نشریه پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

دوفصلنامه علمی- پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۴، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۲

• بررسی و خالص‌سازی توده‌های بومی لوبیاچیتی در استان زنجان	مسعود کامل شیخ‌رجه، سیدحسین ناظر کاخکی و سیده سودابه شبیری
• گروه‌بندی تعدادی ژنوتیپ نخود کابلی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره	هادی‌محمد علی‌پور یامچی، محمدرضا بی‌همتا، سیدعلی پیغمبری، محمدرضا نقوی و ناصر مجنون‌حسینی
• واکنش خصوصیات فنومورفولوژیک ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) به آبیاری تکمیلی در شرایط مشهد	فریده سادات حسینی، احمد نظامی، مهدی پارسا و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف
• بررسی ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد سه رقم ماش (*Vigna radiate* (L.) Wilezek) در واکنش به کم‌آبیاری در منطقهٔ سیستان	جعفر زارع زارگز و محمد گلوی
• بررسی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik.) تحت رژیم‌های دمایی و تنش خشکی	مهدی پارسا، علی گنجعلی و عبدالله بیک‌خورمیزی
• بررسی اثر کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با مواد طبیعی بر ویژگی‌های رویشی ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.)	مهدی حق‌پرست و سعیده ملکی فراهانی
• بررسی اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس نخود (*Cicer arietinum* L.)	راهله رهباریان، رمضانعلی خاوری‌نژاد، علی گنجعلی، عبدالرضا باقری و فرزانه نجفی
• تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک دو ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی	مریم شوریابی، پروانه ابریشم‌چی و علی گنجعلی
• بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) در شرایط مزرعه‌ای گیلان	فرشته جهان‌آرای کلشتاجانی، سیدمصطفی صادقی و مجید عاشوری
• بررسی اثرات بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش‌های فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک بر رشد حبوبات در شرایط گلخانه	ابراهیم ایزدی دربندی و مسعود آزاد

با همکاری

دانشگاه فردوسی مشهد

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

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۴، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۲

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

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

جلد ٤، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۲

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی

مدیر مسئول: دکتر محمّد کافی

سردبیر: دکتر عبدالرضا باقری

مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا

هیئت تحریریه:

احمد ارزانی	استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان
هادی استوان	استاد حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات فارس
علیرضا افشاری‌فر	دانشیار بیماری‌های گیاهی، دانشگاه شیراز
نادعلی بابائیان جلودار	استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
عبدالرضا باقری	استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد
غلامحسین حق‌نیا	استاد خاک‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
سیدحسین صباغ‌پور	دانشیار اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
محمّد کافی	استاد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
سرالله گالشی	استاد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
محمد گلوی	دانشیار زراعت، دانشگاه زابل
علی گنجعلی	دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
ناصر مجنون‌حسینی	استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
حسین معصومی	دانشیار گیاه‌پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
احمد معینی	دانشیار بیولوژی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس
احمد نظامی	استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد

ویراستار: مهندس حسن پُرسا

همکاران این شماره: حامد طلاچیان- سیدمهدی میرشاه‌ولای- رحمان اسدی

ناشر: پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

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 علوم و تحقیقات فارس و علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و با هدف گسترش همکاری‌های علمی و پژوهشی منتشر می‌شود.

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

- پایگاه استنادی علوم جهان اسلام **http://www.isc.gov.ir**
- پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی **http://fa.journals.sid.ir**
- بانک اطلاعات نشریات کشور **http://www.magiran.com**

نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی
دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴
تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۴۸۲۵ (۰۵۱)
پُست الکترونیک: rcps@um.ac.ir
تارنما: http://jm.um.ac.ir/index.php/IJPR و http://rcps.um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد ٤، شمارهٔ ٢، نیمهٔ دوّم ١٣٩٢

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• **بررسی و خالص‌سازی توده‌های بومی لوبیاچیتی در استان زنجان**	مسعود کامل شیخ‌رجه، سیدحسین ناظر کاخکی و سیده سودابه شبیری	۹
• **گروه‌بندی تعدادی ژنوتیپ نخود کابلی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره**	هادی‌محمد علی‌پور یامچی، محمدرضا بی‌همتا، سیدعلی پیغمبری، محمدرضا نقوی و ناصر مجنون‌حسینی	۲۱
• **واکنش خصوصیات فنومورفولوژیک ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) به آبیاری تکمیلی در شرایط مشهد**	فریده سادات‌حسینی، احمد نظامی، مهدی پارسا و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف	۳۵
• **بررسی ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد سه رقم ماش (*Vigna radiate* (L.) Wilezek) در واکنش به کم‌آبیاری در منطقهٔ سیستان**	جعفر زارع زارگز و محمد گلوی	۵۱
• **بررسی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik) تحت رژیم‌های دمایی و تنش خشکی**	مهدی پارسا، علی گنجعلی و عبدالله بیک‌خورمیزی	۶۵
• **بررسی اثر کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با مواد طبیعی بر ویژگی‌های رویشی ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.)**	مهدی حق‌پرست و سعیده ملکی فراهانی	۷۷
• **بررسی اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس نخود (*Cicer arietinum* L.)**	راهله رهباریان، رمضانعلی خاوری‌نژاد، علی گنجعلی، عبدالرضا باقری و فرزانه نجفی	۸۷
• **تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک دو ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی**	مریم شوریابی، پروانه ابریشم‌چی و علی گنجعلی	۹۹
• **بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) در شرایط مزرعه‌ای گیلان**	فرشته جهان‌آرای کلشتاجانی، سیدمصطفی صادقی و مجید عاشوری	۱۱۱
• **بررسی اثرات بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش‌های فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک بر رشد حبوبات در شرایط گلخانه**	ابراهیم ایزدی دربندی و مسعود آزاد	۱۲۱

سخن سردبیر

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دوّمین منبع مهم غذایی انسان پس از غلات، به‌شمارمی‌روند. این گیاهان با داشتن قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن، نقش درخورتوجهی در بهبود حاصلخیزی خاک دارند. حبوبات در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی، کشت و کار 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 یک‌میلیون‌ودویست‌هزار هکتار 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 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؛ به‌طوری که 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، 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 محققان 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 علمی‌پژوهشی **"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.

با احترام

عبدالرضا باقری

سردبیر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

باسمه تعالی

نشریه پژوهش های حبوبات ایران
دوفصلنامه علمی- پژوهشی
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

الف- معرفی نشریه

«پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجهٔ علمی‌پژوهشی که به‌وسیلهٔ پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامهٔ همکاری با شِش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت‌مدرس، شهیدباهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات 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 خلّر است.

ب- فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

ب-۱- مقالات باید نتیجهٔ پژوهش‌های اصیل در زمینه حبوبات بوده و پیش‌تر در نشریهٔ دیگری چاپ نشده و یا همزمان به نشریهٔ دیگری ارسال نشده 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://jm.um.ac.ir/index.php/IJPR 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. این تعهدنامه باید به امضای نویسندهٔ مسئول و نیز یکایک سایر نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانهٔ اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های الحاقی، بارگذاری گردد.

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

ب-۴- مقالات به‌وسیلهٔ 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 چکیده 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 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 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 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 قید گردند: عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی نگارنده(گان)، درجهٔ علمی، عنوان شغلی، محل خدمت، آدرس دقیق پستی، پُست الکترونیک، تلفن ثابت و تلفن همراه. چنانچه مقاله توسط بیش از یک‌نفر تهیه شده باشد، نام مسئول مکاتبه (Corresponding Author) با گذاشتن ستاره‌ای روی آن، مشخص و در پاورقی همین صفحه درج شود. صفحهٔ مشخصات، بدون شماره است. 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 گام پنجم از فرآیند ارسال مقاله (بارگذاری فایل‌های الحاقی)، بارگذاری شود.

ج-۲-۲- فایل متن مقاله، باید حاوی بخش‌های عنوان، چکیدهٔ فارسی و واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، سپاسگزاری (در صورت لزوم)، فهرست منابع و چکیدهٔ انگلیسی باشد. در اولین صفحه، عنوان مقاله بدون هرگونه ذکر نام و مشخصات نویسنده(گان)، درج شود. عنوان باید خلاصه، روشن و بیان‌کنندهٔ موضوع پژوهش بوده و از ۲۰کلمه تجاوز نکند. چکیده، 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 همراه با 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.

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. این 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. ترجمهٔ انگلیسی عنوان‌ها و زیرعنوان‌های جداول و شکل‌ها و نیز واحدها و توضیحات علایم و اختصارات، در زیر نوشتهٔ فارسی آنها درج شود. ساختار جداول به‌صورت چپ‌چین تنظیم شده و محتوای آنها (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شود. شکل‌ها کاملاً به انگلیسی تهیه شوند. 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" بعد از نتایج و بحث 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 به‌صورت اسم نویسنده(گان) و تاریخ انتشار منبع باشد. حتی‌الامکان از نام بردن 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، به‌صورت 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 عنوان مقاله به انگلیسی، چکیدهٔ انگلیسی و کلمات کلیدی به زبان انگلیسی است. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیدهٔ انگلیسی تا حد امکان منطبق با چکیدهٔ فارسی تنظیم شود.

ج-۳- نحوهٔ تنظیم فهرست منابع

کلیهٔ منابع فارسی و انگلیسی، به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازهٔ ۱۲در 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.

در انتها، فایل متن مقاله را نیز در گام چهارم از فرایند ارسال مقاله، بارگذاری نمایید.

