

سیده سمیرا طباطبایی[۱]، محسن جهان[۲] و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف[۳*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ parvazi@live.com
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ jahan@um.ac.ir
۳- استادیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۸، بازنگری: ۱۳۹۷/۰۹/۰۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
طباطبایی، س.س.، جهان، م.، و حاج‌محمدنیا قالی‌باف، ک. ۱۴۰۰. اثرات ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشدی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش‌کمبود آب. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۵۱-۱۶۴.

چکیده

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. سطوح آبیاری در سه سطح شامل: ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۷۵ درصد نیاز آبی، و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان عوامل کرت اصلی و کود بیولوژیک نیتروکسین، کود بیولوژیک بیوفسفر، کود شیمیایی نیتروژنه (اوره) و شاهد به‌عنوان عوامل کرت فرعی منظور شدند. نتایج آزمایش نشان داد که کودهای بیولوژیک مورد بررسی به ویژه نیتروکسین در مقایسه با شاهد و حتی کود اوره، حداکثر مقادیر شاخص‌های رشدی شامل ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص لوبیا را به طور معنی‌داری افزایش دادند. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در اثر عامل کود بیولوژیک نیتروکسین و شاهد به‌ترتیب برابر ۲/۰ و ۱/۷ به‌دست آمد ($p\leq0.01$). بیشترین و کمترین مقادیر سرعت رشد محصول در ۷۷ روز پس از کاشت به‌ترتیب در اثر عامل کود نیتروکسین و شاهد برابر با ۱۱/۰۴ و ۸/۸۱ گرم در مترمربع در روز به‌دست آمد ($p\leq0.05$). بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی لوبیا نیز با تأمین ۱۰۰درصد نیاز آبی حاصل شد. کودهای نیتروکسین و بیوفسفر افزایش معنی‌داری ($P\leq0.05$) بر عملکرد دانه لوبیا داشتند و این صفت را به‌ترتیب ۹۲/۳ و ۵۴/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. اثرات اصلی و متقابل کود و آبیاری نیز بر طول مخصوص ریشه معنی‌دار ($p\leq0.05$) بود، به‌طوری‌که بیشترین طول مخصوص (۳۰/۱۵ متر در ۲۵ سانتی‌مترمکعب خاک) در نتیجهٔ کود نیتروکسین و ۱۰۰درصد نیاز آبی به‌دست آمد. به طور کلی، استفاده از کودهای بیولوژیک جایگزین مناسب‌تر کود شیمیایی نیتروژنه در تولید محصول سالم لوبیا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفر؛ حبوبات؛ خشکی؛ طول مخصوص ریشه؛ نیتروکسین

مقدمه

حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی انسان به‌شمار رفته و به عنوان یک مکمل غذایی طبیعی و باارزش برای غلات محسوب می‌شوند. لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی یکساله، دولپه‌ای و گرمادوست از خانوادهٔ بقولات است که امروزه در بسیاری از مناطق گرم و معتدل دنیا از جمله ایران کشت می‌شود (Kumar *et al.*, 2013). ارزش غذایی این محصول به‌علت دارابودن پروتئین (حدود ۲۵ درصد) و کربوهیدرات بالا (حدود ۶۰ درصد)، فیبر فراوان و برخی ویتامین‌ها (نظیر فولیت)، موادمعدنی (نظیر مس، کلسیم، آهن، منیزیم، منگنز و روی)، آنتی‌اکسیدانت‌ها و پلی‌فنل‌ها است (Kumar *et al.*, 2013; Rosales *et al.*, 2012; Wani *et*

* **نویسنده مسئول:** hajmohamadnia@um.ac.ir

al., 2013). لوبیا در بین حبوبات از نظر سطح زیرکشت در جهان مقام اول و در ایران پس از نخود (۶۳/۵ درصد) و عدس (۱۶/۷ درصد) با ۱۳/۷ درصد مقام سوم را دارا می‌باشد (Ahmadi *et al.*,, 2017).

در کشاورزی اکولوژیک به‌جای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی، از تناوب‌زراعی با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن، بقایای گیاهی، کودهای دامی، کودهای آلی، کودهای زیستی و کنترل زیستی آفات استفاده می‌شود، تا ضمن ذخیره مواد غذایی در خاک، علف‌های‌هرز و آفات کنترل شده و تنوع‌زیستی در مزارع افزایش یابد (Griffe *et al.*, 2003). یکی از امکانات زیستی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده از ریزجانداران مفید خاکزی است که می توانند به روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. از جمله این موجودات می‌توان به ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه[1] اشاره‌کرد (Vessey, 2003). گونه‌های متعلق به جنس‌های سودوموناس (*Pseudomonas* sp.)، ازوتوباکتر (*Azotobacter* sp.)، آزوسپیریلوم (*Azospirillum* sp.) و باسیلوس (*Bacillus* sp.) از دستۀ این باکتری‌ها محسوب می‌گردند (Tilak *et al.*, 2005).

در بین عناصر غذایی، نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف و ضروری برای گیاهان به‌شمار می‌رود که کمبود آن تداخل فراوانی را در رشد و نمو گیاهان وارد می‌کند. نیتروژن جزء اولیه تشکیل‌دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای‌آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به‌شمار می‌رود (Heidari & Jahan-Tighi, 2014). در شرایطی‌که امروزه کودهای شیمیایی مشکلات بسیاری نظیر مصرف بیش از حد انرژی، افزایش هزینه ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی و تهدید سلامت اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی را به‌همراه داشته‌اند، لوبیا قادر است قسمت عمده‌ای از نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق رابطۀ همزیستی با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium*) به‌دست‌آورد (Mulas *et al.*, 2011). بنابراین، به‌حداقل‌رساندن استفاده از کودهای شیمیایی و جایگزین‌نمودن آن‌ها با کودهای زیستی به‌عنوان یکی از اصول مهم کشاورزی پایدار برای نیل به حفظ حیات طبیعی، تنوع زیستی و پایداری منابع آب و خاک اهمیت یافته است.

تنش‌خشکی یکی از نامطلوب‌ترین عوامل رشد و بهره‌وری و تهدیدی جدی برای تولید محصول پایدار و امنیت‌غذایی در شرایط تغییر اقلیم به‌شمار می‌رود (Anjum *et al.*, 2011). رشد، عملکرد، تمامیت غشاء سلولی، محتوای رنگدانه‌ها، روابط آب، تنظیم اسمزی و فعالیت‌های فتوسنتزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرند. با وجود این، حساسیت گیاهان به تنش خشکی بسته به شدت تنش، گونه‌های گیاهی و مراحل رشد و نمو متفاوت است (Demirevska *et al.*, 2009). تنش خشکی از طریق کاهش محتوای آب خاک منجر به کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش آماس سلولی و در نهایت، بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت رشد و نمو سلول‌ها می‌شود (Anjum *et al.*, 2011). دسترسی ناکافی به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افزایش کارآیی مصرف آب را به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در این مناطق مطرح کرده است. از سوی دیگر، به‌دلیل بالابودن قیمت آب، خرید آب برای کشاورزان به‌یک معضل بزرگ تبدیل شده است که آن‌هم به نوبۀ خود تنش رطوبتی ایجاد کرده و خصوصیات کمی و کیفی گیاه را کاهش می‌دهد (Rosales *et al.*, 2012).

برخی تحقیقات نقش مثبت کاربرد کودهای زیستی را بر خصوصیات رشدی گیاهان و نیز تعدیل شرایط تنش خشکی نشان داده است. به عنوان مثال، Tahami Zarandi *et al,* (2016) ضمن بررسی اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گزارش کردند که بیشترین وزن تر کل اندام هوایی و شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد نیتروکسین حاصل شد. Fatma *et al,* (2008) گزارش کردند که کودهای بیولوژیک شامل ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات، روی شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis*) اثرات قابل‌توجهی داشت. در پژوهش دیگری مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات خاک، علاوه بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم پیروز، موجب تعدیل تنش کم‌آبیاری و کاهش اثر منفی آن شد (Rabieyan *et al.*,, 2009).

این پژوهش با هدف مقایسه اثرات ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد با کود شیمیایی نیتروژن بر شاخص‌های رشدی گیاه لوبیا در شرایط تنش کمبود آب انجام شد.

۱- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب‌شرقی مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۷۵ درصد نیاز آبی، و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان عامل اصلی و کودهای بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، کود شیمیایی نیتروژنه (به شکل اوره)، و شاهد (بدون مصرف کود) به‌عنوان عامل فرعی بودند. قبل‌از انجام آزمایش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک محل آزمایش نمونه‌گیری و به‌همراه نمونه کود دامی (کود گاوی) میزان عناصر و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آن‌ها تعیین گردید (جدول ۱).

عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر فروردین سال ۱۳۹۵ انجام شد؛ به این صورت که ابتدا زمین مورد نظر دو بار دیسک عمود برهم زده شد و سپس توسط لولر تسطیح گردید. در ادامه، به کمک فاروئر جوی و پشته‌هایی با فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر ایجاد شد. ابعاد هر کرت ۲/۵×۵ متر و داخل هر کرت پنج ردیف کاشت در نظر گرفته شد. فاصله بین بلوک‌ها یک متر و بین هر دو کرت متوالی، ۰/۵ متر جهت جلوگیری از تداخل عامل‌های آزمایشی در نظر گرفته شد. سپس محل عامل‌های آزمایشی به‌صورت تصادفی مشخص شد.

یک هفته قبل از کاشت، کود دامی به مقدار ۲۰ تن در هکتار به طور یکسان به همه کرت‌ها اضافه و با خاک مخلوط شد.

به‌منظور کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر (10^7 cfu/ml)، از روش بذرمال استفاده گردید و بر اساس توصیه شرکت سازنده، بذرهای تلقیح‌شده پس از خشک‌شدن در سایه، بلافاصله مورد کشت قرار گرفتند (Jahan & Nassiri Mahallati, 2012). کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان استارتر قبل از کشت به کرت‌های مربوطه اضافه شد. در تاریخ ۴ اردیبهشت ۱۳۹۵، کشت بذور لوبیا رقم درخشان با دست با فاصله ۱۰سانتی‌متر از یکدیگر و به عمق سه سانتی‌متر انجام شد.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا مرحله پنج‌برگی هر هفت‌روز یک‌بار به روش نشتی انجام گرفت و بعد از این مرحله متناسب با سطح تیمار آبیاری، آبیاری توسط کنتور اعمال و ثبت می‌شد. با توجه به نیاز آبی لوبیا رقم درخشان در طول فصل رشد (۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار) با منظورنمودن مدار آبیاری متوسط هفت‌روزه و تعداد ۱۷ نوبت آبیاری، حجم آبیاری برای تیمار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب معادل ۳۰۰، ۲۲۵ و ۱۵۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد (Jahan *et al.*,, 2012). برای حصول تراکم مناسب (۲۰ بوته در مترمربع) در مرحله دو تا چهار برگی، عملیات تنک انجام گرفت. به‌منظور کنترل علف‌های هرز (تاج خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus*)، سلمه تره (*Chenopodium album*) و سوروف (*Echinocloa crus-ghalii*))، شِش نوبت وجین دستی به‌ترتیب ۲۲، ۲۸، ۴۶، ۵۵، ۸۹ و ۹۵ روز پس‌از کشت انجام شد. گیاه لوبیا در طول دوره رشد خود با هیچ‌گونه آفت یا بیماری مواجه نگردید و هنگام آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد نیز از هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نمونه خاک مزرعه و کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Physico-chemical properties of the soil and cow manure samples used in experiment

	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد کربن آلی O.C (%)	میلی‌گرم به کیلوگرم پتاسیم K ($mg.Kg^{-1}$)	میلی‌گرم به کیلوگرم فسفر P ($mg.Kg^{-1}$)	میلی‌گرم به کیلوگرم نیتروژن N ($mg.Kg^{-1}$)
خاک Soil	Silt-loam	7.68	1.57	0.45	24	46	530
کود دامی Manure	-	-	5.6	20	410	7180	11400

پس از تکمیل اولین برگ حقیقی، نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی شامل ماده خشک تجمعی[۱] (TDM)، سطح برگ[۲] (LAI)، سرعت رشد محصول[۳] (CGR)، سرعت رشد نسبی[۴] (RGR) و سرعت جذب خالص[۵] (NAR) هر هفت روز یک‌بار به روش تخریبی و با درنظرگرفتن اثر حاشیه‌ای از پنج بوته لوبیا انجام گرفت. اندازه‌گیری سطح برگ بوته‌ها به کمک دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter, Delta T, UK) انجام شد. وزن خشک با قراردادن اندام هوایی نمونه‌های گیاهی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دیجیتال به دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه نیز از سطحی معادل پنج مترمربع محاسبه شد. طول مخصوص ریشه[۶] (SRL) در هر نمونه نیز در موقع برداشت، پس از شستشوی ریشه ها، با استفاده از روش تنانت اصلاح شده[۷] تعیین شد (Jahan & Nassiri Mahallati, 2012).

برای محاسبه شاخص‌های رشدی بر اساس میانگین طول مدت زمان (t2–t1)، از معادلات متوسط زیر (معادلات ۱ تا۴) استفاده شد (Sarmadnia & Koocheki, 1989).

معادله (۱)

$$LAI= (1/GA)[(LA2+LA1)/2]$$

معادله (۲)

$$CGR= (1/GA)[(W2–W1)/(t2–t1)]$$

معادله (۳)

$$RGR= (lnW2–lnW1)/(t2–t1)$$

معادله (۴)

$$NAR=[(W2–W1)/(t2–t1)][(lnLA2–lnLA1)/(LA2–LA1)]$$

که در معادلات فوق W: وزن خشک اندام هوایی (گرم)، t: زمان (روز)، LA: سطح برگ (مترمربع) و GA: سطح زمین (مترمربع) می‌باشند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش و رسم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزارهای Slide Write Ver.2 و Microsoft Excel 2010 استفاده شد. در پایان، مقایسه میانگین‌ها به‌کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجمع ماده خشک (TDM)

روند تغییرات تجمع ماده خشک لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر عامل‌های کودی مختلف در شکل A-۱ نشان داده شده است. به‌طورکلی، تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در اغلب گیاهان‌زراعی روندی سیگموئیدی دارد. بدین صورت که در ابتدای رشد سرعت تجمع ماده خشک کم و تدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک، افزایش می‌یابد. سپس در نقطه‌ای از منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به‌دلیل افزایش سن و پیری برگ‌ها از مقدار ماده خشک کاسته شده و در نهایت متوقف می‌شود (Sarmadnia & Koocheki, 1989).

با گذشت زمان و پیشرفت روزهای پس از کاشت، میزان ماده خشک تولیدی لوبیا در اثر عامل‌های مختلف افزایش یافت. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بیشترین تجمع ماده خشک در طول فصل رشد به میزان ۳۷۰ گرم در مترمربع در عامل کود بیولوژیک نیتروکسین مشاهده شد که به طور معنی‌داری (جدول ۲) بالاتر از سایر تیمارهای کودی و شاهد قرار گرفت (جدول ۳). همچنین زمان رسیدن به بیشترین تجمع ماده خشک طول فصل رشد در لوبیا برای عامل کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر سریع‌تر از سایر عامل‌ها رخ داد (شکل A-۱).

روند تغییرات تجمع ماده خشک لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر عامل‌های آبیاری مختلف در شکل B-۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین تجمع ماده‌خشک مربوط به عامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان ۴۵۰گرم بر مترمربع بود که به طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) بالاتر از سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی (به‌ترتیب با ۴۱۵ و ۲۰۹ گرم ماده خشک در مترمربع) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه دو شکل مربوط به تجمع ماده خشک در طول فصل رشد (شکل های A-۱ و B-۱) بیانگر آن است بخش عمده افزایش در ماده خشک در فاصله بین روزهای ۲۱ تا ۹۰ روز پس‌از کاشت، یعنی هنگامی‌که گیاه در مرحلۀ رشد خطی قرار داشت، حاصل‌شد. به‌نظر می‌رسد که در این زمان گیاه لوبیا توانسته با گسترش ریشه‌های خود به حداکثر توانایی برای

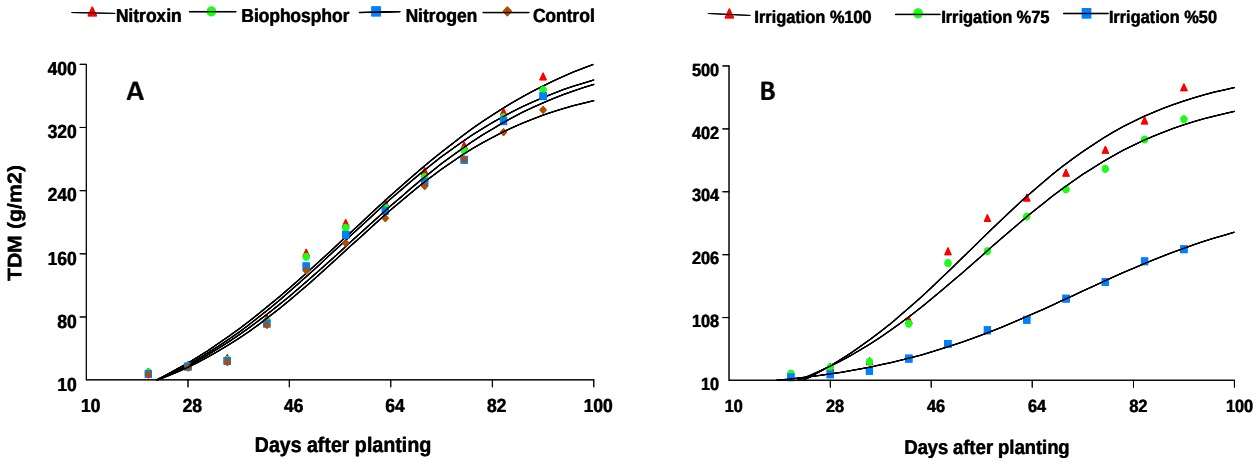
۱- Total dry matter
۲- Leaf area index
۳- Crop growth rate
۴- Relative growth rate
۵- Net assimilation rate
۶- Specific root length
۷- Tennant modified method

جذب آب و مواد غذایی برسد و از این طریق توان فتوسنتزی گیاه افزایش پیدا کرده است. به‌تدریج و با ازدست‌رفتن توانایی ریشه در جذب‌آب و املاح به‌خصوص کاهش جذب نیتروژن و به‌دنبال آن، ازدست‌رفتن سطح برگ (شکل ۲)، تجمع ماده خشک در گیاه کاهش یافت (شکل ۱).

به‌نظر می‌رسد که در گیاهان تحت تنش رطوبتی، به‌دلیل کاهش سطح برگ و بسته‌شدن روزنه‌ها و متعاقباً کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد که این موضوع با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد (Jami-Alahmadi, 1998; Maleki, 1999). کودهای‌بیولوژیک توانایی تبدیل عناصر غذایی پرمصرف را از شکل غیرقابل‌دسترس به‌شکل قابل‌دسترس طی فرایندهای بیولوژیکی داشته و منجر به‌توسعهٔ سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردند (Rajendran & Devaraj, 2004).

شاخص سطح برگ (LAI)

روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر عامل‌های کودی مختلف در شکل ۲- A نشان داده شده است و همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در همه عامل‌های مورد آزمایش با گرم‌شدن هوا دورهٔ گسترش سریع برگ از حدود ۵۰ روز پس‌از کشت آغاز شد و با روند افزایشی ادامه یافت و به‌حداکثر رسید.



شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک لوبیا در طول فصل رشد در شرایط: (A) عامل‌های کودی و (B) آبیاری‌های مختلف

Fig. 1. TDM changes of bean during the growing season in: (A) fertilizers factor, and (B) different irrigation

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری‌شده در لوبیا تحت تأثیر انواع کود و سطوح آبیاری

Table 2. Analysis of variance (MS) characteristics examined of bean affected fertilizers type and irrigation levels

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (Df)	میانگین مربعات Mean of squares						
		حداکثر ماده خشک تجمعی (TDM max)	حداکثر شاخص سطح برگ (LAI max)	حداکثر سرعت رشد محصول (CGR max)	حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR max)	حداکثر سرعت جذب خالص (NAR max)	عملکرد دانه (Seed yield)	طول مخصوص ریشه (Specific root length)
تکرار (Replication)	2	347.59^{ns}	0.031^{ns}	38.92^{ns}	0.001^{ns}	4.11^{ns}	1.69^{ns}	1.89^{ns}
آبیاری (Irrigation)	2	222240.59^{**}	2.076^{**}	40.65^{*}	0.004^{*}	12.11^{ns}	193.93^{**}	1023.33^{**}
خطای اول (Ea)	4	843.02	0.024	5.19	0.000	1.28	1.18	4.76
کود (Fertilizer)	3	2805.34^{**}	0.030^{**}	10.24^{*}	0.002^{**}	94.86^{*}	12.21^{*}	12.53^{**}
آبیاری*کود (I*F)	6	322.42^{ns}	0.002^{ns}	0.002^{ns}	0.000^{ns}	0.000^{ns}	2.68^{ns}	2.87^{*}
خطای دوم (Eb)	18	156.38	0.001	0.01	0.000	2.15	0.95	1.63
ضریب تغییرات (%) (CV)		5.44	4.75	6.16	2.79	0.56	8.74	10.56

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Non significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

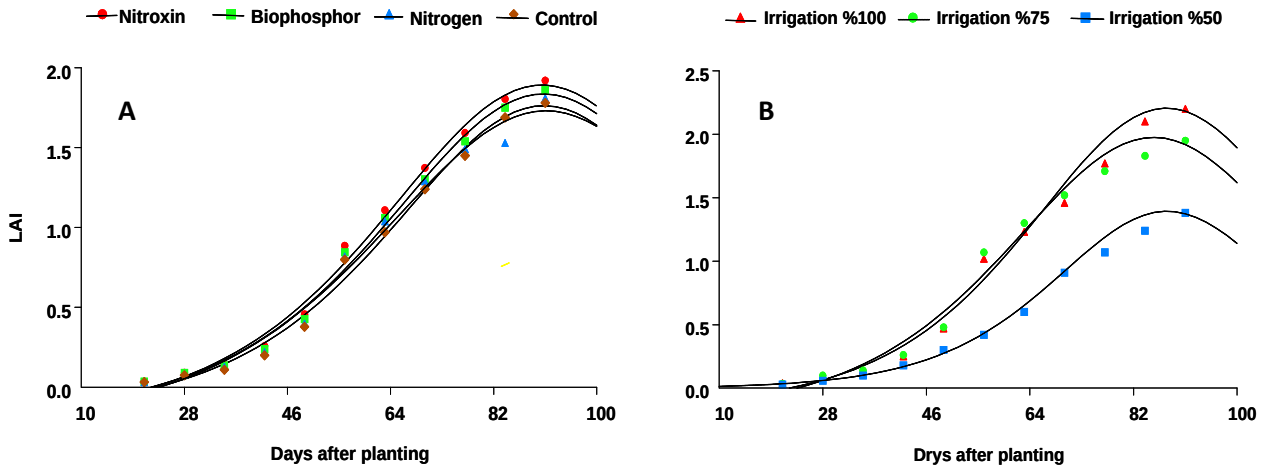
جدول ۳- مقایسه میانگین حداکثر شاخص‌های رشدی گیاه لوبیا تحت تأثیر انواع کود و سطوح آبیاری

Table 3. Mean comparison on maximum values of growth indices of bean affected fertilizers type and irrigation levels

تیمارها (Treatments)	حداکثر ماده خشک تجمعی TDM max (g/m^2)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI max (m^2/ m^2)	حداکثر سرعت رشد محصول CGR max ($g/m^2/day$)	حداکثر سرعت رشد نسبی RGR max (g/g/day)	حداکثر سرعت جذب خالص NAR max ($g/m^2/day$)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)
آبیاری Irrigation						
100%	450.93 a	2.31 a	11.29 a	0.222 a	32.55 a	3073.7 a
75%	415.52 b	1.95 b	10.72 a	0.212 a	33.49 a	2238.2 b
50%	209.09 c	1.39 c	4.51 b	0.183 b	32.50 a	978.9 c
کود Fertilizer						
Nitroxin	370.74 a	2.01 a	11.04 a	0.229 a	35.51 a	2685.4 a
Biophosphor	357.53 b	1.86 b	10.65 ab	0.217 ab	32.69 b	2151.6 ab
Nitrogen	356.54 b	1.82 c	9.29 ab	0.207 ab	29.42 c	1754.9 bc
Control	342.24 c	1.73 c	8.81 b	0.196 b	28.37 c	1396.0 c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Similar letters in each column show non-significant differences according to Duncan' Test at 5% level of probability.



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل‌رشد در شرایط: (A) عامل‌های کودی و (B) آبیاری‌های مختلف

Fig. 2. LAI changes of bean during the growing season in: (A) fertilizers factor, and (B) different irrigation

بعد از این مرحله با افزایش سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به داخل تاج پوشش، به‌دلیل زردشدن و ریزش برگ‌های تاج پوشش، روند نزولی در منحنی شاخص سطح برگ مشاهده گردید. حداکثر شاخص سطح برگ در عامل‌های کودی، ۹۰ روز پس از کاشت ایجاد شد (شکل ۲-A) و تفاوت معنی‌داری ($P\leq0.01$) را در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ۲)

بیشترین شاخص سطح برگ در طول فصل رشد به‌میزان ۲/۰ در اثر عامل کود بیولوژیک نیتروکسین مشاهده شد و گیاهان شاهد کمترین شاخص سطح برگ (۱/۷) را داشتند (جدول ۳). این موضوع بیانگر آن است که لوبیا توانسته بین روزهای ۲۰ تا ۹۰ روز پس از کاشت به‌سرعت سطح سبز خود را افزایش دهد و به حداکثر مقدار آن برای جذب تشعشع برساند (شکل ۲-الف). یکی از دلایل رسیدن به سطح سبز حداکثر در این دامنهٔ زمانی می‌تواند مربوط به گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه لوبیا باشد و این که این گیاه توانسته با گسترش سیستم ریشه‌ای خود تا این زمان به‌حداکثر توانایی برای

جذب‌آب و مواد غذایی برسد. علت دیگر می‌تواند مطابقت این زمان با حداکثر تشعشع دریافتی و دمای مناسب برای رشد باشد. پس از رسیدن سطح برگ به‌مقدار حداکثر، گیاه لوبیا سطح سبز خود را به‌دلیل خشبی‌شدن ساقه‌های‌سبز، خشک شدن برگ‌ها و همچنین ریزش برگ‌ها به سرعت از دست داد (شکل ۲-A). محققان (Jahan *et al.*, 2011) گزارش کردند که بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ کنجد (*Sesamum indicum* L.) در هر دو حالت کشت و عدم کشت گیاهان پوششی، در نتیجهٔ استفاده از کودهای زیستی حاصل شد. همچنین کودهای زیستی نسبت به شاهد در هر دو حالت کشت و عدم کشت گیاهان پوششی، زمان رسیدن به‌حداکثر شاخص سطح برگ را تسریع کردند.

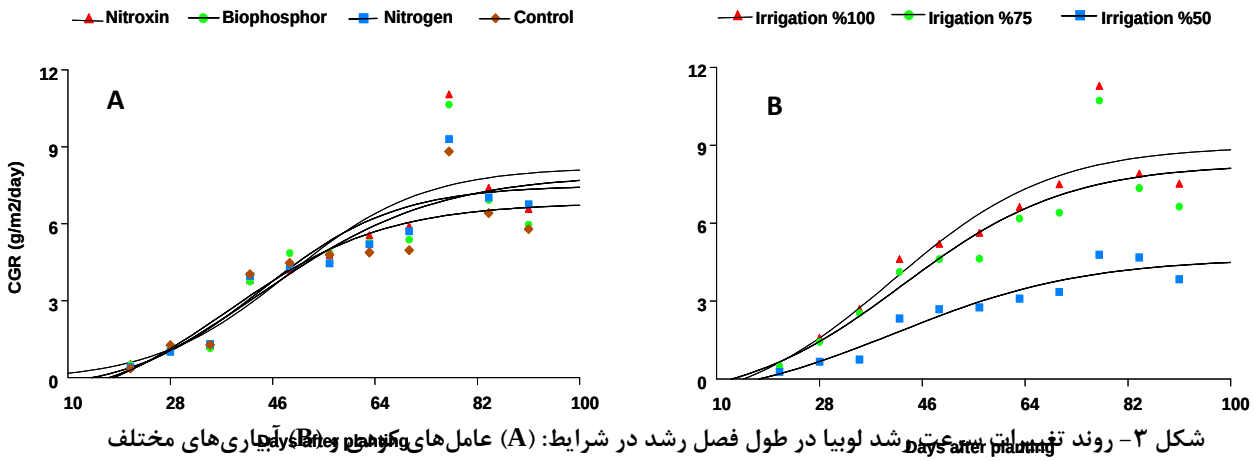
روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر آبیاری، در شکل ۲-B نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی لوبیا به میزان ۲/۳ بود که به طور معنی‌داری بالاتر از ۷۵ درصد نیاز آبی (۱/۹) و ۵۰درصد نیاز آبی (۱/۴) قرار گرفت (جدول ۳). در مطالعه روی گیاه عدس (*Lens culinaris*) مشخص شد که با کمبود آب، سطح برگ به شدت کاهش یافت. تولید و توسعهٔ برگ به کمبود آب بسیار حساس می‌باشد و علت آن، نیاز مبرم فرایندهای تقسیم سلولی و رشد به فشار تورژسانس سلولی است که آب، نیروی محرکه آن است (Pagter *et al.*, 2005).

Kropff & Van Laar (1995) نیز بیان کردند که پس‌از سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر (زمانی‌که شاخص سطح برگ به بیش‌از ۰/۷ تا ۱ افزایش یافته باشد)، گسترش روزانه سطح برگ به‌مقدار ماده خشک اختصاص‌یافته به برگ‌ها بستگی خواهد داشت. همچنین مرحلهٔ اصلی پیرشدن برگ‌ها، با شروع پرشدن دانه‌ها آغاز می‌شود.

سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. روند تغییرات سرعت رشد لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر عامل‌های کودی مختلف در شکل۳-A نشان داده شده است. مشاهده شد که در عامل کود بیولوژیک نیتروکسین، سرعت رشد بیشتر از بقیه عامل‌ها بود و در فاصلهٔ بین روزهای ۲۱ تا ۸۴ روز پس از کاشت به سرعت افزایش یافت و سپس به‌حداکثر مقدار خود رسید. سرعت رشد محصول در اثر کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز آبی به طور معنی‌داری بالاتر از ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۳).

کاهش CGR را می‌توان به کاهش فتوسنتز خالص و مادهٔ خشک در اثر ریزش برگ‌ها در گیاه لوبیا نسبت داد. کمترین میزان CGR مربوط به سطح ۵۰ درصد نیاز آبی و شاهد بود و بیشترین مقدار آن در دو سطح ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد نیاز آبی و دو نوع کود بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر حاصل شد که تقریباً سرعت رشد برابری داشتند (شکل ۳).



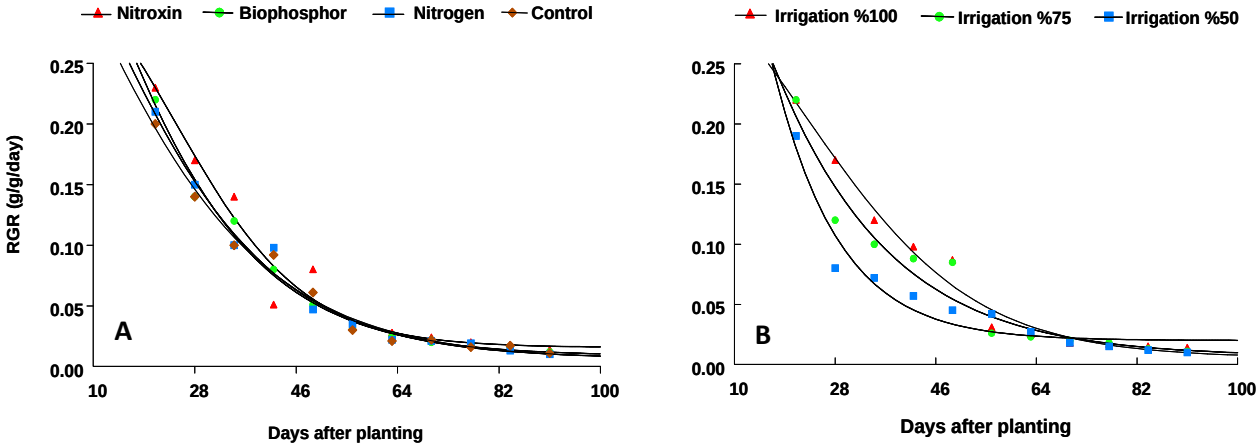
شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد لوبیا در طول فصل رشد در شرایط: (A) عامل‌های کودی و (B) آبیاری‌های مختلف

Fig. 3. CGR changes of bean during the growing season in: (A) fertilizers factor, and (B) different irrigation

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.) با تثبیت نیتروژن هوا و آزوسپریلوم (*Azospirillum* sp.) با متعادل‌کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، همچنین با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و سیدروفور، موجب رشد و توسعهٔ ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می شوند (Tilak *et al.*, 2005). گزارشی (Prasad *et al.*, 1978) حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه به‌دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز، کاهش می‌یابد.

سرعت رشد نسبی (RGR)

روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر عامل‌های کودی مختلف و سطوح آبیاری در شکل های A-۴ و B-۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در اوایل فصل رشد بیشترین سرعت رشد نسبی لوبیا در کود بیولوژیک نیتروکسین (۱۱ گرم بر گرم در روز) و کمترین آن در عامل‌شاهد (۸/۸ گرم بر گرم در روز) بود و با افزایش روزهای پس‌از کاشت، روند نزولی داشت (شکل A-۴). سایر عامل‌های کودی بدون اختلاف معنی‌دار با نیتروکسین در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد نیاز آبی نیز بدون اختلاف آماری شاخص سرعت رشد نسبی لوبیا را به شکل معنی‌داری بالاتر از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی قرار دادند (جدول ۳).



شکل ۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا در طول فصل رشد در شرایط: (A) عامل‌های کودی و (B) آبیاری‌های مختلف

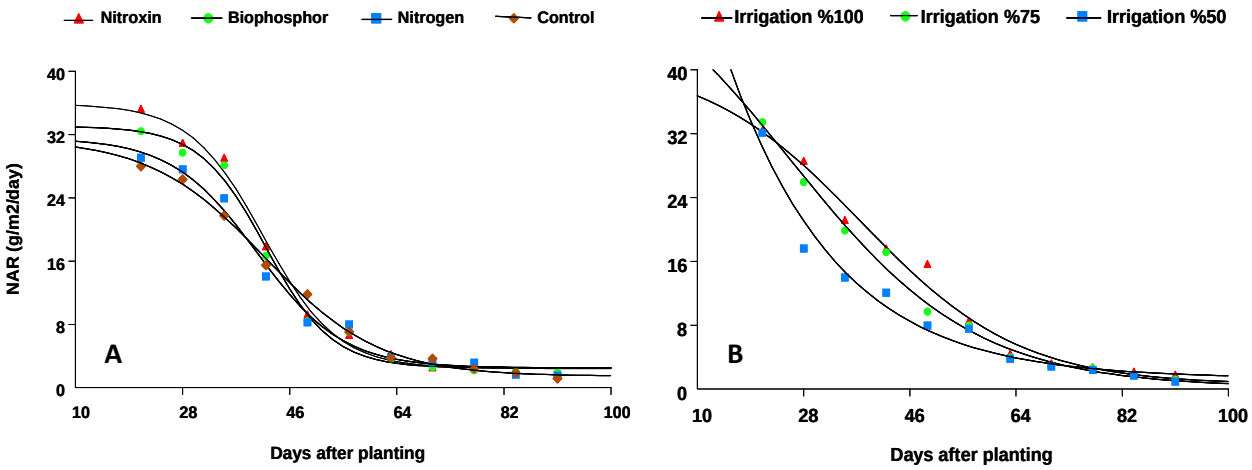
Fig. 4. RGR changes of bean during the growing season in: (A) fertilizers factor, and (B) different irrigation

دلیل کاهش RGR در طول دوره رشد به افزایش سن برگ‌های پایین‌تر، درسایه‌قرارگرفتن آن‌ها و همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، نسبت داده شده است (Sarmadnia & Koocheki, 1989). علت کاهش RGR این است که هرچند مقدار وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند، اما سرعت افزایش به‌دلیل افزایش نسبت بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی کاهش می‌یابد. از طرفی بخشی از این کاهش می‌تواند مربوط به سایه‌قرارگرفتن و یا افزایش سن برگ‌های پایین گیاه باشد که باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (Sarmadnia & Koocheki, 1989).