*****

نشانی:

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

صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۴۸۲۵ (۰۵۱)

پست الکترونیک: rcps@um.ac.ir

تارنما: http://jm.um.ac.ir/index.php/IJPR

http://rcps.um.ac.ir

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۲۰-۹، نیمهٔ دوم۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 9-20

بررسی و خالص‌سازی توده‌های بومی لوبیاچیتی در استان زنجان

مسعود کامل شیخ‌رجه[1*]، سیدحسین ناظر کاخکی[2] و سیده‌سودابه شبیری[3]

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان زنجان

۲ و۳- محققان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان زنجان

(به‌ترتیب shnkakhki@yahoo.com و s.shobeiri@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶

چکیده

این تحقیق به‌منظور خالص‌سازی توده‌های بومی لوبیاچیتی انجام شد. در سال اول (۱۳۸۲)، ۱۱توده محلی از مناطق عمده کشت لوبیاچیتی جمع‌آوری و کشت گردید. بر اساس معیار انتخاب تک‌بوته از قبیل عملکرد بالا، زودرسی، تعداد زیاد غلاف و متحمل در برابر آفات و بیماری‌ها، تک‌بوته‌ها انتخاب شدند. در سال دوم، بذور تک‌بوته‌های انتخابی را به‌همراه دو شاهد COS16 و تلاش (هر ۵ لاین، یک شاهد) در یک آزمایش مقدماتی مقایسه عملکرد بدون تکرار آگومنت مورد بررسی و ۲۳لاین با صفات برتر ذکر شده در بالا انتخاب گردید. در سال سوم، این لاین‌ها به‌همراه دو شاهد تلاش و COS16 در یک آزمایش لاتیس مربع ۵×۵ با دو تکرار، کشت شده و از این آزمایش، ۹لاین برتر انتخاب شد. در سال چهارم، این لاین‌ها با سه شاهد COS16 و تلاش و رقم محلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار برای مشخص‌شدن لاین‌های برتر، مورد بررسی قرار گرفت. در سال پنجم، از شش لاین انتخاب‌شده در سال گذشته، سه لاین خالص، خصوصیات بهتری نشان دادند. برای تعیین سازگاری با محیط، عملکرد بهتر و سایر صفات زراعی، سه لاین انتخاب‌شده از استان زنجان با لاین‌های برتر و خالص محلی از استان فارس در طرح سازگاری منطقه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که عملکرد لاین‌های لوبیاچیتی در سطح ۵درصد، معنی‌دار است. لاین‌های Z1 (زنجان) و E10 و E9 (اقلید) به‌ترتیب با عملکرد ۲۵۴۶، ۲۳۲۸ و ۲۳۱۳کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد را نسبت به شاهدهای آزمایش دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: توده‌های بومی، خالص‌سازی، عملکرد، لوبیاچیتی

مقدمه

لوبیا از جنس *Phaseolus* دارای ۲n=۲x=۲۲ کروموزوم و بیش از۵۰گونه می‌باشد. یکی از مهم‌ترین گونه‌های لوبیا، *Phaseolus vulgaris* L. است که بیشترین ارقام قابل‌کشت ایرانی و خارجی را شامل می‌شود (Majnoon Hosseini, 1994). بذور رسیده و خشک حبوبات، دارای ارزش غذایی زیاد و قابلیت نگهداری خوبی هستند و یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین (۱۸ تا ۳۲درصد) می‌باشند. طبق مطالعات انجام‌شده، ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می‌تواند سوءتغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف سازد. از طرف دیگر، با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاهان، قراردادن آنها در تناوب، به پایداری سیستم‌های زراعی کمک می‌کند (Van Schoonhoven & Voyest, 2001). شاید بیشترین تغییرات متمایزکنندهٔ تیپ‌های وحشی از زراعی، از نوع مورفولوژیکی است. این تغییرات بر هر دو قسمت رویشی و زایشی گیاه اثر می‌گذارد. تیپ رشدی بالارونده لوبیای وحشی، نوعی سازگاری به محیط خاص آن است. درختچه‌ها و درختان که نوعی قیّم مکانیکی برای گیاه وحشیِ رونده فراهم می‌کنند، رقبای آن برای نور نیز هستند. در چنین شرایطی تطابق گیاه با تیپ رشدی کوتاه، کاهش می‌یابد و تیپ رشدی بالارونده لوبیای وحشی شامل شاخه‌هایی با انشعابات فراوان، میان‌گره‌های بلند و ضعیف، تعداد زیاد گره و قابلیت جفت‌شدن است. به علاوه، شاخه‌ها در ابتدا حالت دیاژئوتروپیک (شاخه‌ها در زاویهٔ راست و نسبت به نیروی جاذبه رشد می‌کنند) دارند و تنها پس از تماس با یک قیّم است که بالا می‌روند (Smart, 1988).

Bliss (1971) دریافت که در بین لاین‌های دارای رشد محدود، تیپ رشد گسترده نسبت به تیپ عمودی غالبیت کامل داشته و توسط یک ژن کنترل می‌شود. در مورد ارتفاع گیاه، یک موتانت پاکوتاه حاصل از اشعه گاما توسط یک ژن غالب

* **نویسنده مسئول:** زنجان، کیلومتر۷ جاده سهرین (شهرک صنعتی)، جنب هنرستان کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان زنجان، تلفن: ۰۲۴۱-۲۲۲۶۱۴۸، نمابر: ۰۲۴۱-۲۲۲۱۷۵۴، همراه: ۰۹۱۲۵۴۱۷۹۶۵
masoud.kamel@yahoo.com

کنترل می‌شود؛ در حالی‌که موتانت پاکوتاه ناشی از متان سولفاتات توسط یک ژن مغلوب کنترل می‌شود. هنگام تلاقی یک والد رشدمحدود و بوته‌گسترده با یک والد رشدنامحدود و کوتاه، تیپ رشدنامحدود و ارتفاع زیاد، گیاهان غالب هستند. در مورد تعداد غلاف، اثر هتروزیس مشاهده و این اثر بین ۶۹درصد تا ۴۵درصد محاسبه شده است. در خصوص ژن‌های کنترل‌کنندهٔ تعداد غلاف، هم غالبیت و هم فوق‌غالبیت مشاهده شده است. Holliday (1990) در مطالعات خود نتیجه گرفت که رابطهٔ بین افزایش تولید بذر و جمعیت بوته، متفاوت است. با افزایش جمعیت بوته، عملکرد بذر تا حد نهایی خود افزایش یافته و در یک دامنه ثابت مانده و سپس با افزایش فشار جمعیت، حتی وقتی رطوبت و مواد غذایی، عامل محدودکننده نیست، عملکرد بذر به سرعت کاهش می‌یابد. Stoilova *et al*, (2005) ارزیابی۲۰صفت مورفولوژیک را بر اساس دستورالعمل IPGRI، بر روی۳۰نژاد محلی از انواع لوبیا بر اساس آنالیز خوشه‌ای انجام دادند که در نهایت، چهار نژاد لوبیا برای اهداف اصلاحی که شامل تعداد بذر در بوته، تعداد غلاف در بوته و زودرسی بودند، انتخاب شدند. Mvale *et al*, (2008) با بررسی پایداری عملکرد هفت لاین لوبیا در سه منطقه در طی دو سال، سه لاین (SDDT-54-C5 and PC490D8- Por715) را که در سه منطقهٔ فوق از لحاظ پایداری، عملکرد برتری داشتند، انتخاب نمودند.

همچنین، در یک تحقیق مشخص شد که تنوع ژنتیکی از تقسیم‌بندی جغرافیایی تبعیت نمی‌کند، بلکه تطابق و الگوپذیری نسبی بین تنوع ژنتیکی و اقلیمی وجود دارد (You *et al*., 1989). در یک تحقیق، برای بررسی تنوع ژنتیکی با گروه‌بندی مناطق مورد مطالعه، از دو روش آماری تجزیهٔ خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و نشان داده شد که بین تنوع ژنتیکی و الگوپذیری جغرافیایی ارتباطی وجود ندارد (Vojdani & Asghari, 1994). تعداد ۱۶۱۷لاین و رقم گلرنگ ایرانی برای هفت صفت کمّی مورد مطالعه قرار گرفت و تغییرپذیری وسیعی بین مخزن ژرم‌پلاسم مناطق جغرافیایی در گلرنگ یافت شد (Yazdi Samadi, 1979). از نظر آلودگی مزارع لوبیا به بیماری‌های گیاهی در استان زنجان، طرح‌های مختلفی اجرا شده است که بیانگر وجود بیماری‌های ویروسی با آلودگی بالا در همهٔ مزارع و بیماری‌های ریشه و طوقه بر روی لوبیاچیتی در خرمدرّه و بیماری آنتراکنوز در روستاهای صائین‌قلعه، نصیرآباد و پیرزاغه می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در استان، ۴۲ تا ۸۵درصد مزارع لوبیاچیتی با میانگین ۱۶/۵درصد، آلوده به بیماری آنتراکنوز می‌باشند و بیماری‌های ریشه و طوقه در شهرستان خرمدره تا ۷۰درصد نیز مشاهده گردیده است (Moeini, 1995). با بررسی ۱۳صفت مورفولوژیک در لوبیا مشخص شد که همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف در گیاه، بسیار معنی‌دار است (Santalla *et al.*,1993). تعداد غلاف، ارتفاع و تعداد روز تا گلدهی، متغیرهایی هستند که با عملکرد دانهٔ لوبیا ارتباط مستقیمی دارند (Ramirez *et al*., 1994). در بررسی اجزای عملکرد دانهٔ لوبیا مشخص شد که برای صفات ارتفاع بوته و میانگین طول غلاف، اثر افزایشی ژن وجود دارد؛ ولی برای صفات تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته و وزن دانه، اثرات فوق‌غالبیت وجود دارد. تعداد غلاف در هر بوته، بیشترین اثر را بر وزن دانه در هر گیاه به‌طور مستقیم و همچنین به‌طور غیرمستقیم از طریق تعداد شاخه‌های بارور، میانگین طول غلاف و تعداد دانه در هر بوته دارد (Dimova *et al*., 1992).

یکی از مهم‌ترین استان‌های لوبیاکاری ایران، استان زنجان است که با دارابودن سطح زیرکشت ۱۱۴۶۱هکتار و تولید ۲۹هزار تُن با متوسط عملکرد۲۵۰۰کیلوگرم در هکتار، از نظر میزان تولید در سطح کشور، بعد از استان‌های لرستان، مرکزی، چهارمحال‌وبختیاری، خوزستان و فارس، رتبه ششم را داراست. بنابراین، استان زنجان یکی از مناطق مستعدّ کشت و توسعهٔ لوبیا در ایران می‌باشد و بیشتر کشت‌وکار در شهرستان‌های ابهر و خرمدره انجام می‌شود (Anonymous, 2009). در اکثر موارد، بذور مورد استفادهٔ زارعان، ناخالص بوده و بوته‌های سبزشده، از نظر شکل بوته، زودرسی و یکنواختی در رسیدن، با هم متفاوت می‌باشند. بنابراین، اهمیت اجرای طرح‌هایی جهت انتخاب بهترین لاین‌ها از نظر عملکرد، درجه سازگاری، مقاومت نسبی در برابر بیماری‌های گیاهی و تحمل آنها در برابر خسارت آفات مهم، مشخص می‌شود. در نهایت، با انتخاب و تکثیر لاین‌های برتر، بذور خالص و یکنواخت، تهیه و در دسترس کشاورزان قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انتخاب ارقام جدید، پُرمحصول، خالص و متحمل در برابر آفات و بیماری‌ها، از میان تودهٔ محلی لوبیاچیتی، بررسی‌های زیر به‌مدت پنج سال در استان زنجان به روش انتخاب لاین خالص[1] انجام شد. در سال اول (۱۳۸۲)، بعد از جمع‌آوری۱۱تودهٔ محلی از مناطق عمدهٔ کشت لوبیاچیتی استان، بذور توده‌ها به‌طور جداگانه در ۸خط۱۰متری در ایستگاه خیرآباد کشت گردید. در طول دوران رشد و نمو،