سرعت رشد نسبی باگذشت زمان کاهش می‌یابد که علت آن افزایش شاخص سطح برگ و به‌طور کلی افزایش تعداد برگ‌هایی است که منجر به سایه‌اندازی بر روی برگ‌های قبلی می‌شوند. با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه، فتوسنتز برگ‌ها کاهش می‌یابد. این کاهش به این صورت قابل توجیه است که با افزایش سن گیاه به‌مقدار بافت‌های ساختمانی که توانایی رشد و تولید ندارند، افزوده می‌شود و نسبت مادهٔ خشک تولیدی در واحد زمان به‌ازای وزن گیاه درطول آن زمان کاهش می‌یابد (Koocheki & Nassiri Mahallati, 1992).

سرعت جذب خالص (NAR)

روند تغییرات سرعت جذب خالص لوبیا در طول فصل رشد در شکل‌های ۵-A و ۵-B نشان‌داده شده است. تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) در طول فصل‌رشد، مشابه سرعت رشد نسبی (RGR)، روند نزولی داشت (شکل ۴). در اوایل فصل رشد، عامل‌های کود بیولوژیک نیتروکسین و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین سرعت جذب خالص را داشتند و در انتهای فصل رشد این اختلافات کاهش نشان داد (شکل ۵). آنالیز داده های حداکثر سرعت جذب خالص لوبیا نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح عامل‌های کودی وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که بیشترین این صفت در تیمار کود نیتروکسین (۳۵/۵ گرم بر مترمربع در روز) و کمترین آن در تیمار شاهد (۲۸/۴ گرم بر مترمربع در روز) ملاحظه شد. تیمار کودی بیوفسفر در جایگاه دوم پس از نیتروکسین قرار گرفت و کود اوره هم بدون تفاوت آماری با شاهد جایگاه سوم را به خود اختصاص داد (جدول ۳).



شکل ۵- روند تغییرات سرعت جذب خالص لوبیا در طول فصل رشد در شرایط: (A) عامل‌های‌کودی و (B) آبیاری‌های مختلف
Fig. 5. NAR changes of bean during the growing season in: (A) fertilizers factor, and (B) different irrigation

سرعت جذب خالص، تخمینی از میانگین شدت فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعهٔ گیاهی است و زمانی به حداکثر خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور خورشید باشند و این شرایط زمانی اتفاق می‌افتد که گیاه در مراحل اولیهٔ رشد خود بوده و برگ‌ها به اندازه‌ای هستند که هیچ‌کدام در سایه قرار ندارند (Sarmadnia & Koocheki, 1989). همچنین با افزایش سن برگ، سرعت فتوسنتز خالص کاهش یافته که این امر نیز افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص را به دنبال داشته است.

عملکرد دانه

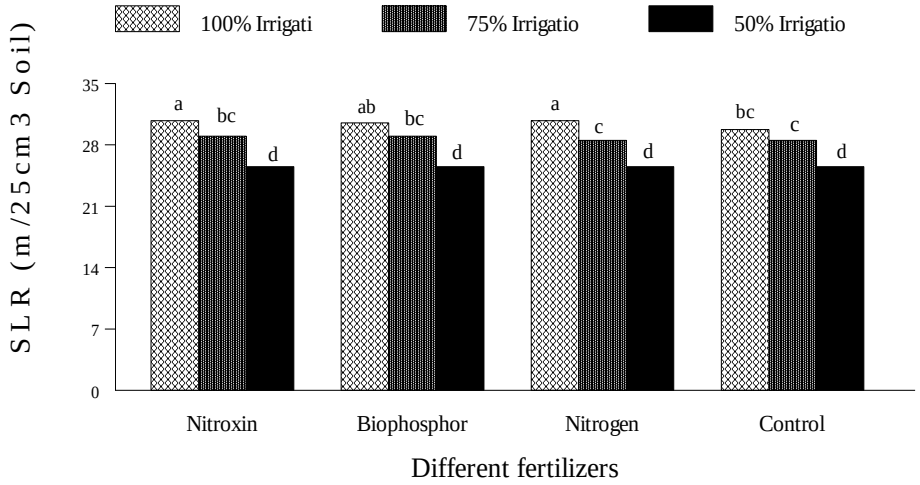
عامل کودی اثر معنی‌داری ($P\leq0.05$) بر عملکرد لوبیا داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در اثر کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۲۶۸۵/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و پس از آن کود زیستی بیوفسفر، کود شیمیایی نیتروژنه و شاهد به‌ترتیب با ۲۱۵۱/۶، ۱۷۵۴/۹ و ۱۳۹۶/۰ کیلوگرم در هکتار قرار گرفتند (جدول ۳). عملکرد دانه در نتیجه تلقیح با نیتروکسین به‌ترتیب ۲۵، ۲۱ و ۳۱ درصد بیشتر از عملکرد دانه در نتیجه کاربرد بیوفسفر، کود شیمیایی نیتروژنه و شاهد بود (جدول ۳). در پژوهشی (Jahan *et al.*, 2011) گزارش شد که کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به‌ترتیب باعث افزایش ۲۶، ۲۲ و ۲۰ درصدی عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum*) نسبت به شاهد شدند.

اثر سطوح آبیاری نیز بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که با کاهش تأمین نیاز آبی لوبیا از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، میانگین عملکرد دانه از ۳۰۷۳/۷ به ۹۷۸/۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۳). در این ارتباط پژوهشگران (Asadi, *et al.*, 2013) با بررسی

شاخص‌های تحمل به خشکی در لوبیا چیتی نشان دادند که بیشترین تأثیر خشکی بر تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بود.

طول مخصوص ریشه (SRL)

به‌مقدار طول ریشه موجود در حجم مشخصی از خاک، طول مخصوص ریشه گفته می‌شود. کودهای مختلف اثر معنی‌داری بر طول مخصوص ریشه لوبیا داشتند (جدول ۲). عموماً ریزوباکتری‌های تحریک‌کنندهٔ رشد گیاه سبب افزایش این ویژگی می‌شوند (Jahan & Nassiri Mahallati, 2012). اثر آبیاری نیز بر طول مخصوص ریشه لوبیا معنی‌دار ($P\leq0.01$) شد.



شکل ۶- اثر متقابل کودهای مختلف و آبیاری برطول مخصوص ریشه لوبیا

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Fig. 6. Interaction effect of different fertilizers and irrigation on SRL of bean

The means followed by similar letter at least, are not significantly different.

اثر متقابل کود و آبیاری بر طول مخصوص ریشه لوبیا معنی‌دار ($P\leq0.05$) بود (جدول ۲)، به طوری‌که بیشترین طول مخصوص (۳۰/۱۵ متر در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک) در نتیجهٔ کود بیولوژیک نیتروکسین و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد، اگر چه با کود بیولوژیک بیوفسفر و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶). همچنین، طول مخصوص ریشه در نتیجهٔ تلقیح با نیتروکسین و ۷۵ درصد نیاز آبی و نیز بیوفسفر و ۷۵ درصد نیاز آبی با طول مخصوص ریشه حاصل از کود شیمیایی نیتروژن و ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار نداشت. پس می‌توان با مصرف ۲۵ درصد آب کمتر و کود بیولوژیک، همان مقدار در طول مخصوص ریشه مؤثر بود که در نتیجه کود شیمیایی به‌دست می‌آید (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش، حاکی از اثر مثبت کودهای بیولوژیک نیتروکسین و بیوفسفر بر شاخص‌های رشدی ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص گیاه لوبیا و همچنین عملکرد دانه بود. احتمالاً این باکتری‌ها در منطقه ریزوفسفر از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر تثبیت نیتروژن، تبدیل فسفات معدنی به آلی، افزایش جذب‌آب و مواد غذایی، علاوه بر تأمین عناصر غذایی برای رشد، با تأثیر بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (از قبیل بافت، وزن‌مخصوص، ساختمان خاک و غیره) باعث بهبود آنالیزهای رشدی لوبیا در مقایسه با شاهد شده‌اند. عملکرد محصول و حداکثر شاخص‌های رشدی مقدار ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص لوبیا در کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کود شیمیایی و شاهد، برتری معنی‌داری داشت. بنابراین، استفاده از کودهای بیولوژیک به‌ویژه نیتروکسین جایگزین مناسب‌تر کود شیمیایی نیتروژنه در تولید محصول سالم لوبیا می‌باشد.

منابع

1. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpoor, R., Abdeshah, H., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2017. Agricultural Statistics during 2016-7. Ministry of Jihade Keshavarzi, Iran. Vol. 1: Crops. Retrieved Sep. 19, 2018, from http://amar.maj.ir.
2. Arun, K.S. 2002. A Handbook of Organic Farming Publication. Agrobios, India.
3. Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research 6(9): 2026-2032.
4. Demirevska, K., Zasheva, D., Dimitrov, R., Simova-Stoilova, L., Stamenova, M., and Feller, U. 2009. Drought stress effects on Rubisco in wheat changes in the Rubisco large subunit. Acta Physiologiae Plant 31: 1129-1138.
5. Fatma, A.G., Lobna, A.M., and Osman, N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*). Plant International Journal of Agriculture and Biology 10(4): 381-387.
6. Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
7. Heidari, M., and Jahan-Tighi, H. 2014. Evaluate effect of water stress and different amounts of nitrogen fertilizer on seed quality of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 11(4): 640-647. (In Persian with English Summary).
8. Jahan, M., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R. 2011. Interaction of cover plants (chickling pea and Iranian clover) and biofertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) in ecological farming system with emphasis on minimum tillage. 1st Special Conference about Opportunity Methods for Sustainable Agriculture. Khouzestan Payam Nour University. (In Persian with English Summary).
9. Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil Fertility and Biological Fertilizers (Agro-Ecological Approach). Ferdowsi University of Mashhad Press. 252 p. (In Persian).
10. Jami Alahmadi, M. 1998. Effect of sowing date and time to stop irrigation on growth, yield and qualitative characteristics in cotton, Varamin cultivar. Master Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
11. Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Effects of drought stress on yield and yield components of three sofflower cultivars in conditions of irrigation with salt water. Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary).
12. Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 1992. Crop Ecology. Vol. 1. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press, 291 p. (In Persian).
13. Kropff, M.J., and Van Laar., H.H. 1995. Modelling Crop-Weed Interactions. CAB International, Wallingford and International Rice Research Institute, Manila.
14. Kumar, B., Pandey, P., and Maheshwari, D.K. 2009. Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. European Journal of Soil Biology 45: 334-340.
15. Kumar, S., Verma, A.K., Das, M., Jain, S.K., and Dwivedi, P.D. 2013. Clinical complications of kidney bean (*Phseolus vulgaris* L.) consumption. Nutrition 29: 821-827.
16. Maleki, A. 1999. Effect of irrigation intervals and nitrogen splitting on yield and yield components of spring rapeseed. Master Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
17. Masoumi, A., Kafi, M., and Khazaei, H.R. 2008. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination responses to water stress induced by poly ethylene glycol 6000. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 453-462. (In Persian with English Summary).
18. Mulas, D., Garcia-Fraile, P., Carro, L., Ramirez-Bahena, M.H., Casquero, P., Velazquez, E., and Gonzalez-Andres, F. 2011. Distribution and efficiency of *Rhizobium leguminosarum* strains nodulating *Phaseolus vulgaris* in Northern Spanish soils: Selection of native strains that replace conventional N fertilization. Soil Biology and Biochemistry 43: 2283-2293.
19. Pagter, M., Bragato, C., and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites Australia to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.

20. Poudel, D.D., Hoawath, W.R., Lanini, W.T., Temple, S.R., and Van Bruggen, A.H.C. 2002. Comparison of soil N availability and conventional farming systems in Northern California. Agriculture, Ecosystems and Environmental 90: 125-137.
21. Prasad., V.V., Pandey, S.R.K., and Saxena, M.C. 1978. Physiological analysis of yield variation in gram (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Indian Journal of Plant Physiology 21: 228-234.
22. Rabieyan, Z., Rahimzadeh Khoei, F., Kazemi Arbat, H., and Yarnia, M. 2009. Effect of biofertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cv. Pirouz under different levels irrigation. Iranian Journal of Agricultural Research 2(6): 93-96. (In Persian with English Summary).
23. Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.
24. Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., and Covarrubias, A.A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology and Biochemical 56: 24-34.
25. Sarmadnia, Gh.H., and Koocheki, A. 1989. Crop Physiology. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press, 400 p. (In Persian).
26. Tahami Zarandi, M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2016. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Agroecology 2(1): 63-74. (In Persian with English Summary).
27. Tilak, K.V., Ranganayaki, B.R., Pal, N., De, K.K., Saxena, R., ShekharNautiyal, A.K., Mittal, C., Tripathi, S., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.
28. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 255: 571-586.
29. Wani, I.A., Sogi, D.S., Wani, A.A., and Gill, B.S. 2013. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. LWT-Food Science and Technology, 53: 284-27.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 151-164 (Original Research Article)

The effects of growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on growth indices of bean (*Phaseolus vulg*aris L.) under water shortage stress conditions

Tabatabaei[1], Seyede Samira; Jahan[2], Mohsen; and Hajmohammadnia Ghalibaf [3*], Kamal

1. Graduated MSc., Depatrment of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi Mashhad; parvazi@live.com
2. Professor, Depatrment of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi Mashhad; jahan@um.ac.ir
3. Assistant Professor, Depatrment of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi Mashhad

Received: 30 December 2018; **Revised:** 27 November 2018
Accepted: 9 May 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.75037

How to cite this article:
Tabatabaei, S.S., Jahan, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2021. The effects of growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water shortage stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 151-164.

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the world's most important food legume crop. This staple considered as a nearly perfect food mainly because of its high protein content (about 25 percent) and abundant fiber, complex carbohydrates (about 60 percent), and other daily food needs such as vitamins (folate) and minerals (Cu, Ca, Fe, Mg, Mn, and Zn). Water use in agricultural production as one of the most important environmental factors affecting plant growth and development, especially in arid and semi-arid climatic conditions of Iran.

Materials and Methods

In order to study the effect of plant growth promoting Rhizobacteria and nitrogen chemical fertilizer on some characteristics of root and growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions, a split-plot design based on RCBD with three replications was conducted during growing season of 2015-16 at Agricultural Research station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Three levels of irrigation (100%, 75%, 50% water requirement) assigned to main plots and different types of biofertilizers (Nitroxin®, containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp., Biophosphor®. containing Phosphate-solubilizing bacteria *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp.), Nitrogen fertilizer) urea form, and Control (no fertilizer) were assigned to sub plots. Destructive sampling was performed to calculate the growth indices (such as TDW (total dry weight), LAI (leaf area index), CGR (crop growth rate), RGR (relative growth rate) and NAR (net assimilation rate)) randomly from competing plants regarding the marginal effects from 1 real completed leaf stage to the end of the growing season from 5 m^2 surface (every 7 days; 12 steps). The growth indices of LAI, CGR, RGR and NAR were calculated using equations (1-4). At the end of the growing season SRL (specific root length) was determined by Tenant Modified Method. Leaf area calculated by Leaf Area Meter device (Delta T, UK). Data analysis of variance and figures preparation were done by Minitab Ver. 16, Slide Write Ver. 2, and Excel 2010 softwares. At the end, Means comparing did by Duncan's test at probability 5%.

*** Corresponding Author:** hajmohamadnia@um.ac.ir

Equation 1:
$LAI= (1/GA)[(LA2+LA1)/2]$
Equation 2:
$CGR= (1/GA)[(W2–W1)/(t2–t1)]$
Equation 3:
$RGR= (lnW2–lnW1)/(t2–t1)$
Equation 4:
$NAR= [(W2–W1)/(t2–t1)] [(lnLA2–lnLA1)/(LA2–LA1)]$
where GA is ground area (m^2), LA is leaf area (m^2), W is shoot dry weigh (g) and t is time (day).

Results and Discussion

According to the result, the effect of biological fertilizers especially Nitroxin significantly increased maximum values of bean`s growth indices included total dry matter (TDM max), leaf area index (LAI max), crop growth rate (CGR max), relative growth rate (RGR max) and net assimilation rate (NAR max) compared to control and even nitrogen fertilizer. So that the highest and the lowest total dry matter (TDM max) at 91 days after planting were observed in Nitroxin (370 $g.m^{-2}$) and control (342 $g.m^{-2}$) traits ($p\leq0.01$), respectively. The highest and the lowest leaf area index (LAI max) at 91 days after planting were observed in Nitroxin (2.0) and control (1.7) traits ($p\leq0.01$), respectively. The highest and the lowest crop growth rate (CGR max) at 77 days after planting was observed in Nitroxin 11.04 $g.m^{-2}.day^{-1}$ and control 8.81 $g.m^{-2}.day^{-1}$ traits ($p\leq0.05$), respectively. The highest and the lowest relative growth rate (RGR max) at 21 days after planting was observed in Nitroxin 0.23 $g.g^{-1}.day^{-1}$ and control 0.20 $g.g^{-1}.day^{-1}$ traits ($p\leq0.01$), respectively, and then decreased gradually. Similar to RGR, the highest and the lowest net assimilation rate (NAR max) at 21 day after planting was observed in Nitroxin 35.5 $g.m^{-2}.day^{-1}$ and control 28.4 $g.m^{-2}.day^{-1}$ traits ($p\leq0.05$), respectively. All attributes, showed highest values at 100% water requirement treatment. Also, the effect of fertilizers ($p\leq0.05$) and water requirement ($p\leq0.01$) were significant on grain yield. The main and interaction effects of fertilizer and irrigation were significant ($p\leq0.05$) on specific root length (SRL). So that, the highest specific root length (30.15 $m.25cm^{-3}$ soil) were obtained from Nitroxin and 100% water requirement.

Conclusion

In total, the results showed that it could be possible to produce the healthy production of bean, moreover, attain the optimum yield as equal as to conventional systems.

Keywords: Biophosphor؛ Drought؛ Grains؛ Nitroxin؛ Specific root length

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 165-182
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.2102-1002

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۸۲-۱۶۵، نوع مقاله: پژوهشی

اثر تاریخ کاشت و رقم بر تراکم و خسارت مگس مینوز برگ نخود *Liriomyza congesta* (Becker) در منطقه اشنویه، استان آذربایجان‌غربی

نجم‌الدین عباسی[۱]، اکبر قاسمی کهریزه[۲*] و عباس حسین‌زاده[۳]

۱- دانش‌آموخته حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد؛ mosashno17@yahoo.com
۲- عضو هیئت علمی گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
۳- عضو هیئت علمی گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران؛ abas1354@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
عباسی، ن، قاسمی کهریزه، ا.، و حسین‌زاده، ع. ۱۴۰۰. اثر تاریخ کاشت و رقم بر تراکم و خسارت مگس مینوز برگ نخود (Becker) *Liriomyza congesta* در منطقه اشنویه، استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۸۲-۱۶۵.

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و رقم بر کنترل مگس مینوز برگ نخود، *Liriomyza congesta* (Becker) در منطقه اشنویه استان آذربایجان غربی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید. در این تحقیق فاکتور اول، ارقام نخود شامل گریت، جم، بیونیج، ILC482 و رقم محلی پیروز و فاکتور دوم سه زمان کشت در تاریخ‌های ۲۹ اسفند، ۱۵ و ۳۱ فروردین بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین ارقام مختلف و زمان‌های مختلف کاشت در مورد تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). همچنین در مورد تمام صفات مورد بررسی، به‌جُز میزان بوته‌های آلوده، اثر متقابل رقم در زمان کاشت معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در بین ارقام مورد بررسی بیشترین تعداد بوته‌های آلوده (۱/۸۴±۱۷/۷۷ درصد)، تعداد لارو در بوته (۰/۳۸±۴/۶۶ لارو)، میزان آلودگی برگ (۰/۵۸±۱۱ درصد) و کمترین تعداد دانه در بوته (۰/۵۸±۲۰ دانه) و وزن ۱۰۰دانه (۰/۸۸±۱۶/۶۶ گرم) به رقم جم اختصاص داشت. بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲/۱۹±۱۹/۶۶ غلاف)، تعداد دانه در بوته (۱/۵۳±۲۶ دانه)، وزن ۱۰۰دانه (۱/۳۰±۳۳ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۱۵۸/۵۷±۲۵۴۷/۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۴۶/۷۶±۱۳۹۷/۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان بوته‌های آلوده (۰/۶۱±۷/۴۰ درصد) در رقمILC482 مشاهده گردید. زمان کاشت ۲۹ اسفند به عنوان بهترین زمان کاشت و رقم ILC482 به عنوان مقاوم‌ترین و پرمحصول‌ترین رقم شناسایی شد. بنابراین با تنظیم تاریخ کاشت و استفاده از ارقام مقاوم می‌توان به صورت مؤثری مگس مینوز برگ نخود را کنترل کرد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اظهار داشت هر چند کاشت در زمان ۲۹ اسفند بیشترین درصد برگ‌های آلوده را به خود اختصاص داد، اما به دلیل افزایش طول دوره رشد و مکانیسم جبرانی، گیاه توانست علاوه بر تحمل آفت، بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد را تولید کند.

واژه‌های کلیدی: رقم؛ عملکرد دانه؛ مقاومت؛ مینوز برگ نخود

مقدمه

نخود، *Cicer arietinum* L. یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده بقولات بوده و به دلیل داشتن پروتئین و نشاسته فراوان از اهمیت زیادی در جیره غذایی برخوردار است (Parsa & Bagheri, 2008). عوامل متعددی، دستیابی به پتانسیل عملکرد دانه در نخود را با مشکل مواجه می‌سازند که در این میان، نقش عوامل زنده از جمله آفات، قابل توجه می‌باشد (Nouri & Shahryari, 1985). از آفات مهم نخود کرم پیله خوار نخود، *Heliothis viriplaca* Hufnagel و مگس مینوز برگ نخود *Liriomyza congesta* (Becker) را می‌توان نام برد (Malazadeh *et al*., 2020). مگس مینوز برگ نخود به طریق

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

غیرمستقیم با تغذیه از برگ‌های نخود باعث کاهش عملکرد محصول نخود می‌شود (Kang *et al*., 2009). مقدار خسارت مگس مینوز برگ نخود به‌دلیل غیرمستقیم‌بودن خسارت آن روی عملکرد دقیقاً مشخص نیست، ولی این آفت بعد از کرم پیله‌خوار نخود از خسارت‌زاترین آفات نخود می‌باشد (Fazeli & Honarparvaran, 1995).

مگس‌های مینوز متعلق به جنس *Liriomyza* بوده و آفاتی هستند که از برگ‌های تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی تغذیه می‌کنند. جنس *Liriomyza* شامل بیش از ۳۰۰ گونه است که در سرتاسر دنیا انتشار دارند. از بین این تعداد، ۲۳گونه از نظر اقتصادی حائز اهمیت می‌باشند (Parrella, 1987; Kang *et al*., 2009). مگس مینوز برگ نخود، *L. congesta* یکی از آفات مهم نخود در زراعت‌های نخود می‌باشد. خسارت این آفت به استثنای نخود در روی سایر حبوبات مشاهده نشده است (Kang *et al*., 2009). مگس مینوز برگ نخود دارای ۴-۳ نسل در سال بوده و زمستان را به صورت شفیره در عمق ۶-۵ سانتی‌متری خاک می‌گذراند. طول دوره تکاملی یک نسل با متوسط درجه‌حرارت ۲۴ درجه سیلسیوس ۳۰ روز می‌باشد (Leibee, 1984; Capinera, 2001).

در زمینه مدیریت مگس‌های مینوز خانواده Agromyzidae تحقیقات علمی متعددی در سطح بسیار گسترده انجام گرفته است. حشره‌کش‌های شیمیایی و گیاهی زیادی به منظور کنترل مگس‌های مینوز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند و اکنون به طور وسیع در سطح جهان به وسیله کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها مشکلات زیادی مانند اثرات سوء بر سلامت انسان، حشرات گرده‌افشان، حیوانات اهلی، ورود این مواد به آب و خاک و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم آن بر این نظام‌های زیستی دارد (Ranjbar & Shams, 2009) و کارآیی این آفت‌کش‌ها به دلیل مصرف بی‌رویه و نادرست، آثار نامطلوب روی دشمنان طبیعی و توسعه مقاومت بین جمعیت‌های مگس مینوز، به شدت کاهش یافته است (Murphy & Lasalle, 1999).

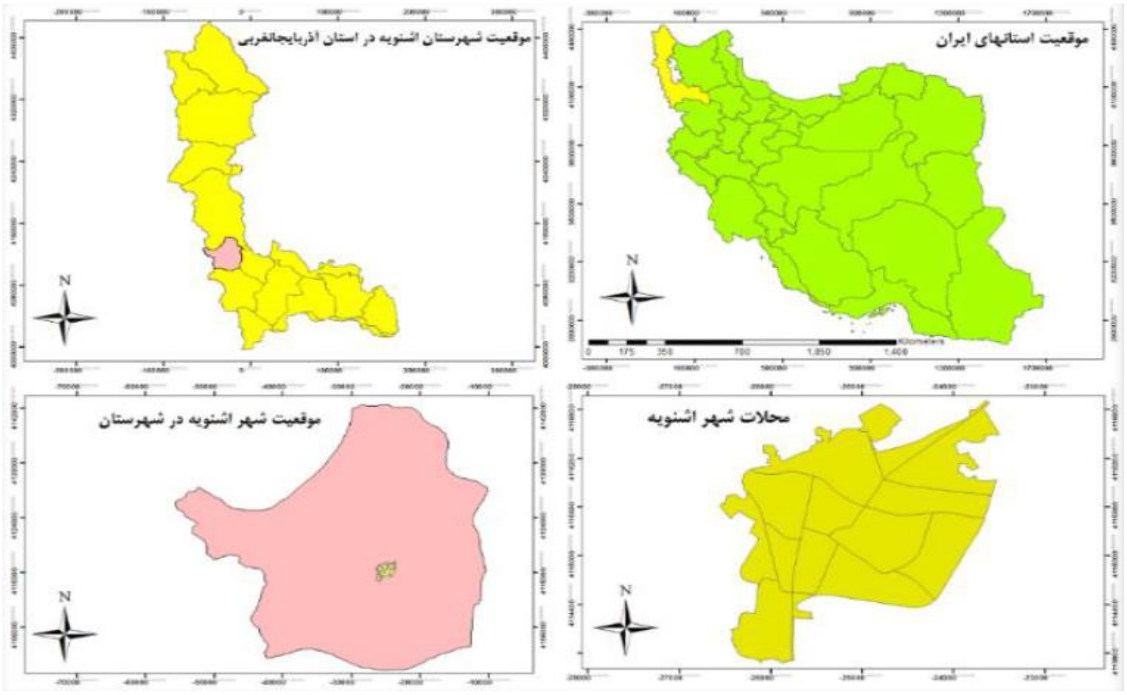
کنترل زراعی از مؤثرترین و ساده‌ترین روش‌های پیشگیری آفات در مدیریت تلفیقی است (Pedigo, 2002). در این روش کنترل، با تغییر تاریخ کاشت، تراکم کاشت و استفاده از ارقام مقاوم در تطابق بیولوژی آفت با فنولوژی گیاه، اختلال ایجاد می‌شود و از استقرار آفت روی محصول ممانعت به عمل می‌آید (Pedigo, 2002). تغییر تاریخ کاشت باعث عدم همزمانی بین مرحلهٔ حساس رشدی گیاه و مرحلهٔ خسارت‌زای آفت می‌گردد و باعث تأخیر در استقرار آفت روی گیاه و کاهش میزان تولیدمثل و بقای آفت و خسارت مربوط به مرحلهٔ رشدی حساس گیاه می‌شود (Pedigo, 2002).

فعالیت‌های تحقیقاتی انجام‌شده در زمینه معرفی ارقام جدید نخود دیم از بدو تأسیس مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (سال ۱۳۷۲) منجر به شناسایی و معرفی ارقامی از نخود (شامل ارقام هاشم، آرمان، آزاد و سارال) شده است، ولی به دلیل تنوع اقلیمی موجود در کشور، هنوز تنوع مطلوب و کافی ارقام برای کشت و کار در مناطق مختلف فراهم نشده و نیاز به شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های جدید بیش از پیش وجود دارد. علاوه بر این، مدیریت تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و غیرزنده محیطی (خشکی، گرما، سرما و ...) در مناطق عمده دیم‌کاری کشور، یکی از مهم‌ترین روش‌های افزایش تولید نخود در واحد سطح است. در طی ۴۰سال گذشته تحقیقات انجام‌گرفته در زمینه تولید و استفاده از واریته‌های زراعی مقاوم به حشرات به افزایش چشمگیری در تولید مواد غذایی در مناطق عمده کشاورزی جهان منجر شده است و به همین دلیل در اغلب برنامه‌های حفظ نباتات کشورهای پیشرفته دنیا موضوع مقاومت گیاهان به حشرات جایگاه مهمی را احراز کرده است (Datta, 2004). لذا با توجه به وسعت دیم‌زارها و کاشت نخود در استان آذربایجان غربی- به خصوص در شهرستان اشنویه در سطح وسیع و در تناوب زراعی با گندم- مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و رقم بر تراکم و خسارت مگس مینوز برگ نخود که تأثیر مهمی در تولید محصول نخود و کاهش عملکرد آن دارد، انجام شد تا بتوان با انتخاب مناسب‌ترین زمان کاشت و بهترین رقم، ضمن کاهش خسارت آفت، میزان مصرف سموم آفت‌کش و اثرات سوء ناشی از آنها را کاهش داد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در مزرعه کشاورزی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اشنویه در استان آذربایجان‌غربی اجرا شد. محل اجرای آزمایش در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۴۱۱ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محل اجرای طرح
Fig. 1. Geographical location of the project

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the site

منطقه Location	بافت Texture	اسیدیته pH	ماده آلی(٪) Organic matter	کربنات کلسیم (٪) Caco3 (%)	نیتروژن(٪) N (%)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)
اشنویه Oshnavia	لومی رسی (Clay-Loam)	7.5	0.61	21.5	0.061	9.6	286

ارقام مورد بررسی و مشخصات طرح آزمایشی

تحقیق حاضر در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول، ارقام نخود شامل ارقام گریت، جم، بیونیج، ILC482 و رقم محلی پیروز و فاکتور دوم سه زمان کشت در تاریخ‌های ۲۹ اسفند، ۱۵ و ۳۱ فروردین بود. بذور مورد استفاده از مرکز تحقیقات دیم مراغه تهیه شد.

آماده نمودن زمین و کرت‌بندی و کاشت

ابتدا زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و سپس با استفاده از دیسک، کلوخ‌ها خُرد و زمین تا حدی تسطیح گردید. تعداد ۱۵ کرت به ابعاد ۲×۵ متر ایجاد گردید. پس از پیاده‌نمودن نقشهٔ طرح در کرت‌های آزمایش، بسته به تاریخ کاشت و نوع رقم، عملیات کاشت به صورت دستی با ایجاد شیاری به عمق تقریبی ۷ سانتی‌متر با استفاده از فوکا صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول پنج متر بود و فاصلهٔ بین ردیف‌های کاشت برای تمام واحدهای آزمایشی، ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها، دو متر در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که در هر کپه یک بذر کاشته شده بود، نیازی به تنک‌کردن وجود نداشت. در طی دوره رشد نخود، مزرعه چندین‌بار به روش دستی وجین

گردید. علف‌های‌هرز عمدتاً شامل ترشک، پنجه‌مرغی، شنگ، بی‌تراغ و پیچک صحرایی بودند. در این بررسی هیچ‌گونه مبارزه‌ای بر علیه آفات انجام نشد، ولی سایر فاکتورها از قبیل آماده‌سازی زمین، مبارزه با علف‌های‌هرز، بیماری برق‌زدگی و غیره مطابق عرف منطقه انجام گرفت. زمانی که ۹۰درصد غلاف‌ها به رنگ زرد و زرد مایل به قهوه‌ای درآمدند، اقدام به برداشت محصول گردید. با فاصله زمانی چند روز ابتدا رقم پیروز، بعداً رقم بیونیج و سپس ارقام جم، ILC482 و گریت برداشت گردید.

صفات مورد بررسی

از اواسط اردیبهشت‌ماه ضمن بررسی مزرعه در صورت مشاهده علایم خسارتی آفت در روی برگ‌ها، تعداد لارو در بوته به‌صورت هفتگی تا اواخر خردادماه شمارش گردید. در طول دوره رشد صفات تراکم لارو در بوته، تعداد برگ‌های خشک‌شده در بوته بر اثر تغذیه لارو مگس، تعداد برگ‌های سالم در بوته و درصد آلودگی برگ نخود اندازه‌گیری شد. درصد آلودگی برگ از طریق تقسیم تعداد برگ آفت‌زده بر تعداد کل برگ‌های بوته های انتخابی تعیین شد. برای اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته، تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از دو ردیف میانی هر کرت انتخاب شد و تعداد کل غلاف‌های هر بوته شمارش و میانگین تعداد غلاف به عنوان ارزش هر کرت منظور شد. برای تعیین تعداد دانه در بوته، پس از رسیدگی مزرعه غلاف‌های ۱۰بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، از بذر جدا شده و غلاف-هایی که دارای یک بذر و دو بذر بودند، کاملاً مشخص و پس از مشخص‌شدن تعداد دانه‌های هر بوته، میانگین تعداد دانه بوته به عنوان ارزش صفت مورد بررسی منظور شد. برای تعیین وزن۱۰۰دانه، تعداد ۱۰۰ دانه از بذور هر کرت که دارای رطوبت مناسب بودند، در نظر گرفته شد، برای هر کرت وزن۱۰۰دانه توسط ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری و یادداشت گردید.

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک پس از رسیدن بوته های هر کرت، ردیف‌های حاشیه و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها حذف و بوته‌های باقیمانده در سطحی برابر یک مترمربع از هر کرت برداشت و پس از توزین عملکرد دانه به عنوان عملکرد دانه در واحد سطح ثبت و برحسب کیلوگرم در هکتار در محاسبات آماری مدنظر قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا داده‌های مربوط به تعداد لارو در هر بوته با استفاده از فرمول $\sqrt{X+0.5}$ و تعداد غلاف در بوته با فرمول $\sqrt{X}$ نرمال شدند (Malazadeh *et al.*, 2020). سپس تجزیه آماری بعد از اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح فاکتوریل با پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گردید. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد از لحاظ همه صفات مورد بررسی بین زمان‌های کاشت و ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد وجود داشت. اثر متقابل رقم در زمان کاشت در مورد همه صفات مورد بررسی به‌جُز میزان بوته‌های آلوده در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

آلودگی بوته‌ها

مقایسه میانگین اثر زمان‌های کاشت از لحاظ اثر بر درصد بوته‌های آلوده نشان داد کاشت در زمان ۲۹ اسفند با متوسط ۱۲/۸۸±۰/۷۹ درصد بیشترین درصد آلودگی را به خود اختصاص داد و کاشت در زمان‌های ۱۵ و ۳۱ فروردین به ترتیب با متوسط ۱۰/۲۲±۰/۶۹ و ۸/۰۰±۰/۷۵ درصد در رتبه های بعدی قرار گرفتند (شکل ۲).