[1] Pure Line Selection

یادداشت‌برداری‌های لازم، انجام و تعدادی تک‌بوته بر اساس معیار انتخاب شامل عملکرد بالا، زودرسی، تعداد غلاف و متحمل در برابر آفات و بیماری‌ها در شرایط اپیدمی طبیعی، توسط کارشناسان بخش گیاه‌پزشکی، انجام و گزینش شد. عملیات تهیه زمین در تمام سال‌ها شامل شخم، دیسک، ماله و فارو، به‌طور معمول انجام گردید. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس توصیه بخش تحقیقات خاک و آب صورت گرفت. برای کنترل علف‌های‌هرز و ضدعفونی بذور، به‌ترتیب از علف‌کش ترفلان و قارچ‌کش ویتاواکس استفاده گردید. در سال دوم، تک‌بوته‌های انتخابی به‌همراه دو شاهد COS16 و تلاش (هر پنج لاین، یک شاهد) در یک آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی بدون تکرار در یک خط چهار متری به فواصل ۰/۵متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش بر اساس یادداشت‌برداری صفات مورد نظر و همچنین رسم نمودار بر اساس عملکرد لاین‌ها، تعداد۲۳لاین انتخاب شد. در سال سوم، تعداد ۲۳لاین انتخابی به همراه دو شاهد تلاش و COS16 در یک طرح لاتیس مربع ۵*۵ با دو تکرار ارزیابی گردید. در سال چهارم، ۹لاین انتخابی از آزمایش سال قبل به همراه سه شاهد COS16، تلاش و رقم محلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بررسی و از آن شِش لاین برتر انتخاب شد. در سال پنجم، طرح به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار (شِش لاین انتخابی سال قبل و یک شاهد محلی) و چهار تکرار اجرا گردید و در نهایت، لاین‌های انتخابی در یک طرح سازگاری دوساله در چند ایستگاه مورد مقایسه قرار گرفتند.

صفات مورد مطالعه و نحوهٔ اندازه‌گیری آنها: تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی: تعداد روز از کاشت (اولین آبیاری) تا زمانی که ۵۰درصد بوته‌ها به گلدهی رسیدند؛ تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک: تعداد روز تا زمانی که ۹درصد غلاف‌ها به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ یا کِرِم درآمدند؛ ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، و تعداد غلاف در بوته: اندازه‌گیری در زمان رسیدگی با انتخاب ۱۰بوته به‌طور تصادفی؛ درصد پروتئین، پتاسیم بذر، و فسفر بذر: در آزمایشگاه بخش خاک و آب در عصاره حاصل از هضم تر دانه لوبیا به‌ترتیب با استفاده از دستگاه‌های اتوماتیک کجلدال، فلایم‌فتومتر و اسپکترو فتومتر، پس از اندازه‌گیری نیتروژن بذر در ضریب ۶/۲۵ ضرب و درصد پروتئین محاسبه گردید؛ عملکرد کل: پس از رسیدگی فیزیولوژیک، خطوط وسط هر کرت به‌صورت مجزّا برداشت شد وپس از خشک‌شدن و کوبیدن و بوجاری، وزن حاصل به عنوان عملکرد محصول کرت محاسبه و ثبت گردید؛ وزن۱۰۰دانه نیز پس از توزین، ثبت گردید.

در پایان سال پنجم، با انجام تجزیه واریانس ساده، مقایسات میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن و همبستگی ساده بین صفات، تعدادی از لاین‌های خالص و برتر، از توده‌های بومی استان انتخاب شدند.

نتایج و بحث

نتایج سال اول و دوم: در این آزمایش، ابتدا از ۱۱منطقهٔ مختلف استان، تک‌بوته‌های مطلوب از مزارع زارعان، انتخاب و بذرهای مناسب از لحاظ اندازه و رنگ به‌طور جداگانه برای هر منطقه، جمع‌آوری گردید. در سال اول، به کشت نمونه‌ها در کرت‌های جداگانه اقدام شد. بذور هر نمونه در۱۰خط به‌طول ۸متر با فاصله خطوط۵۰سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها در روی ردیف۲۰سانتی‌متر کشت گردیدند. در پایان فصل، تعداد ۱۰بوته از هر نمونه و در نهایت ۱۱۵تک‌بوتهٔ مطلوب بر اساس معیارهای انتخاب با استفاده از روش شجره‌ای برداشت شدند. در نهایت، پس از بررسی‌های آزمایشگاهی (از لحاظ شکل بذر، اندازه بذر و بازاپسندی) تعداد۶۰تک‌بوته برای آزمایش سال بعد انتخاب شد.

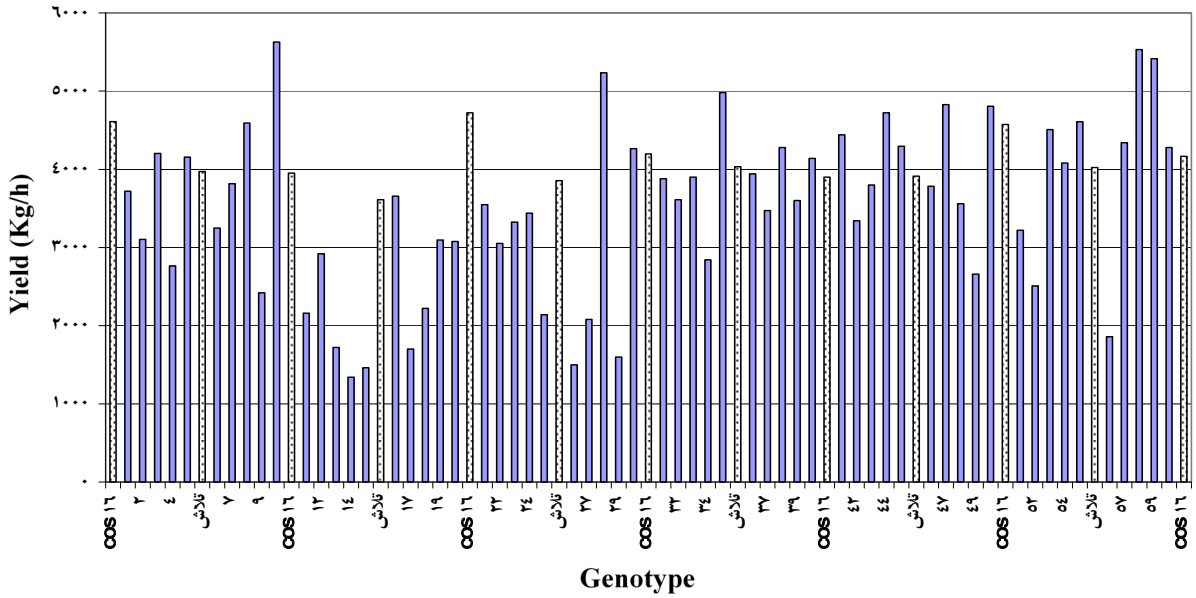
در سال دوم، تک‌بوته‌های انتخابی به همراه دو شاهد لوبیاچیتیCOS16 و تلاش (بعد از هر پنج لاین، دو شاهد کشت گردید)، در یک آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی بدون تکرار اگومنت به فواصل ۰/۵متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰سانتی‌متر، کشت و بررسی گردید. در این آزمایش، بر اساس یادداشت‌برداری‌های به‌عمل‌آمده و همچنین بر اساس رسم نمودار عملکرد لاین‌ها، تعداد ۲۳لاین انتخاب و برای آزمایش مقدماتی عملکرد سال بعد نگهداری شد (شکل۱).

نتایج سال سوم: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول۱) بر روی صفات مورد بررسی، مشاهده گردید بین لاین‌ها از نظر صفات ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، تعداد روز تا رسیدن و تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی در سطح ۱درصد و عملکرد دانه در سطح ۵درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بین لاین‌ها از نظر صفات تعداد بذر در غلاف و تعداد غلاف در بوته، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. این نتایج نشانگر تنوع زیاد بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی می‌باشد.

مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن در سال سوم

ارتفاع بوته: بین تیمارها در سطح ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بالاترین ارتفاع با میانگین ۹۶/۶سانتی‌متر مربوط به تیمار شمارهٔ۹ و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار۲۴ (COS16) با میانگین ۳۷/۹سانتی‌متر بود (جدول۲).

تعداد غلاف در بوته: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار شمارهٔ۱۳ با ۲۵غلاف در بوته دارای بالاترین و تیمار شمارهٔ۹ با ۱۸غلاف در بوته، کمترین تعداد غلاف را به خود اختصاص داد (جدول۲).



شکل ۱- عملکرد۶۰لاین انتخابی به همراه دو شاهد تلاش و cos16 در سال۱۳۸۲
Fig. 1. Yield of 60 selected lines and two controls (Talash & Cos16)

جدول ۱- تجزیه واریانس ساده صفات در طرح لاتیس مربع ۵×۵ در دو تکرار
Table 1. Analysis of variance in Lattice square(5*5) with 2 replications

منابع تغییر sov	درجه آزادی df	میانگین مربعات(MS) ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته No. pod /plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/ pod	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	تعداد روز تا رسیدن Days to maturity	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	عملکرد Yield (Kg/h)
تکرار (Rep.)	1	2085	6.19	0.045	0.231	0.08	1.62	632062.7
لاین تصحیح‌شده	24	354 **	6.72 ns	2.89 ns	45.21 **	89.18 **	7.77 **	330851 *
بلوک تصحیح‌شده در تکرار	8	65	5.98	2.61	12.94	0.08	1.22	530884.7
اشتباه آزمایشی (Error)	16	107	4.85	1.415	5.615	0.08	0.258	1044760.87
ضریب تغییرات (CV%)	-	13.97	10.82	14.16	7.17	6.2	6.8	13.01

ns: غیرمعنی‌دار *و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد
ns: Non-significant; * and **: Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

تعداد بذر در غلاف: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار۱۸ با میانگین ۵/۵بذر بیشترین و تیمار۹ با ۳/۴بذرکمترین تعداد بذر در غلاف را دارا بودند (جدول۲).

وزن۱۰۰دانه: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درصد وجود داشت. تیمار۱۰ با میانگین ۴۳/۹۵گرم بیشترین و تیمار۵ با ۲۴/۹۵گرم، کمترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند (جدول۲).