Nematollahi *et al*, (2007) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت و خاکپوش‌های پلی‌اتیلن در میزان آلودگی به مینوز سبزی و صیفی در کشت تونلی خیار در اصفهان گزارش کردند که حداقل و حداکثر میزان آلودگی آفت به ترتیب مربوط به تاریخ‌های کشت اول (۱۵ بهمن) و سوم (۱۵ اسفند) بود. در این شیوه کاشت، انتخاب تاریخ‌های کاشت زودتر توانست به کاهش آلودگی بوته‌های خیار به آفت منیوز سبزی و صیفی منجر شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مربوط به اثر تاریخ کاشت و رقم بر تراکم و خسارت مگس مینوز برگ نخود (*Liriomyza congesta*) در منطقه اشنویه، استان آذربایجان‌غربی در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

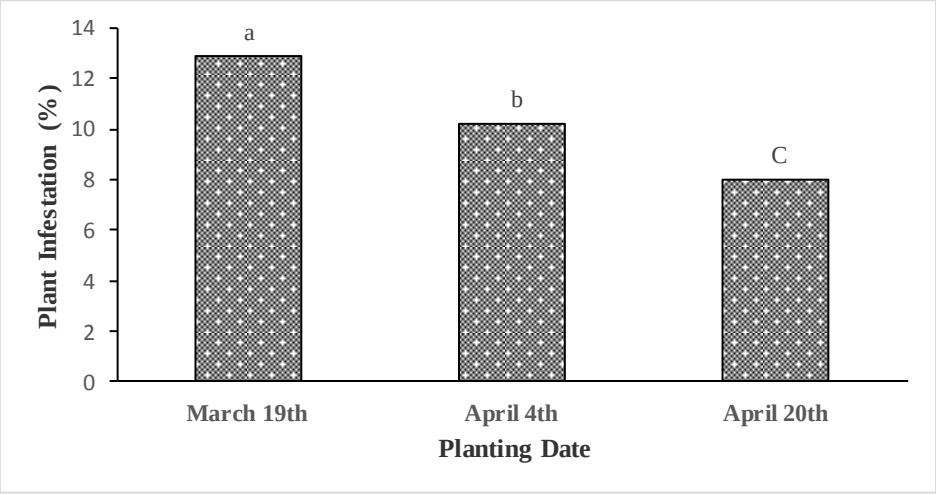
Table 2. Analysis of variance of traits related to the effect of planting time and cultivar on density and injury by chickpea leaf-miner (*Liriomyza congesta*) in Oshnavia region, West Azarbaijan province in the 2017-2018 growing season

منبع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)							
		آلودگی بوته‌ها PI+	تراکم لارو LD	آلودگی برگ‌ها LI	تعداد غلاف در بوته NPP	تعداد دانه در بوته NSP	وزن ۱۰۰ دانه 100SW	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه GY
تکرار Replication	2	60.18	0.68	14.06	2.86	2.06	7.22	1999947	131652
رقم زراعی Cultivar (C)	4	167.81**	6.94**	26.74**	12.15**	8.57*	284.92**	3457152**	376812**
زمان کاشت Planting time (PT)	2	89.77**	3.88**	9.60**	12.31**	13.40**	62.48**	1539353**	1174639**
رقم×زمان کاشت (PT×C)	28	7.15^{ns}	0.61*	4.96**	1.65*	2.23*	8.57**	191678**	123585**
خطا Error	28	6.27	0.21	1.40	0.71	2.40	2.60	40559	24067
درصد ضریب تغییرات CV%	-	24.15	16.60	16.43	11.71	7.01	6.83	12.41	18.94

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

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

+ PI: Plant Infestation; LD: Larvae Density; LI: Leaves Infestation; NPP: Number of Pods per Plant; NSP: Number of Seeds per Plant; 100SW: 100 Seeds Weight; BY: Biological Yield; GY: Grain Yield



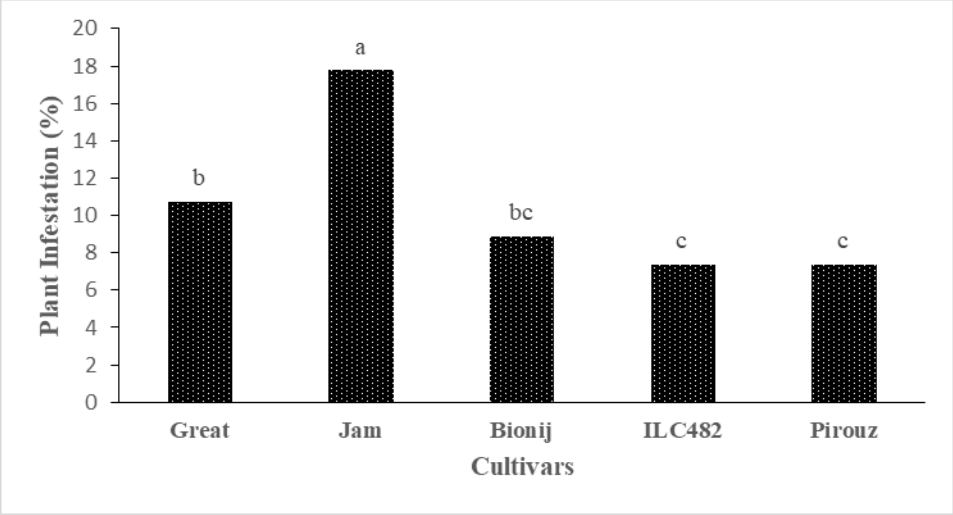
شکل ۲- اثر تاریخ کاشت بر میانگین میزان بوته‌های آلوده نخود به مگس مینوز برگ نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 2. The effect of planting time on mean chickpea leaf-miner infested plants in 2018-2019 growing season

مقایسه میانگین ارقام از لحاظ درصد بوته‌های آلوده نشان داد رقم جم با متوسط ۱/۸۴±۱۷/۷۷ درصد بیشترین درصد آلودگی و ارقام ILC482 و پیروز به‌ترتیب با میانگین ۰/۶۱±۷/۴۰ و ۰/۷۰±۷/۴۰ درصد کمترین درصد بوته‌های آلوده را به خود اختصاص دادند، لازم به ذکر است که بین ارقام ILC482 و پیروز و رقم بیونیج از نظر درصد بوته‌های آلوده اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۳).

در بررسی مقاومت ۱۹ رقم لوبیا نسبت به مگس مینوز *Liriomyza sativa* Blanchard مشخص شد که همه ارقام مورد حمله آفت قرار گرفتند، اما رقم پرستو به عنوان نیمه‌مقاوم و رقم صیاد به عنوان حساس بودند (Zahiri *et al*., 2003). تاریخ کاشت در کنار سایر عوامل زراعی مانند نوع رقم و فاصله کاشت روی میزان آلودگی محصول به مینوز تأثیر می‌گذارد (Sohi, 1994) که در تحقیق حاضر نیز نتایج مشابهی به دست آمد.

در تحقیقی تحت عنوان مقاومت ارقام مختلف نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) به مینوز نخود، در بین ۱۱ رقم مورد بررسی از لحاظ میزان مقاومت به آفت، اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و مشخص شد ارقام P-200 و P-402 بالاترین مقاومت را نسبت به آفت مذکور نشان دادند، به‌طوری‌که این دو رقم کمترین ارجحیت را برای تغذیه و تخم‌ریزی داشتند (Sen & Sehgal, 1995).



شکل ۳- اثر رقم زراعی بر میانگین میزان بوته‌های آلوده نخود به مگس مینوز برگ نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷
Fig. 3. The effect of cultivar on mean chickpea leaf-miner infested plants in 2018-2019 growing season

تراکم لارو

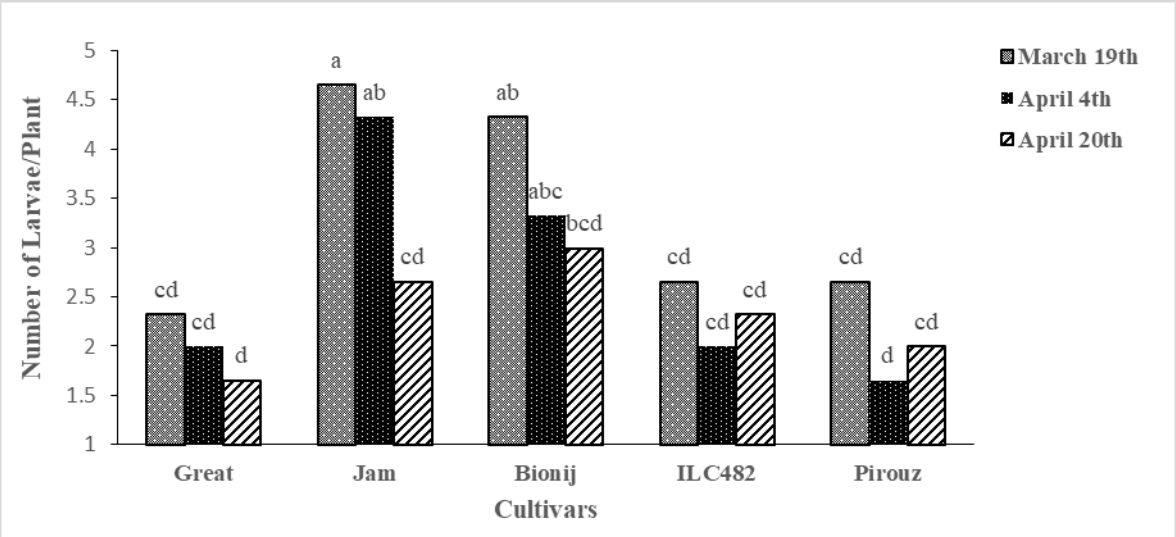
مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم و زمان کشت نشان داد بالاترین تعداد لارو در بوته به رقم جم در زمان کاشت ۲۹ اسفند با میانگین ۰/۳۸±۴/۶۶ عدد در بوته اختصاص داشت، هر چند بین تیمار مذکور و تیمارهای رقم جم کاشته شده در زمان ۱۵ فروردین و رقم بیونیج کاشته‌شده در زمان‌های ۲۹ اسفند و ۱۵ فروردین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در رقم جم با تغییر در تاریخ کاشت از ۲۹ اسفند به ۳۱فروردین به صورت معنی‌داری از تعداد لارو در بوته کاسته شد، اما در ارقام بیونیج، ILC482، گریت و پیروز هر چند با به تأخیرافتادن زمان کاشت از تعداد لارو در بوته کاسته شد، اما این کاهش در مقایسه با کاشت در ۲۹ اسفند از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۴). در انتخاب میزبان توسط یک آفت عوامل متعددی از جمله خصوصیات ژنتیکی ارقام نقش دارند (Smith, 2005). برخی از ارقام دارای یک سری خصوصیات ظاهری و بیوشیمیایی هستند که آفت آن‌ها را برای تغذیه و تخم‌گذاری ترجیح نمی‌دهد. در مورد مگس مینوز که لاروها در داخل دالان‌های ایجادشده محبوس هستند، انتخاب میزبان توسط حشره ماده بسیار با اهمیت‌تر است، بنابراین می‌توان اظهار داشت در مطالعه حاضر، ارقام جم و بیونیج دارای خصوصیات ظاهری و بیوشیمیایی مناسبی بوده‌اندکه مگس ماده مینوز آن‌ها را برای تخم‌ریزی انتخاب کرده است، اما حشره ماده از تخم‌گذاری روی ارقام گریت، ILC482 و پیروز به واسطه خصوصیات ژنتیکی، ظاهری و بیوشیمیایی همانند محتوی فنل و ترشح اسید اگزالیک و اسید مالیک اجتناب کرده است.

در مطالعه Parvin *et al,* (2017) تعداد لارو در بوته نخود از صفر تا سه عدد متغیر بود، به‌طوری‌که بالاترین تعداد لارو در بوته به ماه فروردین اختصاص داشت. به طور کلی جمعیت مینوز گونه‌های مختلف *Liriomyza* در کشت‌های بهاره و زمستانه محصولات کمتر از کشت‌های تابستانه و پاییزه می‌باشد که این امر احتمالاً به دلیل حرارت کمتر و پارازیته شدن آفت در این کشت‌ها می‌باشد (Palumbo, 1995). Bijjur & Verma (1995) مشاهده کردند جمعیت لاروهای مینوز نخود با کاهش دما به صورت معنی‌دار افزایش نشان داد و در هفته‌های آخر آذرماه در مرحله گلدهی نخود با متوسط ۱۹/۸۸ و ۱۹/۱۴ شفیره به ازای هر بوته در دو سال مورد مطالعه به حداکثر مقدار خود رسید، اما بعداً با افزایش تدریجی

دما همراه با رسیدگی کامل محصول، جمعیت آفت نرخ نزولی نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در مطالعه‌ای بالاترین تعداد مینوز برگ با متوسط ۴/۵۷ و ۴/۳۰ در زمان کاشت هفته آخر تیر و کمترین تراکم حشره در زمان کاشت آخر خرداد گزارش شد (Abhilasha & Shekharappa, 2017). در تحقیقی دیگر مقدار آلودگی آفت مینوز برگ در کلیه ارقام نخود از اواخر بهمن ماه شروع شد و تا اواخر فروردین ماه ادامه یافت، تراکم آفت در اواخر دی‌ماه کمترین مقدار بود و به صورت همزمان در کلیه واریته‌های نخود افزایش نشان داد و در هفته هفتم پس از کشت به حداکثر مقدار خود رسید. در اوایل فروردین ماه نیز به علت رسیدگی کامل محصول، مقدار این آفت کاهش نشان داد (Singh & Saravanan, 2008).

Toker *et al*, (2010) در ارزیابی مقاومت ارقام مختلف نخود به مگس مینوز برگ در ترکیه، نتیجه گرفتند که بین ارقام مختلف نخود از نظر تعداد مینوز برگ در هر بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. طبق تحقیق آن‌ها تعداد لاروها در برگ از ۱/۵ در ارقام با برگ‌های چندضلعی تا ۷/۲ در ارقامی با برگ‌های معمولی متغیر بود و از این نظر اختلاف بین ارقام مختلف معنی‌دار بود. در تحقیق آن‌ها ارقام CA2969، ILC8817، ICC4951 بالاترین و رقم 5016 کمترین تعداد لارو مگس مینوز را بر روی برگ‌هایشان نشان دادند.

در تحقیقی با هدف بررسی تأثیر تغییرات فصلی بر مدیریت مینوز برگ نخود، مینوز برگ نخود از اواخر بهمن‌ماه با تراکم ۷/۳ لارو در بوته گزارش شد که جمعیت آن در اواسط اسفندماه با متوسط ۹/۲۵ لارو به ازای هر بوته به اوج خود رسید. در این تحقیق جمعیت مگس مینوز نخود با افزایش دما، میزان بارندگی کم و وجود رطوبت صبحگاهی به حداکثر مقدار خود رسید، درحالی‌که جمعیت این آفت با کاهش دما، رطوبت نسبی عصرگاهی، وزش باد و افزایش تعداد ساعت تابش آفتاب کاهش نشان داد (Singh & Saravanan, 2008). درجه متفاوت آلودگی توسط لارو مینوز برگ نخود بر روی ارقام مختلف و در مناطق مختلف به وسیله Saeed *et al*, (2003) نیز گزارش شده است.



شکل ۴- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین تعداد لارو مگس مینوز برگ نخود در بوته در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 4. Interaction of cultivar and planting time on mean chickpea leaf-miner larvae per plant in 2018-2019 growing season

آلودگی برگ‌ها

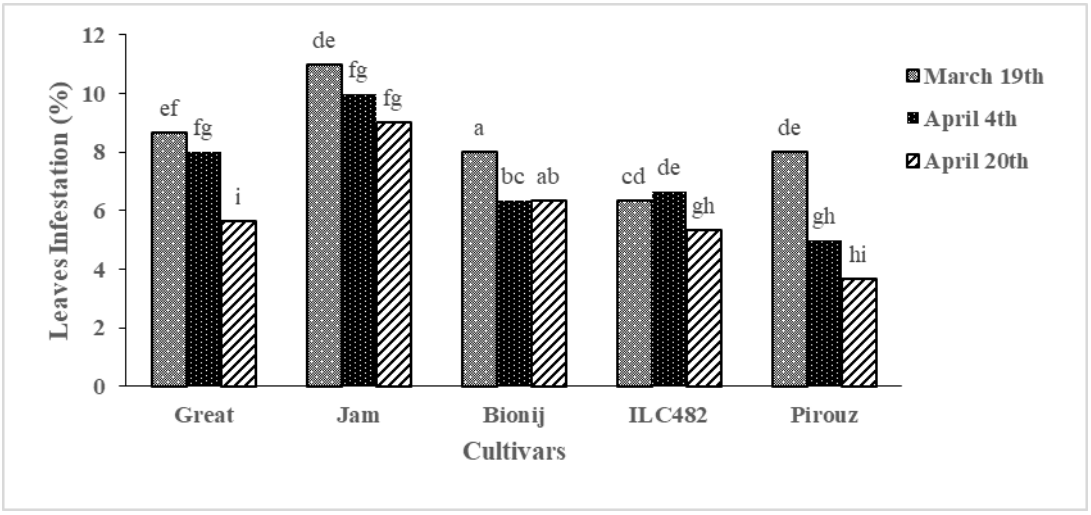
مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم در زمان کاشت از لحاظ میزان آلودگی برگ حاکی از آن بود که رقم جم کاشته شده در زمان ۲۹ اسفند با متوسط ۰/۵۸±۱۱ درصد بالاترین و رقم پیروز کاشته شده در ۳۱ فروردین با متوسط ۰/۲۸±۳/۶۶ درصد کمترین میزان آلودگی برگ را به خود اختصاص دادند. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل نشان داد در سه رقم گریت، جم و پیروز به‌تأخیرانداختن کشت تا ۳۱ فروردین

در مقایسه با ۲۹ اسفند میزان آلودگی بوته را به صورت معنی-داری کاهش داد. در دو رقم بیونیج و ILC482 بین زمان‌های کاشت از لحاظ میزان آلودگی برگ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۵).

El Bouhssinia *et al*, (2008) در بررسی اثر تاریخ کشت و نوع رقم بر مقدار خسارت مینوز برگ نخود گزارش کردند میزان خسارت مینوز برگ نخود در ارقام محلی به صورت معنی‌داری در مقایسه با ارقام جدید و اصلاح‌شده (Flip 82-150 و Ghab 3) بیشتر بود و مشخص شد مقدار خسارت در کشت بهاره چهار برابر بیشتر از کشت پاییزه بود. Toker *et al*, (2010) در ارزیابی مقاومت ۱۵ رقم مختلف نخود به مینوز برگ در دو سال گزارش کردند بین ارقام از نظر تعداد برگ آفت‌زده، میزان خسارت مینوز و مقدار خسارت برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. محققان مذکور اظهار داشتند رقم Kusmen99 کمترین تعداد برگ آفت‌زده و میزان خسارت مینوز و بالاترین مقدار مقاومت به مینوز برگ را نشان داد. آن‌ها اظهار داشتند میزان مقاومت یک رقم به آفت با تعداد آفت بر روی برگ، مقدار خسارت آفت و اندازه برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تیپ برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد.

Khan *et al*, (2015) در ارزیابی واکنش ارقام مختلف نخود به آفات مختلف در منطقه پیشاور پاکستان گزارش کردند که بین ارقام مختلف، زمان کاشت و اثر متقابل دو تیمار اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بالاترین تعداد برگ آلوده (۱۶/۳۰ برگ) در هفته هفتم و کمترین تعداد برگ آلوده (۵/۸۵ برگ) در هفته اول بود. همچنین گزارش شد بالاترین تعداد برگ آفت‌زده با متوسط ۷/۲۱ برگ به رقم لیدر (Leader) اختصاص داشت و بعد از رقم مذکور بالاترین تعداد برگ آفت‌زده در ارقام PF-400 و Azad P-1 به ترتیب با متوسط ۷/۱۸ و ۷/۱۴ ثبت شد، درحالی‌که کمترین تعداد برگ آلوده در رقم کلیماکس (Climax) با متوسط ۵/۸۵ برگ مشاهده شد. همچنین در بین تیمارهای اثر متقابل نیز بالاترین تعداد مینور برگ با متوسط ۱۷/۵۰ در هفته هفتم و کمترین مقدار در هفته اول و واریته لیدر (۰/۶۲ برگ) گزارش شد.

Parvin *et al*, (2017) در تحقیقی تحت عنوان میزان آلودگی مینوز برگ در چند نوع محصول در منطقه بنگال اظهار داشتند که دامنه آلودگی بوته در نخود بین صفر تا ۲۰ درصد بود که کمترین مقدار آلودگی (صفر) در دی‌ماه و بالاترین نرخ آلودگی (۲۰ درصد) در اردیبهشت‌ماه ثبت شد، همچنین در مطالعه آن‌ها درصد آلودگی برگ، از صفر تا ۴۰ درصد متغیر بود و کمترین تعداد برگ آلوده در دی‌ماه و بالاترین مقدار در ماه اردیبهشت ثبت شد.



شکل ۵- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین درصد برگ‌های آلوده به مگس مینوز برگ نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 5. Interaction of cultivar and planting time on mean chickpea leaf-miner infested leaves in 2018-2019 growing season

تعداد غلاف در بوته

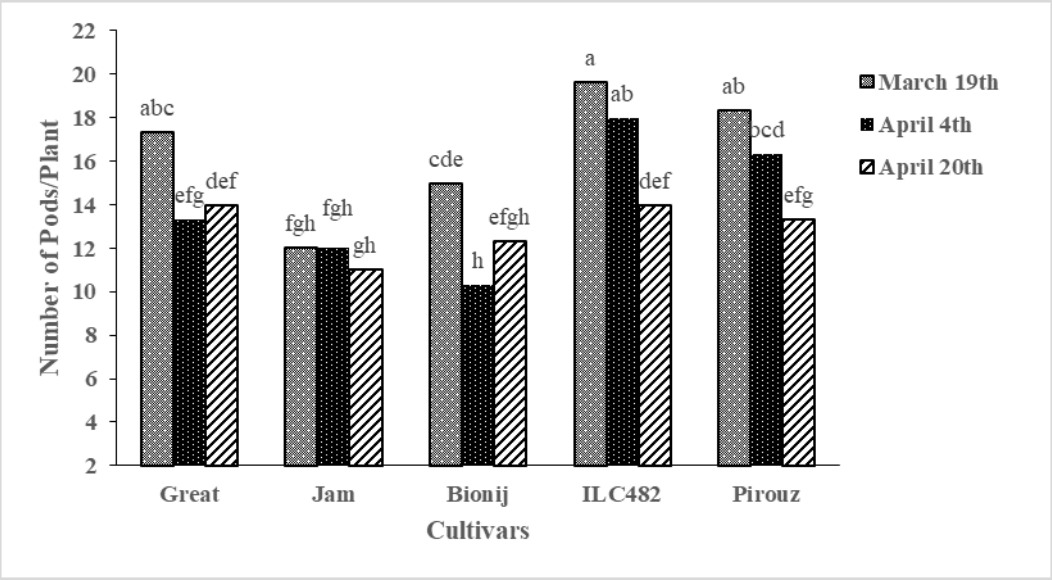
بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل، ارقام ILC482، پیروز و گریت کاشته‌شده در ۲۹ اسفند به ترتیب با متوسط ۲/۱۹±۱۹/۶۶، ۰/۸۷±۱۸/۳۲ و ۰/۸۵±۱۷/۳۲ و رقم ILC482 کاشته شده در ۱۵ فروردین با متوسط ۰/۸۷±۱۸ غلاف در بوته بالاترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص دادند. کمترین تعداد غلاف در بوته نیز با متوسط ۱/۲۷±۱۰/۳۲ غلاف در رقم بیونیج مشاهده شد (شکل ۶).

در تحقیق حاضر واکنش ارقام از نظر تعداد غلاف در بوته به زمان‌های مختلف کاشت متفاوت بود، به‌طوری‌که در ارقام گریت، ILC482 و پیروز تأخیر در تاریخ کاشت به صورت معنی‌داری از تعداد غلاف در بوته کاست، درحالی‌که در ارقام جم و بیونیج بین زمان‌های کاشت از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌دار دیده نشد (شکل ۶).

Sadeghipoor & Aghaei (2012) از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری را بین ارقام مورد بررسی مشاهده کردند و اظهار داشتند با تأخیر در کاشت تعداد غلاف در بوته نخود کاهش می‌یابد.

Rezvanimoghadam & Sadeghisamarjan (2008) و Mousavi & Pezeshkpoor (2006) نیز گزارش نمودند که در نخود تعداد غلاف در اثر تأخیر در کاشت کاهش می‌یابد که نتایج تحقیقات همه محققان مذکور با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در مطالعه Farnia & Moradi (2015) بین ارقام مختلف نخود، زمان‌های کاشت و اثر متقابل دو تیمار از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌دار وجود داشت. آن‌ها بالاترین تعداد دانه در بوته را در زمان کاشت آذر و در رقم ILC428 گزارش کردند.



شکل ۶- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین تعداد غلاف در بوته نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

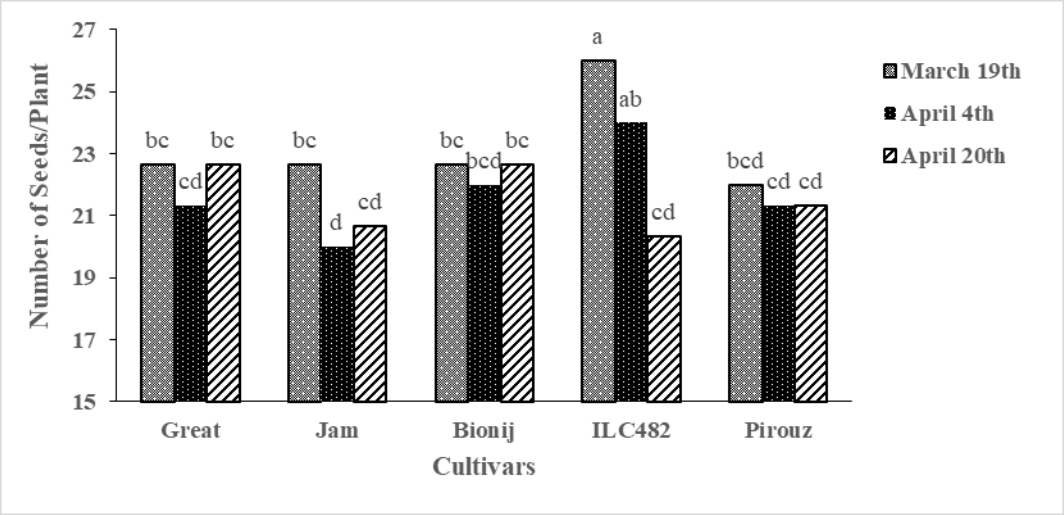
Fig. 6. Interaction of cultivar and planting time on mean number of pods per plant in 2018-2019 growing season

تعداد دانه در بوته

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم و زمان کاشت از لحاظ اثر بر تعداد دانه در بوته نشان داد رقم ILC428 در زمان کاشت ۲۹ اسفند و ۱۵ فروردین به ترتیب با متوسط ۱/۵۳±۲۶ و ۱/۰۴±۲۴ دانه در بوته بالاترین تعداد دانه را به خود اختصاص دادند. کمترین تعداد دانه در بوته نیز با متوسط ۰/۵۸±۲۰ دانه در بوته به رقم جم کاشته شده در زمان ۱۵فروردین اختصاص داشت. در این مطالعه بین زمان‌های مختلف کشت از لحاظ اثر بر تعداد دانه در بوته در ارقام گریت، بیونیج و پیروز اختلاف معنی‌دار دیده نشد، در حالی‌که در ارقام جم و ILC428 به‌تأخیرانداختن زمان کاشت به صورت معنی داری از تعداد دانه در بوته کاست، به طوری‌که در ارقام مذکور

بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به زمان‌های کاشت ۲۹ اسفند و ۳۱ فروردین اختصاص یافت (شکل ۷). (Fallah 2005) عنوان نمود که با تأخیر در کاشت تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد. Vaghar *et al*, (2008) نیز گزارش نمودند که بین تاریخ‌های مختلف کاشت از نظر تعداد دانه در بوته بین ارقام مختلف نخود اختلاف وجود دارد. نتایج تحقیق حاضر نیز مشابه نتایج تحقیقات مذکور می‌باشد.

Poma *et al*, (1990) اظهار داشتند چنانچه نخود در مرحله رشد زایشی به مدت طولانی در معرض روزهای گرم (۳۵ درجه سلسیوس) قرار گیرد، طول دوره پرشدن دانه، تعداد دانه در نیام و وزن دانه کاهش می‌یابد. در مطالعه Farnia & Moradi (2015) بین ارقام مختلف نخود، زمان‌های کاشت و اثر متقابل دو تیمار از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی داری وجود داشت. آن‌ها بالاترین تعداد دانه در بوته را در زمان کاشت آذر و در رقم ILC428 با متوسط ۴۲ دانه گزارش کردند.



شکل ۷- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین تعداد دانه در بوته نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 7. Interaction of cultivar and planting time on mean number of seeds per plant in 2018-2019 growing season

وزن۱۰۰دانه

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم در زمان کاشت از لحاظ وزن۱۰۰دانه نخود حاکی از آن بود که رقم ILC428 کاشته‌شده در ۲۹ اسفند و ۱۵ فروردین به ترتیب با متوسط ۱/۳۰±۳۳ و ۱/۳۲±۳۱ گرم و همچنین رقم پیروز کاشته‌شده در زمان ۲۹ اسفند با متوسط ۲/۰۸±۳۲/۶۶ گرم بالاترین وزن۱۰۰دانه را به خود اختصاص دادند و رقم جم کاشته‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین با میانگین ۰/۸۸±۱۶/۶۶ گرم کمترین وزن۱۰۰دانه را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر به غیر از رقم بیونیج، در دیگر ارقام، به تأخیرانداختن زمان کاشت از ۲۹ اسفند به ۳۱ فروردین موجب کاهش معنی‌دار در وزن۱۰۰دانه نخود شد، در حالی‌که در رقم بیونیج بین زمان‌های کاشت از لحاظ اثر بر وزن۱۰۰دانه اختلاف معنی‌دار دیده نشد (شکل ۸).

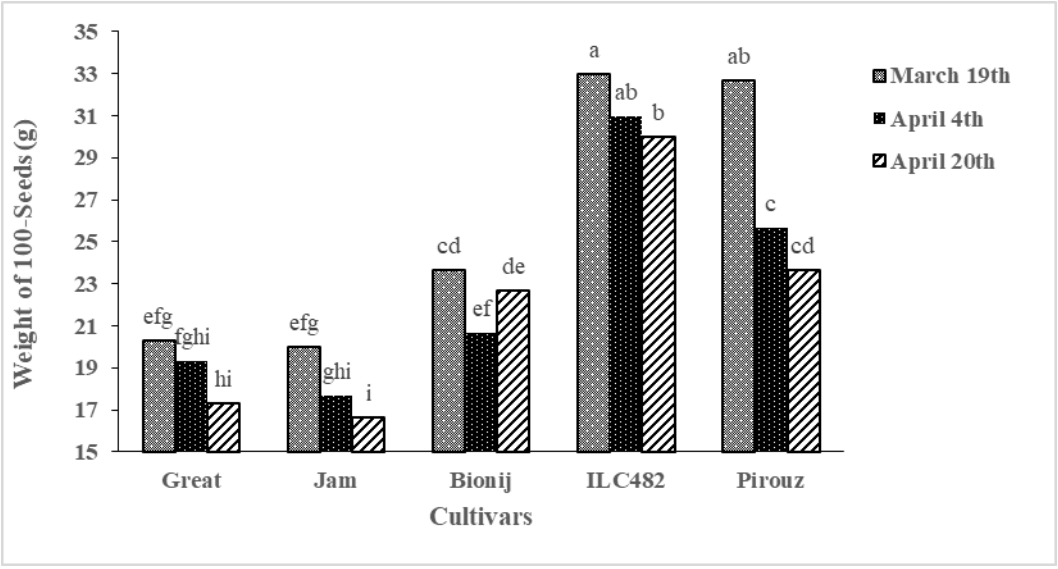
در مطالعه Kobrai *et al*, (2010) اثر زمان کشت و رقم بر وزن۱۰۰دانه نخود معنی‌دار بود. آن‌ها بالاترین وزن۱۰۰دانه را در رقم Filip84-48-C با متوسط ۲۵/۱۹ گرم در زمان کشت ۱۵ اسفند گزارش کردند.

محققان زیادی (Mousavi & Pezeshkpoor, 2006; Kobrai *et al*., 2010; Farnia & Moradi, 2015) کاهش در وزن۱۰۰دانه نخود با تأخیر در زمان کاشت را گزارش نمودند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. آن‌ها اعلام نمودند که تأخیر در کاشت به علت کوتاهی دوره رشد و خصوصاً دوران پرشدن دانه می‌تواند به کاهش وزن۱۰۰دانه در بوته منجر شود (Rezvanimoghadam and Sadeghisamarjan, 2008). Sharma *et al*, (2008) نیز اظهار داشتند تأخیر در کاشت نخود موجب کاهش معنی‌دار در وزن۱۰۰دانه در نخود می‌شود. Krouma *et al*, (2010) نیز اختلاف معنی‌داری را بین ارقام نخود از نظر ظرفیت فتوسنتزی نخود مشاهده کردند. اختلاف

ارقام از نظر ظرفیت فتوسنتزی می‌تواند در نهایت منجر به افزایش تهیه مواد فتوسنتزی و افزایش وزن دانه گردد. اختلافات مورفولوژیکی بین ارقام مانند سطح برگ نیز منجر به تغییر مقدار مواد فتوسنتزی موجود برای پرشدن دانه‌ها و وزن دانه‌ها می‌شود (Pachepsky & Rawls, 2004). در مطالعه بررسی واکنش ارقام نخود دیم به زمان کاشت در شرایط کرمانشاه گزارش شد اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت اول بیشترین میزان وزن۱۰۰دانه در رقم آرمان و در تاریخ کاشت دوم و سوم در رقم آزاد به‌دست آمد (Farnia & Moradi, 2015).

عملکرد بیولوژیک

در این مطالعه بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب با متوسط ۱۵۸/۵۷±۲۵۴۷/۳ و ۳۸/۷۸±۸۷۹/۱ کیلوگرم در هکتار به رقم ILC482 کاشته شده در ۲۹ اسفند و رقم بیونیج کاشته‌شده در ۳۱ فروردین اختصاص داشت. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل نشان داد که به تأخیرانداختن زمان کاشت از ۲۹ اسفند به ۳۱ فروردین عملکرد بیولوژیک را به صورت معنی‌داری در ارقام جم، بیونیج، ILC482 و پیروز کاهش داد، درحالی‌که در رقم گریت تغییر در تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (شکل ۹).



شکل ۸- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین وزن۱۰۰دانه نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 8. Interaction of cultivar and planting time on mean of 100 seeds weight in 2018-2019 growing season

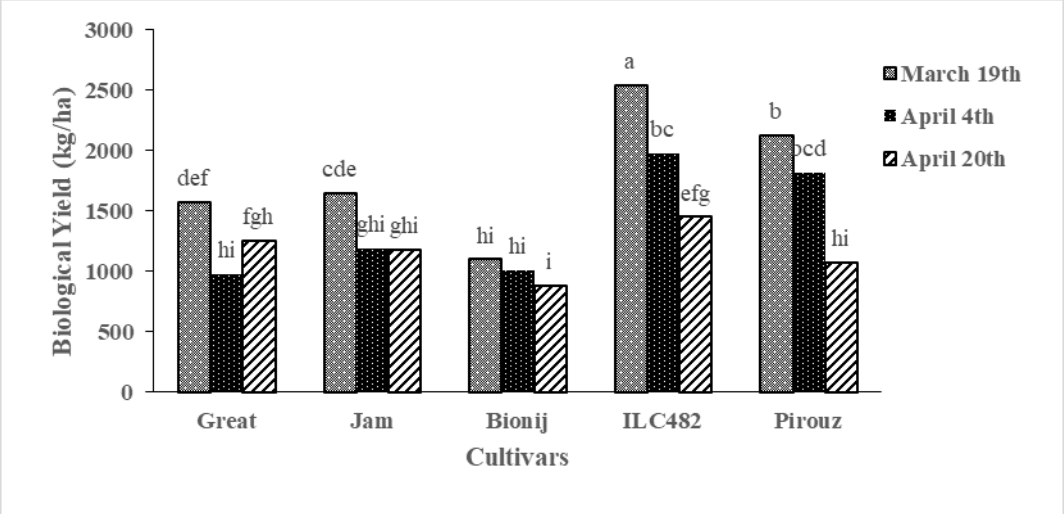
بالابودن عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت ۲۹ اسفند به بالابودن اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد بیولوژیک در نخود در این تاریخ مربوط است. چنانچه ملاحظه می‌شود، بالاترین تعداد غلاف، تعداد دانه و وزن۱۰۰دانه در زمان کاشت ۲۹ اسفند به دست آمد. اجزای مذکور نقش مؤثری در شکل‌گیری عملکرد بیولوژیک نخود دارند. همچنین با افزایش طول دوره رشدی گیاه، بر سطح سبزینه و سطح فتوسنتزکننده گیاه افزوده شده و گیاه مقدار زیست‌توده بیشتری تولید خواهد کرد.

Farnia & Moradi (2015) در مطالعه بررسی واکنش ارقام نخود دیم به زمان کاشت در شرایط کرمانشاه نشان دادند که در تاریخ کشت اول و دوم، رقم هاشم و در تاریخ کشت سوم، رقم آزاد دارای بالاترین میزان زیست‌توده و عملکرد دانه بودند و بیشترین عملکرد دانه (۲۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت دوم در رقم هاشم و کمترین عملکرد دانه (۱۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) در همین رقم در تاریخ کاشت سوم به دست آمد که ۴۹/۳ درصد عملکرد دانه کمتری نسبت به تاریخ کاشت دوم داشت. همچنین در تحقیق آن‌ها رقم ILC482 در تاریخ کاشت دوم عملکرد دانه بیشتری داشت، در حالی‌که در تاریخ‌های کاشت زودتر و دیرتر، عملکرد دانه کمتری نسبت به تاریخ کاشت دوم حاصل شد. Vaghar *et al*, (2008) سه

تاریخ کاشت ۲۰ آبان، ۲۰ آذر و ۲۰ اسفند را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با تأخیر در کاشت سرعت رشد نسبی گیاه و وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. آن‌ها اظهار داشتند که علت این امر را می‌توان به تنش خشکی در انتهای فصل مربوط دانست، به طوری‌که در اثر خشکی رقابت گیاهان برای کسب آب و مواد غذایی بیشتر شده و در نتیجه میزان فتوسنتز خالص و در نهایت سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد.