تعداد روز تا رسیدن: بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درصد وجود داشت. تیمارهای ۹، ۱۰، ۱۶ و ۲۰ با

میانگین ۱۱۶روز، دیررس‌ترین و تیمارهای۱، ۳، ۴، ۸، ۱۴، ۱۷ و ۲۲ با میانگین ۹۹روز زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند.

تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی: بین تیمارها در سطح ۱درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بالاترین تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی با میانگین ۷۶روز مربوط به تیمار شمارهٔ۱۱ و کمترین تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی با میانگین۶۴روز مربوط به تیمار شمارهٔ۲۴ (COS 16) بود.

عملکرد دانه: بین تیمارها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تیمار شمارهٔ۱۱ با میانگین ۳۴۸۳کیلوگرم در هکتار بالاترین و تیمار شمارهٔ۱۹ با میانگین ۲۱۲۵کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه در هکتار را داشتند.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در لاین‌های لوبیاچیتی

Table 2. Mean comparison of Chitti bean lines traits

لاین Line	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)	تعداد روز تا رسیدن Days to maturity	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/h)
1	60 def	22.1 abc	4.9 abcd	37.75 abcd	99g	68 d	2417 abc
2	66.4 bcde	21.1 abc	5.1 abc	39 abc	104 e	68 d	2417 abc
3	59.5 ef	19.9 abcd	4.4 abcd	33.40 cdef	99 g	68 d	3321 abc
4	70 bcde	23.80 abcd	4.7 abcd	7038 abc	99 g	68 d	2667 abc
5	58.8 ef	22.40 abcd	4.8 abcd	24.95 g	100 f	69 cd	2817 abc
6	66 bcde	19.80 abc	5.2 abc	28.05 fg	100 f	71 b	2425 abc
7	58.1 ef	22.70 abc	4.9 abcd	34.70 bcde	104 e	70 bc	2508 abc
8	59.2 ef	21.60 abc	4.2 abcd	37.80 abcd	99 g	68.50 cd	2296 abc
9	96.6 a	18 c	3.4 d	43.75 a	116 a	71 b	2242 bc
10	81.6 abcde	20 abc	4.1 abcd	43.95 a	116 a	70 bc	3166 abc
11	94.8 a	21.30 abc	4.3 abcd	40.85 ab	113 b	76 a	3483 a
12	78.4 abcde	18.90 bc	3.6 cd	39.25 abc	113 b	68.50 cd	2958 abc
13	60 def	25 a	9.4 abcd	34.80 bcde	110 d	69 cd	2367 abc
14	63.2 bcde	20.70 abc	3.7 cd	37.80 abcd	99 g	68.50 cd	2671 abc
15	61.7 cde	22.10 abc	4.5 abcd	37.55 abcd	104 e	68 d	3295 abc
16	86 ab	18.20 bc	4.4 abcd	38.80 abc	116 a	70 bc	3429 ab
17	60.2 def	21.20 abc	5.2 abc	37.55 abcd	99 g	68 d	2675 abc
18	78.1 abcde	23.70 ab	5.5 a	35.40 bcde	110 d	68.50 cd	2754 abc
19	84.4 abc	18.20 bc	4.6 bcd	38.40 abc	112 c	70 bc	2125 c
20	69.1 bcde	19.90 abc	4.1 abcd	31 defg	116 a	69.50 bcd	3196 abc
21	66.3 bcde	22.10 abc	3.8 bcd	34.90 bcde	110 d	68.50 cd	2821 abc
22	63.9 bcde	22.30 abc	3.7 cd	37.85 abcd	99 g	68 d	3163 abc
23	83.2 abcd	20.10 abc	4.7 abcd	37.55 abcd	113 b	69 cd	3254 abc
COS16	37.9 f	20.90 abc	4.9 abcd	28.80 efg	110 d	64.50 e	3042 abc
تلاش (Talash)	64.5 bcde	19 bc	5.4 ab	28.15 fg	104 e	71 b	2488 abc

مقادیر در هر ستون که حرف مشترکی با یکدیگر ندارند، تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

Means by the uncommon letter in each column are significantly different.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و جدول‌های ۲ و ۳، تعداد ۹لاین برتر به‌ترتیب با شماره‌های ۳، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۳ که از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به سایر لاین‌ها و ارقام شاهد برتری نسبی داشتند، جهت مقایسه عملکرد سال بعد انتخاب شدند.

نتایج سال چهارم: باتوجه به جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی (جدول ۳)، مشاهده گردید بین لاین‌ها از نظر صفات تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، تعداد بذر در غلاف، درصد پروتئین، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه درسطح ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بین تیمارها از نظر صفات تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

مقایسه میانگین لاین‌ها به روش دانکن در سال چهارم

تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی: بین لاین‌ها در سطح ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بالاترین تعداد روز با میانگین ۸۲/۲۵روز مربوط به لاین شماره۱۱ (رقم تلاش- شاهد) و کمترین با ۶۷/۲۵روز مربوط به لاین شماره۱ بود.

تعداد شاخه‌های فرعی: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شماره۹ با میانگین ۵/۷بیشترین تعداد و

لاین شماره۱۲ (توده محلی- شاهد) با میانگین ۳/۴، کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته را دارا بودند.

تعداد غلاف در بوته: بین لاین‌ها، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار شماره۹ با میانگین ۲۸غلاف بیشترین و لاین شماره۲ با میانگین ۱۲/۳۵، کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند.

جدول۳- تجزیه واریانس ساده صفات مورد آزمایش

Table 3. Analysis of variance traits in experiment

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته No. branches/plant	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/h)
تکرار Rep	3	9.444	2.535	4.860	0.082	0.011	61.498	0.485
لاینLine	11	100.833**	1.02 ns	30.683 ns	0.278**	0.671 **	22.352 **	0.837 **
اشتباه Error	33	13.490	0.651	25.103	0.041	0.020	5.553	0.188
CV (%)		5.42	17.50	36.5	4.6	3.5	4.75	18.41

ns: غیرمعنی‌دار *و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

تعداد بذر در غلاف: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درصد وجود داشت. لاین شماره۷ با میانگین پنج بذر بیشترین و لاین شماره۱۱ (رقم تلاش-شاهد) با میانگین ۳/۵، کمترین تعداد بذر در غلاف را دارا بودند.

درصد پروتئین: بین لاین‌ها در سطح ۱درصد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شماره۹ با میانگین ۲۸/۷۸درصد بالاترین و لاین شماره۵ با میانگین ۲۱/۱۵درصد کمترین درصد پروتئین را داشتند.

وزن۱۰۰دانه: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درصد وجود داشت. لاین شماره۲ با میانگین ۵۲/۱۳گرم بیشترین و لاین شماره۱۰ (رقمCOS16-شاهد) با میانگین ۴۴/۸۵گرم کمترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند.

جدول۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های لوبیاچیتی

Table 4. Mean comparison traits in Chitti bean lines and cultivars

صفات traits / لاین Line	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته No. branches/plant	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/h)
1	67.25 d	5.5 a	20.5 ab	4.5 b	21.45 ef	51.4 a	3274 a
2	81.25 a	4.7 ab	12.35 b	4.6 ab	27.09 b	52.13 a	1860 d
3	76.75 ab	4.1 ab	15.8 ab	4.15 bc	27.8 ab	48.22 abc	1899 d
4	70.25 cd	5.3 ab	17.45 ab	4.25 bc	27.2 b	49.78 ab	2511 bcd
5	70 cd	3.9 ab	18.5 ab	4.6 ab	21.15 f	50.72 a	3015 ab
6	74.25 bc	4.8 ab	18.2 ab	4 c	27.53 ab	51.28 a	1954 d
7	71.25 bcd	4 ab	23 ab	5 a	25.6 c	48.2 abc	2194 cd
8	68.75 cd	4.5 ab	16.3 ab	4.5 b	22.6 e	52.03 a	2720 abc
9	72.75 bcd	5.7 ab	28 a	4.3 bc	28.78 a	49.13 ab	2006 d
(COS16) 10	68.25 cd	5.1 ab	18.7 ab	4.5 b	24.4 cd	44.85 c	2445 bcd
(Talash) 11	82.25 a	4.1 ab	17 ab	3.5 d	25.2 cd	46.15 bc	2370 bcd
(Local) 12	69 cd	3.4 b	19.9 ab	4.5 b	23.9 d	51.42 A	2046 cd
LSD	5.28	1.77	11.03	0.44	0.203	3.38	623

مقادیر در هر ستون که حرف مشترکی با یکدیگر ندارند، تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

Means by the uncommon letter in each column are significantly different.

عملکرد دانه: بین لاین‌ها در سطح ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شماره۱ با میانگین ۳۲۷۴کیلوگرم در هکتار بالاترین و لاین شماره۲ با میانگین ۱۸۶۰کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه درهکتار را داشتند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و خصوصیات مندرج در جدول‌های ۳ و ۴، تعداد شِش لاین برتر به‌ترتیب با شماره‌های ۱، ۴، ۵، ۷، ۸ و ۹ که از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به سایر لاین‌ها و ارقام شاهد برتری نسبی داشتند، جهت مقایسه عملکرد در سال آتی انتخاب شدند.

نتایج سال پنجم

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی: نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۵) نشان می‌دهد که بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی از لحاظ تعداد روز تا شروع گلدهی، ارتفاع بوته، تاریخ رسیدگی، میزان پتاسیم بذر، میزان فسفر بذر، درصد پروتئین و عملکرد دانه در سطح ۱درصد و صفت تعداد دانه در غلاف در سطح ۵درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. از نظر صفات تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۵). معنی‌داربودن اکثر صفات مورد ارزیابی، بیانگر این نکته است که تنوع ژنتیکی در بین ارقام و لاین‌ها وجود دارد. به‌همین منظور، جهت تعیین لاین‌ها و ارقام برتر، مقایسه میانگین به‌روش دانکن و در سطح ۵درصد احتمال انجام گرفت (جدول‌های ۶ و ۷). یکی از دلایل مهم وجود همبستگی بین دو صفت، قرارگرفتن ژن‌ها با بلوک‌های ژنی کنترل‌کنندهٔ آن دو صفت بر روی یک کروموزوم می‌باشد. در مورد صفات کیفی، همبستگی بین صفات منحصراً به مکان ژن‌های کنترل‌کنندهٔ آن صفات و ارتباط آنها در روی کروموزوم بستگی دارد. این ارتباط می‌تواند به‌صورت لینکاژ ژن‌ها یا اثر متقابل غیرآللی (اپی‌ستازی) و یا ترکیبی از این حالات بروز کند. درخصوص صفات کمّی، علاوه بر قرارگرفتن ژن‌های کنترل‌کننده صفات در روی یک کروموزوم، پارامترهای دیگر ازجمله عوامل اقلیمی موجب همبستگی بین صفات می‌شوند. کمیت و کیفیت این عوامل می‌تواند اثرات خاصی را در میزان همبستگی داشته باشد (Vojdani, 1994).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایش مقایسه عملکرد با هفت لاین