در مطالعه Mousavi *et al*, (2005) کاشت زودهنگام نخود بر عملکرد بیولوژیک در نخود افزود که همسو با نتایج تحقیق حاضر است. آن‌ها پایین‌بودن تولید بیوماس نخود در کشت بهاره را به کوتاه‌بودن طول دوره رشد و مواجهه با دماهای بالا در اواخر فصل بهار نسبت دادند. در مطالعه تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت (پاییزه، زمستانه و بهاره) بر روی ارقام نخود کابلی مشاهده شد که با تأخیر در زمان کاشت و مصادف شدن مرحله پرشدن دانه با تنش خشکی و درجه‌حرارت‌های نسبتاً بالا در انتهای فصل رشد، تولید زیست‌توده و عملکرد دانه نخود به ترتیب به میزان ۶۶ و ۸۹ درصد کاهش یافت. بر اساس اظهار نظر این محققان کاهش عملکرد عمدتاً به دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته و کاهش وزن۱۰۰دانه بوده است (Mousavi & Pezeshkpoor, 2006). بالابودن عملکرد بیولوژیک در رقم ILC482 را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی این رقم همانند تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه نسبت داد. ارقامی که عملکرد بیولوژیکی بالایی دارند، پتانسیل بهتری برای تولید عملکرد دانه از خود نشان می‌دهند (Sharma *et al.*, 2008).

Majnoonhosseini & Hamzei (2011) تأثیر تاریخ‌های کاشت زمستانه و بهاره نخود را در منطقه همدان مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد لاین ILC482 با متوسط عملکرد ۱۰۴۵ کیلوگرم دانه و ۲۳۸۵ کیلوگرم ماده خشک در هکتار در هر دو تاریخ کاشت نسبت به سایر ارقام، برتری داشت.



شکل ۹- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 9. Interaction of cultivar and planting time on mean of biological yield in 2018-2019 growing season

عملکرد دانه

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم و زمان کاشت از لحاظ اثر بر عملکرد دانه نشان داد دو رقم ILC482 و پیروز کاشته‌شده در تاریخ ۲۹ اسفند به ترتیب با متوسط ۱۳۹۷/۴±۴۶/۷۶ و ۱۳۸۴±۴۸/۲۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند و کمترین مقدار صفت مذکور نیز با میانگین ۲۹/۱۸±۳۶۰/۶ کیلوگرم در هکتار به رقم پیروز کاشته‌شده در زمان ۳۱ فروردین اختصاص یافت. مقایسه میانگین ارقام همچنین نشان داد به‌تأخیرانداختن کشت از ۲۹اسفند به ۳۱ فروردین در ارقام گریت، بیونیج، ILC482 و پیروز عملکرد دانه را به صورت معنی‌داری کاهش داد، درحالی

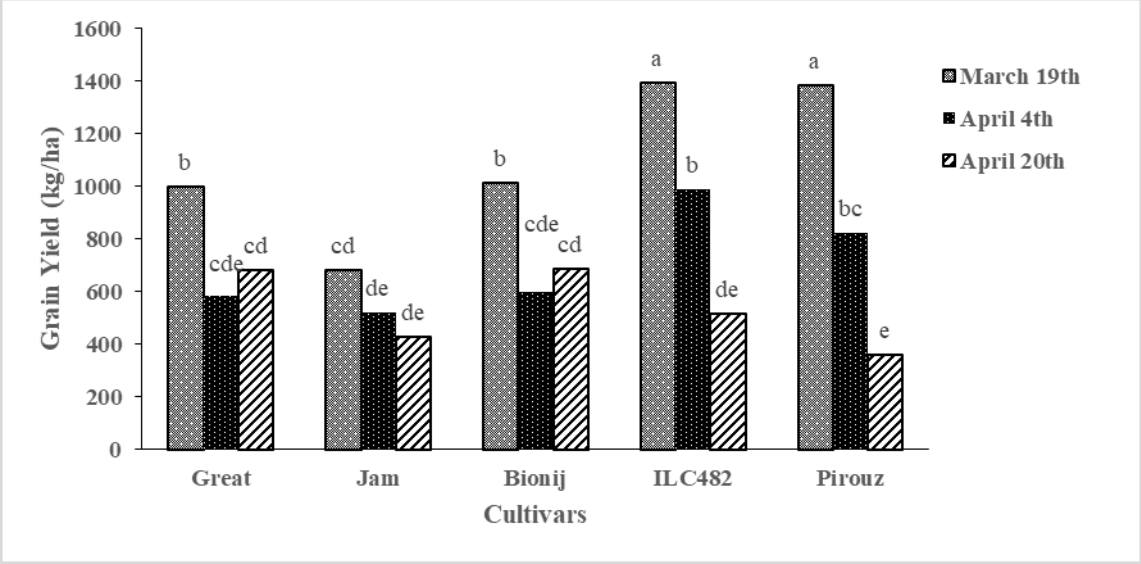
که عملکرد دانه در رقم جم واکنشی به تغییر در تاریخ کاشت نشان نداد (شکل ۱۰).

علاوه بر رقم، تاریخ کاشت نقش مهمی را در افزایش عملکرد گیاهان زراعی بر عهده دارد. انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از مهم‌ترین روش‌های دستیابی به عملکرد بالا در گیاهان زراعی می باشد. تاریخ کاشت زودهنگام در گیاهان موجب افزایش دوام سطح برگ و جذب آب در طی دوره‌های بحرانی بین ظهور جوانه‌های گل و گل‌دهی می‌شود و تعداد بذور در واحد سطح را بدون کاهش وزن آن‌ها افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Barros *et al*., 2004). تاریخ کاشت نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه و کیفیت آن در مناطق با طول دوره رشد کوتاه دارد. محققان گزارش نموده اند که کاهش عملکرد در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام در ابتدا به‌دلیل کاهش تعداد غلاف در واحد سطح و وزن دانه‌ها است، زیرا تأخیر در کاشت، اندازه گیاه را قبل از شروع مرحله رویشی کاهش می‌دهد.

Kobrai *et al*, (2010) در مطالعه اثر رقم و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و صفات کمی در نخود زراعی گزارش کردند با تأخیر در کاشت، از عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد به تاریخ کاشت پانزدهم اسفندماه و کمترین عملکرد به تاریخ کاشت پانزدهمفروردین ماه تعلق داشت، ضمن این‌که رقم آرمان با عملکرد ۱۰۶۷/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در بین ارقام مورد بررسی به خود اختصاص داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

با توجه به این‌که لاروهای مگس مینوز از برگ نخود تغذیه می‌کنند و در لایه اپیدرمی برگ کانال‌هایی را حفر می نمایند، در صورت حمله شدید این آفت نرخ خسارت به ۸۶ تا ۹۳ درصد خواهد رسید. این آفت با تخریب برگ‌ها منجر به تخریب بافت کلروفیل برگ می‌شود و میزان فتوسنتز برگ را کاهش داده موجب کاهش عملکرد دانه در نخود می‌شود (Vishwanath & Agrawal, 1982).

Farnia & Moradi (2015) در طی تحقیقات خود اثر رقم و زمان کاشت بر عملکرد دانه در نخود را معنی‌دار گزارش نمودند. آن‌ها اظهار داشتند در دو رقم ILC482 و هاشم تأخیر در تاریخ کاشت به صورت معنی‌داری از عملکرد این ارقام کاست. بالابودن عملکرد دانه در رقم ILC482 می‌تواند به دلیل مقاومت آن‌ها به آفت مینوز نخود و همچنین تنوع ژنتیکی و شرایط محیطی در این ارقام باشد. مقدار ماده خشک تولیدی، مقدار نیتروژن تولیدی و عملکرد دانه بسته به نوع ژنوتیپ و شرایط محیطی متغیر است (Evans *et al*., 1989). در مطالعه Kobrai *et al*, (2010) عملکرد دانه با تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در ساقه اصلی و تعداد دانه در شاخه فرعی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد.



شکل ۱۰- اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میانگین عملکرد دانه نخود در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷

Fig. 10. Interaction of cultivar and planting time on mean of grain yield in 2018-2019 growing season

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اظهار داشت که هرچند کاشت در زمان ۲۹ اسفند بالاترین میزان برگ‌های آلوده را به خود اختصاص داد، اما به دلیل افزایش طول دوره رشد و مکانیسم جبرانی، گیاه توانست علاوه بر تحمل آفت بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد را به خود اختصاص دهد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم ILC428 با توجه به ماهیت ژنتیکی و خصوصیات مورفولوژیک بوته کمتر مورد حمله آفت قرار گرفته و علاوه بر آلودگی کمتر، بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و به عنوان مقاوم‌ترین رقم نسبت به مگس مینوز برگ نخود شناخته شد.

منابع

1. Abhilasha., C.R., and Shekharappa, N. 2017. Incidence of sucking pest complex and leaf miner at different sowing dates in pea (*Pisum sativum* L.). The Bioscan 12(1): 189-192.
2. Barros, F.C., Carvalho, M., and Basch, G. 2004. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 21(3): 347-356.
3. Bijjur, S., and Verma, S. 1995. Effect of abiotic factors on the pest of pea and natural enemies. Indian Journal of Entomology 57(3): 233-239.
4. Capinera, J.L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, pp. 197-205.
5. Datta, S.K. 2004. Rice Biotechnology: A need for developing countries. The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics 7(1&2): 31-35.
6. El Bouhssini, M., Mardini, K., Malhotra, R.S., Joubi, A., and Kagka, N. 2008. Effects of planting date, varieties and insecticides on chickpea leaf miner (*Liriomyza cicerina* R.) infestation and the parasitoid *Opius monilicornis* F. Crop Protection 27(6): 915-919.
7. Evans, J., O'Connor, G.E., Turner, G.L., Coventry, D.R., Fettell, N., Mahoney, J., Armsrong, E.L., and Walsgott, D.N. 1989. N_2 fixation and it value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in southeastern Australia. Australian Journal of Agriculture Research 40: 791-805.
8. Farnia, A., and Moradi, S. 2015. Investigation of the reaction of rainfed chickpea cultivars to planting time in Kermanshah. Journal of Apllied Research of Plant Ecophysiology 2(1): 47-64. (In Persian with English Summary).
9. 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 Agriculture Science 36(3): 719-731. (In Persian with English Summary).
10. Fazeli, M.J., and Honarparvaran, M.A. 1995. Investigation of the biology of chickpea leaf-miner, *Liriomyza congesta* and the effect of planting dates on its control. 12th Iranian Plant Protection Congress, Karaj. (In Persian with English Summary).
11. Kang, L., Cheng, B., Wei, J.N., and Xian, L.T. 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. Annual Review of Entomology 54: 127-145.
12. Khan, A., Ali Khan, I., and Habib, K. 2015. Response of pea varieties to insect pests in Peshawar. Journal of Entomology and Zoology Studies 3(3): 403-407.
13. Kobrai, S., Shams, K., and Pazoki, A. 2010. Effect of cultivar and sowing date on grain yield and quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agriculture and Plant Breeding 6(2): 53-64. (In Persian with English Summary).
14. Krouma, A. 2010. Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes subjected to drought. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34: 257-264.
15. Leibee, G.L. 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on celery. Environmental Entomology 13: 497-501.
16. Majnoun Hosseini, N., and Hamzeii, R. 2011. Effect of winter and spring planting time on yield and yield components of chickpea at dry land conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 59-68. (In Persian with English Summary).

17. Malazadeh, H., Ghassemi-Kahrizeh, A., and Hossein Zadeh, A. 2020. Study on the effect of cultivar and planting time on density and damage of chickpea pod borer, *Heliothis viriplaca* Hufnagel (Lep.: Noctuidae) in the Bukan region, West Azerbaijan province. Iranian Journal of Plant Protection Science 51(2): 209-220. (In Persian with English Summary).
18. Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2009. Response of weed society and their interference with sowing date on lens cultivars in Khoramabad dryland condition. Electronic Journal of Plant Production 2: 111-128. (In Persian with English Summary).
19. Mousavi, S.K., Pezeshkpoor, P., and Shahverdi, M. 2005. Evaluation of the effect of planting date and dryland chickpea cultivar on weed interference. The First National Conference on Beans. Mashhad, 19 and 20 November.
20. Mousavi, S.K., and Pezeshkpoor, P. 2006. Evaluation of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to sowing date. Iranian Journal of Field Crops Research 4(1): 141-154. (In Persian with English Summary).
21. Murphy, S.T., and Lasalle, J. 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leaf miners in field vegetable crops. Biocontrol News and Information 20: 91-104.
22. Nematollahi, M.R., Jalali, S., and Farhadi, A. 2007. Effect of planting date and polyethylene mulches in low tunnel culture of cucumber on vegetable leafminer (*Liriomyza sativae*) and downy mildew (*Pesudoperonospora cubensis*) in Esfahan. Pajouhesh and Sazandegi 77: 49-54.
23. Nouri, P., and Shahryari, D. 1985. Pests, Diseases and Weeds of Food Legumes in Iran. Pests and Diseases Research Institute. 78 p.
24. Pachepsky, Y., Rawls, W.J. 2004. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Developments in Soil Science, 30. Elsevier: Amsterdam.
25. Palumbo, J.C. 1995. Developmental rate of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lettuce as a function of temperature. Southwestern Entomology 20: 461-465.
26. Parrella, M.P. 1987. Biology of *Liriomyza*. Annual Review of Entomology 32: 201-224.
27. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Beans. Jihad Daneshgahi Mashhad, Iran.
28. Parvin, S., Abdul Latif, M., and Ali, M. 2017. Host preference and infestation intensity of vegetable leaf miner, *Liriomyza* spp. MSc. Thesis. Sher-e-Bangla Agricultural University, Dhaka.
29. Poma, I., Sarno, R., Noto, F., and Zora, D. 1990. Effects of sowing date on yield and quality characteristics of chickpea. Informatore-Agraio 46(40): 53-55.
30. Pedigo, L.P. 2002. Entomology and Pest Management. Prentice-Hall, New Jersey.
31. Ranjbar, M., and Shams, G. 2009. Applications of nanotechnology. Green Environment (Sabz Zist) 2(3): 28-30.
32. Rezvani Moghadam, P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowingdates and different irrigation regimes onmorphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) (cultivar ILC 3279). Iranian Journal of Field Crop Research 6(2): 315-325. (In Persian with English Summary).
33. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2012. Comparison of autumn and spring sowing on performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. International Journal of Biosciences 2: 49-58.
34. Saeed, M., Naz, F., Ahmed, S., and Aaqeel, M. 2003. Studies on level of infestation of pea leaf miner *Chromatomyia horticola* Goureau (Agromyzidae: Diptera) on pea crop in selected areas of NWFP, Pakistan. Pakistan Entomology 25(2): 227-230.
35. Sen, A., and V.K. Sehgal, 1995. Resist ance in peas, *Pisum sativum* L. against pea leaf miner, *Chromatomyia horticola* Goureau (Diptera: Agromyzidae): biology, feeding and ovipositional preferences. Insect Science and Its Application 14(2): 185-191.
36. Sharma, H.C., Rajeev, V., Gaur, P.M., and Gowda, C.L.L. 2008. Potential for using morphological, biochemical and molecular markers for resistance to insect-pests in grain legumes. Journal of Food Legumes 21: 211-217.
37. Singh, H., and L. Saravanan. 2008. Seasonal incidence and management of pea leaf miner *Phytomyza horticola* Goureau infesting pea. International Journal of Plant Protection 1(2): 33-37.
38. Smith, C.M. 2005. Plant Resistance to Arthropods. Springer Publishers, Netherlands, 423 p.
39. Sohi, A.S., Mann, H.S., Singh, J., Singh, B., and Dhaliwal, C.S. 1994. Attack of serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* Burgess (Agromyzidae: Diptera) on cotton in Punjab-a new record. Journal of Insect Science 7: 1.

40. Toker, C., Canci, H., and Siddique, K.H.M. 2010. Nutrient disorders. In: W. Chen, H.C. Sharma and F.J. Muehlbauer (Eds.). Compendium of Chickpea and Lentil Diseases and Pests. APS Press, Minnesota, p. 126-131.
41. Vaghar, M., Nourmohammadi, G., Shams, K., Pezeki, A., and Kobraee, S. 2008. Study on effect of sowing date on physiological indices of dryland chickpea cultivars in Kermanshah. Journal of Plant and Bioecology 20: 104-114.
42. Vishwanath R., and Agarwal, R.A. 1982. Hand Book on Insect Pests of Crops and their Control. Bharti publications, Delhi.
43. Zahiri, B., Moharramipour, S., Talebi A.A., and Fathipour. Y. 2003. Antixenosis resistance of bean varieties to leaf miner *Liriomyza sativae* (Dip.: Agromyzidae) in growth chamber. Journal of Entomological Society of Iran 23(2): 59-75. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 165-182 (Original Research Article)

The effect of cultivar and planting date on density and damage of chickpea leaf-miner (*Liriomyza congesta* Becker) in the Oshnavia region, West Azarbaijan province, Iran

Abbasi[1], Najmuddin; Ghassemi-Kahrizeh[2*], Akbar; and Hosseinzadeh[3], Abbas

1. MSc. Graduated, Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran; mosashno17@yahoo.com
2. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
3. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran; abas1354@yahoo.com

Received: 13 February 2021; **Revised:** 6 May 2021
Accepted: 21 May 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.2102-1002

How to cite this article:
Abbasi, N., Ghassemi-Kahrizeh, A., and Hosseinzadeh, A. 2021. The effect of cultivar and planting date on density and damage of chickpea leaf-miner (*Liriomyza congesta* Becker) in the Oshnavia region, West Azarbaijan province, Iran. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 165-182.

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important plants in the legume family, which is very important in the diet. Chickpea leaf-miner, (*Liriomyza congesta*, Becker) is one of the most important chickpea pests. Chickpea leaf-miner fly indirectly reduces the yield of chickpea by feeding on chickpea leaves. The amount of damage of chickpea leaf miner is not completely known due to its indirectness. Chickpea leaf miner fly has 3-4 generations per year and spends the winter as a pupa at a depth of 5-6 cm in the soil. The management of the leaf miner flies of the Agromyzidae family has been the subject of extensive scientific research for many years. Many chemical and botanical insecticides have been studied to control of leaf miner flies and are now widely used by farmers around the world. Today, the indiscriminate use of pesticides has created many problems and their effectiveness has been severely reduced due to improper use, adverse effects on natural enemies, and the development of resistance among populations of leaf miner flies. Management control is one of the most effective and simple methods used in integrated pest management. In this control method, by changing the planting date, planting density and using resistant cultivars, the compatibility of pest biology with plant phenology is disturbed and the establishment of the pest on the host plant is prevented. Changing the planting date causes no synchronization between the critical growth stage of the plant and the damaging stage of the pest and it delays the establishment of the pest on the plant, also reduces the reproduction and survival of the pest and the damage of the pest on the sensitive growth stage of the plant. Considering that the cultivation of chickpeas in the drylands of the south of West Azerbaijan province after wheat is of great importance, attention to its important pests, especially leaf miner fly and non-chemical methods to control this pest by changing the cultivars and planting times was one of the necessities of this research.

[*] **Corresponding Author:** ghassemikahrizeh@gmail.com

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 165-182 (Original Research Article)

Materials and Methods

In order to study the effect of cultivar and planting date on control of chickpea leaf-miner, an experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications in Oshnavia, west Azarbaijan province at the field conditions during 2018-2019. The first factor was chickpea cultivars including Bionij, Grit, Jam, ILC482 and Pirouz, and the second factor was three planting times on March 19, April 4 and April 20. Traits of plant infestation, number of larvae per plant, leaves infestation, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100-seed weight, biological yield and grain yield were evaluated. The data analysis of variance was performed using SAS 9.2 software. Means were also compared by LSD (Last Significant Difference) test at 5% probability level and the figures were drawn with Excel 2013.

Results and Discussion

Analysis of variances showed that there were significant differences between different cultivars ($p<0.05$) and different planting times ($p<0.01$) for all studied traits. Interaction of cultivar and planting time were significant on all studied traits other than the number of infested plants and percent of infested plants ($p<0.05$). The highest number of infested plants (17.77±1.84%), number of larvae per plants (4.66±0.38 larvae), percentage of infested leaves (11±0.58%) and the lowest number of seeds per plant (20±0.58 seeds) and 100 seed weight (16.66±0.88 g) were found in Jam cultivar. The highest number of pods per plant (19.66±2.19 pods), number of seeds per plant (26±1.53 seeds), 100 seed weight (33±1.30 g), biological yield (2547.3±158.57 $kg.ha^{-1}$) and grain yield (1397.4±46.76 $kg.ha^{-1}$) and the lowest percentage of infested plants (7.4±0.61%) was observed in ILC428 cultivar.

Conclusion

In the present study, March 19 was the best planting time and ILC482 was the most resistant and high yielding cultivar. Therefore, setting the planting time and using resistant cultivars can effectively control leaf-miner chickpea. According to the results of the present study, although the highest percentage of infested leaves was observed on March 19, however, the plant had the highest yield and yield components due to the increase in the length of the growth period and the compensatory mechanism of the plant and pest tolerance.

Keywords: Chickpea leaf-miner، Cultivar، Grain yield، Resistance

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۹۸-۱۸۳، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 183-198
Original Researc; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89439

بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

سعید حیدرزاده[۱]، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه[۲*] و امیر رحیمی[۳]

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ st_s.heydarzadeh@yahoo.com
۲- استادیار زراعت، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۳- استادیار تخصصی، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ e.rahimi@urmia.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
حیدرزاده، س.، حسن‌زاده قورت‌تپه، ع.، و رحیمی، ا. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۹۸-۱۸۳.

چکیده

این بررسی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم آبیاری و یک‌بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و تیمار کاربرد منابع کودی شامل کود شیمیایی (۱۰۰ درصد)،کود زیستی (فسفاته بارور۲+ازتو باکتر)، کود دامی، تیمارهای تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی،کود زیستی+کود دامی، ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی و تیمار شاهد به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد که با انجام آبیاری تکمیلی درصد پروتئین، خاکستر علوفه، کربوهیدرات محلول در آب، ماده خشک قابل‌هضم و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز عدس افزایش نشان داد؛ اما بیشترین میزان الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی و اسیدی در شرایط دیم به‌دست آمد. بیشترین درصد پروتئین، خاکستر علوفه، کربوهیدرات محلول در آب، ماده خشک قابل‌هضم و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی مشاهده گردید. کاربرد منابع مختلف کودی موجب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر یک از شرایط آبیاری شد. حداکثر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین بترتیب ۱۴۶۰/۵۲ و ۳۳۶/۳۸ کیلوگرم درهکتار در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در آبیاری تکمیلی حاصل شد. بنابراین، با مدیریت درست و استفاده تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی تحت شرایط مراحل بحرانی رشد گیاه، می‌توان به عملکرد اقتصادی بهتری تحت شرایط آبیاری تکمیلی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر؛ سیستم تلفیقی؛ کشاورزی پایدار؛ کود زیستی

مقدمه

عدس از جمله گیاهانی است که غالباً در اراضی حاشیه‌ای و در خاک‌های نه‌چندان حاصلخیز کشت می‌شود. در کشورهای درحال‌توسعه تقریبا یک‌چهارم نیاز پروتئین توسط حبوبات تأمین می‌گردد و عدس با دارابودن میزان پروتئین بالا نقش مهمی در تغذیه انسان در این نواحی ایفا می‌کند. این گیاه قادر است از طریق تثبیت نیتروژن، سبب بهبود حاصلخیزی خاک و در نتیجه کاهش مصرف کود شیمیایی شود (Suryapani *et al.*, 2013).

کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون

* **نویسنده مسئول:** a.g.hassanzadeh@gmail.com

جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین روش برای جبران کمبود عناصر غذایی لازم خاک به نظر می‌رسد، ولی هزینه رو به افزایش کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی مشکلات زیادی به‌وجود آورده است (Alloway, 2008). حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار یکی از مباحث اصلی است که سرلوحه برنامه کشورهای جهان از جمله ایران قرار گرفته است. با توجه به تأثیرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، ازجمله به‌هم‌خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد و کیفیت محصولات و آلودگی منابع آب و خاک، پیداکردن روشی که بتواند مصرف این کودها را کاهش دهد، ضروری به نظر می‌رسد. با این حال به‌یک‌باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از زیست‌بوم‌های زراعی حذف نمود، زیرا لازمه پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. از مهم‌ترین مسائل مؤثر بر پایداری تولید غذا، حفظ حاصلخیزی خاک از طریق کاربرد کودهای آلی و نیز جایگزین‌های غیرشیمیایی به جای نهاده‌های شیمیایی می‌باشد (Agazadeh *et al*., 2018).

استفاده از کودهای آلی از مؤثرترین شیوه‌های تغذیه گیاه در جهت افزایش عملکرد، هماهنگ با محیط زیست و نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. مواد آلی، کیفیت خاک را از طریق بهبود ساختمان خاک، نگهداری مواد غذایی و فعالیت بیولوژیکی افزایش می‌دهد. امروزه مشخص شده است که کودهای آلی در صورت اضافه‌شدن به کودهای شیمیایی می‌توانند تأثیر جبرانی و مکمل را بر خاک و گیاه داشته باشند (Abdel-Sabor & El-Seoud, 1996). تلفیق این کودها این امکان را فراهم می‌کند که در دوره ابتدایی رشد، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای گیاه تأمین نموده و در دوره‌های بعدی رشد، کود دامی مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را در اختیار آن قرار دهد. همچنین در شرایطی که با اعمال نهاده‌ها افزایش محصول بیشتری امکان‌پذیر نباشد، استفاده از منابع بیولوژیک و آلی از طریق باروری و اصلاح خاک باعث افزایش مجدد محصول خواهد شد (Hasanzadeh Gorttapeh & Zahedmanesh., 2006).

مصرف کودهای زیستی موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده و علاوه بر تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به حفظ محیط زیست، حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و عملکرد بیشتر و بهتر گیاهان می‌انجامد (Rai & Gaur, 1988). علاوه بر این، باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط کم‌آبی، بیماری‌ها و آفات شده و باعث رشد بیشتر محصول می‌شوند (Mohammadi & Sohrabi, 2012). نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که با مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی شرایط مناسب و ایده آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود و ضمن کاهش هزینه تولید، عملکرد کمی و کیفی گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Seyed Sharifi *et al*., 2014). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند ازتوباکتر به‌دلیل توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال در خاک، در توسعه سامانه ریشه‌ای تأثیر مثبت و مفیدی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، در افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های خاک مؤثرند (Wani *et al*., 2016). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می گردد (Agazadeh *et al*., 2018).

بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شوند و در این نواحی مهم‌ترین منبع محدودکننده برای افزایش عملکرد تولیدات کشاورزی، کمبود آب می‌باشد. از این رو، افزایش بهره‌وری آب در مقایسه با محصول تولیدی در واحد سطح بهترین راهکار برای سامانه‌های زراعی دیم می‌باشد. در زراعت دیم، بسیاری از پدیده‌ها و عوامل، با وجود تأثیرگذاربودن آن‌ها در زراعت، غیرقابل‌کنترل یا تعدیل هستند. تغییرات بارندگی در سال‌های مختلف، تغییرات مقدار و نحوه پراکنش نزولات جوی، تغییرات درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی در بخشی از سال زراعی که از ویژگی‌های خاص زراعت دیم است، سبب شده که میزان خطرپذیری در زراعت دیم بالا بوده و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید اندک باشد (Hamzei & Sadeghi Meabadi, 2014). آبیاری تکمیلی عملیاتی با کارآیی بالا است که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است، به طوری‌که تأمین یک یا دو نوبت آبیاری تکمیلی در دیم‌کاری غلات و حبوبات، موجب اطمینان از تولید محصول و افزایش

چشمگیر تولید در این مناطق می‌گردد (Jalilian & Heydarzadeh, 2017). آبیاری تکمیلی، تلفیقی از حداکثر استفاده مطلوب از نزولات جوی و ذخایر آبی بسیار محدود یک منطقه در تأمین رطوبت در زمان مناسب برای گیاه می‌باشد. Oweis & Hachum (2006) گزارش کردند که در اعمال یک دور آبیاری تکمیلی در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد غلاف‌دهی نخود (*Cicer arietinum* L.)، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی بیشترین تأثیر را روی عملکرد داشت و عملکرد بیشتری نسبت به شاهد (بدون آبیاری) تولید کرد (Nasri *et al.*, 2012).

با توجه به این‌که تحقیقات محدودی در زمینه به‌زراعی برای گیاه عدس انجام شده است و همچنین نظر به اهمیت کشت انبوه این گیاه و ارتقاء خصوصیات کیفی علوفه آن در کشور، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مصرف مستقل و تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی (فسفاته بارور۲ و ازتو باکتر)، دامی (کود گاوی) و شیمیایی (NPK) بر خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد.

قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی براساس نقشه طرح، در کرت‌های مورد نظر اعمال و با خاک مخلوط گردید. اعمال تیمارهای کود شیمیایی و دامی، براساس آزمون خاک به مقدار ۴۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار تماماً قبل از کاشت برای تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی مورد نظر اعمال گردید. در تیمار کودی تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی و زیستی نصف این مقادیر اعمال شد. به علت بالابودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد. کود دامی (گاوی) کاملاً پوسیده (۲۰ تن در هکتار) نیز همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین به کرت‌های مورد نظر اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید. تیمارها شامل عدم آبیاری در طول فصل رشد و یک‌بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و منابع مختلف کودی شامل استفاده از کود شیمیایی (۱۰۰ درصد)،کود زیستی (فسفاته بارور۲+ازتو باکتر)، کود دامی، تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی،کود زیستی+کود دامی، ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی و تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) به عنوان فاکتور دوم بودند.

برای تیمارهای دارای کود زیستی بذر گیاه عدس رقم بیله‌سوار یک ساعت قبل از کشت باکود زیستی فسفاته بارور۲ (باکتری‌های حل‌کننده فسفات) و ازتوباکتر (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن) با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و براساس دستورالعمل توصیه‌شده (ساخت شرکت زیست‌فناور سبز، شامل 10^8 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) تلقیح شدند. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش کاملاً یکنواخت روی سطح آن‌ها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. برای سایر تیمارهای کودی، بذور بدون استفاده از کودهای زیستی مورد استفاده قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی به ابعاد دو متر عرض در سه متر طول در نظر گرفته شد.

در دهه اول اسفندماه بذور عدس به‌صورت دستی در عمق ۷-۵ سانتی‌متری به روش مسطح کشت گردید. یک‌بار آبیاری تکمیلی در شروع گلدهی با نصب کنتور حجمی توسط تانکر انجام گرفت. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Aboutalebi *et al.*, 2020):

معادله (۱)

$$VN= [(FC-WP)\times BD\times D\times(1-ASM)\times A]/100$$

در این رابطه، FC درصد وزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه ای،WP درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی،BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D عمق توسعهٔ ریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. در جدول ۱ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی ذکر شده است. نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی و کود دامی
Table 1. Physical and chemical properties of the soil and manure

	بافت خاک Soil texture	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$ (ds/m)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	نیتروژن کل T.N (%)	فسفر قابل جذب P available (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K available (mg/kg)
خاک Soil	رس سیلتی Silty clay	7.9	0.83	0.98	0.14	10.5	407
کود دامی Manure	-	7.1	6.3	18.6	1.28	0.99	1.12

در مرحله گلدهی کامل بعد از حذف اثرات حاشیه‌ها، بوته‌های موجود در مساحت یک مترمربع برداشت و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و مقادیر ثبت‌شده به عنوان عملکرد خشک علوفه درنظرگرفته شدند. سپس از هر کرت نمونه‌های خشک به‌وسیله آسیاب پودر شدند و ۱۰ گرم علوفه پودرشده انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات کیفی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انتقال داده شدند. صفات کیفی شامل ماده خشک قابل‌هضم (DDM)[۱]، پروتئین خام (CP)[۲]، خاکستر علوفه (Ash)، الیاف محلول در شوینده خنثی (NDF)[۳]، الیاف محلول در شوینده اسیدی (ADF)[۴] و کربوهیدرات محلول در آب (WSC)[۵] با استفاده از فناوری طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS)[۶] انجام شد. سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک ۸۶۰[۷] شرکت پرتن[۸] با ۲۰ طول موج در دامنه ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود (Li *et al.*, 2010). صفاتی از قبیل کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از دستگاه اسپکترومتری و اتانول ۸۰درصد در مرحله گلدهی به‌صورت تصادفی از قسمت‌های انتهایی بوته اندازه‌گیری شدند (Swidzinski *et al.*, 2004).

فعالیت کاتالاز از روی تغییرات غلظت H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر ارزیابی شد. در این روش آنزیم کاتالاز موجود در نمونه با تجزیه پراکسید هیدروژن سبب کاهش جذب این ماده در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌شود. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH= ۷/۵)، ۰/۱میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱ درصد و ۵۰ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی می‌باشد. فعالیت آنزیمی براساس تغییرات جذب در ۶۰ثانیه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین قرائت شد (Maehly & Chance, 1959). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز براساس احیای گلوتاتیون اکسیدشده (GSSG) توسط آنزیم گلوتاتیون ردوکتار با مصرف NADPH انجام شد (Swidzinski *et al.*, 2004). مخلوط واکنش شامل ۱۰۰میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=۷)، ۰/۵ میلی‌مولار گلوتاتیون اکسیدشده (GSSG)، ۵۰ میکرومولار NADPH، ۱/۵ میلی‌مولار $MgCl_2$، ۰/۲ میلی‌مولار Na_2EDTA و عصاره آنزیمی می‌باشد. میزان جذب نوری با اسپکترومتر در طول موج ۳۴۰ نانومتر صورت گرفت. همچنین عملکرد پروتئین از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد خشک علوفه به‌دست آمد. تجزیه مرکب داده‌ها پس از اطمینان از نرمال‌بودن با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

پروتئین خام علوفه (CP)

تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین خام علوفه داشتند (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده، در شرایط انجام آبیاری تکمیلی درصد پروتئین خام علوفه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). تنش کم‌آبی، رشد گیاه زراعی، فتوسنتز برگ و واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با انجام آبیاری تکمیلی شرایط مطلوب رطوبتی گیاه جهت ساخت و تثبیت نیتروژن فراهم می‌شود. به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی در مراحل زایشی دوام بافت‌های سبز گیاه را در طی این مرحله طولانی‌تر می‌سازد، لذا کیفیت فتوسنتزی برگ و انتقال عناصر غذایی با کیفیت مناسبی ادامه می‌یابد (Panday *et al.*, 2018) که همین امر سبب افزایش درصد پروتئین علوفه گیاه می‌شود.

۱- Digestible Dry Matter
۲- Crude Protein
۳- Neutral Detergent Fiber
۴- Acid Detergent Fiber
۵- Water Soluble Carbohydrate
۶- Near Infrared Reflectance Spectroscopy
۷- Inframatic860
۸- Perten

جدول ۲ - تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی عدس علوفه‌ای تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و منابع مختلف کودی

Table 2. The variance analysis of quantitative and qualitative traits of forage lentil under the influence of irrigation regimes and different sources of fertilizer

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	پروتئین خام CP	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF	کربوهیدرات های محلول WSC	خاکستر علوفه Ash	ماده خشک قابل هضم DMD	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b)	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase enzyme	عملکرد علوفه Forage yield	عملکرد پروتئین Protein forage yield
تکرارBlock	2	0.03	1.81	0.48	7.24	0.02	1.09	0.00005	0.001	0.002	0.004	0.13	0.0005	5268.48	208.80
آبیاری تکمیلی Irrigation regimes	1	68.88**	266.96**	371.96**	214.03**	0.90**	161.88**	25.33**	7.27**	59.87**	8**	20.25**	11.49**	343635.04**	41747.22**
کود Fertilizer	7	9.28**	34.81**	56.93**	40.41**	0.76**	21.13**	1.46**	0.44**	3.48**	0.59**	3.30**	2.44**	204342.91**	15385.99**
آبیاری × کود	7	1.68ns	0.54ns	0.75ns	0.92ns	0.03ns	0.34ns	0.63**	0.12**	1.23**	0.32**	0.25**	0.29ns	11428.78*	783.37**
اشتباه آزمایش Error	30	0.73	1.58	7.17	8.32	0.03	0.96	0.005	0.008	0.01	0.004	0.03	0.18	3627.01	181.04
ضریب تغییرات Cv (%)		4.21	4.1	7.13	15.97	2.15	1.54	2.70	5.14	3.84	4.50	3.61	17.75	5.95	6.45

*، ** وns به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کیفی عدس علوفه‌ای در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 3. Mean comparison of qualitative traits of forage lentil under rainfed and supplementary irrigation

رژیم آبیاری Irrigation regimes	پروتئین خام CP (%)	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF (%)	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF (%)	کربوهیدرات‌های محلول WSC (%)	خاکستر علوفه Ash (%)	ماده خشک قابل هضم DMD (%)	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase (enzyme (U mg protein
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	21.54 a	28.29 b	34.75 b	20.17 a	9 a	66.86 a	2.91 a
دیمRainfed	19.14 b	33 a	40.32	15.95 b	8.73 b	63.18 b	1.93 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اثر کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی پروتئین خام علوفه عدس افزایش یافت، به طوری‌که کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود (شاهد)، پروتئین خام علوفه را ۱۷/۳۷ درصد افزایش داد. همچنین تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی، تیمار تلفیقی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی+کود دامی و تیمار تلفیقی کود زیستی+کود دامی تأثیر یکسانی بر میزان پروتئین خام علوفه عدس نشان دادند (جدول ۴). به نظر می‌رسد با تأمین رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در تیمار تلفیقی کودی، زمینه مناسبی برای رشد و جذب عناصر غذایی برای گیاه فراهم شده که همین امر سبب افزایش پروتئین علوفه گیاه عدس گردیده است. از آنجا که کودهای زیستی، دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر می‌باشند، دلیل این امر می‌تواند به باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نسبت داده شود که موجب تثبیت نیتروژن و ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن در گیاه شده است (Bilal *et al*., 2017).

نیتروژن به دلیل این‌که یکی از ساختارهای اصلی اسیدهای آمینه می‌باشد، سبب افزایش درصد پروتئین نیز می شود و به طورکلی نیتروژن موجود در کود دامی و شیمیایی با جذب نیتروژن توسط گیاه، سبب افزایش سطح برگ و نیز افزایش میزان پروتئین خام و کاهش بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه خواهد شد (Ahmad *et al*., 2011). با افزایش سطوح مصرفی کود دامی، سطح برگ‌ها نیز افزایش یافته و در اثر افزایش نسبت برگ به ساقه، میزان پروتئین افزایش و بخش‌های خشبی و لیگنینی در علوفه کاهش می یابند (Tavassoli *et al*., 2010).

الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF)

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر روی الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) علوفه معنی‌دار بود (جدول۲)؛ به‌طوری‌که گیاهان دیم میزان بیشتری الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) را نسبت به شرایط انجام آبیاری تکمیلی نشان دادند (جدول ۳). Daneshnia *et al*, (2016) اظهار داشتند که گیاهان در مواقع بروز تنش‌های محیطی، اقدام به مرگ تنظیم‌شده سلولی می‌نمایند که این روند تغییرات سبب تغییر در ساختار سلولی شده و لذا در این حالت درصد الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) گیاه افزایش می‌یابد. لذا کوتاه‌شدن دوره رشد گیاهان علوفه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی از طریق افزایش دیواره‌های سلولی، افزایش لیگنینی‌شدن اندام‌های مختلف گیاه و افزایش الیاف خام در اجزای گیاهی باعث کاهش کیفیت گیاهان علوفه‌ای می‌شود (Daneshnia *et al*., 2016). به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی این روند را کند کرده و مانع از افزایش چشمگیر میزان افزایش الیاف خام می‌شود. به عبارتی دیگر، می‌توان چنین تصور کرد که افزایش مقدار پروتئین مانع از افزایش میزان فیبر خام در گیاه شده است (Martínez-López *et al*., 2009).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل منابع مختلف کودی نشان داد کمترین میزان الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی حاصل شد. این در حالی بود که بیشترین میزان این صفت‌ها از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). کاهش NDFو ADF علوفه یونجه را به کاهش سلولز در شرایط کاربرد کود زیستی نسبت داده‌اند (Lithourgidis *et al*., 2006). نتیجه تحقیقی نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش میزان ADF نسبت به شاهد بوده است. این بدان معنی است که علوفه تولیدشده توسط باکتری‌های محرک رشد دارای کیفیت بالاتری است (Yolcu *et al*., 2012). احتمالاً کاهش میزان NDF و ADF در گیاه عدس به دلیل افزایش ترکیبات غیرساختاری در بافت گیاهی می‌باشد.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول در آب تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و منابع مختلف کودی قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده در شرایط انجام آبیاری تکمیلی میزان کربوهیدرات محلول در آب علوفه نسبت به شرایط دیم به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۳). محتویات کربوهیدرات‌های محلول در آب می‌تواند تحت تأثیر عملکردهای مدیریتی مانند مقدار مصرف کود نیتروژنه و نحوه بهره‌برداری قرار گیرد. در واقع با تأمین عناصر و آب مورد نیاز گیاه طی فصل رشد، شرایط برای فتوسنتز فراهم و در نهایت میزان کربوهیدرات‌ها افزایش پیدا می‌کند (Sardrood *et al*., 2013).

مقایسه میانگین منابع مختلف کودی نشان داد که کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی منجر به افزایش میزان

کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه عدس شد (جدول ۴). بر این اساس، بیشترین مقدار این صفت از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی با میزان ۲۰/۸۸ درصد به‌دست آمد. اما کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در با میزان ۱۳/۵۵ درصد از تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) حاصل شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که کاربرد منابع مختلف کودی با تأمین عناصر غذایی و شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاه عدس از طریق حفظ مسیر فتوسنتزی گیاه سبب افزایش کربوهیدرات محلول در آب علوفه عدس در تیمار تلفیقی منابع مختلف کودی گردید. به عنوان مثال، با کاربرد منابع مختلف کودی سوبسترای بیشتری برای سنتز قند فراهم می‌شود و مواد فتوسنتزی بیشتری به ساخت کربوهیدرات‌ها اختصاص داده می‌شود (Farahani & Chaichi, 2013) که می‌تواند افزایش کربوهیدرات‌های محلول در علوفه عدس کشت‌شده در تیمار تلفیقی را توجیه کند.

خاکستر علوفه (Ash)

هر دو عامل آبیاری و منابع مختلف کودی بر میزان خاکستر علوفه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل آبیاری نشان داد که میزان خاکستر علوفه در شرایط انجام آبیاری تکمیلی به طور معنی‌دار بیشتر از مقادیر به‌دست‌آمده از این صفت در شرایط دیم بود (جدول ۳). میزان خاکستر علوفه در تیمارهای آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب، ۹ و ۸/۷۳ درصد بود (جدول ۳). مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بیانگر درصد خاکستر می‌باشد و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است (Ullah, 2010).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین منابع مختلف کودی به وضوح نشان داد که کاربرد تلفیقی کودها در مقایسه با شاهد منجر به افزایش معنی‌دار میزان خاکستر علوفه گردید (جدول۴). بیشترین افزایش در این رابطه از تیمار تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی به‌دست آمد که در مقایسه با سایر تیمارها از نظر آماری به طور معنی‌داری بیشتر بود. میزان خاکستر علوفه در این تیمار به ترتیب ۹/۲۸درصد بود. کمترین مقادیر این صفت در تیمار شاهد با مقدار ۸/۴۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). علت افزایش خاکستر علوفه با کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی این است که نیتروژن باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هرچه ریشه گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی، مقدار بیشتری از مواد معدنی را نیز در خود ذخیره می‌کند (Tavassoli *et al*., 2010; Ahmad *et al*., 2011). به این دلیل، استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، اثرات مثبت بر درصد خاکستر کل در عدس داشت. این در حالی است که استفاده آن به صورت تلفیقی اثرات بیشتری بر درصد خاکستر کل نشان داد. افزایش میزان خاکستر در اثر استفاده از کودهای آلی می‌تواند به دلیل آزادشدن تدریجی عناصر غذایی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه در اثر کاربرد کود دامی و زیستی باشد.

ماده خشک قابل‌هضم (DMD)

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر روی ماده خشک قابل‌هضم معنی‌دار بود (جدول ۲). ماده خشک قابل‌هضم حاصل از آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۶۶/۸۶ و ۶۳/۱۸ درصد بود (جدول ۳)، به‌طوری که ماده خشک قابل‌هضم، اغلب نماینده انرژی قابل‌هضم بوده و ارتباط مستقیمی با میزان انرژی و دیگر عناصر غذایی قابل دریافت توسط دام دارد. علاوه بر این، قابلیت هضم علوفه مهم‌ترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر است. Bilal (2017)، پایین‌بودن مواد غذایی قابل‌هضم را در گیاهی که دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز آن بالا بود را گزارش کرده است که این نتیجه قابل تعمیم به نتیجه آزمایش حاضر از جهت پایین‌بودن قابلیت هضم و بالابودن دیواره سلولی عاری از همی سلولز عدس در تیمار کنترل (شرایط دیم و بدون کاربرد منابع مختلف کودی) است، به‌طوری‌که انجام آبیاری تکمیلی از طریق افزایش رشد و نمو گیاه سبب افزایش نسبت برگ به ساقه شده است که همین امر سبب افزایش قابلیت هضم علوفه عدس در شرایط انجام آبیاری تکمیلی گردیده است.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عامل منابع مختلف کودی نشان داد بیشترین ماده خشک قابل‌هضم با میزان ۶۸/۲۷ درصد از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی حاصل شد. این در حالی بود که کمترین میزان این صفت‌ها از تیمار شاهد با میزان ۶۲/۵۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج این تحقیق نشان داد که به‌کارگیری تیمارهای کود شیمیایی و زیستی اثرات مثبت بر ماده خشک قابل‌هضم علوفه عدس داشت. این در حالی است که استفاده آن به‌صورت تلفیقی اثرات به‌مراتب بیشتری بر ماده خشک قابل‌هضم

علوفه نشان داد (جدول ۴). دلیل آن را می‌توان به کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه موجود در کود زیستی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در کود دامی که سبب بهبود رشد گیاه شده است نسبت داد که همین امر سبب افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک علوفه عدس گردیده است. با توجه به همبستگی منفی DDM با NDF و ADF علوفه (Li *et al*., 2010) و کاهش معنی‌دار NDF و ADF در شرایط تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی، افزایش DDM قابل توجیه است. گزارش شده است که استفاده از میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌هایی محرک رشد، سبب افزایش قابلیت هضم علوفه و به تبع آن بهبود کیفیت علوفه را می‌گردد که این مسئله، به‌واسطه افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر علوفه می‌باشد (Agazadeh *et al*., 2018). پژوهشگران با بررسی تأثیر کودهای آلی بر سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) بیان داشتند که مصرف کودهای آلی، بهبود قابلیت هضم ماده خشک را به دنبال داشت (Pholsen & Suksri, 2004)، به‌طوری‌که در مرحله رشد رویشی به دلیل دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی در تیمار تلفیقی منابع مختلف کودی به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب است، سبب افزایش ماده خشک قابل‌هضم علوفه شده است.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت اثر متقابل تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیلb ، کلروفیل کل و کارتنوئید، به‌ترتیب با ۴/۶۰، ۲/۷۳، و ۷/۳۴ و ۲/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، تحت تأثیر کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در گیاهان آبیاری‌شده به‌دست آمد. در حالی که کمترین میزان کلروفیل a، کلروفیلb ، کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب با ۱/۷۳، ۱/۱۵، ۲/۸۸ و ۰/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، از تیمار بدون کاربرد کود (شاهد) در زراعت دیم به‌دست آمد (جدول ۵). به نظر می رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (Swidzinski *et al*., 2004). کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تشدید فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، تولید ترکیبات فنلی، افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن و آسیب‌رساندن به غشاء کلروپلاست و اختلال در جذب نیتروژن از خاک به عنوان مهم‌ترین عوامل کاهنده غلظت کلروفیل در تنش‌های کم‌آبی شناخته شده‌اند (Hasanzadeh & Gorttapeh, 2006). مصرف کودهای شیمیایی و دامی با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها شده که به‌دنبال آن، سبزینه‌گی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Rahimi *et al*., 2019). منابع زیستی مانند کود آلی در مخلوط با کود شیمیایی نیز می‌توانند به حاصلخیزی خاک و تولید محصول منجر شوند، زیرا این نظام اکثر نیازهای غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و بازده جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می‌دهد. در تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که کاربرد کود آلی و زیستی با جلوگیری از آبشویی نیتروژن و تأمین بیشتر آن تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین افزایش دسترسی و جذب کارآتر عناصر غذایی، منجر به افزایش سنتز و غلظت کلروفیل برگ شده‌اند (Ullah, 2010).

فعالیت آنزیم کاتالاز

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۶/۰۳ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی در گیاهان آبیاری به‌دست آمد، به طوری که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان دیم نسبت به گیاهان آبیاری‌شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد منابع مختلف کودی در مقایسه با شاهد، تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر یک از شرایط آبیاری نشان داد. کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۲/۱۲ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار عدم مصرف کود تحت شرایط دیم مشاهده شد (جدول ۵). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز به عنوان یک پاسخ کلی به تنش آبی به عنوان نتیجه‌ای از مهار سنتز آنزیم و غیرفعال‌شدن نوری آنزیم بوده و یا ممکن است با تخریب ناشی از پروتئازهای پراکسی‌زومی القاءشده مرتبط باشد (Liu *et al*., 2008).

در شرایط تنش، افزایش متوسط فعالیت کاتالاز برگ تحت مصرف منابع مختلف کودی نشان می‌دهد که کاربرد تلفیق منابع مختلف کودی قادر به افزایش فعالیت این آنزیم برای مقابله با خسارت اکسیداتیو ناشی از کمبود آب است. لذا کاربرد منابع مختلف کودی قادر به تنظیم واکنش‌های اکسیداتیو و دفاع آنتی اکسیدانتی می‌باشد (Jasim *et al*., 2018).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر منابع مختلف کودی بر صفات کیفی عدس علوفه‌ای

Table 4. Mean comparison of qualitative traits of forage lentil under the influence of sources fertilizer sources

منابع مختلف کودی Different sources of fertilizer	پروتئین خام CP (%)	الیاف نامحلول شوینده اسیدی ADF (%)	الیاف نامحلول شوینده خنثی NDF (%)	کربوهیدرات‌های محلول WSC (%)	خاکستر علوفه Ash (%)	ماده خشک قابل هضم DMD (%)	آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase (enzyme (U mg protein
شاهد Control	18.92 d	33.87 a	40.83 a	13.55 c	8.42 c	62.51 d	1.32 e
۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% Chemical fertilizer	19.88 bcd	31.63 b	39.36 ab	16.23 bc	9 b	64.25 c	1.84 d
کود زیستی Biofertilizer	19.79 bcd	32.61 ab	39.93 a	17.56 ab	8.47 c	63.49 cd	2.44 bc
کود دامی Manure	19.25 cd	31.51 b	39 ab	16.25 bc	8.45 c	64.35 c	2.02 cd
۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer	20.90 b	28.31 c	34.97 c	20.59 a	9.23 ab	66.84 b	3.03 a
۱۰۰٪ کود شیمیایی + کود دامی 100% Chemical fertilizer +Manur	20.24 bc	29.47 c	36.09 bc	19.44 ab	9.06 ab	65.94 b	2.70 ab
کود زیستی + کود دامی Biofertilizer + Manure	20.82 b	31.30 b	38.49 ab	19.98 ab	9.01 b	64.51 c	2.84 ab
۵۰٪ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur	22.90 a	26.48 d	31.63 d	20.88 a	9.28 a	68.27 a	3.14 a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گیاه عدس علوفه‌ای تحت تأثیر اثر متقابل شرایط آبیاری و منابع مختلف کودی

Table 5. Mean comparison of quantitative and qualitative traits of forage lentil under the interaction of irrigation conditions and different fertilizer sources

رژیم آبیاری Irrigation regimes	منابع مختلف کودی Different sources of fertilizer	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/g FW)	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity (µmol/g FW)	عملکرد علوفه Forage yield (Kg/ha)	عملکرد پروتئین Protein forage yield (Kg/ha)
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	شاهد Control	2.52 f	1.65 de	4.17 g	1.17 d	3.09 fg	769.02 jk	254.28g
	۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% Chemical fertilizer	2.58 f	1.77 cd	4.35 g	1.20 d	4.15 d	939.92 fgh	200.54ef
	کود زیستی Biofertilizer	3.38 d	2.25 b	5.64 e	1.98 c	4.16 d	1038 def	223.38de
	کود دامی Manure	3.00 e	1.86 c	4.86 f	1.21 d	4.15 d	954.78 fgh	191.67 f
	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer	4.36 b	2.70 a	7.06 b	2.32 b	5.20 b	1329.50 b	300.68 b
	۱۰۰٪ کود شیمیایی + کود دامی 100% Chemical fertilizer+Manur	3.71 c	2.28 b	6.09 d	2.02 c	4.29 d	1072.42 de	230.61 d
	کود زیستی + کود دامی Biofertilizer + Manure	4.26 b	2.38 b	6.55 c	2.23 b	4.91 c	1198.73 c	265.37 c
	۵۰٪ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur	4.60 a	2.73 a	7.34 a	2.45 a	6.03 a	1460.52 a	336.38 a
دیم Rainfed	شاهد Control	1.73 k	1.15 i	2.88 l	0.85 g	2.12 i	695.96 k	124.23 h
	۱۰۰٪ کود شیمیایی 100% Chemical fertilizer	1.88 j	1.31 h	3.19 k	0.95 fg	2.71 h	796.27 ijk	146.70 g
	کود زیستی Biofertilizer	2.13 i	1.44 fgh	3.58 j	0.98 f	3 fgh	850.75 hij	159.71 g
	کود دامی Manure	2.12 i	1.37 gh	3.50 j	0.97 f	2.85 gh	886.67 ghi	156.49 g
	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer	2.27 gh	1.56 ef	3.83 hi	1.13 de	3.80 e	1042.70 def	199.89 ef
	۱۰۰٪ کود شیمیایی + کود دامی 100% Chemical fertilizer+Manur	2.14 hi	1.45 fgh	3.64 ij	1.02 ef	3.30 f	967.16 efg	183.58 f
	کود زیستی + کود دامی Biofertilizer + Manure	2.19 ghi	1.52 efg	3.66 ij	1.03 ef	3.78 e	1022.88 ef	199.23ef
	۵۰٪ کود شیمیایی +کود زیستی + کود دامی 50% Chemical fertilizer + Biofertilizer + Manur	2.31 g	1.58 ef	3.89 h	1.13 de	3.84 e	1146.72 cd	261.21 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters have no significant difference according to Duncan's multiple range test (P≤0.05).

فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز

تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز داشتند (جدول ۲)، به‌طوری که مقایسه میانگین داده‌های به‌دست‌آمده، به وضوح نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی بیشترین تأثیر را در افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز نشان داد (جدول ۳). تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه در معرض تنش‌های اکسایشی قرار می‌گیرد، سلول‌های گیاهی با افزایش توانایی سیستم دفاعی ضداکسایشی تلاش می‌کنند تا با تنش اکسایشی مقابله کنند. اما زمانی‌که پاسخ سلول به تنش کافی نباشد، سلول و در نتیجه گیاه به سمت مرگ برنامه‌ریزی‌شده هدایت می‌شود (Swidzinski *et al*., 2004).

بیشترین (۳/۱۴ میلی‌گرم پروتئین) و کمترین (۱/۳۲ میلی‌گرم پروتئین) میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز، به ترتیب در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی و تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش فعالیت آنزیمی در اثر مصرف منابع مختلف کود نشان داد که کاربرد تلفیقی کودها خسارت تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کمبود آب را کاهش می‌دهند. گزارش شده است که کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی به گیاهان کمک می‌کند تا با تنش کم‌آبی مقابله کنند و احتمالاً با حفظ فرایندهای فتوسنتزی در اثر افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانتی، روبرو می‌شوند (Jasim *et al*., 2018).

عملکرد علوفه

اثر متقابل تیمارهای آزمایشی (آبیاری و منابع مختلف کودی) بر عملکرد علوفه عدس معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد علوفه عدس ۱۴۶۰/۵۲ کیلوگرم درهکتار در شرایط انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی ۵۰درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی مشاهده گردید. اما کمترین میزان آن ۶۹۵/۹۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط دیم و بدون کاربرد کود (شاهد) به‌دست آمد. کاربرد تلفیقی منابع مختلف کودی در مقایسه با کاربرد مجزای آن‌ها تأثیر بیشتری بر عملکرد علوفه عدس داشتند (جدول ۵). Amirnia *et al*, (2019) علت افزایش علوفه عدس با اعمال آبیاری تکمیلی را به افزایش تعداد و ارتفاع ساقه و رشد رویشی مربوط دانستند و کاهش میزان علوفه در شرایط تنش کم‌آبی را به کاهش فتوسنتز در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها نسبت دادند. افزایش تنش خشکی طی دوره رشد موجب کاهش فتوسنتز حقیقی و افزایش تنفس گیاه می‌شود که به تنهایی یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز ظاهری و در نتیجه تجمع ماده خشک در علوفه را کاهش دهند. بنابراین کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و از طریق افزایش پیری برگ‌ها شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (Ullah, 2010). افزایش تنش علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ، سبب کاهش فشار تورژسانس در سلول‌ها می‌شود که این امر از طریق باقی‌ماندن آب کمتر درون سلول، از حجم سلول می‌کاهد که در نهایت، کاهش وزن سلول و کاهش عملکرد علوفه را به‌دنبال دارد (Mutumba *et al*., 2018). گزارش شده است که کاربرد منابع مختلف کودی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر دارد، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، عملکرد علوفه عدس افزایش می‌یابد (Amirnia *et al*., 2019). در سیستم تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی، وجود مقداری کود شیمیایی در ابتدای دوره رشد گیاه، کمبود عناصر غذایی محیط ریشه را جبران نموده و حتی ممکن است باعث بهبود تجزیه میکروبی کود آلی شود. به عبارت دیگر، در سیستم تلفیقی نقش کود شیمیایی جبران کردن اثر نیتروژن‌ربایی باکتری‌ها در اوایل دوره رشد و در نتیجه تجزیه میکروبی سریع و فراهم‌شدن عناصر غذایی قابل دسترس است. محققان بیان کردند که کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی مزایای زیادی، نه فقط به خاطر افزایش جذب غذایی به‌وسیله گیاه، بلکه به خاطر افزایش عملکرد بیولوییکی داشت (Seyed Sharifi., 2014). همچنین، افزایش فعالیت میکروبی، آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک، اصلاح خواص فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه تهویه بهتر آن می‌تواند از دلایل دیگر افزایش عملکرد در روش‌های تغذیه تلفیقی باشد (Hasanzadeh Gorttapeh & Zahedmanesh, 2006).

عملکرد پروتئین خام علوفه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمارهای آبیاری و منابع مختلف کودی بر عملکرد پروتئین علوفه معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد پروتئین علوفه (۳۳۶/۳۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط انجام آبیاری تکمیلی در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی به‌دست آمد، در حالی که کمترین میزان آن (۱۲۴/۲۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط دیم و بدون کاربرد

کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی از طریق تأثیر مثبت بر روی عملکرد علوفه و میزان پروتئین، موجب افزایش عملکرد پروتئین شده است. به نظر می‌رسد تأثیر تشدیدکننده‌ای که مصرف توأم کود دامی و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر روی بیوماس گیاهی و نیز میزان پروتئین اعمال نموده است، می‌تواند منجر به یک اثر تقویت کنندگی بر ویژگی عملکرد پروتئین گردد. نشان داده شده است که انجام آبیاری تکمیلی موجب افزایش عملکرد علوفه عدس می‌شود و بدیهی است افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه منجر به افزایش عملکرد پروتئین نیز خواهد شد (Amirnia *et al.*, 2019). با توجه به این نتایج، می‌توان استنباط نمود که در حضور کودهای دامی و زیستی، جذب نیتروژن از کود شیمیایی افزایش می‌یابد و همچنین کاربرد توأم کودها سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند و کودهای شیمیایی نیز موجب تأمین عناصر نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه مخصوصاً در اوایل دوره رشد گیاه که کودهای آلی در حال تجزیه هستند، گردیده و در نتیجه شرایط مناسب‌تری برای رشد و تولید گیاه فراهم می‌شود و نهایتاً عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. لذا دلیل این افزایش عملکرد پروتئین علوفه، بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و گیاه توانسته نیازهای غذایی خود را تأمین کند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اعمال تلفیقی تیمار ۵۰درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد علوفه و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس در شرایط انجام آبیاری تکمیلی داشت. از طرف دیگر، رنگیزه‌های فتوسنتزی در نتیجه کاربرد ۵۰ درصد شیمیایی+کود زیستی+کود دامی بیشترین مقادیر را نشان داد، به‌طوری‌که انجام آبیاری تکمیلی موجب بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیمی توسط گیاه شد.

از نتایج به‌دست‌آمده چنین استنباط می‌شود که اعمال سیستم تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به عنوان یک راهکار مؤثر در جهت اصلاح حاصلخیزی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی، باعث بهبود بسیاری از خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس می‌شود. بنابراین، با توجه به نتایج حاصله مشخص شد که جهت افزایش تولید در واحد سطح، وجود آب کافی در مراحل بحرانی رشد ضروری به نظر می‌رسد، حال آن که با مدیریت درست و استفاده تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی علاوه بر استفاده بهینه از آب و همچنین کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی که تأثیرات منفی زیادی بر سلامت بوم نظام‌های زراعی دارند، می‌توان به عملکرد اقتصادی بهتری با عملکردهای به‌دست‌آمده از مصرف کودهای شیمیایی دست یافت.

منابع

1. Abdel-Sabor, M.F., and El-Seoud, M.A.A. 1996. Effects of organic waste compost addition on sesams growth yield and chemical composition. Agriculture, Ecosystems and Environment 6(2-3): 157-164.
2. Aboutalebi, M.H., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and Fayaz Moghadam, A. 2020. Evaluation the effect of drought stress on agrophydiological traits of corn (*Zea mays* L.) cultivars in Khoy condition. Journal of Crop Ecophysiology 14(1): 85-100. (In Persian).
3. Agazadeh, N., Hassanzadeh Ghorttapeh A., and Sharafi, S. 2018. The effect of soil amendments on the grain yield andgrain nutrient uptake of Salsola plant in the bed of Urmia Lake. Journal of Applied Ecology 7(1): 55-67. (In Persian).
4. Ahmad, A.H., Wahid, A., Khalidg, F., Fiaz, N., and Zamir, M.S.I. 2011. Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.). Cercetari Agronomice in Moldova 44(3): 39-49.
5. Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soil and Crop Nutrition. Second Edition, Published by International Zinc Association and International Fertilizer Industry Association, Brussels, Belgium and Paris, France. 136p.
6. Amirnia, R., Ghiyasi, M., Moghaddam, S.S., Rahimi, A., Damalas, C.A., and Heydarzadeh, S. 2019. Nitrogen-fixing soil bacteria plus mycorrhizal fungi improve seed yield and quality traits of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19(3): 1-11.
7. Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., and Nadeem, M.A. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 16: 236-241.

8. Daneshnia, F., Amini, A., and Chaichi, M.R. 2016. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. Agricultural Water Management 164: 331-339.
9. Farahani, S.M., and Chaichi, M.R. 2013. Whole forage barley crop quality as affected by different deficit irrigation and fertilizing systems. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44(20): 2961-2973.
10. Hamzei, J., and Sadeghi Meabadi, F. 2014. The effect of irrigation intervals and arbuscular mycorrhizal fungi on chlorophyll index, yield and yield components of grain sorghum. Journal of Crop Production and Processing 12(4): 211-220. (In Persian).
11. Hasanzadeh Gorttapeh, A., and Zahedmanesh, M. 2006. Effects of fertilizers systems on quality and quantity of oil from different sunflower cultivars. Journal of Environmental Protection and Ecology 7(4): 891-895.
12. Jalilian, J., and Heydarzadeh, S. 2017. Assessment of changes in grain yield, its components and weed suppression capabilities of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in rainfed and supplementary irrigation conditions. Rainfed Agriculture 6(1): 67-85. (In Persian).
13. Jasim, A.H., Merhij, E.I., Atab, H.A., and Abdalwahed, S.H. 2018. Effect of chemical and organic fertilizers and interactions with high potash and silicon spraying on *Vicia faba* L. antioxidants in salinity soil. Indian Journal of Ecology 45(4): 802-805.
14. Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C.F., Xu, X., Melchinger, A.E., and Chen, S. 2010. Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. Field Crops Research 118(3): 208-214.
15. Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Reserch 99: 106-113.
16. Liu, J., Xie, X., Du, J., Sun, J., and Bai, X. 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. Horticultural Science 115:190-195.
17. Maehly, A.C., and Chance, B. 1959. The assay of catalase and peroxidase. In: D. Glick (Ed). Methods of Biochemical Analysis. Interscience Publishers, New York, 357-425 pp.
18. Martínez-López, J.R., Vázquez-Alvarado, R.E., Gutiérrez-Ornelas, E., Del Río, M.A.P., López Cervantes, R., Olivares-Sáenz, E., Vidales-Contreras, J.A., and Valdez-Cepeda, R.D. 2009. Mycorrhiza effect on nutritional quality andbiomass production of Agave (*Agave americana* L.) and Cactus pear (*Opuntia lindheimeri* Engelm.). Journal of the Professional Association for Cactus Development 11: 69-77.
19. Mohammadi, Kh., and Sohrabi, Y. 2012. Bacteral biofertilizer for sustainable crop production: A review. Journal of Agricultural and Biological Science 5 (7): 307-316.
20. Mutumba, F.A., Zagal, E., Gerding, M., Castillo-Rosales, D., Paulino, L., and Schoebitz, M. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria for improved water stress tolerance in wheat genotypes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 5: 76-88.
21. Nasri, R., Heydari Moghaddam, A., Sayyadat, S., Paknejad, F., and Sadiqi Shoa, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian).
22. Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 80: 57-73.
23. Panday, S.C., Choudhary, M., Singh, S., Meena, V.S., Mahanta, D., Yadav, R.P., Pattanayak, A., and Bisht, J.K. 2018. Increasing farmer's income and water use efficiency as affected by long-term fertilization under a rainfed and supplementary irrigation in a soybean-wheat cropping system of Indian mid-Himalaya. Field Crops Research 219: 214-221.
24. Pholsen, S., and Suksri, A. 2004. Effect of organic amendment and chemical fertilizer on growth, yield and fodder quality of a forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pakistan Journal of Biological Sciences 7(4): 651-657.
25. Rahimi, A., Moghaddam, S.S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, S., Ghazizadeh, K., and Popović-Djordjević, J. 2019. The influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian Cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.). Agriculture 9(6): 122-137.

26. Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil 34: 131-134
27. Sardrood, S.N.E., Raei, Y., Pirouz, A.B., and Shokati, B. 2013. Effect of chemical fertilizers and bio-fertilizers application on some morpho-physiological characteristics of forage sorghum. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(2): 223-231.
28. Seyed Sharifi, R., Hasani, S., and Sedghi, M. 2014. Study of effects of integrated biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and related traits to grain growth of barley (*Hordeum vulgaris* L.). Rainfed Agriculture 2(1): 61-95. (In Persian).
29. Suryapani, S., Umar, S., Malik, A., and Ahmad, A. 2013. Symbiotic nitrogen fixation by lentil improves biochemical characteristics and yield of intercropped wheat under low fertilizer input. Journal of Crop Improvement 27(1): 53-66.
30. Swidzinski, J.A., Leaver, C.J., and Sweetlove, L.J. 2004. A proteomic analysis of plant programmed cell death. Photochem 65: 1829-1838.
31. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Amiri, E., and Paygozar, Y. 2010. Effect of municipal wastewater with manure and fertilizer on yield and quality characteristics of forage in corn. African Journal of Biotechnology 9(17): 2515-2520.
32. Ullah, M.A. 2010. Forage Production in Panicum Grass-legumes Intercropping by Combining Geometrical Configuration, Inoculation and Fertilizer under Rainfed Conditions. Kassel University Press GmbH, 57-62 pp.
33. Wani, S.A., Chand, S., Wani, M.A., Ramzan, M., and Hakeem, K.R. 2016. *Azotobacter chroococcum*–a potential biofertilizer in agriculture: an overview. In: Soil Science*:* Agricultural and Environmental Prospectives. Springer, Cham. 333-348 pp.
34. Yolcu, H., Gunes, A., Gullap, M.K., and Cakmakci, R. 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. Turkish Journal of Field Crops 17(2): 208-214.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 183-198 (Original Research Article)

Investigating the effect of organic, biological and chemical fertilizers on the physiological and forage qualitative characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rainfed conditions and supplementary irrigation

Heydarzadeh[1], Saeid; Hasanzadeh Gorttapeh[2]*, Abdollah; and Rahimi[3], Amir

1. PhD. Student, Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia; st_s.heydarzadeh@yahoo.com
2. Assistant Professor of Horticulture Crop Science Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO) ,Urmia, Iran
3. Assistant Professor of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia; rahimi@urmia.ac.ir

Received: 31 October 2020; **Revised:** 6 May 2021
Accepted: 1 June 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89439

How to cite this article:
Heydarzadeh, S., Hassanzadeh Gortapeh, A., and Rahimi, A. 2021. Investigating the effect of organic, biological and chemical fertilizers on the physiological and forage qualitative characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rainfed conditions and supplementary irrigation. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 183-198.

Introduction

Lentil is a plant that often grows in marginal lands and in less fertile soils. Lentil with high protein content play an important role in feeding livestock in these areas. A great part of the land in Iran is classified within the arid and semi-arid zone where water scarcity is the main limiting factor for crop production. So, increasing water productivity with respect to crop yield per unit area is the best approach for rain-fed farming systems. Drought stress that occurs during the reproductive growth period, adversely affects the yield and yield components. Supplemental irrigation can be an efficient technique to cope with the limited water availability and to stabilize the crop yields. Organic matter enhances soil quality by improving soil structure, nutrient storage, and biological activity. The use of biofertilizers reduces the use of chemical fertilizers and in addition to providing nutrients in a way that is fully compatible with the natural nutrition of plants, helps to preserve the environment, fertility of agricultural lands and more and better yield of plants. On the other hand, growth-promoting bacteria that can make a symbiosis with the roots of most crops not only affect the biological fixation of nitrogen, but also increase cell division in plants, change root morphology, increase the number of root hairs, and enhance nutrient uptake. The combination of these fertilizers makes it possible for the fertilizer to provide the plant with absorbable nutrients in the initial period of growth, and in the later periods of growth, and ideal conditions are provided for plant growth and while reducing production costs, it also increases the quantitative and qualitative yield of plants.

Materials and Methods

This factorial experiment was done as a complete randomized block design with three replications at Urmia University in 2017. Experimental treatments included once supplemental irrigation and dry farming as

*** Corresponding Author:** a.g.hassanzadeh@gmail.com

the first factor and application of different fertilizer resources including: chemical fertilizer (100%), biofertilizers (phosphate Barow-2 and Azotobacter) (100%), cow manure (100%), combined treatment: chemical+biofertilizer 50%, chemical+cow manure 50%, biofertilizer,+ cow manure 50%, biofertilizer+chemical+cow manure 50% and control at three replications were the second factor. Lentil plants were harvested on the 25-27th of June years. At harvest, random samples of plot for each experimental plants. The analysis of variance data was performed using GLM procedure (SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The effects of irrigation regimes, the application of different fertilizer resources and interactions of these two factors were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and means were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P\leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that additional irrigation increased the percentage of protein, forage ash, water-soluble carbohydrates, digestible dry matter, and the activity of the enzyme glutathione reductase. But the highest amount of insoluble fiber in neutral and acid detergents was obtained in rainfed conditions. Also, the highest percentage of protein, forage ash, water-soluble carbohydrates, digestible dry matter and the activity of glutathione reductase enzyme were observed in the combined treatment of 50% chemical+biofertilizer+animal manure. While the use of different fertilizer sources compared to control had a significant effect on increasing the content of photosynthetic pigments and the activity of catalase enzyme in each of the irrigation conditions. Maximum forage yield (1460.52 kg/ha) and forage protein yield (336.38 kg/ha) were obtained in 50% chemical fertilizer+biofertilizer+animal manure treatment under additional irrigation conditions. Supplemental irrigation at flowering and pod filling period of Lentil enhanced the biological yield by positively influencing the development of auxiliary branches and plant height. The combined application of different fertilizer resources may improve nutrients uptake rate of the plants, thereby enhancing growth and development and leaf chlorophyll content followed by the increased level of photosynthesis and assimilation. The final result is the improvement of plant forage yield.