Table 5. Analysis of variance traits in experiment comparison yield with 7 lines

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات(MS)									
		تعدادروزتا ۵۰درصدگلدهی Days to 50% flowering	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)	تعداد روز تارسیدگی Days to maturity	درصد پتاسیم دانه Seed potassium (%)	درصد فسفر دانه Seed phosphorus (%)	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/h)
تکرار	3	2.512	33.274	19.95	3.09	7.86	3.27	0.001	0.001	6.61	1808352.8
لاین	6	95.452**	386.92**	55.62 ns	4.12*	18.71 ns	618.14**	0.057**	0.017**	31.71**	4723517.5**
اشتباه	18	1.373	52.33	36.06	1.26	9.28	7.75	0.004	0.001	6.07	836954.6
ضریب تغییرات(درصد)		12.23	13.71	34.9	26.6	7.61	12.51	3.45	6.39	10.52	26.9

ns: غیرمعنی‌دار *و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

تعداد روز تا۵۰درصد گلدهی: اختلاف بین لاین‌ها معنی‌دار بوده و لاین شمارهٔ۶ (Z116) با میانگین ۶۳/۵روز بیشترین و لاین شمارهٔ۳ (Z083) با میانگین ۵۰روز، کمترین تعداد روز تا شروع ۵۰درصد گلدهی را دارا بودند. این صفت با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه همبستگی منفی و با سایر صفات، همبستگی مثبت داشت، ولی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین، بیشترین همبستگی را با ارتفاع بوته داشت که نشان می‌دهد لاین‌هایی که دیرتر وارد مرحله زایشی شدند، فرصت بیشتری برای رشد رویشی داشتند. Masaya & White (1986) معتقدند که وضعیت گلدهی و تعداد روز تا گلدهی، از مهم‌ترین مؤلفه‌های صفت تعداد روز تا رسیدگی هستند.

ارتفاع بوته: اختلاف بین لاین‌ها معنی‌دار بود و لاین شمارهٔ۲ (Z072) و شمارهٔ۶ (Z116) با میانگین ۶۵/۵سانتی‌متر بیشترین و لاین شمارهٔ۳ (Z083) با میانگین ۴۰/۲۵سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار)، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه (معنی‌دار) در سطح ۱درصد، منفی و با سایر صفات مثبت بود. ارتفاع بوته با تاریخ رسیدگی و پتاسیم دانه، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱درصد داشت و با سایر صفات، اختلاف معنی‌داری نداشت. Asadi *et al,* (2005) گزارش کردند که ارتفاع بوته با تعداد روز تا رسیدگی، همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان می‌دهد؛ یعنی ژنوتیپ‌هایی که دورهٔ رسیدگی بیشتری داشتند، دارای ارتفاع

بیشتری بودند. Mandal & Bahl (1980) بیان داشتند در برخی ژنوتیپ‌ها همبستگی مثبتی بین ارتفاع گیاه و عملکرد دانه وجود داشت.

تعداد غلاف در بوته: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و لاین شمارهٔ۷ (توده محلی) با ۲۱/۵غلاف بالاترین و تیمار شمارهٔ۲ (Z072) با میانگین ۱۱/۵، کمترین تعداد غلاف را داشتند. این صفت، با تعداد دانه در غلاف، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد داشت؛ با عملکرد دانه، دارای اختلاف غیرمعنی‌دار و همبستگی مثبت و با سایر صفات، دارای همبستگی منفی و اختلاف غیرمعنی‌دار بود و بیشترین همبستگی را نیز با صفت تعداد دانه در غلاف داشت. بنا بر اعتقاد بسیاری از محققان، در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته، مهم‌ترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارا بود (Khoshvaghti, 2006).

تعداد دانه در غلاف: در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف، باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود، زیرا در یک ژنوتیپ معین تعداد سلول‌های تخم در همهٔ تخمدان‌ها تقریباً برابر است. تعداد دانه در هر غلاف به موقعیت غلاف در گیاه بستگی دارد. غلاف میانگره‌های پایین‌تر، حاوی دانه‌های بیشتر بوده و تعداد دانه در غلاف به سمت بالا کاهش می‌یابد (Koocheki & Banayane Avval, 1994). بین لاین‌ها در سطح ۵درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. لاین شمارهٔ۱ (Z011) با میانگین ۵/۲۵بذر بیشترین و لاین شمارهٔ۲ (Z072) با میانگین ۲/۷۵بذر کمترین تعداد دانه در غلاف را داشتند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (معنی‌دار در سطح ۵درصد) و عملکرد دانه (معنی‌دار در سطح ۱درصد) مثبت بود و با دیگر صفات، منفی بود و به‌جز صفت شروع گلدهی (۵۰درصد) با سایر صفات، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱درصد داشت. بیشترین همبستگی را با صفات پتاسیم بذر و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک داشت.

وزن۱۰۰دانه: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. لاین شمارهٔ۲ (Z083) با میانگین۴۲/۴۷گرم بالاترین و تیمار شمارهٔ۷ (توده محلی شاهد) با میانگین ۳۷/۵۳گرم کمترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند. این صفت با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه دارای همبستگی منفی و با سایر صفات دارای همبستگی مثبت بود و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین همبستگی را با صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد. بین وزن۱۰۰دانه با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، رابطه منفی و معنی‌دار وجود داشت. همبستگی منفی بین وزن۱۰۰دانه و تعداد دانه در غلاف به‌خاطر رابطهٔ جبرانی به‌دلیل رقابت برای مواد فتوسنتزی می‌باشد. به‌دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد دانه در غلاف با عملکرد، انتظار می‌رود ژنوتیپ‌های دارای تعداد دانهٔ کمتر از طریق وزن۱۰۰دانهٔ بیشتر، کاهش عملکرد را جبران نمایند. Pederson & Lauer (2004) طی بررسی‌های خود گزارش کردند که وزن دانه، اغلب همبستگی معکوسی با تعداد دانه در واحد سطح دارد.

تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شمارهٔ۶ (Z116) با میانگین۱۲۶روز بیشترین و لاین شمارهٔ۳ (Z083) با متوسط ۹۹/۵روز، کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را دارا بودند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار) و تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه (معنی‌دار در سطح ۱درصد) منفی بود و با سایر صفات، مثبت بود و بیشترین همبستگی را با صفت پتاسیم دانه داشت.

پتاسیم دانه: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شمارهٔ۲ (Z072) با میانگین۱/۹۷درصد بیشترین و لاین شمارهٔ۱ (Z011) با میانگین ۱/۶۶۳درصد کمترین میزان پتاسیم بذر را داشتند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار)، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه (معنی‌دار در سطح ۱درصد)، منفی و با سایر صفات مثبت بود و بیشترین همبستگی را با تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک داشت.

فسفر دانه: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شمارهٔ۶ (Z116) با میانگین۰/۵۵۲درصد بیشترین و لاین شمارهٔ۱ (Z011) با متوسط ۰/۴۰۷درصد کمترین میزان فسفر دانه را داشتند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار)، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه (معنی‌دار در سطح ۱درصد)، منفی و با سایر صفات، مثبت بود. بیشترین همبستگی را با صفت عملکرد دانه داشت.

درصد پروتئین: بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. لاین شمارهٔ۴ (Z115) با میانگین۲۸/۱۹درصد بیشترین و لاین شمارهٔ۳ (Z083) با متوسط ۲۱/۵۵درصد کمترین درصد پروتئین را دارا بودند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار)، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه (معنی‌دار در سطح ۱درصد)، منفی و با سایر صفات، مثبت بود و بیشترین همبستگی را با صفت زمان رسیدگی فیزیولوژیک داشت. بین سرعت احیای نیتروژن در ارقام مختلف یک گونه، تفاوت زیادی وجود ندارد، اما میزان عملکرد می‌تواند خیلی تغییر کند. هنگامی‌که عملکرد افزایش می‌یابد، توزیع نیتروژن تثبیت‌شده بین مقصدها (دانه‌های درشت و یا تعداد دانه) باعث می‌شود میزان نیتروژن دریافتی، کمتر و در نتیجه محتوای پروتئین، کمتر باشد (Kumar & Goh, 2000).

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در هفت ژنوتیپ لوبیاچیتی

Table 6. Mean comparison traits in seven Chitti bean genotypes

لاین Line	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	تعداد روز تا سیدگی Days to maturity	درصد پتاسیم دانه Seed potassium (%)	درصد فسفر دانه Seed phosphorus (%)	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg/h)
Z011-1	50.5 b	47.25 bc	20.5 a	5.25 a	37.65 a	99.7 b	1.663 c	0.407 b	22.13 bc	4452 a
Z072-2	51.25 b	65.5 a	11.5 a	2.75 c	42.47 a	124 a	1.97 a	0.532 a	26.17 ab	2048 c
Z083-3	50 b	40.25 c	14.5 a	4.75 ab	40.7 a	99.5 b	1.7bc	0.410 b	21.55 c	4494 a
Z114-4	51 b	55.25 ab	16.5 a	3.5 abc	38.17 a	122 a	1.798 b	0.517 a	28.19 a	2563 bc
Z115-5	50.25 b	50.25 bc	20.5 a	5 ab	41.8 a	101.8 b	1.727 bc	0.422 b	23.03 bc	4306 a
Z116-6	63.50 b	65.5 a	15.5 a	3.25 bc	41.8 a	126 a	1.945 a	0.552 a	28.08 a	2231 c
۷-تودهٔمحلی (Local)	50.7 a	45.25 bc	21.5 a	5.0 ab	37.53 a	102.8 b	1.763 bc	0.422 b	23.08 bc	3556 ab
LSD 5%	1.74	10.75	8.91	1.66	4.53	4.132	0.093	0.47	3.84	1359

Z: اختصار کلمه زنجان؛ دو رقم اولی نشانگر شمارهٔ کدهای تودهٔ محلی و رقم سوم، نشانه شماره لاین انتخابی است.

مقادیر در هر ستون که حرف مشترکی با یکدیگر ندارند، تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

Means by the uncommon letter in each column are significantly different.