Conclusion

Application of different fertilizer resources could improve the uptake of forage yield in Lentil under supplementary irrigation. Therefore, according to the findings of this research, the combined use of different fertilizer resources to increase yield and maintain long-term production under rainfed conditions can be desirable for sustainable agriculture.

Keywords: *Aztobacter*؛ Biofertilizer؛ Integrated system؛ Sustainable Agriculture

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰
صفحۀ ۲۱۳-۱۹۹، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 199-213
Original Researc; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89194

استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی در گیاه نخود با تأکید بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک

راهله احمدپور[1*]، اعظم سلیمی[2]، هانیه زیدی[3] و نظام آرمند[4]

۱- عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان
۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه دانشگاه خوارزمی تهران؛ salimi@yahoo.com
۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته زیست‌شناسی، گرایش فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه خوارزمی تهران، zeydi_tmu@yahoo.com
۴- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان؛ armand@bkatu.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۵، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
احمدپور، ر.، سلیمی، ا.، زیدی، ه.، و آرمند، ن. ۱۴۰۰. استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی در گیاه نخود با تأکید بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۲۱۳-۱۹۹.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم بر شاخص‌های مورفو-فیزیولوژیک گیاه نخود (رقم عادل) تحت تنش کمبود آب به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (صفر، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی) و سه سطح تنش کم‌آبی شامل بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری در سطح ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بود. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش سطوح ۲/۵ و ۳/۵درصد حجمی عصاره به صورت معنی‌داری شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در شرایط تنش ملایم، کاربرد سطح ۲/۵ درصد عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی (۳۳٪+)، تعداد غلاف (۲۲٪+)، وزن خشک اندام هوایی (۱۹٪+)، طول ریشه (۱۲٪+)، محتوای آب نسبی (۷٪+)، محتوای کلروفیل a (۱۲٪+)، b (۱۰/۵٪+) و کلروفیل کل (۱۱٪+) در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش شدید، محلول‌پاشی ۲/۵ درصد حجمی توانست تعداد شاخه جانبی (۳۰٪+)، تعداد غلاف در بوته (۲۷٪+)، محتوای آب نسبی (۶٪+) و محتوای کلروفیل b (۱۰٪+) را در مقایسه با سطح شاهد بهبود دهد. با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم در تمامی سطوح مورد بررسی در شرایط بدون تنش برای گیاه نخود پیشنهاد می‌گردد، اما در شرایط تنش ملایم و شدید سطح ۲/۵ درصد حجمی برای بهبود خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی؛ فتوسنتز خالص؛ محتوای آب نسبی؛ محتوای کلروفیل

مقدمه

نخود (*Cicer arientinum* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات در جهان به شمار می‌آید و اهمیت آن به دلیل داشتن پروتئین بالا (حدود ۲۳/۵ تا ۲۸/۹ درصد) در دانه می‌باشد (Ganjeali *et al.*, 2011). در ایران این گیاه عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک تولید می‌شود و معمولاً در طی مرحله گلدهی و رسیدگی با افزایش تنش کمبود آب مواجه می‌شود (Rahbarian *et al.*, 2011). در چنین مناطقی کمبود رطوبت در خاک مهم‌ترین عامل موثر در جهت کاهش خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و در نهایت عملکرد و

* **نویسنده مسئول:** ahmadpour@bkatu.ac.ir

اجزای عملکرد در حبوبات است (Rahbarian *et al*., 2011; Rasti Sani *et al*., 2014; Amiri *et al*., 2017). تنش کمبود آب موجب پیری زودرس، ریزش برگ‌ها، تغییر زاویه برگ‌ها و لوله‌ای‌شدن برگ، کاهش ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته می‌شود. علاوه بر آن تنش رطوبتی بر خصوصیات فیزیولوژیک مانند محتوای کلروفیل، فتوسنتز خالص، محتوای آب نسبی و پایداری غشاء سلول تأثیر منفی داشته و به طور معنی‌داری این خصوصیات را کاهش می‌دهد (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در این زمینه محققان گزارش کردند که کمبود آب از مهم‌ترین عوامل کاهش خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکردی در حبوبات نظیر نخود، عدس و لوبیا محسوب می شود (Ganjeali *et al*., 2011; Ahmadpour *et al*., 2016; Armand *et al*., 2015). بنابراین، اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات منفی ناشی از تنش را در گیاه نخود کاهش دهد و منجر به افزایش محصول شود، بسیار اهمیت دارد.

کاربرد کودهای بیولوژیک نظیر عصاره جلبک دریایی ضمن افزایش رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی و باغی، به ارتقای کیفیت آن‌ها نیز کمک می‌کند (Halmer, 2000). در این روش، از عوامل زنده و بیولوژیک نظیر عصاره‌های مختلف جلبکی به عنوان تیمار استفاده شده و بیشتر مطالعات در این زمینه گزارش کردند که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌های دریایی موجب افزایش صفات مورفولوژیک و عملکردی، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی، بهبود جوانه‌زنی بذر و افزایش ماندگاری محصولات بعد از برداشت می‌شود (Halmer, 2000; Zhang & Ervin, 2004; El-Gawad & Osman, 2014). جلبک *Ascophyllum nodosum* در بخش ساقه دارای ساختارهای تخم‌مرغی‌شکل (ویزیکول) متعددی است که این بخش‌ها غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Jannin *et al*., 2013). عصاره جلبک آسکوفیلوم با داشتن هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین، عناصر غذایی مغذی و پرکاربرد نظیر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، عناصر غذایی کم‌کاربرد نظیر آهن، روی، مس، منگنز و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تأثیر مثبت و معنی-داری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکردی گیاهان دارد (Zhang & Ervin, 2008; Kumar & Sahoo, 2011; Ahmadpour *et al*., 2019). مطالعات در زمینه استفاده از عصاره جلبکی نشان می‌دهد که کاربرد این عصاره موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و عملکردی گیاه گندم شد (Kumar & Sahoo, 2011). در مطالعه دیگر گزارش شده است که تلقیح جلبک‌ها در محیط‌های غذایی کشت گیاهان منجر به افزایش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه می‌شود (Caffagni, 2015). در بررسی فرآیندهای ریشه‌زایی و رشد ریشه در برخی گیاهان زراعی نظیر نخود و لوبیا مشاهده شد که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب تأخیر در فرایندهای پیری و افزایش معنی‌دار ریشه‌زایی و رشد ریشه شد (Craigie, 2011; Ahmadpour *et al*., 2019).

امروزه، مصرف مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی، مشکلات زیست‌محیطی متعددی از جمله آلودگی منابع آب، اُفت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها را به‌وجود آورده است. برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره حاصل از جلبک دریایی از تخریب محیط زیست جلوگیری نموده و علاوه بر غیرسمی‌بودن، آلودگی ویژه‌ای برای انسان، حیوان و پرندگان ندارد. در کشاورزی ارگانیک که هدف آن تولید محصولات عاری از مواد شیمیایی است، کاربرد عصاره جلبکی یکی از بهترین تیمارها محسوب می‌شود.

با توجه به این‌که تنش رطوبتی نقش اصلی در کاهش خصوصیات مورفوفیزیولوژیک نخود دارد، هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثرات ساده و متقابل محلول‌پاشی برگی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در شرایط تنش کمبود آب است که مشخص شود آیا عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم می‌تواند در بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش نقش داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل‌شده (اتاقک رشد) انجام شد. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به عنوان اولین عامل مورد بررسی در نظر گرفته شد که شامل چهار سطح صفر، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی بود. عصاره جلبک دریایی (BIOALGAX) از شرکت همیار دشت آبرون تهیه شد. خصوصیات عصاره جلبک دریایی مورد استفاده در جدول ۱ نوشته شده است. با توجه به این‌که عصاره جلبک دریایی به صورت مایع بود، اعمال تیمارها به صورت محلول‌پاشی و با فاصله ۱۰ روز و در طی فصل رویشی گیاه انجام شد. اولین محلول‌پاشی در مرحله گیاهچه‌ای (سه هفته

پس از کاشت) و محلول‌پاشی‌های دیگر به ترتیب در اوایل گلدهی و اوایل غلافدهی انجام شد.

دومین عامل مورد بررسی سطوح تنش کم‌آبی بود که عبارت بودند از ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت گلدان که به ترتیب به عنوان تنش شدید، ملایم و بدون تنش در نظر گرفته شدند. با توجه به این‌که درصد رطوبت وزنی خاک در اغلب مناطقی که نخود به صورت دیم کشت می شود، معادل است با ظرفیت گلدانی در حدود ۲۵ درصد (Rahbarian *et al.*, 2011; Hosseinzadeh *et al*., 2011)، بنابراین این سطح تنش به عنوان تنش شدید و سطح ۵۰ درصد ظرفیت گلدانی به عنوان تنش ملایم انتخاب شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (برگرفته از شرکت همیار دشت آبرون)
Table 1. Some properties of seaweed extract *Ascophyllum nodosu*

نمونه Sampele	هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	فولویک اسید FA (درصد) (%)	فسفر P (درصد) (%)	کلسیم Ca (درصد) (%)	پتاسیم K (درصد) (%)	آهن Fe (درصد) (%)	نیتروژن کل Total N (درصد) (%)	چگالی نسبی Relative density (گرم/سانتی‌متر مکعب) (g/cm^3)	ماده آلی Organic matter (درصد) (%)
عصاره جلبکی Seaweed extract	1.3	9.2	10.5	1	0.18	16.9	0.5	2.5	1.28	15

هر گلدان با گنجایش ۲/۵ کیلوگرم خاک به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و بذرهای نخود به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده تا جوانه‌زنی ابتدایی صورت گیرد و سپس در چهار قسمت از گلدان کشت شدند که پس از سبزشدن به سه عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافت. بذر مورد استفاده رقم عادل بود و از ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران تهیه شد. گلدان‌ها در اتاقک رشد در شرایط کنترل‌شده با درجه‌حرارت روز و شب به‌ترتیب ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۲/۵ساعت روشنایی و ۱۱/۵ساعت تاریکی قرار گرفتند (شدت تشعشع: ۱۰۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه). برای اعمال تنش آبی، خاک خشک موجود در یک واحد آزمایشی تعیین شد و سپس به خاک خشک موجود در گلدان، به‌آرامی و تا حد اشباع، آب اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی، گلدان توزین شد و پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری‌شده در ظرفیت گلدانی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند (Abrishamchi *et al*., 2012; Alizadeh *et al*., 2020). آبیاری تا مرحله هفت‌برگی‌شدن گیاهچه‌های نخود به صورت هر سه روز یک‌بار انجام شد و پس از آن، گلدان‌ها مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح تنش کم‌آبی) آبیاری شدند. در پایان دوره رشد (حدود ۵۰ روز پس از کاشت) نمونه‌برداری به‌صورت تخریبی انجام شد و بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و طول ریشه تعیین شدند. به‌منظور تعیین وزن خشک اندام هوایی، برگ و ریشه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد.

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش (Lichtenthaller & Wellburn, 1983) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم برگ با چهار میلی‌لیتر استن ۸۰٪ در هاون چوبی سائیده شد و سپس محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. به منظور صفرکردن دستگاه از استن ۸۰٪ استفاده شد. میزان کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل، از طریق معادله های ۱ تا ۴ محاسبه گردید:

معادله (۱)

$$Chl_a = 12/21(A_{664}) - 2/79(A_{647})$$

معادله (۲)

$$Chl_b = 21/21(A_{647}) - 5/1(A_{664})$$

معادله (۳)

$$Carotenoid= (1000\ A_{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$$

معادله (۴)

$$Chl_T= Chl_b+Chl_a$$

به منظور اندازه‌گیری میزان فتوسنتز خالص، از دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی در برگ مدل KR8700 ساخت شرکت Korea Tech استفاده شد. با توجه به این‌که تبادلات گازی و سنجش فتوسنتز در شرایط زنده صورت می‌گیرد، اندازه‌گیری صفت مورد نظر یک روز قبل از برداشت گیاه انجام شد. برای اندازه‌گیری از برگ‌های سالم و توسعه‌یافته (برگ‌های دوم و سوم گیاه) استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از روش Bian & Jiang (2008) استفاده شد، به طوری‌که مقدار مشخصی از برگ برداشت شد و برای ۴۸ساعت در آب غوطه‌ور شد. سپس برگ‌ها از آب خارج و سطح آن‌ها به آرامی با دستمال کاغذی خشک شد و توزین گردید. در انتها برگ‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس مجدداً وزن شدند. با سنجش شاخص‌های وزنی فوق از طریق معادله (۵) این صفت برای هر تیمار تعیین شد.

معادله (۵)

$$RWC= (FW-DW/TW-DW)\times100$$

در این معادله، RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است. مقدار ۰/۲ گرم برگ از هر تیمار به منظور سنجش پایداری غشاء سلول‌های برگی برداشت شد و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک بخش از لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰دقیقه در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بخش دیگر به مدت ۱۰دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Model RS232, AZ Instrument Corp, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس این شاخص با استفاده از معادله زیر مطابق روش Sairam & Saxena (2001) محاسبه شد:

(هدایت الکتریکی آب در دمای ۱۰۰°C/ هدایت الکتریکی آب در دمای ۴۰°C)−۱ =پایداری غشا

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه‌های آماری به‌وسیله نرم‌افزار MASTAT-C انجام شد. به‌منظور تعیین سطح معنی‌داری از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($p\leq0.05$) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کاربرد عصاره جلبک دریایی و تنش کم‌آبی بر ارتفاع بوته و تعداد برگ معنی‌دار بود، اما اثرات متقابل بر این صفات معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده عصاره جلبکی نشان داد که کاربرد این عصاره در کلیه سطوح در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (جدول ۳). در مقایسه سطوح تنش کم‌آبی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش از ۷۵ به ۲۵ درصد ظرفیت گلدانی، ارتفاع بوته به صورت معنی‌داری کاهش دارد (جدول ۴). نتایج اثرات ساده بر تعداد برگ نشان داد که سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سطوح شاهد و ۱/۵ درصد حجمی شد (جدول ۳). در بین سطوح تنش کم‌آبی بیشترین و کمترین تعداد برگ به ترتیب به سطح بدون تنش و تنش کم‌آبی شدید اختصاص داشت (جدول ۴). آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی بر تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف گیاه نخود معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش، کلیه سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش ملایم و شدید، سطح ۲/۵ درصد حجمی از عصاره جلبک دریایی به صورت معنی‌داری تعداد شاخه جانبی را نسبت به سطوح شاهد افزایش داد (جدول ۵). در مقایسه میانگین‌های مرتبط با تعداد غلاف مشاهده شد که در شرایط بدون تنش، سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد از عصاره جلبکی به صورت معنی‌داری تعداد غلاف را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بین سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط تنش ملایم و شدید، سطح محلول‌پاشی ۲/۵درصد عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه سطوح شاهد شد (جدول ۵). آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره و تنش، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی ملایم، تمامی سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی) در مقایسه با سطوح شاهد موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی شد. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی‌داری بین سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و سطح شاهد برای

این صفت مشاهده نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با طول ریشه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، کلیه سطوح محلول‌پاشی عصاره نسبت به سطوح شاهد، طول ریشه را به صورت معنی‌داری افزایش دادند. در شرایط تنش کم‌آبی شدید، تفاوت معنی‌داری بین سطوح محلول‌پاشی و تیمار شاهد وجود نداشت (جدول ۵). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی هر کدام به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه داشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که کلیه سطوح محلول‌پاشی عصاره تأثیر مثبت و معنی‌داری بر وزن خشک ریشه دارد، به طوری که موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده تنش نشان داد که بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب به تیمار بدون تنش و تیمار تنش شدید اختصاص داشت که نسبت به هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مورفولوژیک گیاه نخود تحت تاثیر محلول پاشی عصاره جلبکی و تنش کم آبی

Table 2. Analysis of variance of morphological parameters of chickpea under foliar application of seaweed extract and water deficit stress

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در گیاه Leaf number	تعداد شاخه جانبی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Pod number	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	طول ریشه Root length	وزن خشک ریشه Root dry weight
عصاره جلبک دریایی Seaweed extract (S)	3	80.149 **	102.546 **	2.694 **	3.657 **	0.368 **	21.534 **	0.503 **
تنش کم آبی Water deficit stress (W)	2	333.00 **	331.194 **	16.861 **	25.083 **	1.347 **	224.002 **	5.044 **
عصاره×تنش (S)× (W)	6	2.627 ns	5.046 ns	0.194 *	0.380 *	0.066 **	1.648 *	0.023 ns
خطای آزمایش Error	24	2.579	2.139	0.250	0.472	0.007	1.801	0.012
ضریب تغییرات(درصد) CV(%)	-	2.87	2.33	16.82	12.31	4.47	3.72	3.20

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and **: not-Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای مورفولوژیک گیاه نخود تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی

Table 3. Mean comparison of morphological parameters of chickpea affected by seaweed extract

عصاره جلبک دریایی (درصد حجمی) Seaweed extract (Volumetric percentage)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در گیاه Leaf number	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)
Control/شاهد	51.49 b	58.89 c	3.047 b
1.5%	56.47 a	61.22 b	3.468 a
2.5%	57.59 a	66.33 a	3.592 a
3.5%	57.92 a	64.78 a	3.443 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۴- مقایسه میانگین های پارامترهای مورفولوژیک گیاه نخود تحت تأثیر تنش کم آبی

Table 4. Mean comparison of morphological parameters of chickpea under water deficit stress

تنش کم‌آبی Water deficit stress	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در گیاه Leaf number	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)
بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) Non-stress	61.37 a	68.17 a	1.563 a
تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) Moderate stress	55.37 b	62.58 b	1.188 a
تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) Severe stress	50.87 c	57.67 c	0.625 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک نخود تحت تأثیر برهمکنش عصاره جلبکی و تنش آبی

Table 5. Comparison of morphological traits of chickpea affected by seaweed extract × water deficit stress interaction

تیمارها/ عصاره جلبک (درصد حجمی) Treatments/ Seaweed extract (Volumetric percentage)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Pod number	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)
Non water deficit stress (75% field capacity) /بدون تنش آبی (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)				
Control/شاهد	3.33 ^{c}	6 ^{cd}	1.633 ^{cd}	32.27 ^{c}
1.5%	4.33 ^{b}	7 ^{bc}	2.290 ^{a}	40.50 ^{ab}
2.5%	5.33 ^{a}	8.33 ^{a}	2.460 ^{a}	41.80 ^{a}
3.5%	4.33 ^{b}	7.33 ^{ab}	2.270 ^{a}	40.53 ^{ab}
Moderate water deficit stress (50% field capacity) /تنش آبی ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)				
Control/شاهد	2 ^{ef}	4.66 ^{ef}	1.500 ^{de}	34.03 ^{d}
1.5%	2.33 ^{def}	5.33 ^{de}	1.830 ^{bc}	37.63 ^{c}
2.5%	3 ^{cd}	6 ^{cd}	1.860 ^{b}	38.63 ^{bc}
3.5%	2.33 ^{def}	5 ^{de}	1.827 ^{bc}	37.03 ^{c}
Severe water deficit stress (25% field capacity) /تنش آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)				
Control/شاهد	1.66 ^{f}	3.66 ^{f}	1.390 ^{e}	30.50 ^{e}
1.5%	2 ^{ef}	4.33 ^{ef}	1.507 ^{de}	32 ^{de}
2.5%	2.66 ^{cde}	5 ^{de}	1.557 ^{de}	32.20 ^{de}
3.5%	2.33 ^{def}	4.66 ^{ef}	1.543 ^{de}	31.20 ^{e}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

تنش کم‌آبی تأثیر مهمی بر کاهش رشد اندام هوایی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن خشک اندام هوایی دارد که دلایل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد، افزایش مواد بازدارنده رشد، کاهش تقسیم سلولی، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، کوتاه‌شدن دورۀ رشد گیاه و مکانیسم‌های گریز از تنش گزارش شده است (Bayoumi *et al*., 2008; Hosseinzadeh *et al*., 2016). کمبود آب در محیط کشت علاوه بر کاهش معنی‌دار خصوصیات اندام هوایی، تأثیر مستقیم بر ویژگی‌های ریشه گیاهان دارد، به طوری که در مطالعات متعددی گزارش شده است که اولین سیستم درک‌کننده کمبود آب در خاک، ریشه‌های گیاهان هستند که نقش مهمی در ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی دارند. افزایش شدت تنش کم‌آبی در خاک موجب محدودیت رشد ریشه و گسترش آن به لایه‌های بالایی خاک می‌شود، در نتیجه پیری زودرس ریشه را به‌دنبال دارد (Ahmadpour *et al*., 2016; Amiri *et al*., 2017). از طرف دیگر در این شرایط علاوه بر تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش تعداد برگ، ورود دی‌اکسید کربن نیز به داخل سلول‌های برگی کاهش معنی‌داری داشته و در نهایت با کاهش فتوسنتز خالص منجر به کاهش شدید در وزن خشک ریشه و اندام هوایی می‌گردد (Siva *et al*., 2007; Saeidi & Abdoli, 2015) . کاهش خصوصیات مورفولوژیک در شرایط کمبود آب قابل دسترس در سایر حبوبات از جمله لوبیا (Armand *et al*., 2015)، نخودفرنگی (Games *et al*., 2005)، نخود (Hosseinzadeh *et al*., 2011) و عدس (Panahyan-e-Kivi *et al*., 2009) نیز گزارش شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که تنش کم‌آبی ملایم و شدید در مقایسه با شرایط بدون تنش به صورت معنی‌داری کلیه صفات مورفولوژیک مورد بررسی را کاهش داد.

در جلبک آسکوفیلوم بخش‌هایی غنی از هورمون‌های گیاهی مانند سیتوکینین و اکسین وجود دارد که در فرایند خالص‌سازی عصاره، بدون هیچ‌گونه تغییر همراه با شیره سلولی استخراج می‌شوند (Jannin *et al*., 2013). سیتوکینین‌ها ارتباط مستقیم با افزایش تقسیم سلولی و فعال‌سازی آنزیم پکتیناز (این آنزیم با تجزیه پکتین‌های موجود در دیواره سلول های برگی و ساقه منجر به سست‌شدن دیواره‌ها شده و شرایط لازم را برای توسعه و رشد مهیا می‌کند) دارند که می‌تواند در افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی نقش داشته باشند (Craigie, 2011; Ghannad *et al*., 2017). از دیگر ویژگی‌های مهم عصاره‌های جلبکی توانایی بالای آن‌ها در حفظ آب و نگهداری آن است. این ویژگی به واسطۀ داشتن درصد بالایی از ترکیبات پلیمری نظیر آلجینات است که قادرند مولکول‌های آب را جذب نموده و به حالت ژله ای درآیند (Ramarajan *et al*., 2012; Ghannad *et al*., 2017). عصاره جلبک دریایی در صورت محلول‌پاشی برگی می‌تواند از طریق آوند آبکش به اندام‌های پایین‌تر منتقل شده و در سلول‌های ریشه منجر به کاهش پتانسیل اسمزی شود و در این حالت با کاهش پتانسیل آب سلول‌های ریشه موجب حفظ آب درون سلول و کمک به جذب بیشتر آب از خاک نماید (Ramarajan *et al*., 2012). بنابراین افزایش طول و وزن خشک ریشه به‌واسطه دسترسی به آب و عناصر غذایی در اثر محلول‌پاشی برگی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم، منطقی است.

خصوصیات فیزیولوژیک

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی هر کدام به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر میزان فتوسنتز خالص و پایداری غشاء سلول داشتند. اثرات متقابل تیمارها بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۶). در بین اثرات ساده محلول‌پاشی عصاره جلبکی، سطح ۲/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار فتوسنتز خالص در مقایسه با کلیه سطوح مورد بررسی شد. کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۱/۵ و ۳/۵ درصد حجمی نیز در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۷). نتایج اثرات ساده تنش کم‌آبی نشان داد که با افزایش شدت تنش به صورت معنی‌داری فتوسنتز خالص کاهش یافت (جدول ۸). پایداری غشاء سلول های برگی تحت تأثیر تمامی سطوح محلول‌پاشی عصاره جلبک آسکوفیلوم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داشت و بین سطوح ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). بیشترین پایداری غشاء سلول در شرایط بدون تنش و کمترین میزان این صفت در تیمار تنش شدید مشاهده شد که در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۸).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی بر محتوای آب نسبی، کلروفیل a، b و کلروفیل کل معنی‌دار است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش

ملایم، کلیه سطوح محلول‌پاشی در مقایسه با سطوح شاهد موجب افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی برگ شد. در شرایط تنش شدید، سطح ۲/۵ درصد حجمی توانست به طور معنی داری نسبت به شاهد محتوای آب نسبی را افزایش دهد (جدول ۹). نتایج مرتبط با کلروفیل a نشان داد که در شرایط بدون تنش و تیمار تنش ملایم، سطوح محلول‌پاشی ۲/۵ و ۳/۵درصد حجمی به صورت معنی‌داری این صفت را نسبت به سطوح شاهد افزایش داد. بیشترین محتوای کلروفیل a در سطح محلول‌پاشی ۲/۵ درصد حجمی در شرایط بدون تنش مشاهده شد که در مقایسه با تمامی سطوح مورد بررسی افزایش معنی-داری داشت. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی‌داری بین سطوح محلول‌پاشی مشاهده نشد (جدول ۹). نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل b، در هر سه رژیم رطوبتی (بدون تنش، ملایم و شدید) با محلول‌پاشی ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی عصاره در مقایسه با تیمارهای شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۹). در بررسی محتوای کلروفیل کل، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سطوح شاهد شد. در بررسی بین دو سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد مشاهده شد که در شرایط بدون تنش اختلاف معنی‌داری بین این دو سطح وجود دارد، اما در شرایط تنش ملایم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش شدید تفاوت معنی-داری بین سطوح محلول‌پاشی و تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ۹).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای کاروتنوئید برگی تحت تأثیر اثرات ساده عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی قرار داشت، اما اثرات متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح ۲/۵درصد حجمی از عصاره بیشترین میزان محتوای کاروتنوئید برگی را داشت که در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی‌داری داشت. بین سطوح ۱/۵ و ۳/۵ درصد عصاره جلبکی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما در مقایسه با سطح شاهد، محتوای کاروتنوئید برگی را به صورت معنی‌داری افزایش دادند (جدول۷).

در بررسی سطوح تنش کم‌آبی، نتایج نشان داد که تیمارهای تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط بدون تنش منجر به کاهش معنی‌دار محتوای کاروتنوئید برگی شدند، اما در مقایسه بین تیمارهای تنش ملایم و شدید، تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۸). رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کاروتنوئید و مجموع a+b)، محتوای آب نسبی و پایداری غشاء سلول‌های برگ از مهم‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در گیاهان محسوب می‌شود. به عبارت دیگر گیاهانی که در مواجه با تنش‌های محیطی (نظیر خشکی و شوری) بتوانند کاهش کمتری در این صفات داشته باشند، از گیاهان مقاوم به تنش به‌شمار می‌روند (Flexas & Medrano, 2008; Amiri *et al*., 2017). تغییرات فیزیولوژیک در برگ‌ها و سیستم فتوسنتزی گیاهان در شرایط تنش کمبود آب نیز نقش مهمی در تحمل گیاه به تنش دارد (Piper *et al*., 2007). بدین صورت که در شرایط تنش کم آبی ملایم گیاهان با بستن روزنه‌ها از یک طرف منجر به حفظ آب برگ و جلوگیری از هدررفت آب طی تعرق شده (Flexas & Medrano, 2008)، اما از سوی دیگر موجب کاهش ورود CO_2 به سلول‌های برگی، کاهش فتوسنتز خالص و آسیب به انتقال غیرفعال در آوند چوب (در اثر کاهش تعرق) می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). کاهش ورود CO_2 به سلول-های مزوفیل برگی منجر به افزایش نسبت O_2/CO_2 در محیط اطراف آنزیم روبیسکو شده و این آنزیم بیشتر در مسیر تنفس نوری قرار گرفته و منجر به اتلاف کربن و کاهش آسیمیلاسیون CO_2 می‌گردد (Rahbarian *et al*., 2011; Ahmadpour *et al*., 2016). کاهش فتوسنتز خالص، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای آب نسبی و پایداری غشاء سلول‌های برگی در پژوهش‌های مختلف به عنوان مهم‌ترین اثر منفی ناشی از تنش کم‌آبی بیان شده است (Zlatev & Yordanov, 2004; Guerfel *et al*., 2008; Jaleel *et al*., 2008).

عصاره جلبک دریایی با داشتن ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم‌مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn) و پرمصرف (N، K، Ca، Mg)، نقش مهمی در تغذیه برگ و فعال‌سازی برخی فرایندهای بیوشیمیایی (به عنوان کوفاکتور برای برخی آنزیم‌ها) دارند (Zhang & Ervin, 2004; Ghannad *et al*., 2017). در یک مطالعه گزارش شد که عناصری نظیر K و Ca نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی سلول‌های نگهبان روزنه دارند و می‌تواند در شرایط تنش کمبود آب در تنظیم عملکرد روزنه و حفظ فتوسنتز خالص نقش داشته باشد (Hosseinzadeh *et al*., 2017). علاوه بر عناصر مغذی در عصاره‌های جلبک دریایی، در مطالعات متعددی گزارش شده است که عصاره جلبک‌های قهوه‌ای (*Phaeophyceae*) غنی از آلجینات می

باشند که این ترکیبات موجب افزایش ظرفیت نگه‌داری آب شده به طوری که جذب عصاره جلبکی توسط برگ گیاهان موجب افزایش ذخیره آبی در برگ‌ها شده که در شرایط تنش های ملایم خشکی می‌تواند از این آب ذخیره‌شده استفاده نماید (Craigie, 2011).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه نخود تحت تاثیر محلول پاشی عصاره جلبکی و تنش کم آبی

Table 6. Analysis of variance of physiological parameters of chickpea under foliar application of seaweed extract and water deficit stress

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	فتوسنتز خالص Net-photosynthesis	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	محتوای آب نسبی Relative water content	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل TChl	کاروتنوئید Carotenoid
عصاره جلبک دریایی Seaweed extract (S)	3	13.755 **	0.001 **	2.694 **	3.657 **	0.368 **	21.534 **	0.503 **
تنش کم آبی Water deficit stress (W)	2	84.984 **	0.007 **	16.861 **	25.083 **	1.347 **	224.002 **	5.044 **
عصاره×تنش (S)× (W)	6	0.377 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.194 *	0.380 *	0.066 **	1.648 *	0.023 ^{ns}
خطای آزمایش Error	24	0.175	0.0001	0.250	0.472	0.007	1.801	0.012
ضریب تغییرات(درصد) CV(%)	-	4	1.53	16.82	12.31	4.47	3.72	3.20

^{ns}, * و **: به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

^{ns}, * and **: not-Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول۷- مقایسه میانگین‌های پارامترهای فیزیولوژیک گیاه نخود تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی

Table 7. Mean comparison of physiological parameters of chickpea under seaweed extract

عصاره جلبک دریایی (درصد حجمی) Seaweed extract (Volumetric percentage)	فتوسنتز خالص (میکرو مول در مترمربع در ثانیه) Net-photosynthesis ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Carotenoeid ($mg\ g^{-1}(FW)$)
شاهد/Control	8.67 c	0.396 b	0.913 c
1.5%	10.88 b	0.414 a	1.081 b
2.5%	11.55 a	0.422 a	1.134 a
3.5%	10.64 b	0.412 a	1.050 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیولوژیک گیاه نخود تحت تأثیر تنش کم آبی

Table 8. Mean comparison of physiological parameters of chickpea under water deficit stress

تنش کم‌آبی Water deficit stress	فتوسنتز خالص (میکرو مول در مترمربع در ثانیه) Net-photosynthesis ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Carotenoeid ($mg\ g^{-1}(FW)$)
بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) Non-stress	13.07 a	0.435 a	1.149 a
تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) Moderate stress	10.49 b	0.411 b	1.022 b
تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) Severe stress	7.74 c	0.387 c	1.090 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک نخود تحت تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبکی و تنش کم آبی

Table 9. Comparison of physiological traits of chickpea under different levels of seaweed extract and water deficit stress

تیمارها/ عصاره جلبک (درصد حجمی) Treatments/ Seaweed extract (Volumetric percentage)	محتوای آب نسبی(درصد) Relative water content (%)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl a ($mg\ g^{-1}(FW)$)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chl b ($mg\ g^{-1}(FW)$)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) TChl (a+b) ($mg\ g^{-1}(FW)$)
Non water deficit stress (75% field capacity) /بدون تنش کم آبی (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)				
شاهد/Control	0.706 ^{b}	6.22 ^{cd}	1.490 ^{c}	7.71 ^{def}
1.5%	0.825 ^{a}	7.02 ^{b}	1.710 ^{b}	8.73 ^{b}
2.5%	0.835 ^{a}	7.76 ^{a}	1.817 ^{a}	9.58 ^{a}
3.5%	0.821 ^{a}	6.91 ^{b}	1.713 ^{b}	8.62 ^{bc}
Moderate water deficit stress (50% field capacity) /تنش کم آبی ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)				
شاهد/Control	0.657 ^{c}	5.98 ^{de}	1.233 ^{ef}	7.26 ^{fg}
1.5%	0.691 ^{b}	6.25 ^{cd}	1.323 ^{de}	7.57 ^{ef}
2.5%	0.707 ^{b}	6.82 ^{bc}	1.380 ^{d}	8.20 ^{bcd}
3.5%	0.691 ^{b}	6.69 ^{bc}	1.333 ^{de}	8.02 ^{cde}
Severe water deficit stress (25% field capacity) /تنش کم آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)				
شاهد/Control	0.611 ^{e}	5.33 ^{f}	1.190 ^{f}	6.52 ^{h}
1.5%	0.633 ^{de}	5.45 ^{ef}	1.220 ^{ef}	6.67 ^{gh}
2.5%	0.643 ^{cd}	5.69 ^{def}	1.335 ^{de}	6.95 ^{gh}
3.5%	0.631 ^{de}	5.29 ^{f}	1.320 ^{de}	6.53 ^{h}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند (دانکن ۵ درصد).

The means with simillar letter in each column are not significantly different (Duncan 5%).

در این زمینه مطالعات متعددی گزارش کردند که عصاره جلبک دریایی علاوه بر حفظ رطوبت برگ، با افزایش عناصر مغذی نظیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر میکرو مانند آهن و منیزیم نقش مهمی در در پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی در برگ و ثبات سیستم فتوسنتزی دارند. این گزارش‌ها نشان داد که محلول‌پاشی این عصاره با افزایش یون منیزیم در حفظ و تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی به خصوص کلروفیل‌ها نقش ایفا می‌کنند (Halmer, 2000; Ghanad *et al*., 2017).

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید در بهبود صفاتی نظیر محتوای آب نسبی، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل نقش دارد. در بررسی اثرات ساده استفاده از این کود بیولوژیک نیز مشاهده شد که تمامی سطوح کاربردی (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبکی) موجب افزایش معنی‌دار فتوسنتز خالص، پایداری غشاء سلول و محتوای کاروتنوئید شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی *آسکوفیلوم نودوسوم* در افزایش معنی‌دار کلیه صفات مورفو-فیزیولوژیک گیاه نخود (رقم عادل) نقش دارد، به طوری که نتایج مرتبط با اثرات ساده محلول‌پاشی عصاره بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک نشان داد که کلیه سطوح محلول‌پاشی (۱/۵درصد، ۲/۵درصد و ۳/۵درصد حجمی) منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک ریشه، میزان فتوسنتز خالص، پایداری غشاء سلول و محتوای کاروتنوئید در مقایسه با سطح بدون محلول‌پاشی (سطح شاهد) شد. در بررسی تنش مشاهده شد که سطوح تنش کم‌آبی ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش کم‌آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به کاهش معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی شد. در بررسی اثرات متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبکی و تنش کم‌آبی، نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی عصاره جلبکی به صورت معنی‌داری تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل را در مقایسه با سطح بدون محلول‌پاشی افزایش داد. در شرایط تنش ملایم، کاربرد سطح ۲/۵ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی (۳۳٪+)، تعداد غلاف در بوته (۲۲٪+)، وزن خشک اندام هوایی (۱۹٪+)، طول ریشه (۱۲٪+)، محتوای آب نسبی (۷٪+)، محتوای کلروفیل a (۱۲٪+)، کلروفیل b (۱۰/۵٪+) و کلروفیل کل (۱۱٪+) در مقایسه با سطح بدون محلول‌پاشی شد. در شرایط تنش شدید، محلول‌پاشی ۲/۵درصد حجمی توانست تعداد شاخه جانبی (۳۰٪+)، تعداد غلاف در بوته (۲۷٪+)، محتوای آب نسبی (۶٪+) و محتوای کلروفیل b (۱۰٪+) را در مقایسه با سطح شاهد بهبود دهد. با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم در تمامی سطوح مورد بررسی در شرایط بدون تنش برای گیاه نخود پیشنهاد می‌گردد، اما در شرایط تنش ملایم و شدید سطح ۲/۵ درصد حجمی برای بهبود خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک گیاه نخود توصیه می‌شود .

منابع

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 17-30. (In Persian with English Summary).
2. Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., and Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. Journal of Iranian Plant Echophysiological Research 2(2): 123-135. (In Persian with English Summary).
3. Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., Armand, N., and Hosseinzadeh, S.R. 2019. Effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on the stimulation of germination indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Nova Biologica Reperta 6(2): 206-216. (In Persian with English Summary).
4. Alizadeh, M., Armand, N., Rostami, M., and Hosseinzadeh, S. 2020. Effect of water deficit stress on photosynthetic indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Environmental Stresses in Crop Sciences 13(1): 85-96. (In Persian with English Summary).

5. Amiri, H., Ismaili, A., and Hosseinzadeh, S.R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). Compost Science and Utilization 26: 1-14.
6. Armand, N., Amiri, H., and Ismaili, A. 2015. Interaction of methanol spray and water deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochemistry and Photobiology 92(1): 102-110.
7. Bayoumi, T.Y., Eid, M., and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7: 2341-2352.
8. Caffagni, D.E., Camargo, E., Casali, C.A., Lombardi, A.T., and Lima, M.I.S. 2015. Coupling microalgal cultures with hydroponics: Prospection for clean biotechnology processes. Journal of Algal Biomass Utilization 6: 88-94.
9. Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuliation in plant science and agriculture. Journal of Apply Phycology 23: 371-393.
10. El-Gawad, A., and Osman, H.S. 2014. Effect of exogenous application of Boric acid and Seaweed extract on growth, biochemical content and yield of eggplant. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants 6(3): 133-143.
11. Flexas, J., and Medrano, H. 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. Annual of Botany 18: 183-189.
12. Gamze, O., Mehmet Demir, K.A., and Mehmet, A.T. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Foresty 29: 237-242.
13. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management 98: 1477-1484.
14. Ghannad, R., Akbari, F., and Madadkar Haghjou, M. 2017. Effect of blue-green and green algae Spirulina, Chlorella, Dunaliella and minerals on the stimulation of metabolic and biochemical processes of germination in *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Seeds. Nova Biologica Reperta 3(4): 295-307. (In Persian with English Summary).
15. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., and Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content & leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae 1: 1-7.
16. Halmer, P. 2000. Commercial Eeed Treatment Technology. In: M. Black and J.D. Bewley (Eds.). Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, 257-286.
17. Hosseinzadeh, S.R., Salimi, A., and Ganjeali, A. 2011. Effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Enviromntal Stresses in Crop Science 4: 139-150. (In Persian with English Summary).
18. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica 54(1): 87-92.
19. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2017. Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress. Journal of Plant Nutrition 40(16): 2259-2268.
20. Jaleel, C.A., Gopi R., and Panneerselvam, R. 2008. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of Catharanthus roseus to triadimefon treatment, Comptes. Journal of Rendus Biology 331: 272-277.
21. Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D., and Garnica, M. 2013. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Plant Growth Regulation 32: 31-52.
22. Kumar, G., and Sahoo, D. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. Journal of Apply Phycology 23: 251-255.
23. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biology and Soceity Transcription 11: 591-592.
24. Panahyan-e-Kivi, M., Ebadi, A., Tobeh, A., and Jamaati-e-Somarin, S.H. 2009. Evaluation of yield and yield components of lentil genotypes under drought stress. Research Journal of Environmental Sciences 3: 456-460. (In Persian with English Summary).

25. Piper, F.I., Corcuera, L.J., Alberdi, M., and Lusk, C. 2007. Differential photosynthetic and survival responses to soil drought in two evergreen Nothofagus species. Annals of Forest Science 64: 447-452.
26. Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica 53: 47-56.
27. Ramarajan, S., Joseph, L.H., and Ganthi, A.S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. Journal of Crop Science and Technology 1(2): 1-5.
28. Rasti Sani, M., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 5(1): 103-116. (In Persian with English Summary).
29. Saeidi, M., and Abdoli, M. 2015. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. Journal of Agricaltural and Tecnology 17(4): 885-898.
30. Siva, M.A., Da Silva, J.A., and Sharma, S. 2007. Use of physiology parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 193-201.
31. Zhang, X.E., and Ervin, H., 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin-riboside on creeping bentgrass heat tolerance. Crop Science 48: 364-370.
32. Zhang, X.Z., and Ervin, E.H. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. Crop Science 44: 1737-1745.
33. Zlatev, Z.S., and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarestan Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 199-213 (Original Research Article)

Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morphophysiological indicators

Ahmadpour[1]*, Raheleh; Salimi[2], Azam; Zeidi[3], Haniyeh; and Armand[4], Nezam

1. MSc. in Biology, Faculty Member of Biology Department, Faculty of Basic Sciences, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, Iran
2. Associate Professor, Faculty Member of Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Kharazmi University of Tehran; salami@yahoo.com
3. MSc. Student in Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Kharazmi University of Tehran; zeydi_tmu@yahoo.com
4. Assistant Professor, Faculty Member of Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan; armand@bkatu.ac.ir

Received: 16 October 2020; **Revised:** 9 November 2020
Accepted: 27 June 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.89194

How to cite this article:
Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., and Armand, N. 2021. Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morphophysiological indicators. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 199-213.

Introduction

Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract can play an effective role in plant growth and development due to having plenty of nutrients, plant growth regulators and helpful microorganisms can improve soil physicochemical characteristics. Seaweed extract is rich in growth hormones such as auxin, cytokinin, nutrients and widely used elements such as nitrogen, potassium, calcium, magnesium, trace elements such as iron, zinc, copper, manganese and other valuable compounds such as mineral salts, vitamins and Antioxidants have a positive and significant effect on morpho-physiological and functional characteristics of plants. In this regard, several studies have reported that the use of seaweed extract as a foliar application can increase the morphophysiological characteristics of crops. Water deficit stress is one of the most important factors limiting plant yield, the use of remedial treatments to reduce the negative effects of stress is essential and increases the strength and resistance of plants to abiotic stresses. The main purpose of this study was the effect of foliar application of *Ascophilum nodosum* seaweed extract in reducing the negative effects of water deficit stress on chickpea (Adel cultivar).

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of seaweed extract on morpho-physiological indices of chickpea (Adel cultivar) under water deficit stress, a factorial experiment based on completely randomized design was conducted in natural environment and with three replications at the Khatam Alanbia University of Behbahan. The experiment treatments consisted of four levels of seaweed extract (0, 1.5, 2.5 and 3.5%) and three levels of water deficit stress: non-stress, moderate stress and severe stress (irrigation at 25, 50 and 75 of field

* **Corresponding Author:** ahmadpour@bkatu.ac.ir

capacity, respectively). In this study, morphological and physiological traits such as plant height, number of leaves per plant, number of lateral branches, number of pods per plant, shoot dry weight, root dry weight, root length, photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids and Total chlorophyll), net photosynthesis, cell membrane stability and relative water content were measured. At the end of the growth period (about 50 days after planting), the aerial part was separated from the plant roots. In order to determine the dry weight of shoots and roots, the samples were dried in an oven at 72 °C for 48 hours and then their weight was determined with the AND scale model GT-300 made in Germany with an accuracy of 0.001 g. Lichtenthaller and Wellburn (1983) method was used to measure chlorophyll and carotenoids. In order to measure the amount of net-photosynthesis, a KR8700 gas exchange-measuring device made by Korea Tech Company was used. Bian and Jiang, (2008) method was used to measure the relative water content of leaves.

Results and Discussion

The results on the simple effects of seaweed extract showed that all foliar application levels led to a significant increase in plant height, leaf number, root dry weight, net-photosynthesis rate, cell membrane stability and carotenoids content compared to the control. Seaweed extract of 2.5 and 3.5% levels led to a significant increase in root dry weight, number of leaves per plant, plant height and cell membrane stability compared to the control. Foliar application of 2.5% compared to other levels resulted in a significant increase in net-photosynthesis and carotenoids. Evaluation of simple effects of water deficit stress showed that severe stress (25% of field capacity) significantly reduced plant height, number of leaves, root dry weight, net photosynthesis, cell membrane stability and carotenoids content compared to non-stress conditions (75% of capacity) and moderate stress (50% of field capacity). The results of interaction of treatments showed that in non-stress conditions, levels of 2.5 and 3.5% of algae extract significantly increased the number of lateral branches, number of pods per plant, shoot dry weight, root length, relative water content, chlorophyll a, b and total chlorophyll content compared to the control. Under moderate stress conditions, application of 2.5% of seaweed extract significantly increased the number of lateral branches (+33%), number of pods per plant (+22%), shoot dry weight (+19%), root length (+12 %), Relative water content (+7%), chlorophyll a (+12%), chlorophyll b (+10.5%) and total chlorophyll (+11%) were compared with the control. Under severe stress conditions, 2.5% foliar application was able to increase the number of lateral branches (+30%), number of pods per plant (+27%), relative water content (+6%) and chlorophyll b content (+10%) in compare with control.

Conclusion

According to the results of this study, the use of *Ascophilum nodosum* seaweed extract in all studied levels is recommended for chickpea in non-stress conditions, but in moderate and severe stress levels, 2.5% is recommended to improve the morpho-physiological characteristics of chickpea.

Keywords: Cell membrane stability؛ Chlorophyll content؛ Net-photosynthesis؛ Water deficit stress

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۲ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰
صفحۀ ۲۲۸-۲۱۴، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 214-228
Original Researc; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.2103-1006

تجزیه پایداری برخی از ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با شاخص‌ها و نمودارهای روش امی

رحمت‌الله کریمی‌زاده[۱]، پیام پزشک‌پور[۲]، محمد برزعلی[۳]، محمد آرمیون[۴] و پیمان شریفی[۵*]

۱- استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران؛ r.karimizadeh@areeo.ac.ir

۲- استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران؛ papezeshkpour@yahoo.com

۳- استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران؛ barzali@hotmail.com

۴- استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران؛ amir.mirzaei53@gmail.com

۵- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
کریمی‌زاده، ر.، پزشک‌پور، پ.، برزعلی، م.، آرمیون، م.، و شریفی، پ. ۱۴۰۰. تجزیه پایداری برخی از ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) با شاخص‌ها و نمودارهای روش امی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۲۲۸-۲۱۴.

چکیده

در این پژوهش، ۱۸ژنوتیپ امیدبخش نخود به‌همراه ارقام آرمان و آزاد در گچساران، گنبد، خرم‌آباد و ایلام در سه سال زراعی، به‌منظور دستیابی به ارقام پُرمحصول و سازگار با مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور کشت شدند. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط، با توجیه ۷۹/۲، ۲/۴ و ۱۰/۰ درصد از تغییرات مجموع مربعات کل عملکرد دانه معنی‌دار بود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که پنج مؤلفه اصلی اول از برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند و سهم دو مؤلفه اصلی نخست برابر با ۴۲/۵درصد و ۱۹/۴درصد بود. ژنوتیپ۳ بیشترین عملکرد دانه را داشت (۱۶۶۳ کیلوگرم در هکتار). بر پایه شاخص‌های ASV و WAAS، ژنوتیپ‌های ۳، ۴ و ۱۳؛ شاخص‌های EV و ZA، ژنوتیپ‌های ۳، ۱۴، ۱۶ و ۸؛ و شاخص SIPC، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳، ۱۱، ۴ و ۱۶ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. شاخص انتخاب همزمان (ssi)، برترین ژنوتیپ‌ها را بر پایه ssiASV، ssiZA و ssiWAAS، ژنوتیپ‌های ۳، ۱، ۴، ۱۳ و ۱۶ و بر اساس شاخص‌های ssiSIPC و ssiEV، ژنوتیپ‌های ۳، ۱۶ و ۲۰ شناساند. در بای‌پلات AMMI1، ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۱۷ و ۱۳ با میانگین بیشتر از میانگین کل و کمترین مقادیر IPCA1، ژنوتیپ‌های پایدار و پُرمحصول بودند. در بای‌پلات AMMI2، ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۳، ۱ و ۱۰ پایداری عمومی بالایی داشتند. در مجموع، برپایه شاخص‌های مختلف، ژنوتیپ‌های ۳، ۱ و ۱۳ در بسیاری از محیط‌ها دارای عملکرد بالا و در بیشتر روش‌ها دارای پایداری مطلوبی بودند و می‌توانند نامزد معرفی ارقام جدید باشند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات؛ برهمکنش ژنوتیپ در محیط؛ سازگاری؛ عملکرد؛ مؤلفه‌های اصلی

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از گیاهان گروه حبوبات، نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی انسان دارد که به صورت دیم در مناطق غرب آسیا و شمال آفریقا کشت می‌شود و با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک، چرخه زیستی خود را تکمیل می‌کند. از عوامل عمده کاهش عملکرد آن می‌توان از توزیع نامناسب بارندگی و کاهش بارندگی یاد کرد (Bagheri *et al.*, 1997). در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷،

* **نویسنده مسئول:** sharifi@iaurasht.ac.ir

ایران با سطح زیرکشت ۴۵۶۴۰۴ هکتار، ۲۰۰۶۷۹ تن محصول با عملکرد ۴۴۰ کیلوگرم در هکتار تولید کرد که ۳/۳۲ درصد از سطح زیرکشت و ۱/۴۱ درصد از تولید جهانی را داشت (FAO, 2019). انجام پژوهش‌هایی برای دستیابی به ارقام جدید نخود که در مقایسه با ارقام موجود دارای پتانسیل عملکرد بیشتر، سازگاری گسترده‌تر و پایداری عملکرد بالاتری باشند، از اهمیت زیادی برخوردار است.

پدیده برهمکنش ژنوتیپ×محیط از ارزش ویژه‌ای نزد دانشمندان علوم ژنتیک و به‌نژادی گیاهان زراعی برخوردار است و آگاهی از آن، به‌نژادگران گیاهی را کمک می‌کند تا ارزیابی ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری انجام داده و بهترین ژنوتیپ‌ها را شناسایی کنند (Sharifi *et al.*, 2017). روش‌های زیادی برای تجزیه برهمکنش ژنوتیپ×محیط و ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها ارائه شده است که یکی از آن‌ها، روش چندمتغیره اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) است که در آن، ابتدا تجزیه واریانس معمولی بر روی داده‌های دوطرفه عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف انجام می‌شود و سپس با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، برهمکنش ژنوتیپ در محیط تحلیل و بررسی می‌شود و مؤلفه‌های اصلی (PC) و سهم هر کدام از آن‌ها در برهمکنش ژنوتیپ×محیط محاسبه می‌شوند (Gauch, 1988).

پژوهش‌هایی برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و تجزیه پایداری با استفاده از شاخص‌های مختلف AMMI در نخود انجام شده است. Zali *et al*, (2008) با ارزیابی ۱۷ لاین و ژنوتیپ نخود در پنج مکان و دو سال زراعی نشان دادند که چهار مؤلفه اصلی اول ۹۴درصد از برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کرد و بر اساس بای‌پلات AMMI2، سه ژنوتیپ پایدار را شناسایی کردند. Kanouni *et al*, (2016) با ارزیابی ۱۴لاین و رقم نخود در چهار ایستگاه و به مدت سه سال زراعی در شرایط دیم، اثرات معنی‌دار محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط را بر عملکرد دانه نشان دادند. Zali *et al*, (2009) برای ارزیابی تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های نخود پارامترهای ضریب تغییرات، واریانس محیطی، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، انحراف معیار رتبه، میانگین رتبه، روش گزینش همزمان و پارامتر ASV از مدل AMMI را به کار گرفتند و چنین نتیجه گرفتند که پارامتر ASV به دلیل سادگی تفسیر و توجیه بالای دو مؤلفه اصلی اول، روش مناسبی در تجزیه پایداری نسبت به سایر روش‌ها به‌شمار می‌آید. در تحقیقی دیگر، اثر معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط و سه مؤلفه اصلی اول در برهمکنش ژنوتیپ در محیط در نخود گزارش شد (Erdemci, 2018). Danyali *et al*, (2012) با ارزیابی ۱۷ژنوتیپ نخود در ۱۶محیط نشان دادند که دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۴۷/۴۹ و ۲۵/۲۵ درصد از برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کردند و با توجه به معنی‌داربودن پنج مؤلفه اصلی اول، از شاخص‌های SIPC1، SIPCV و ASV برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های نخود بهره گرفتند. Pouresmael *et al*, (2018) با ارزیابی ۱۵ژنوتیپ نخود در ۱۲محیط، اثر معنی‌دار پنج مؤلفه اصلی اول را در برهمکنش ژنوتیپ در محیط نشان دادند و با پارامترهای ASV، SUI (Sustainability Index) و GSI (Genotype Selection Index) ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کردند. در آزمایشی دیگر (Zali *et al.*, 2012) پژوهشگران با ارزیابی ۱۷ژنوتیپ نخود در ۱۰محیط (ترکیب سال و مکان) نشان دادند که چهار مؤلفه اصلی اول با اثر معنی‌دار، حدود ۹۴ درصد از برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کردند. ایشان از شاخص‌های SIPC4، EV4، MASV، Dz4، AV (AMGE)، Wi (AMMI)، FAi، ASV، Da4، Bi و Za4 برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده کردند. در پژوهشی (Kanouni *et al.*, 2015)، محققان با ارزیابی ۱۴ژنوتیپ نخود در چهار مکان و سه سال زراعی نشان دادند که سهم محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر مجموع مربعات کل به‌ترتیب ۸۲/۲، ۴/۶ و ۱۳/۱درصد بود. ایشان همچنین نشان دادند که چهار مؤلفه اصلی اول با اثر معنی‌دار، ۸۶/۸درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کردند و با استفاده از بای‌پلات‌های AMMI و شاخص ASV ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کردند. پژوهشگری (Kizilgeci, 2018) با ارزیابی ۱۹ ژنوتیپ نخود در چهار محیط و دو سال زراعی اثر معنی‌دار محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط را مشاهده کرد و با روش‌های پارامتری، پایداری ژنوتیپ‌ها را سنجید.

در یک بررسی (Hajivand *et al.*, 2020) پژوهشگران اثر معنی‌دار مکان، سال×مکان، ژنوتیپ، ژنوتیپ در مکان و ژنوتیپ×مکان×سال را در نخود گزارش کردند و با روش بای‌پلات، ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کردند. در دو پژوهش دیگر (Hasan & Deb, 2017; Azam *et al.*, 2020) نیز محققان پس از مشاهده اثر معنی‌دار ژنوتیپ، محیط و

برهمکنش ژنوتیپ در محیط، ژنوتیپ‌های پایدار نخود را با روش‌های پارامتری شناسایی کردند.

هدف از این پژوهش، دستیابی به ارقام نخود پُرمحصول و سازگار با شرایط آب و هوایی مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر روش تجزیه AMMI است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸ژنوتیپ پیشرفته نخود گزینش‌شده از آزمایش‌های پیشرفته مقایسه عملکرد به‌همراه ارقام شاهد آرمان و آزاد (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار منطقه گچساران، گنبد، خرم‌آباد و ایلام به‌مدت سه سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۸۹) و در کرت‌هایی به طول پنج متر و عرض یک متر بر روی پنج خط با فاصله ۲۵سانتی‌متر و تراکم ۵۰دانه در مترمربع کشت شدند. توضیح این که این چهار ناحیه از مناطق دیم گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشور هستند که ایستگاه‌های اصلی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور برای انجام پژوهش در گیاهان دیم در آنجا واقع گردیده‌اند. این مناطق به‌عنوان نمونه‌ای از مناطق زیرکشت نخود در ایران از نظر طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و دیگر ویژگی‌های آب و هوایی متفاوت هستند و بنابراین هر کدام نماینده اقلیم گرم با شدت و ضعف در ویژگی‌های آب و هوایی هستند.

خاک مزرعه با گاوآهن شخم زده شد و با دیسک نرم گردید. ویژگی‌های جغرافیایی و بافت خاک در جدول ۲ و میزان بارندگی سالانه مناطق اجرای آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. کود شیمیایی به اندازه ۱۰۰کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۳۵کیلوگرم اوره، به هنگام عملیات تهیه زمین، به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط گردید. عملیات داشت مطابق با عرف منطقه در طول فصل زراعی اعمال گردید و پس از برداشت، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد و در محاسبات آماری استفاده شد.

جدول ۱- نام و منشأ ژنوتیپ‌های نخود

Table 1. Name and origin of chickpea genotypes

کد No.	نام Name	منشأ Origin
1	FLIP 03-71C	ICARDA
2	FLIP 03-64C	ICARDA
3	FLIP 98-106C	ICARDA
4	FLIP 00-40C	ICARDA
5	FLIP 99-66C	ICARDA
6	FLIP 00-21C	ICARDA
7	FLIP 99-34C	ICARDA
8	FLIP 01-32C	ICARDA
9	FLIP 01-50C	ICARDA
10	FLIP 01-52C	ICARDA
11	Flip 97-120C	ICARDA
12	FLIP 03-71C	ICARDA
13	FLIP 03-135C	ICARDA
14	FLIP 03-152C	ICARDA
15	FLIP 04-18C	ICARDA
16	FLIP 82-150C	ICARDA
17	FLIP 88-85C	ICARDA
18	FLIP 93-93C	ICARDA
19	ARMAN	IRAN
20	AZAD	IRAN

جدول ۲- ویژگی‌های جغرافیایی و بافت خاک در مناطق اجرای آزمایش
Table 2. Geographic characteristics and soil texture of trials area

مکان Location	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	عرض جغرافیایی Longitude	طول جغرافیایی Latitude	بافت خاک Soil texture	متوسط میزان بارندگی (میلی‌متر) Average rainfall (mm)
گچساران Gachsaran	710	50°.50' E	30°.17' N	لوم-رسی-سیلتی silty clay loam	450
گنبد Gonbad	45	55°.12' E	37°.16' N	لوم-رسی-سیلتی silty clay loam	550
ایلام Ilam	975	46°.36' E	33°.47' N	لومی-رسی clay-loam	350
خرم‌آباد Khoramabad	1147	48°.18' E	33°.29' N	لومی-سیلتی silty-loam	445

تجزیه‌های آماری

تجزیه‌های آماری با بسته تجزیه آزمایش‌های چندمحیطی با نام metan (Multi environment trial analysis) (Olivoto & Lúcio, 2020) در نرم‌افزارR انجام شد. روابط مربوط به پارامترهای تجزیه AMMI در جدول ۴ نشان داده شده است.

نسبت *SSIPC*1/*SSIPC*2 در رابطه ۱، وزن ویژه شده برای مؤلفه اصلی نخست (IPC1) است که از تقسیم مجموع مربعات IPC1 بر مجموع مربعات IPC2 (محور مؤلفه اصلی دوم) به دست آمده است. در رابطه ۲، λ_n، ریشه مشخصه IPC در nاُمین محور است که برای SIPC1 وSIPCF به‌ترتیب برابر با ۱ و تعداد مؤلفه‌های اصلی باقیمانده در مدل است. در رابطه‌های ۳ و ۴، γ_{in}، ریشه مشخصه *n*اُمین محور و N (N′ در رابطه ۴)، تعداد مؤلفه‌های اصلی معنی‌دارشده در تجزیه واریانس AMMI با آزمونF است. در رابطه ۴، درصد مجموع مربعات توجیه‌شده به‌وسیله nاُمین محور IPC با θn نشان داده شده است. در تمام این رابطه‌ها، پایدارترین ژنوتیپ‌ها، دارای کمترین مقادیر این شاخص‌ها هستند.

در رابطه ۵، شاخص گزینش همزمان، حاصل جمع رتبه ژنوتیپ‌ها بر پایه هرکدام از شاخص‌های پایداری AMMI [R(AMMI stability Indices)] و رتبه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در تمام محیط‌ها (RY) است.

در رابطه ۶، $IPCA_{ik}$ نمره ژنوتیپ iاُم در kاُمین محور مؤلفه اصلی برهمکنش (IPCA) و EP_k، واریانس توجیه‌شده توسط kاُمین IPCA است. ژنوتیپ با کمترین مقدار WAAS، پایدار در نظر گرفته می‌شود (Olivoto *et al.*, 2019).

نمودارهای بای‌پلات نوع اول (IPCA1 *vs* grain yield) AMMI1 و نوع دوم (IPCA1 *vs* IPCA2) AMMI2 با روش استاندارد توضیح داده شده توسط Zobel *et al*, (1988) با بسته metan رسم شدند.

جدول ۳- میزان بارندگی سالانه مناطق اجرای آزمایش در طول فصل زراعی در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲
Table 3. Annual percipitation of test areas during the cropping season in 2010-2013

مکان Location	سال زراعی Cropping season		
	۱۳۸۹-۱۳۹۰ 2010-2011	۱۳۹۰-۱۳۹۱ 2011-2012	۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2012-2013
گچساران Gachsaran	417.1 (E1)	420.6 (E5)	503.7 (E9)
خرم‌آباد Khoramabad	364.2 (E2)	294.1 (E6)	363.6 (E10)
گنبد Gonbad	279.7 (E3)	476.1 (E7)	-
ایلام Ilam	171.5 (E4)	329 (E8)	396.1 (E11)

جدول ۴- شاخص‌های تجزیه پایداری

Table 4. Stability analysis indices

شماره Code	شاخص Index	فرمول Furmula	رفرنس References
1	ارزش پایداری امی AMMI stability value (ASV)	$ASV=\sqrt{\left[\frac{SSIPC1}{SSIPC2}(IPC1)\right]^2+(IPC2)^2}$	Purchase *et al*., 2000
2	مجموع نمره‌های محورهای مؤلفه‌ها Sum of IPCs scores (SIPC)	$SIPC=\sum_{n=1}^{N}\lambda_n^{0.5}\gamma_{in}$	Sneller *et al*., 1997
3	مقدار ویژه پارامتر پایداری AMMI Eigenvalue (EV) stability parameter of AMMI	$EV=\sum_{n=1}^{N}\gamma_{in}^2/n$	Zobel *et al*., 1988
4	قدرمطلق سهم نسبی IPC در برهمکنش Absolute value of the relative contribution of IPCs to the interaction (Za)	$Za_i=\sum_{n=1}^{N}\lvert\theta_n\gamma_{in}\rvert$	Zali *et al*., 2012
5	شاخص انتخاب همزمان Simultaneous selection index (ssi)	SSI = R(AMMI stability Indices) + RY	Farshadfar, 2008
6	میانگین وزنی نمرات مطلق Weighted average of absolute scores (WASS)	$WAAS_i=\frac{\sum_{k=1}^{p}\lvert IPCA_{ik}\times EP_k\rvert}{\sum_{k=1}^{p}EP_k}$	Olivoto *et al*., 2019

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

تجزیه واریانس ساده برای هر یک از محیط‌ها (ترکیب سال و مکان) نشان داد که اثر ژنوتیپ در ۱۰محیط از ۱۱محیط مطالعه‌شده، معنی‌دار بود و فقط در محیط نهم (گچساران، سال سوم آزمایش) معنی‌دار نبود. این نتیجه، گویای پراکندگی مواد آزمایشی (ژنوتیپ‌ها) و در نتیجه مناسب بودن آن‌ها برای تجزیه‌های بعدی است. ضریب تغییرات از ۷/۵ درصد در محیط پنجم (گچساران، سال دوم) تا ۲۲/۵۵درصد در محیط یازدهم (ایلام، سال سوم) متغیر بود (جدول ۵). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها نیز در محیط‌های مطالعه‌شده از ۵۵۳ کیلوگرم در هکتار در محیط هشتم (ایلام، سال دوم) تا ۲۳۶۲ کیلوگرم در هکتار در محیط هفتم (گنبد، سال دوم) متغیر بود. در محیط هفتم، پراکنش مناسب بارندگی در طول فصل زراعی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی (اواخر اسفند تا اواخر فروردین) و پُرشدن دانه (اواخر فروردین تا اواسط اردیبهشت) موجب شد تا سال خوبی برای ارزیابی لاین‌ها باشد و کمترین تنش خشکی در فصل رشد گیاه دیده شد. عملکرد در محیط ششم (خرم‌آباد، سال دوم) نیز پایین (۸۷۴ کیلوگرم در هکتار) بود که به نظر می‌رسد ناشی از کاهش شدید بارندگی و همچنین توزیع نامناسب بارش‌ها در این محیط بود.

تجزیه واریانس AMMI

آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت (χ^2=15.5, P-value=0.1009)، نشانگر یکنواختی واریانس‌ها بود و بنابراین بدون حذف داده‌های هیچ‌کدام از محیط‌ها، تجزیه مرکب انجام شد. اثر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که این سه جزء سهم ۷۹/۲، ۲/۴ و ۱۰/۰ درصدی در مجموع مربعات کل داشتند (جدول ۶). در تطابق با این نتیجه، Zali *et al*, (2008) نشان دادند که محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب ۸۱/۶۲، ۱/۶۷ و ۱۶/۷۱ درصد از مجموع مربعات کل را توجیه می‌کرد. همچنین محققان (Kanouni *et al*., 2016)، سهم ۷۰/۶۱، ۳/۲۰، ۱۱/۲۱ درصدی محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط را بر عملکرد دانه نخود گزارش کردند.

Erdemci (2018) نیز نشان داد که سهم محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب ۶۷/۵۸، ۶/۱۷ و ۱۵/۲۵ درصد از مجموع مربعات کل بود. در پژوهشی (Pouresmael *et al.*, 2018)، سهم ۴۴/۲۴، ۴/۸۳ و ۲۸/۹۳ درصدی ژنوتیپ، محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه نخود گزارش گردید. محققان دیگر (Kanouni *et al.*, 2015) نیز نشان دادند که سهم محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر مجموع مربعات کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود به‌ترتیب ۸۲/۲، ۴/۶ و ۱۳/۱ درصد بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود در هر کدام از محیط‌ها

Table 5. Simple analysis of variance of seed yield of

محیط Environment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg Ha^{-1})	میانگین مربعات بلوک MSB	میانگین مربعات ژنوتیپ MSG	میانگین مربعات خطای آزمایشی MSE	ضریب تغییرات CV
1	1309	403000**	56100**	20700	10.99
2	1851	421000**	119000**	25000	8.54
3	1688	21.4^{ns}	327000**	27300	9.79
4	1054	24400^{ns}	435000**	34000	17.49
5	1753	223000**	50600**	17300	7.50
6	874	68100^{ns}	97700**	26500	18.63
7	2335	445000**	180000**	27000	7.04
8	553	1090^{ns}	41800**	10900	18.88
9	1436	206000**	19000^{ns}	30400	12.14
10	2362	315000**	498000**	23400	6.48
11	711	18200^{ns}	49500*	25700	22.55

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

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

اثر معنی‌دار ژنوتیپ، تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد که در تجزیه‌های جداگانه هم، چنین نتایجی دیده شده بود و بیانگر پیش‌زمینه ژنتیکی مواد آزمایشی است. اثر معنی‌دار محیط، نشانه‌ای از تأثیر متفاوت مکان‌های آزمایشی و سال‌های زراعی بر عملکرد است؛ حال آن که، اثر معنی‌دار برهمکنش ژنوتیپ×محیط بیانگر نوسان عملکرد ژنویپ‌ها در محیط‌های آزمایشی است که می‌تواند برآمده از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی، دگرگونی‌های آب و هوایی و ... باشد (Hajivand *et al.*, 2020). سهم بیشتر اثر محیط در توجیه مجموع مربعات کل، نشان‌دهنده دامنه گسترده‌تر اثرات اصلی محیط و به بیانی دیگر تفاوت بین محیط‌ها است که دلیل این تفاوت می‌تواند ناشی از میزان و پراکنش بارندگی در طول سال‌ها و مکان‌های انجام آزمایش و همچنین تفاوت در توزیع ماهانه بارندگی در دوره‌های مختلف رشدی گیاه باشد. سهم بیشتر برهمکنش ژنوتیپ در محیط می‌تواند به واکنش‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها به عوامل جغرافیایی و اقلیمی نسبت داده شود. بنابراین با توجه به نوسان عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و برهمکنش معنی‌دار بین محیط و ژنوتیپ، نتیجه‌گیری و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس نتایج تجزیه مرکب و مقایسه میانگین عملکرد دانه کافی نیست و باید برای تعیین اندازه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و افزایش بازده گزینش ژنوتیپ‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار یا سازگار به مناطق، روش‌های مختلف تجزیه پایداری را به کار بست. با توجه به دریافت لاین‌های پیشرفته از یک برنامه به‌نژادی در مرکز بین‌المللی پژوهش کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA)[1]، این ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چندمحیطی در مقایسه با محیط و برهمکنش ژنوتیپ×محیط نقش کمتری در توجیه تنوع کل داشتند. در بسیاری از پژوهش‌ها اثر محیط بسیار بزرگ و قابل بهره‌برداری نیست و از آن‌جا که تنها اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط است که در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار اهمیت دارند، لذا در این موارد بهتر است که اثر محیط حذف شود و بیشتر بر اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ×محیط تمرکز شود (Gauch *et al.*, 1996). برای رسیدن به چنین هدفی، می‌توان از روش‌های چندمتغیره مانند روش AMMI و روش GGE بای‌پلات استفاده کرد.

از آنجا که برهمکنش ژنوتیپ در محیط معنی‌دار بود، تجزیه پایداری با استفاده از شاخص‌های AMMI انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه اصلی نخست در سطح احتمال ۱درصد و مؤلفه اصلی پنجم در سطح احتمال ۵درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و این پنج مؤلفه در مجموع ۹۰/۸ درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ در

۱. International Center for Agricultural Research in the Dry Arreas (ICARDA)

محیط را بر عملکرد دانه توجیه کردند، به‌طوری‌که سهم دو مؤلفه اصلی نخست به‌ترتیب برابر با ۴۲/۵درصد و ۱۹/۴درصد بود (جدول ۶). در تطابق با این نتیجه، پژوهشگران دیگری نیز سهم ۴۳/۰۹ و ۲۳/۳۴درصدی (Kanouni *et al.*, 2016)، ۴۸ و ۲۸درصدی (Zali *et al.*, 2008) و ۴۷/۴۹ و ۲۵/۲۵درصدی (Danyali *et al.*, 2012) دو مؤلفه اصلی اول و دوم را در برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود نشان داده‌اند و با کشیدن نمودارهای بای‌پلات، ژنوتیپ‌های مناسب برای هر ناحیه و همچنین لاین‌های دارای سازگاری عمومی را شناسایی نموده‌اند. همچنین با توجه به اثر کاهنده برهمکنش ژنوتیپ در محیط بر پیشرفت ناشی از گزینش، تلفیق پایداری با عملکرد می‌تواند به نتایج مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌ها بینجامد، از این‌رو شاخص انتخاب همزمان (Farshadfar, 2008) به‌کار برده شد.