جدول ۷- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد بررسی در لاین‌های لوبیاچیتی

Table 7. Fenotype correlation coefficients between traits in Chitti bean lines

صفات traits	فسفر دانه Seed phosphorus	پتاسیم دانه Seed potassium	پروتئین دانه Seed protein	۵۰درصد گلدهی 50% flowering	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته No. pod/plant	تعداد دانه در غلاف No. seed/pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	رسیدگی فیزیولوژیک Physiologic maturity	عملکرد دانه Seed yield
Seed phosphorus	1									
Seed potassium	0.910**	1								
Seed protein	0.780*	0.95**	1							
50% flowering	0.610 ns	0.65 ns	0.6 ns	1						
Plant height	0.92 ns	0.93**	0.84*	0.63 ns	1					
No. pod/plant	-0.67 ns	-0.64 ns	-0.46 ns	-0.32 ns	-0.55 ns	1				
No. seed/pod	-0.92**	-0.96**	-0.86**	-0.47 ns	-0.88**	0.81*	1			
100 seed weight	0.58 ns	0.42 ns	0.22 ns	0.35 ns	0.53 ns	-0.62 ns	-0.50 ns	1		
Physiologic maturity	0.9**	0.99**	0.96**	0.60 ns	0.92**	-0.64 ns	-0.96**	0.38 ns	1	
Seed yield	-0.93**	-0.097**	-0.92**	-0.54 ns	0.90**	0.61 ns	0.95**	-0.32 ns	-0.97 **	1

ns: غیرمعنی‌دار *و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

عملکرد دانه: جهت دست‌یافتن به پیشرفت چشمگیر در برنامهٔ اصلاحی، ضروری است که ارتباط بین عملکرد دانه و اجزای آن (تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه) را بدانیم (Asadi *et al.*, 2005). بین لاین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تیمار شمارهٔ۳ (Z083) با میانگین۴۴۹۴کیلوگرم در هکتار بالاترین و تیمار شمارهٔ ۲ (Z072) با میانگین۲۰۴۸کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. همبستگی این صفت با تعداد غلاف در بوته (غیرمعنی‌دار) و تعداد دانه در غلاف و ارتفاع بوته (معنی‌دار در سطح ۱درصد)، مثبت و با سایر صفات، منفی بود و بیشترین همبستگی را با پتاسیم دانه و زمان رسیدگی فیزیولوژیک داشت. در بررسی نهایی این تحقیق، با توجه به نتایج ارائه شده، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته و درصد پروتئین، دارای بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد بذر بودند. نتایج این تحقیق با نتایج بسیاری از محققان دیگر، مطابقت دارد؛ لذا توجه به این صفات در جهت افزایش عملکرد بذر لوبیا، بسیارمهم می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس مرکب دوسالهٔ این آزمایش در طرح سازگاری (جدول ۸) نشان داد که لاین‌های لوبیاچیتی از لحاظ میزان عملکرد در سطح ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، به‌طوری‌که در مقایسهٔ میانگین عملکرد لاین‌ها با آزمون دانکن، لاین‌های Z1، E10 و E9 به‌ترتیب با ۲۵۴۶، ۲۳۲۸ و ۲۳۱۳کیلوگرم در هکتار، بیشترین میزان عملکرد را نسبت به شاهدهای آزمایش محلی خمین و G14088 به‌ترتیب با عملکردهای ۲۰۶۳ و ۲۱۳۲کیلوگرم در هکتار نشان دادند که از لحاظ آماری در سطح ۵درصد، معنی‌دار بود.

جدول ۸- مقایسه میانگین دوساله عملکرد لاین‌های لوبیاچیتی در ایستگاه‌ها
Table 8. two year mean yield comparison of Chitti bean in stations

عملکرد اقلید Eghlid- yield (Kg/h)	عملکرد خمین Khomain- yield (Kg/h)	عملکرد زنجان Zanjan- yield (Kg/h)	لاین Line
2262 ab	1864 b	2778 ab	محلی خمین (Local)
1136 ab	2127 ab	2682 abc	G14088
1910 ab	2011 b	2169 c	E4
2326 ab	2145 ab	2338 bc	E7
2496 a	2160 ab	2316 bc	E9
2489 a	2137 ab	2700 abc	E10
1153 ab	1955 b	2447 bc	E28
2483 a	1943 b	2509 bc	E29
2593 a	2536 a	3701 a	Z1
2407 ab	1771 b	2337 bc	Z3
2292 ab	1700 abc	2683 abc	Z5

مقادیر در هر ستون که حرف مشترکی با یکدیگر ندارند، تفاوت معنی‌داری با هم دارند.
Means by the uncommon letter in each column are significantly different.

از میان گیاهان زراعی عمده، لوبیا دارای بیشترین میزان تنوع در تیپ رشدی، اندازهٔ بذر و رسیدگی است. هدف اغلب برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی، افزایش یا تثبیت عملکرد قابل برداشت در واحد سطح با کمترین هزینه تولیدی و بیشترین میزان درآمد زارع می‌باشد. جهت دستیابی به عملکرد مطلوب، اغلب، صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و اجزای عملکرد به‌عنوان معیارهای انتخاب پیشنهاد می شوند. پیشنهاد می‌شود از این روش بسیارسریع و کم‌هزینه برای خالص‌سازی توده‌های بومی گیاهان خودگشن استفاده گردد. بر اساس نتایج آزمایش-ها در طی پنج سال و انتخاب از بین ۱۱تودهٔ محلی لوبیاچیتی و تعداد۶۰تک‌بوتهٔ انتخابی از مزارع کشاورزان، در نهایت تعداد سه لاین برتر به‌ترتیبZ083، Z011 و Z115 که از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی در طی چندین سال از سایر لاین‌ها و ارقام شاهد برتر بودند، انتخاب شدند.

لوبیاکاران منطقه هنوز به‌طور وسیع از توده‌های محلی لوبیا استفاده می‌نمایند. اگرچه این توده‌ها، سازگاری خوبی با منطقه دارند و محصول قابل‌توجهی تولید می‌نمایند، ولی به‌دلیل داشتن ناخالصی فیزیکی بذر، غیریکنواختی در زمان رسیدگی، شکل، اندازه و رنگ دانه در آنها مشاهده می‌شود. لاین‌های لوبیاچیتی استفاده شده در این آزمایش با استفاده از روش اصلاحی سلکسیون انفرادی از توده‌های محلی مناطق مختلف استان‌های فارس و زنجان، انتخاب و سپس خالص گردیده‌اند. لذا خالص‌سازی توده‌های بومی و رسیدن به لاین‌های خالص با ویژگی‌های مطلوب، به‌خصوص میزان عملکرد بالا می‌تواند در افزایش میزان عملکرد لوبیا در کشور تاثیر به‌سزایی داشته باشد. همچنین از لاین‌های خالص، علاوه بر استفادهٔ مستقیم جهت کاشت، می‌توان در برنامه‌های اصلاحی دورگه‌گیری استفاده نمود؛ زیرا این لاین‌ها در جمعیت توده‌های بومی، شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده را در طبیعت به‌خوبی تحمل کرده‌اند. لذا با توجه به نتایج تجزیه مرکب دوساله‌ای که در سه ایستگاه زنجان، خمین، اقلید اجرا گردید، لاینZ1 از زنجان دارای عملکرد بالاتری نسبت بقیه لاین‌ها بوده است. با توجه به نتایج آزمایشات، لاینZ1 جهت کشت در مناطق مختلف استان توصیه می‌گردد.

منابع

1. Anonymous. 2009. Ministry of Agriculture. Statistics and Information Center. Plant Protection Department. Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan Province.
2. Asadi, B., Ghanbari, A.A., and Dori, H.R. 2005. A correlation study between bean strain and other related traits using path analysis. (Abstract). In: Astract Book of The 1st Iranian Pulse Symposium. 20-21 November 2005. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
3. Bliss, F.A. 1971. Inheritance of growth habit and time of flowering in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. AM. Soc. Hortic. Sci. 94: 715-714.
4. Dimova, D., and Svetleva, D. 1992. Inheritance and correlation of some quantitative characters in French bean in relation to increasing the effectiveness of selection. Abs. Plant Breeding 63:344.
5. Holliday, R. 1990. Plant population and crop yield. Field Crops Absts. 13: 247-254.
6. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Persian).

7. Koocheki, A., and Banayane Avval, M. 1994. The Physiology of Crop Yield. Jahad Daneshghahi Mashhad Press. (In Persian).
8. Kumar, K., and Goh, K.M. 2000. Biological nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and nitrogen balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativa* L.) grown for seed. Field Crop Research 68: 49-59.
9. Majnoon Hosseini, N. 1994. Food Legumes in Iran. Jahad Daneshghahi, Mashhad, Iran.
10. Mandal, A.K., and Bahl, P.N. 1980. Estimates of variability and genetic correlation in chickpea. Ann. Agric. Res. 1: 136-140.
11. Masaya, P.N., and White, J.W. 1986. Genetic control of flowering behavior of tropic adapted bean cultivars under two subtropical temperature regimes. Annu. Rep. Bean Improv. Crop 29: 54-55.
12. Moeini, M.R. 1995. Annual project report of evaluation of relative resistance of adaptative three bean cultivars in local condition to common diseases in Zanjan province. Plant Protection Department. Agricultural and Natural Resources, Research Center of Zanjan Province.
13. Mwale, V.M. , MBokosi, J., Masangano, C.M. Kwapata, M.B., Kabambe, V.H., and Miles, C. 2008. Yield performance of Dwarf Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines under researcher designed farmer managed system in three Bean agr-ecological zones of Malawi. African Journal of Biotechnology 7: 2847-2853.
14. Pederson, P., and Lauer, J.G. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agron. J. 96: 1372-1381.
15. Ramirez ,Y.H.A., and Serrano Covarruvbias, L.M. 1994. Selection for response variables in French bean. Plant Breeding. Abs. 64: 687.
16. Santalla, M., Eseribano, M.R., and Ron, A.M. 1993. Correlations between agronomic and immature pod characters in population of French bean. Abs. Plant Breeding 63: 495.
17. Singh, S.P., Rodari, R., and Depts, P. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean. Theo and Supply Genet. 84: 817-822.
18. Smart, J. 1988. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. In: P. Gepts, (Ed.). Genetic Resource of *Phaseolus* beans: Their Maintenance, Domestication, Evolution and Utilization. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. P. 151-174.
19. Stoilova, T., Pereira, G., Sousa, M., and Carnide, V. 2005. Diversity in common bean landraces (*Phaseolus vulgaris* L.) from Bulgaria and Portugal. Journal of Central European Agriculture 6: 443-448.
20. Van Schoonhoven, A., and Voyest, O. 2001. Common Beans: Research for Crop Improvement. translated by A. Bagheri, A. Mahmoudi & F. Ghezeli. Jahad Daneshghahi, Mashhad, Iran.
21. Vojdani, P., and Asghari, P. 1994. The study of genetic variation collection plant gene bank in Iran relation to geographer local. Seed and Plant Journal of Agricultural Research 16: 1-11.
22. Yazdi Samadi, B. 1979. Evaluation safflower cultivars and lines for agronomic trials. Crop Sci. 19: 127-336.
23. You, S.K., Ferru, G., and Svivastava, J.P. 1989. Cluster analysis Bread wheat crown in diverse rainfed. Environment to Rachis 8: 31-35.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 9-20

Study and purification of native Chitti bean cultivars in Zanjan

Kamel Shikhraje[1*], M., Nazer Kakhki[2], S.H. & Shobeir[2], S.S.