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب روش امی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود

Table 6. AMMI analysis of variance for seed yield of chickpea genotypes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	مجموع مربعات Sum square	میانگین مربعات Mean square	درصد Percent
محیط ENV	10	226909632	22690963**	79.2
خطای محیط REP(ENV)	22	4213610	191528	
ژنوتیپ GEN	19	6873836	361781**	2.4
ژنوتیپ×محیط Gen×Env	190	28732495	151224**	10.0
مؤلفه اصلی اول PC1	28	12208013	436000**	42.5
مؤلفه اصلی دوم PC2	26	5582662	214718**	19.4
مؤلفه اصلی سوم PC3	24	4058045	169085**	14.1
مؤلفه اصلی چهارم PC4	22	2572514	116932**	9
مؤلفه اصلی پنجم PC5	20	1663631	83182*	5.8
مؤلفه اصلی ششم PC6	18	950796	52822 ns	3.3
مؤلفه اصلی هفتم PC7	16	903208	56450 ns	3.1
مؤلفه اصلی هشتم PC8	14	490762	35054 ns	1.7
مؤلفه اصلی نهم PC9	12	189963	15830 ns	0.7
مؤلفه اصلی دهم PC10	10	112902	11290 ns	0.4
خطای آزمایشی Residuals	418	19791356	47348	.
کل Total	659	286520929.	434781	.

ns، * و **: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

PC: Principal component

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

شاخص‌های پایداری AMMI و شاخص انتخاب همزمان (Simultaneous selection index, ssi)

ژنوتیپ۳ با ۱۶۶۳ کیلوگرم در هکتار و در پی آن، ژنوتیپ‌های ۱، ۱۷، ۲۰ و ۵ بیشترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۷). شاخص پایداری ASV، که یکی از شاخص‌های پُرکاربرد در تجزیه پایداری به روش AMMI است، ژنوتیپ‌های۳، ۴، ۱۰، ۱۳ و ۹ را با کمترین نمره، به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناساند. پژوهشگران دیگری نیز از این

شاخص برای ارزیابی تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های نخود بهره گرفته‌اند (Zali *et al.*, 2009; Danyali *et al.*, 2012; Zali *et al.*, 2012; Kanouni *et al.*, 2015; Pouresmael *et al.*, 2018). بر اساس شاخص SIPC، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳، ۱۱، ۴ و ۱۶؛ شاخص EV، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳، ۱۱، ۸ و ۱۶؛ شاخص ZA، ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۴، ۱۶ و ۸؛ و شاخص WAAS، ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۶، ۱۴ و ۱۳ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۷). شاخص‌های SIPC، ZA و EV در پژوهش‌های دیگری نیز برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نخود به‌کار گرفته شده است (Zali *et al.*, 2009; Zali *et al.*, 2012; Kanouni *et al.*, 2015; Pouresmael *et al.*, 2018). از آنجا که در محاسبه شاخص WAAS، همه مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار به‌کار گرفته شده‌اند، این شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر AMMI، دارای برتری است و چنین می‌نمایاند که ژنوتیپ پایدار شناسایی‌شده با آن، از اعتبار بیشتری برخوردار است (Olivoto *et al.*, 2019a). گزارش‌های اندکی از کاربرد این شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار در گیاهان زراعی، ازجمله در عدس (Karimizadeh *et al.*, 2020) و برنج (Sharifi *et al.*, 2021) در دسترس است.

انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با هر کدام از شاخص‌های پایداری بالا، فقط بر پایه جنبه پایداری ژنوتیپ‌ها و بدون درنظرگرفتن عملکرد دانه است، به همین دلیل ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۴ با عملکردی کمتر از متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در کل محیط‌ها (۱۴۴۷/۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار گزینش شده‌اند (جدول ۷). برای پرهیز از گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین به‌عنوان ژنوتیپ برتر، شاخص انتخاب همزمان (ssi) بر پایه هر کدام از شاخص‌های پایداری پیشنهاد شده است (Farshadfar, 2008) که در آن به هر دو جنبه پایداری و عملکرد دانه توجه شده است. بر پایه شاخص انتخاب همزمان ssiASV، ژنوتیپ‌های ۳، ۱، ۴، ۱۳ و ۱۶؛ شاخص ssiSIPC، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۶ و ۲۰؛ شاخص ssiEV، ژنوتیپ‌های ۳، ۱۶، ۱۷ و ۲۰؛ شاخص ssiZA، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۶، ۱۳ و ۱؛ و شاخص ssiWAAS، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۳، ۱۶ و ۱ برترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۷). مزیت آماره‌های ssi این است که در برآورد آن‌ها به هر دو جنبه پایداری و متوسط عملکرد یک ژنوتیپ توجه شده است و با این شاخص‌ها امکان گزینش ژنوتیپ‌های پایدار، اما با عملکرد پایین کاهش می‌یابد (Farshadfar, 2008). همانند این پژوهش، روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری در نخود (Zali *et al.*, 2009) برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده شده است. از دیگر کاربردهای تجزیه پایداری AMMI، انتخاب چهار ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد و پایداری در هر کدام از محیط‌ها است. بر این اساس، ژنوتیپ۳ در محیط‌های ۱، ۵ و ۷ در رتبه نخست؛ در محیط‌های ۲، ۳ و ۹، در رتبه دوم؛ در محیط‌های ۶ و ۸ در رتبه سوم؛ و در محیط۵ در رتبه چهارم قرار گرفت، بنابراین به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ در این روش انتخاب شد. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱، هر کدام به‌ترتیب در ۸ و ۶ محیط، جزء چهار ژنوتیپ برتر بودند و می‌توانند در اولویت‌های بعدی قرار گیرند (جدول ۸).

تفسیر بای‌پلات

در بای‌پلات نوع اول AMMI که در محور افقی و عمودی آن به‌ترتیب عملکرد دانه و نخستین مؤلفه اصلی برهمکنش ژنوتپ در محیط (IPC1) جای می‌گیرد، ژنوتیپ‌های پایدار بر پایه بزرگی و کوچکی ضرایب در این مؤلفه اصلی، شناسایی می‌شوند. در این نمودار، ژنوتیپ‌های دارای ضرایب بزرگ (مثبت یا منفی)، برهمکنش بالایی با محیط دارند، حال آن‌که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای ضرایب کوچک، برهمکنش پایینی دارند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱۸، ۹، ۶، ۱۷، ۱، ۳، ۱۶، ۴، ۱۳ و ۱۰ با کمترین ضرایب در نخستین محور مؤلفه اصلی می‌توانند ژنوتیپ‌های پایداری در نظر گرفته شوند، اما فقط میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۱۷ و ۱۳ بیشتر از میانگین کل بود و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برگزیده شوند. از سوی دیگر، ارقام شاهد آرمان (ژنوتیپ ۱۹) و آزاد (ژنوتیپ ۲۰) و ژنوتیپ۵ واقع در دورترین مکان از مبدأ بای‌پلات، ژنوتیپ‌های ناپایداری از نظر عملکرد دانه در این پژوهش بودند (شکل ۱). از دیگر کاربردهای این نوع بای‌پلات، شناسایی سهم محیط‌ها در برهمکنش ژنوتیپ در محیط است که هر اندازه درازای بردار محیطی کمتر باشد، آن محیط سهم اندکی در برهمکنش ژنوتیپ در محیط دارد. بر این اساس محیط‌های۱ (گچساران، سال اول)، ۹ (گچساران، سال سوم)، ۵ (گچساران، سال دوم)، ۲ (خرم‌آباد، سال اول) و ۳ (ایلام، سال سوم) کمترین سهم را در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشتند (شکل ۱). از آن‌جا که نخستین محور مؤلفه اصلی فقط ۴۲/۵درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ در محیط را توجیه می‌کند، به‌نظر می‌رسد که برای دستیابی به نتایجی کارآمدتر، بهره‌گیری از بای‌پلات نوع دوم AMMI که بر پایه ضرایب دو مؤلفه اصلی نخست است، بهتر باشد.

جدول ۷- شاخص‌های پایداری، رتبه ژنوتیپ‌ها و شاخص انتخاب همزمان

Table 7. Stability indices, rank of genotypes and Simultaneous selection index (ssi)

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg ha^{-1})	ASV	SIPC	EV	ZA	WAAS	rY	rASV	rSIPC	rEV	rZA	rWAAS	ssiASV	ssiSIPC	ssiEV	ssiZA	ssiWAAS
G1	1585	13.4	39.5	0.0772	0.174	7.07	2	7	17	19	14	13	9	19	21	16	15
G2	1403	39.9	57	0.164	0.339	14.8	14	18	20	20	20	20	32	34	34	34	34
G3	1663	5.07	20.5	0.0192	0.0856	3.37	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
G4	1438	5.56	20.9	0.0339	0.076	2.94	10	2	4	7	1	1	12	14	17	11	11
G5	1532	44.2	38.3	0.0675	0.255	11.8	5	20	16	15	19	19	25	21	20	24	24
G6	1422	15.6	33.5	0.0503	0.162	6.77	11	9	13	12	12	12	20	24	23	23	23
G7	1485	25.5	31.4	0.0375	0.182	8.08	8	15	9	9	15	16	23	17	17	23	24
G8	1317	18.1	23.2	0.0264	0.12	5.28	19	12	6	4	5	7	31	25	23	24	26
G9	1356	10.9	40.1	0.0717	0.16	6.15	18	5	19	18	10	9	23	37	36	28	27
G10	1221	7.28	33.2	0.0558	0.128	4.86	20	3	12	14	8	6	23	32	34	28	26
G11	1365	17.6	20.5	0.0192	0.121	5.41	17	11	3	3	6	8	28	20	20	23	25
G12	1405	19.5	26.5	0.0366	0.145	6.35	13	13	7	8	9	10	26	20	21	22	23
G13	1497	8.69	32.8	0.069	0.124	4.81	7	4	11	17	7	5	11	18	24	14	12
G14	1376	16.1	13.3	0.0073	0.0922	4.28	15	10	1	1	3	4	25	16	16	18	19
G15	1375	27.1	27.7	0.0273	0.171	7.76	16	16	8	6	13	14	32	24	22	29	30
G16	1455	12	22.7	0.0272	0.104	4.14	9	6	5	5	4	3	15	14	14	13	12
G17	1579	21	36.6	0.0524	0.184	7.83	3	14	15	13	16	15	17	18	16	19	18
G18	1413	15.2	33.8	0.0451	0.162	6.64	12	8	14	11	11	11	20	26	23	23	23
G19	1530	43.4	40.1	0.0688	0.251	11.5	6	19	18	16	18	18	25	24	22	24	24
G20	1538	37	32.5	0.0431	0.214	9.88	4	17	10	10	17	17	21	14	14	21	21

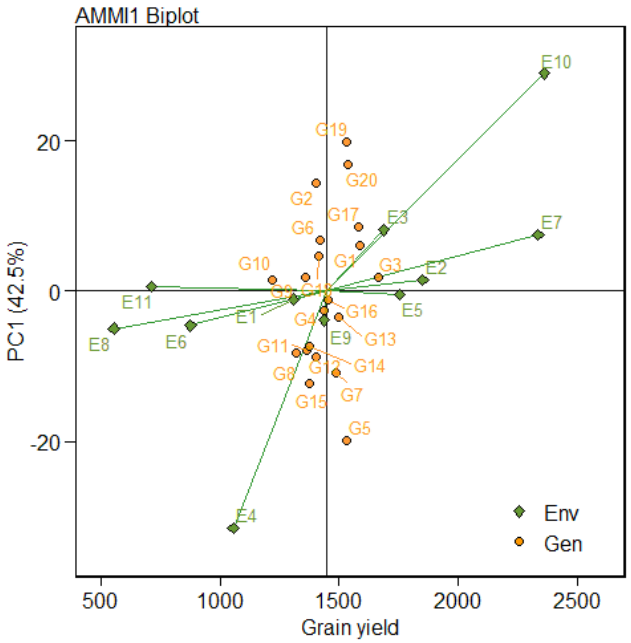
ASV: ارزش پایداری امی؛ SIPC: مجموع نمره‌های محورهای مؤلفه‌ها؛ EV: مقدار ویژه پارامتر پایداری AMMI؛ Za: قدر مطلق سهم نسبی IPC در برهمکنش؛ WASS: میانگین وزنی نمرات مطلق؛ rY: رتبه عملکرد دانه؛ rASV: رتبه شاخص ASV؛ rSIPC: رتبه شاخص SIPC؛ rEV: رتبه شاخص EV؛ rZA: رتبه شاخص ZA؛ rWAAS: رتبه شاخص WAAS؛ ssiASV: شاخص انتخاب همزمان شاخص ASV؛ ssiSIPC: شاخص انتخاب همزمان شاخص SIPC؛ ssiEV: شاخص انتخاب همزمان شاخص EV؛ ssiZA: شاخص انتخاب همزمان شاخص ZA؛ ssiWAAS: شاخص انتخاب همزمان شاخص WAAS؛

ASV: AMMI stability value; SIPC: Sum of IPCs scores; EV: Eigenvalue stability parameter of AMMI; Za: Absolute value of the relative contribution of IPCs to the interaction; WASS: Weighted average of absolute scores; rY: Rank of seed yield; rASV: Rank of ASV; rSIPC: Rank of SIPC; rEV: Rank of EV; rZA: Rank of ZA; rWAAS: Rank of WAAS; ssiASV: Simultaneous selection index of ASV; ssiSIPC: Simultaneous selection index of SIPC; ssiEV: Simultaneous selection index of EV: ssiZA: Simultaneous selection index of ZA; ssiWAAS: Simultaneous selection index of WAAS

جدول ۸- چهار ژنوتیپ انتخابی هر محیط توسط روش امی

Table 8. Four selected genotypes in any of environments by AMMI method

محیط Environment	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	امتیاز Score	رتبه اول First rank	رتبه دوم Second rank	رتبه سوم Third rank	رتبه چهارم Forth rank
محیط اول E1	1309	1.11	G3	G17	G1	G7
محیط دوم E2	1851	-1.453	G17	G3	G20	G16
محیط سوم E3	1688	-8.116	G1	G3	G19	G17
محیط چهارم E4	1054	31.525	G5	G7	G12	G3
محیط پنجم E5	1753	0.44	G3	G17	G13	G1
محیط ششم E6	874	4.589	G5	G17	G3	G16
محیط هفتم E7	2335	-7.504	G3	G17	G1	G9
محیط هشتم E8	553	4.994	G1	G7	G3	G5
محیط نهم E9	1436	3.884	G13	G3	G17	G16
محیط دهم E10	2362	-28.918	G19	G2	G20	G1
محیط یازدهم E11	711	-0.552	G2	G13	G17	G12



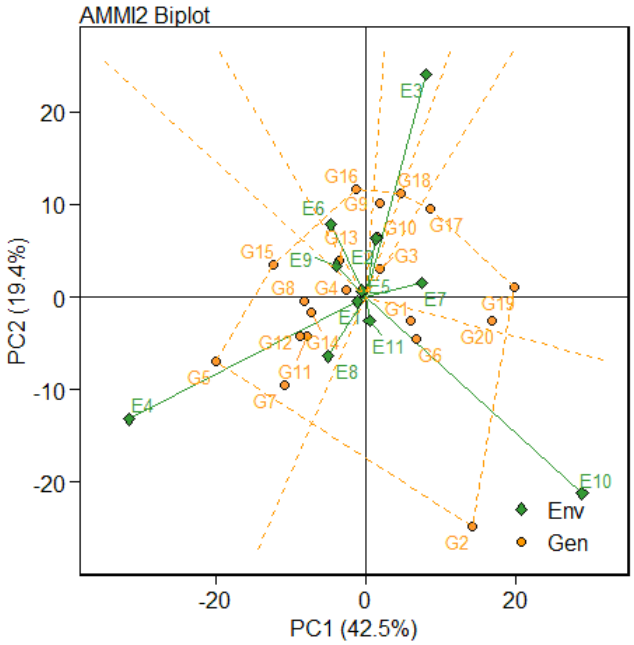
شکل ۱- بای‌پلات AMMI1 برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر نخود بر پایه میانگین عملکرد دانه و مؤلفه اصلی اول

Fig. 1. AMMI1 biplot for identity the superior chickpea genotypes based on seed yield mean and PC1

اسامی ژنوتیپ‌ها مطابق با جدول ۱ و اسامی محیط‌ها مطابق با جدول ۳ است.

The name of geonotypes and environments similar to table 1 and 3, respectively

در بای‌پلات نوع دوم که بر پایه دو مؤلفه اصلی اول (۴۲/۵درصد) و دوم (۱۹/۴درصد) کشیده شده است، ژنوتیپ‌های ۵، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۷، ۱۹ و ۲ بیشترین سهم را در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشتند و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی ناپایدار انگاشته شوند (شکل ۲). از ویژگی این نوع بای‌پلات این است که می‌تواند ژنوتیپ سازگار به هرکدام از محیط‌ها را شناسایی کند، به‌طوری‌که ژنوتیپ جای‌گرفته در رأس در هر بخش، بهترین ژنوتیپ برای محیط‌های واقع در آن بخش است (Yan *et al.*, 2000). بر این اساس ژنوتیپ ۱۶، بهترین ژنوتیپ برای محیط۶ (خرم‌آباد، سال دوم)؛ ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۹، بهترین ژنوتیپ‌ها برای محیط۳ (گنبد، سال اول)؛ ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲۰، بهترین ژنوتیپ‌ها برای محیط۷ (گنبد، سال دوم)؛ ژنوتیپ۲، بهترین ژنوتیپ برای محیط۱۰ (خرم‌آباد، سال سوم)؛ و ژنوتیپ‌های ۷ و ۵، بهترین ژنوتیپ برای محیط۴ (ایلام، سال اول) بودند. ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۳، ۱ و ۱۰ در مبدأ بای‌پلات، ژنوتیپ‌هایی با پایداری عمومی بالا شناخته شدند. این بای‌پلات همچنین نشان داد که محیط‌های ۳، ۴ و ۱۰ با بردارهای بلند، از توانایی جداکنندگی یا تمایز (Discriminating) بالایی برخوردار بودند و می‌توانند کارایی نسبی ژنوتیپ‌ها را به درستی برآورد کنند. حال آن‌که محیط‌های دیگر که درون چندضلعی جای داشتند و بردارهای کوتاه‌تری داشتند، کمترین توانایی جداکنندگی را بین ژنوتیپ‌ها داشتند و اطلاعات کمی درباره ژنوتیپ‌ها فراهم می‌آورند. در تطابق با یافته حاضر، پژوهشگران دیگری نیز با استفاده از روش بای‌پلات نوع دوم، ژنوتیپ‌های پایدار نخود را شناسایی کرده‌اند (Farshadfar *et al.*, 2011; Farshadfar *et al.*, 2013; Erdemci, 2018; Azam *et al.*, 2020).



شکل ۲- بای‌پلات AMMI2 برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر نخود بر پایه دو مؤلفه اصلی اول

Fig. 2. AMMI2 biplot for identity the superior chickpea genotypes based on first PCs

اسامی ژنوتیپ‌ها مطابق با جدول ۱ و اسامی محیط‌ها مطابق با جدول ۳ است.

The name of geonotypes and environments similar to table 1 and 3, respectively.

نتیجه‌گیری

با توجه به معنی‌داربودن اثر محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در محیط و سهم ۷۹/۲، ۲/۴ و ۱۰/۰ درصدی آن‌ها در مجموع مربعات کل، تجزیه پایداری با شاخص‌ها و بای‌پلات‌های AMMI انجام شد. تجزیه واریانس AMMI نشان داد که پنج مؤلفه اصلی اول، اثر معنی‌داری در برهمکنش ژنوتیپ در محیط داشتند. ژنوتیپ۳ (۱۶۶۳ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را داشت. بر اساس شاخص ASV، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۰، ۱۳ و ۹؛ شاخص SIPC، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳، ۱۱، ۴ و ۱۶؛ شاخص EV، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳، ۱۱، ۸ و ۱۶؛ شاخص ZA،

ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۴، ۱۶ و ۸؛ و شاخص WAAS، ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۶، ۱۴ و ۱۳ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر پایه شاخص انتخاب همزمان ssiASV، ژنوتیپ‌های ۳، ۱، ۴، ۱۳ و ۱۶؛ شاخص ssiSIPC، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۶ و ۲۰؛ شاخص ssiEV، ژنوتیپ‌های ۳، ۱۶، ۱۷ و ۲۰؛ شاخص ssiZA، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۶، ۱۳ و ۱؛ و شاخص ssiWAAS، ژنوتیپ‌های ۳، ۴، ۱۳، ۱۶ و ۱ برترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر پایه بای‌پلات AMMI1، ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۱۷ و ۱۳ با میانگین عملکرد دانه بیشتر از میانگین کل و کمترین مقادیر IPCA1، به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با سازگاری عمومی بالا بودند. بر پایه بای‌پلات AMMI2، ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۳، ۱ و ۱۰ علاوه بر پایداری عمومی بالا، دارای میانگینی بالاتر از میانگین کل بودند. این نمودار همچنین نشان داد که محیط‌های ۳، ۴ و ۱۰ با بردارهای بلند، از توانایی جداکنندگی بالایی برخوردار بودند و می‌توانند کارآیی نسبی ژنوتیپ‌ها را به درستی براورد کنند. در مجموع و بر پایه شاخص‌های مختلف، ژنوتیپ‌های ۳، ۱ و ۱۳ در بسیاری از محیط‌ها (ترکیبی از سال و مکان) و در بیشتر روش‌ها، دارای عملکرد و پایداری مطلوبی بودند و می‌توانند نامزد معرفی ارقام جدید باشند.

منابع

1. Azam, M.G., Iqbal, M.S., Hossain M.A., and Hossain, M.F. 2020. Stability investigation and genotype×environment association in chickpea genotypes utilizing AMMI And GGE biplot model. Genetics and Molecular Research 19(3): 1-15.
2. Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. Cultivation and Improvement of Chickpeas. Mashhad University Jihad Publications, Mashhad, 444 p. (In Persian).
3. Danyali, S.F., Razavi, F., Ebadi Segherloo, A., Dehghani, H., and Sabaghpour, S.H. 2012. Yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and study relationship among the univariate and multivariate stability parameters. Research in Plant Biology 2(3): 46-61.
4. Erdemci, I. 2018. Investigation of genotype×environment interaction in chickpea genotypes using AMMI and GGE biplot analysis. Turkish Journal of Field Crops 23(1): 20-26.
5. FAO, 2019. FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
6. Farshadfar, E. 2008. Incorporation of AMMI stability value and grain yield in a single non-parametric index (GSI) in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Science 11: 1791-1796.
7. Farshadfar, E., Rashidi, M., Jowkar, M.M., and Zali, H. 2013. GGE Biplot analysis of genotype×environment interaction in chickpea genotypes. European Journal of Experimental Biology 3(1): 417-423.
8. Farshadfar, E., Zali, H., and Mohammadi, R. 2011. Evaluation of phenotypic stability in chickpea genotypes using GGE-Ballot. Annals of Biological Research 2(6): 282-292.
9. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trial s with interaction. Biometrics 44: 705-715.
10. Gauch, H.G.J., and Zobel, R.W. 1996. AMMI Analysis of Yield Trials. In: M.S. Kang and H.G. Gauch (Eds.). Genotype by Environment Interaction. pp: 85-122, CRC Press, Boca Raton, New York, USA.
11. Hajivand, A., Asghari, A., Karimizadeh, R., Mohammaddoust-Chamanabad, H.R., and Zeinalzadeh-Tabrizi, H. 2020. Stability analysis of seed yield of advanced chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under tropical and subtropical rainfed regions of Iran. Applied Ecology and Environmental Research 18(2): 2621-2636.
12. Hasan, M.T., and Deb, A.C. 2017. Stability analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* l.). Horticultural International Journal 1(1): 4-14.
13. Kanouni, H., Farayedi, Y., Sabaghpour, S.H., and Saeid, A. 2016. Assessment of genotype×environment interaction effect on seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under rainfed winter planting conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 18(1): 63 -75. (In Persian with English Summary).
14. Kanouni, H., Farayedi, Y., Saeid, A., and Sabaghpour, S.H. 2015. Stability analyses for seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in the western cold zone of Iran. Journal of Agricultural Science 7(5): 219-230.

15. Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Sabaghnia, N., Shefazadeh, M.K., and Pour-alhosseini, J. 2012. Univariate stability analysis methods for determining genotype×environment interaction of durum wheat grain yield. African Journal of Bioology 11(10): 2563-2573.
16. Karimizadeh, R., Pezeshkpour, P., Barzali, M., Mehraban, A., and Sharifi, P. 2020. Evaluation the mean performance and stability of lentil genotypes by combining features of AMMI and BLUP techniques. Journal of Crop Breeding 12(36): 160-170. (In Persian with English Summary).
17. Kizilgeci, F. 2018. Assessing the yield stability of nineteen chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes grown under multiple environments in south-eastern Anatolia, Turkey. Applied Ecology and Environmental Research 16(6): 7989-7997.
18. Olivoto, T., and Lúcio, A.D.C. 2020. Metan: An R package for multi-environment trial analysis. Methods in Ecology and Evolution 1: 1-7.
19. Olivoto, T., Lucio, A.D.C., da Silva, J.A.G., Marchioro, V.S., de Souza, V.Q., and Jost, E. 2019. Mean performance and stability in multi-environment trials I: Combining features of AMMI and BLUP techniques. Agronomy Journal 111: 2949-2960. doi:10.2134/agronj2019.03.0220.
20. Pouresmael, M., Kanouni, H., Hajihasani, M., Astraki, H., Mirakhorli, A., Nasrollahi, M., and Mozaffari, J. 2018. Stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces in national plant gene bank of Iran for drylands. Journal of Agricultural Science and Technology 20: 387-400.
21. Purchase, J.L., Hatting, H., and Van Deventer, C.S. 2000. Genotype×environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil 17(3): 101-107.
22. Sharifi, P., Aminpanah, H., Erfani, R., Mohaddesi, A., and Abbasian, A. 2017. Evaluation of genotype×environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. Rice Science 24(3): 173-180.
23. Sharifi, P., Erfani, A., Abbasian, A., and Mohaddesi, A. 2021. Stability of some of rice genotypes based on WAASB and MTSI indices. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding 10.30479/IJGPB.2021.14432.1283.
24. Sneller, C.H., Kilgore-norquest, L., and Dombek, D. 1997. Repeatability of yield stability statistics in soybean. Crop Science 7: 383-390.
25. Yan, W., Hunt, L.A., Sheny, Q., and Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science 40(3): 597- 605.
26. Zali, H., Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H., and Karimizadeh, R. 2012. Evaluation of genotype×environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. Annals of Biological Research 3: 3126-3136.
27. Zali, H., Sabaghpour, S., Farshadfar, E., Pezeshkpour, P., Safikhani, M., Sarparast, R., and Hashembeigi, A. 2008. Stability analysis of yield in chickpea genotypes by additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11(42): 173-180. (In Persian with English Summary).
28. Zali, H., Sabaghpour, S.H., Farshadfar, E., Pezeshkpour, P., Safikhani, M., Sarparast, R., and Hashembeygi, A. 2009. Stability analysis of chickpea genotypes using ASV parameter and it's comparison with other methods. Iranian Journal of Field Crop Science 40(2): 21-29. (In Persian with English Summary).
29. Zobel, R.W., Wright, A.J., and Gauch, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal 80: 388-393.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 214-228 (Original Research Article)

Stability of some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by AMMI indices and biplots

Karimizadeh[1], Rahmatollah; Pezeshkpour[2], Payam; Barzali[3], Mohammad; Armion[4], Mohammad; and Sharifi[5*], Peyman

1. Research Assistant Professor, Faculty Member of Dryland Agricultural Research Institute, Kohgiloyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran; r.karimizadeh@areeo.ac.ir
2. Research Assistant Professor, Faculty Member of Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorram Abad, Iran; papezeshkpour@yahoo.com
3. Research Assistant Professor, Faculty Memberof Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran; barzali@hotmail.com
4. Research Assistant Professor, Faculty Member of Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran; amir.mirzaei53@gmail.com
5. Associate Professor, Faculty Member of Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

Received: 10 April 2021; **Revised:** 29 July 2021
Accepted: 12 September 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.2103-1006

How to cite this article:
Karimizadeh, R., Pezeshkpour, P., Barzali, M., Armion, M., and Sharifi, P. 2021. Stability of some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by AMMI indices and biplots. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 214-228.

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important legumes in the world after pea and bean and is rich in protein (21.7-23.4%), minerals (iron, phosphorus, calcium, zinc, potassium and magnesium), carbohydrates (41.1-47.4%) and vitamins (B1, B2, B3, B5, B6, B9, C, E, K). The interaction of genotype by environment, as a response of genotypes to the environmental variation is a source of complexity for breeding programs and preparation of high yielding and stable genotypes. One of the most important ways to discover the nature of genotype by environment interaction is stability analysis, which identified the stable or compatible genotypes. Different methods for investigation of genotype by environment interaction and determination of stable genotypes have been reported, which generally include uni-variate and multivariate methods. One of the multivariate methods is AMMI analysis. The purpose of present study is the evaluation of the stability of chickpea genotypes using AMMI indices and biplots.

Materials and Methods

Eighteen selective advanced genotypes of chickpea from ICARDA with two check verities (Arman and Azad) evaluated across four locations (Gachsaran, Ilam, Gonbad and Khoramabad) at three growing seasons, in a completely randomized block design with three replications. The data of 3rd year in Gonbad were lost and therefore, the analysis of data performed on 11 environments. Average seed yield of genotypes estimated

*** Corresponding Author:** sharifi@iaurasht.ac.ir

at each environment (combination of location and growing season) and used for analysis. Statistical analyses including simple analysis of variance, combined analysis of variance and stability analysis carried out by metan (Multi environment trial analysis) R package. Five AMMI stability indices including ASV (AMMI stability value), SIPC (Sum of IPCs scores), EV (Eigenvalue stability parameter of AMMI), Za (Absolute value of the relative contribution of IPCs to the interaction), WASS (Weighted average of absolute scores) and simultaneous selection index (ssi) of these parameters was used for stability evaluation of genotypes.

Results and Discussion

Combined analysis of variance indicated environment, genotype and genotype by environment interaction accounted 79.2, 2.4 and 10.0% of the phenotypic variation of seed yield, respectively. The significant effect of genotype indicated the wide genetic background of genotypes, while the significant effect of genotype by environment interaction is indicated the diversity of genotypes in test locations and growing years and exhibited the necessary of evaluation of genotypes in multiple environments. According to the significant effect of genotype by environment interaction, AMMI analysis was carried out by principal components analysis and the results indicated the significant effects of five principal components on seed yield. The first two principal components contributed to 42.5 and 19.4% of genotype by environment interaction. Genotype G3 (1663 kg ha^{-1}) followed by G1, G17, G20 and G5 had the highest seed yield. According to the ASV and WAAS indices, G3, G4 and G13; EV and ZA indices, G3, G14, G16 and G6; and SIPC, G14, G3, G11, G4 and G16 were the most stable genotypes. Selection of these genotypes was done only on stability aspect of genotypes, therefore simultaneous selection index (ssi) based on any of these parameters was used to evaluate the simultaneously selection of genotypes based on seed yield stability and performance. Genotypes G3, G1, G4, G13 and G16 selected as superior genotypes by ssiASV, ssiZA and ssiWAAS indices; while based on ssiSIPC and ssiEV, G3, G16 and G20 were as the best genotypes. The other applications of AMMI stability analysis are selection of best genotypes in any of environments. According to this procedure, genotype G3 was placed in the first order in E1, E5 and E7; in the second order in E2, E3 and E9; in the third order in the E6 and E7; and in the fourth order in the E5. The AMMI1 biplot (IPCA1 *vs* grain yield) identified G1, G3, G17 and G13 as high yielding and stable genotypes with seed yield higher than total mean and lowest IPCA1 values. This biplot was also indicated environments E1, E9, E5, E2 and E3 had the lowest contribution in genotype by environment interaction interaction. The first principal components explained only 42.5% of genotype by environment interaction, and therefore, it seems that using the AMMI2 biplot is more efficient to identify the superior genotypes. In AMMI2 biplot (IPCA1 *vs* IPCA2), genotypes G4, G3, G13, G1 and G10 had high general stability. The environments E3, E4 and E10 with long vectors, had high discriminating ability and can estimate the relative efficiency of genotypes well.

Conclusion

In general, based on different indices, G3, G1 and G13 had high yield in most of environments, and in most methods had good stability and could be candidates for introduction of new cultivars.

Keywords: Adaptability؛ Biplot؛ Genotype by environment interaction؛ Principal components؛ Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
مشخصات داوران سال(دوره) ۱۲ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۴۰۰، شمارۀ پیاپی: ۲۴
(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	مجید	آقاعلیخانی	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر	غلامعباس	اکبری	دانشکده کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	عباس	بیابانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد
دکتر	مهدی	پارسا	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرضیه	ثمره هاشمی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر	سعیدرضا	حسین‌زاده	گروه زیست‌شناسی دانشگاه صنعتی خاتم‌الأنبیاء بهبهان
دکتر	جواد	حمزه‌ای	دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	حمیدرضا	درّی	ایستگاه ملی تحقیقات لوبیا- خمین
دکتر	مهدی	راستگو	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	پرویز	رضوانی‌مقدم	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمدجواد	زارع	دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام
دکتر	علی	سپهری	دانشگاه بوعلی سینای همدان
دکتر	سارا	سنجانی	مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر	جهانشیر	شاکرمی	دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
دکتر	اصغر	شیروانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر	داود	صادق‌زاده اهری	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور- مراغه
دکتر	حسین	صادقی نامقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی	قنبری	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	بهنام	کامکار	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
دکتر	هدایت‌اله	کریم‌زاده سورشجانی	دانش‌آموخته دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی	گنجعلی	دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سیدمحمدمهدی	مرتضویان	دانشکده کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
دکتر	حسن	مکاریان	دانشگاه صنعتی شاهرود
دکتر	سعید	ملک‌زاده شفارودی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکدۀ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	رستم	یزدانی بیوکی	مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

Title	Author(s)	Page
• **The effects of growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water shortage stress conditions**	Tabatabaei, Seyede Samira; Jahan, Mohsen; and Hajmohammadnia Ghalibaf, Kamal	**151**
• **The effect of cultivar and planting date on density and damage of chickpea leaf-miner (*Liriomyza congesta* Becker) in the Oshnavia region, West Azarbaijan province, Iran**	Abbasi, Najmuddin; Ghassemi-Kahrizeh, Akbar; and Hosseinzadeh, Abbas	**165**
• **Investigating the effect of organic, biological and chemical fertilizers on the physiological and forage qualitative characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) in rainfed conditions and supplementary irrigation**	Heydarzadeh, Saeid; Hasanzadeh Gorttapeh, Abdollah; and Rahimi, Amir	**183**
• **Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morphophysiological indicators**	Ahmadpour, Raheleh; Salimi, Azam; Zeidi, Haniyeh; and Armand, Nezam	**199**
• **Stability of some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by AMMI indices and biplots**	Karimizadeh, Rahmatollah; Pezeshkpour, Payam; Barzali, Mohammad; Armion, Mohammad; and Sharifi, Peyman	**214**

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles

Vol. 12, No. 2, 2021, S. No.: 23

Title	Author(s)	Page
• **Study of grain filling components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using segmented model under irrigation withholding condition, Methanol application and seed inoculation with bio fertilizers**	Seyed Sharifi, Raouf and Seyed Sharifi, Reza	**12**
• **Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on germination and seedling growth of Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)**	Mirzaee, Mohammad and Saeedipour, Saeed	**26**
• **Evaluating the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on five cultivars and one genotype of chiti bean in field conditions**	Ashtari, Sedighe	**34**
• **Evaluation of the effect of wild barley weed spike cut off in crop rotation on early and late sowing chickpea yield in Lorestan climatic conditions**	Mousavi, Seyyed Karim	**46**
• **The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes**	Zamani , Gholamreza; Ghotbinezhad, Davood; Sayyari, Mohammad Hasan; and Nabipour, Zohreh	**57**
• **Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions**	Ranjbar, Siamac; Ghobadi, Mohammad-Eghbal; and Ghobadi, Mokhtar	**69**
• **Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran**	Bakhshi, Behnam; Pouresmaeil, Masoumeh; and Keshtgar Khajedad, Mohammad	**85**
• **Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes**	Arshadi, Mohammad Javad; Parsa, Mahdi; Lakzian, Amir; and Kafi, Mohammad	**104**
• **Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus**	Kamali, Bahram; Rahemi Karizaki, Ali; Biabani, Abbas; and Mollashahi, Mahdi	**122**
• **Effect of salicylic acid spraying and application of biofertilizers on the physiological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions**	Momeni, Fardin; Abdali Mashhadi, Alireza; Siadat, Seyeed Ataolah; Pakdaman Sardrood, Babak; and Mokhtar Ghobadi	**136**

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 12, No. 2, 2021, S. No.: 24

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(2); December 2021; S.No.24

• **Study of grain filling components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using segmented model under irrigation withholding condition, Methanol application and seed inoculation with bio fertilizers**	Seyed Sharifi, Raouf and Seyed Sharifi, Reza
• **Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on germination and seedling growth of Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)**	Mirzaee, Mohammad and Saeedipour, Saeed
• **Evaluating the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on five cultivars and one genotype of chiti bean in field conditions**	Ashtari, Sedighe
• **Evaluation of the effect of wild barley weed spike cut off in crop rotation on early and late sowing chickpea yield in Lorestan climatic conditions**	Mousavi, Seyyed Karim
• **The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes**	Zamani , Gholamreza; Ghotbinezhad, Davood; Sayyari, Mohammad Hasan; and Nabipour, Zohreh
• **Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions**	Ranjbar, Siamac; Ghobadi, Mohammad-Eghbal; and Ghobadi, Mokhtar
• **Assessment of agro-morphological traits diversity in cowpea landraces originated from arid and warm regions of Iran**	Bakhshi, Behnam; Pouresmaeil, Masoumeh; and Keshtgar Khajedad, Mohammad
• **Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes**	Arshadi, Mohammad Javad; Parsa, Mahdi; Lakzian, Amir; and Kafi, Mohammad
• **Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus**	Kamali, Bahram; Rahemi Karizaki, Ali; Biabani, Abbas; and Mollashahi, Mahdi

(Complete list, inside the journal…)