1. Scientific member of Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan
2. Researchers of Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan

Received: 26 December 2011
Accepted: 17 November 2013

Abstract

This study was carried out to purify Chitti bean cultivars. In the first year, 11 populations were collected from main Chitti bean cultivating areas. Based on some criteria such as higher yield, earlier maturity, more pods and tolerance to pests and diseases, single plants were selected. In the second year, seeds of each selected single plant as well as controls (Talash and COS16) were managed to compare in a preliminary yield trial. 23 lines were chosen based on the traits as mentioned above. In the third year, these lines along with two controls were planted in a 5*5 square Lattice design in two replications. From this experiment, nine superior lines were selected. These lines along with three controls were compared in a RCBD with 4 replications to distinguish the best lines. In the fifth year, from the 6 last year selected lines, three pure lines showed good performance to be selected. To determine environmental compatibility, yield and other agronomic traits, these three lines and four native pure lines from Fars province were evaluated. Results showed that there were significant differences among lines. Z1 from Zanjan and E10 and E9 from Eghlid were the best lines with 2546, 2328 and 2313 kg/ha seed yield, respectively.

Key words: Chitti bean, Cultivar, Purify, Yield

* **Corresponding Author:** masoud.kamel@yahoo.com, Tel.: 0241-2226148, Mobile: 09125417965

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۳۴-۲۱، نیمهٔ دوم۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 21-34

گروه‌بندی تعدادی ژنوتیپ نخود کابلی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

هادی‌محمد علی‌پور یامچی[1*]، محمدرضا بی‌همتا[2]، سیدعلی پیغمبری[2]، محمدرضا نقوی[2] و ناصر مجنون‌حسینی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۲- اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی و شناخت تنوع ژنتیکی و تعیین روابط ژنتیکی ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده (۸×۸) در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸ اجرا گردید. نتایج همبستگی‌های فنوتیپی نشان داد که عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب با صفات وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف‌های پُر، وزن۱۰۰دانه، قطر دانه و قطر شاخه اصلی، همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد و با تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا غلاف‌دهی، همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد. البته مقادیر عددی این همبستگی‌ها کم بود که ممکن است دال بر عدم وجود همبستگی ژنتیکی بین صفات باشد که در نتیجه، اهمیت بیولوژیک آنها را کاهش می‌دهد. بر اساس تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل که در مجموع ۷۹درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه کردند، انتخاب شدند. عامل اول و دوم که بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند، شامل صفات وزن۱۰۰دانه، ارتفاع بوته، طول و قطر غلاف، طول و قطر دانه، صفات تعداد غلاف‌های پُر، وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، صفات عملکرد دانه در بوته و قطر شاخه اصلی بودند. سپس از این دو عامل، جهت به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد و ژنوتیپ‌های ۲، ۲۲، ۲۹، ۳۶،۱۲۰، ۱۳۹، ۱۹۸، ۲۳۹، ۳۳۵، ۳۴۵، ۳۵۶، ۳۵۷، ۳۷۵، ۴۷۳، ۴۷۴، ۵۳۴، ۵۵۲، ۵۵۵ و ۶۲۹ به همراه ژنوتیپ‌های شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) که از نظر عامل‌های اول و دوم، مثبت و بالاتر بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. با توجه به نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای بر اساس صفات مورفولوژیک، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در پنج گروه، دسته‌بندی شدند که ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد، میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و در عین حال نسبت به سایر گروه‌ها، زودرس‌تر نیز بودند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای، می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم و ژنوتیپ‌های شاهد جم و کوروش، برای تولید ژنوتیپ‌های جدید با عملکرد بالا بهره جست.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه واریانس چندمتغیره، صفات مورفولوژیک، نخود کابلی

مقدمه

پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر، حبوبات هستند. دانهٔ حبوبات با برخورداری از۱۸ تا ۳۲درصد پروتئین، یکی از منابع پروتئینی جهان محسوب شده و به‌عنوان مکمل کمّی و کیفی دانهٔ غلات که پروتئین آنها اغلب کمتر از ۱۴ درصد است، در تغذیهٔ بشر نقش مهمی دارند. در بین حبوبات، نخود نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی جوامع بشری، چه از لحاظ کمّی و چه از نظر کیفی، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعهٔ آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین دارد (Bagheri *et al.*, 1997). گرچه ایران یکی از مراکز اصلی تنوع نخود است، ولی با این وجود، افزایش عملکرد نخود در ایران از پیشرفت ناچیزی برخوردار بوده است که می‌توان با افزایش تنوع و انجام تلاقی‌های لازم، این مشکل را حل کرد (Van Rheenen, 1993). برای اصلاح ژنوتیپ‌های نخود و نیز نگهداری و حفظ ذخایر توارثی آن، بررسی تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های نخود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Suzuki & Konno, 1982؛ Tilman & Wedin, 1996) و شناسایی تنوع ژنتیکی، بِه‌نژادگران را در امر شناسایی والدین برای انجام تلاقی‌های مطلوب، یاری می‌رساند. از طرفی دیگر، منابع ژنی گیاهان، پایهٔ امنیت غذایی جهان بوده و برای دستیابی به غذای بیشتر، لازم است تا از دامنهٔ گستردهٔ تنوع ژنی گیاهان دنیا استفاده شود. چندین روش برای اندازه‌گیری تنوع وجود دارد. با تجزیهٔ تک‌متغیره، هر صفت به‌طور جداگانه تجزیه می‌شود؛ اما روش‌های تک‌متغیره همانند تجزیهٔ واریانس، میزان تفاوت

*نویسنده مسئول: همراه: ۰۹۱۴۱۹۰۳۵۴۴، hadi_map22@yahoo.com

ارقام را در زمانی که صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر ارتباط دارند، توصیف نمی‌کنند (Yeater *et al.*, 2004).

تجزیه تشخیص کانونیکی می‌تواند اثرات بین جمعیت‌ها را از اثرات دورن جمعیت‌ها به‌وسیلهٔ حداکثرکردن تشخیص بین جمعیت‌ها زمانی که در مقابل تنوع درون جمعیت‌ها آزمون می‌شود، جدا کند (Riggs, 1973). بعد از تعیین تنوع درون‌جمعیتی، آمارهٔ مربع فاصله ماهالانوبیس (D^2) به‌عنوان یک شاخص که نشان‌دهندهٔ تفاوت بین جمعیت‌ها است، استفاده می‌شود (Loos, 1993). تجزیه کانونیکی قادر است تنوع درون ارقام را که مربوط به اثرات محیطی و ژنتیکی است، جدا کند. این تشخیص به‌وسیله نسبت واریانس میان جمعیت‌ها به واریانس درون جمعیت‌ها به‌دست می‌آید (Rencher, 2002). از اطلاعات به‌دست‌آمده از تجزیه تشخیص کانونیکی، می‌توان برای گروه‌بندی توده‌ها و ارقام به زیرگروه‌های کوچک‌تر که شباهت زیادی درون آنها وجود دارد، استفاده نمود (Khattree & Naik, 2000).

Mardi *et al*, (2003) در بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد ۴۱۸ژنوتیپ نخود دسی، نشان دادند که از لحاظ وزن دانه با غلاف و تعداد دانه در بوته، تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. Toker & Cagirgan (2004) برای ارزیابی عملکرد نخود، ۱۷ژنوتیپ نخود کابلی را با استفاده از همبستگی‌های فنوتیپی و تجزیه به عامل‌ها، مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که عملکرد دانه، همبستگی معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و غلاف در بوته داشته و با وزن دانه، رابطهٔ منفی و معنی‌داری دارد. Yucel *et al*, (2006) در بررسی ۱۵ژنوتیپ نخود زراعی در طی دو سال متوالی نشان داد که عملکرد دانه در گیاه، روابط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد کل غلاف، تعداد غلاف‌های پُر و تعداد دانه در گیاه دارد. Fayyaz & Talebi (2009) نیز اظهار نمودند که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، صفات اصلی در انتخاب برای افزایش عملکرد نخود می‌باشند. Kanouni & Malhotra (2003) و Meena *et al*, (2010) نشان دادند که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های ثانویه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی، همبستگی منفی و معنی‌داری دارد. بنابراین، تلاش برای دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر و تعیین صفات مرتبط با سازگاری بیشتر به شرایط مختلف که افزایش عملکرد نخود را به‌دنبال داشته باشد، دارای اهمیت بسیاری است.

ارزیابی تنوع ژنتیکی بر مبنای صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و زراعی می‌تواند برای سازماندهی ژرم‌پلاسم، گزینش والدین مناسب برای دورگ‌گیری و تولید جمعیت‌های در حال تفرق، سودمند باشد (Foundra *et al.*, 2000).

این تحقیق به‌منظور بررسی الگوی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و صفات مورفولوژیک با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره (تجزیهٔ گروه و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۶۲ژنوتیپ نخود کابلی به همراه دو رقم شاهد (کوروش و جم) (جدول ۱) از میان ۴۶۹ژرم‌پلاسم نخود کابلی، براساس آزمایشی که در سال۱۳۸۷ در قالب طرح آگمنت اجرا شده بود (Mohammad Ali Pour *et al.*, 2010)، از کلکسیون حبوبات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران-کرج، انتخاب و در قالب طرح لاتیس ساده (۸×۸)، در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت‌آباد کرج با عرض جغرافیایی ۳۵درجه و ۵۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰درجه و ۵۸دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ از سطح دریا در سال۱۳۸۹ کشت شدند.

کاشت بذر به‌صورت دستی انجام گرفت، به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل دو خط به طول ۲متر و با فاصله خطوط ۵۰سانتی‌متر و فاصله بذور روی خطوط ۱۰سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵سانتی‌متر درنظر گرفته شد. در مراحل داشت، برای مبارزه با علف‌های‌هرز، وجین دستی صورت گرفت. زمانی که در حدود ۹۰درصد بوته‌های کرت‌ها رسیدند، برداشت انجام شد. صفات مورد بررسی، شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد شاخه‌های اصلی، قطر شاخه اصلی در گره اول، تعداد گره، ارتفاع بوته، طول غلاف، قطر غلاف، طول دانه، قطر دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در هر بوته، تعداد غلاف‌های‌پُر، وزن دانه با غلاف، وزن ۱۰۰دانه، عملکرد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک هر بوته و شاخص برداشت بود که پس از میانگین‌گیری مشاهدات برای صفات مورد بررسی، مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. برای آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab 16 و برای تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دوبعدی از نرم افزارهای SPSS 19، SAS 9.1 و STATGRAPHICS 16 استفاده گردید. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام شده، از تجزیه واریانس چندمتغیره، تجزیه تابع تشخیص، استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام شد.

جدول ۱- اسامی و منشأ ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی مورد بررسی

Table 1. Name and origin of studied 64 Kabuli type chickpea genotypes

کد ژنوتیپ Genotype code	شماره ژنوتیپ Genotype No.*	منشاء Origin	کد ژنوتیپ Genotype code	شماره ژنوتیپ Genotype No.	منشاء Origin
2	12-071-01834	Karaj	318	12-071-03846	Jiroft
12	12-071-01952	Karaj	323	12-071-03852	Torbat Jam
16	12-071-01972	Karaj	325	12-071-03854	Torbat Jam
22	12-071-02090	Karaj	328	12-071-03859	Torbat Jam
23	12-071-01837	Gazvin	335	12-071-03871	Torbat Jam
29	12-071-02270	Esfahan	345	12-071-03884	Torbat Jam
36	12-071-02316	Esfahan	356	12-071-03899	Torbat Jam
38	12-071-02351	Gochan	357	12-071-03900	Torbat Jam
56	12-071-02740	Shiraz	369	12-071-03915	Torbat Jam
59	12-071-02940	Ardabil	370	12-071-03916	Torbat Jam
109	12-071-06678	Mamghan	375	12-071-03922	Torbat Jam
120	12-071-03585	Karaj	394	12-071-03946	Torbat Jam
128	12-071-03718	Urmia	403	12-071-03753	Torbat Jam
129	12-071-03746	Urmia	466	12-071-04043	Esfahan
139	12-071-03885	Torbat Jam	473	12-071-04052	Dare Gaz
154	12-071-03641	Karaj	474	12-071-04053	Dare Gaz
187	12-071-03686	Urmia	478	12-071-04063	Esfahan
198	12-071-03703	Urmia	490	12-071-04084	Ardabil
216	12-071-03725	Urmia	492	12-071-04091	FAO
233	12-071-03746	Urmia	508	12-071-06885	Urmia
235	12-071-03749	Urmia	511	12-071-06888	Urmia
236	12-071-03750	Urmia	512	12-071-06889	Urmia
239	12-071-03753	Urmia	525	12-071-06903	Urmia
245	12-071-03760	Jiroft	534	12-071-06912	Ardabil
259	12-071-03776	Jiroft	552	12-071-06931	Miyaneh
269	12-071-03788	Jiroft	555	12-071-06934	Urmia
284	12-071-03805	Jiroft	563	12-071-06942	Khoy
289	12-071-03811	Jiroft	606	12-071-06985	Mahan
306	12-071-03831	Jiroft	629	12-071-07007	Esfahan
307	12-071-03832	Jiroft	642	12-071-07021	Bam
308	12-071-03833	Jiroft	998	Control	Jam
317	12-071-03845	Jiroft	999	Control	Korosh

*: شماره ژنوتیپ‌ها در بانک‌ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران- کرج

نتایج و بحث

تعیین ضرایب همبستگی ساده

شناخت رابطه بین عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک در اجرای برنامه‌های گزینشی، اهمیت زیادی دارد. بر اساس میانگین ژنوتیپ‌ها ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی محاسبه شد. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین صفات (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب با صفات وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف‌های‌پُر، وزن۱۰۰دانه، قطر دانه و قطر شاخه اصلی، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد و با تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا غلاف‌دهی، همبستگی منفی و معنی‌داری دارد که البته مقادیر عددی این همبستگی، کم بود که ممکن است معرف عدم وجود همبستگی ژنتیکی بین صفات بوده و در نتیجه اهمیت بیولوژیکی آنها را کاهش می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، بیشترین ضرایب همبستگی به‌ترتیب بین عملکرد دانه در بوته و وزن دانه با غلاف با متوسط ۰/۹۸۴ و عملکرد بیولوژیک با متوسط ۰/۸۰۱ مشاهده شد. Mardi *et al*, (2003) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های نخود دسی، همبستگی بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته با وزن دانه با غلاف ($r=0/97^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0/956^{**}$) مشاهده کردند. سایر محققان (Toker, 2004؛ Shobeiri *et al.*, 2006؛ Farshadfar & Farshadfar, 2008؛ Saman *et al.*, 2010؛ Talebi *et al.*, 2007؛ Fayyaz & Talebi, 2009؛ Malik *et al.*, 2010؛ Meena *et al.*, 2010) نیز همبستگی معنی‌داری بین صفات فوق و عملکرد دانه گزارش کرده‌اند.

تجزیه به عامل‌ها

از طریق تجزیه به عامل‌ها می‌توان به تأثیر شرایط محیطی بر اهمیت و گروه‌بندی صفات مختلف پی برد. ضرایب عامل‌ها پس از چرخش وریماکس[1] بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برآورد شدند (جدول ۳). البته در ابتدا به‌منظور تشخیص مناسب‌بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو شاخص KMO (کایزر- میر- اولکین) و آزمون کرویت بارتلت استفاده شد. با توجه به اینکه مقدار KMO برابر ۰/۷۲۱ به‌دست آمد، لذا همبستگی‌های موجود بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب بودند. آزمون کرویت بارتلت نیز بسیار معنی‌دار بود (۱۳۷۱/۷۷۱ $=\chi^2$) که وجود همبستگی کافی بین متغیرها را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند. برای تعیین اعتبار داده‌ها[2]، آنها به دو گروه تصادفی تقسیم شدند و سپس تجزیه به عامل‌ها برای هر گروه به‌طور جداگانه انجام شد. با توجه به این‌که نتایج در دو گروه یکسان بود، بنابراین تغییر افراد روی نتایج تأثیری نداشته و می‌توان یک جمع‌بندی کلی انجام داد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از صفات مورد بررسی صورت گرفت و چهار عامل بر اساس مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ انتخاب شدند که جمعاً ۷۹درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۳). عامل اول، حدود ۳۸درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل صفت تعداد دانه در بوته با بار منفی و صفات وزن۱۰۰دانه، ارتفاع بوته، طول و قطر غلاف و طول و قطر دانه با بار مثبت می‌باشد و عامل دوم که حدود ۲۰درصد از تغییرات را توجیه کرد، شامل صفات تعداد غلاف‌های پُر، وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، صفات عملکرد دانه در بوته و قطر شاخه اصلی با بار مثبت می‌باشد که به همراه عامل اول، صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد را شامل می‌شوند. با توجه به اهمیت این دو عامل، صفات مذکور به‌عنوان مهم‌ترین صفات جهت انتخاب ژنوتیپ‌های نخود کابلی بوده و ژنوتیپ‌های برگزیده‌شده، بیشترین میزان عملکرد دانه در بوته را نشان خواهند داد. عامل سوم که حدود ۱۶درصد تغییرات را توجیه کرد، شامل صفات فنولوژیک تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی با بار مثبت بود. عامل چهارم حدود ۹درصد تغییرات را توجیه کرد که شاخص برداشت و تعداد دانه در غلاف با بار مثبت و تعداد شاخه‌های اصلی با بار منفی، بیشترین تأثیر را در این عامل داشت.

میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هر چه بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه می‌باشد (Jackson, 1991). همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، میزان اشتراک اکثر صفات، بالا است (جدول ۳). این امر، نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب، مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به‌نحو مطلوبی توجیه نمایند. با توجه به میزان اشتراک، صفات تعداد دانه در بوته (۰/۹۶۸) و ارتفاع بوته (۰/۴۵۱) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بودند.

Naghavi & Jahansouz (2005) و Mardi *et al*, (2003)، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه را به‌عنوان عامل عملکرد معرفی کردند.

با توجه به این‌که دو عامل اصلی اول و دوم، بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در این عامل‌ها قرار داشتند، از این دو عامل جهت به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات، استفاده شد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های ۲، ۲۲، ۲۹، ۳۶، ۱۲۰، ۱۳۹، ۱۹۸، ۲۳۹، ۳۳۵، ۳۴۵، ۳۵۶، ۳۵۷، ۳۷۵، ۴۷۳، ۴۷۴، ۵۳۴، ۵۵۲، ۵۵۵ و ۶۲۹ به همراه ژنوتیپ‌های شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) از نظر عامل‌های اول و دوم، مثبت و بالاتر بودند، لذا این ژنوتیپ‌ها را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد و اجزای عملکرد بالا معرفی کرد.

تجزیه خوشه‌ای

به‌منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آنها بر مبنای صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از مربع فاصله اقلیدوسی انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در پنج گروه دسته‌بندی شدند که ۲۶ژنوتیپ در گروه اول، ۱۷ژنوتیپ در گروه دوم، ۶ژنوتیپ در گروه سوم، ۷ژنوتیپ در گروه چهارم و ۸ژنوتیپ در گروه پنجم قرار گرفتند (شکل ۲).

به‌منظور تأیید اختلافات بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد که در آن، هر چهار آمارهٔ ویلکس لامبدا[3] (۰/۰۱۳)، اثر پیلای[4] (۲/۰۴۶)، اثر هتلینگ[5] (۱۷/۷۰۵) و بالاترین ریشه روی[6] (۱۵/۳۲۵) در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند. بنابراین، به‌طور قاطع می‌توان نتیجه گرفت، بین بردار میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است.

[1] Varimax
[2] Data Validation
[3] Wilks' Lambda
[4] Pillai's Trace
[5] Hotelling's Trace
[6] Roy's Largest Root

جدول ۲- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 2. Correlation coefficients between investigated traits of Kabuli type chickpea genotypes

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. DF	تعداد روز تا ٪۵۰ گلدهی	1																
2. DP	دهی تعداد روز تا ٪۵۰ غلاف	0.795**	1															
3. SPl	تعداد دانه در بوته	-0.047 ns	0.023 ns	1														
4. PP	تعداد غلاف پُر در بوته	-0.080 ns	-0.177 ns	0.769**	1													
5. 100SW	وزن ۱۰۰ دانه	-0.276*	-0.312*	-0.507**	-0.138 ns	1												
6. SPW	وزن دانه با غلاف	-0.314*	-0.328*	0.332**	0.595**	0.591**	1											
7. BY	عملکرد بیولوژیک	-0.084 ns	-0.146 ns	0.264*	0.583**	0.451**	0.815**	1										
8. SY	عملکرد دانه در بوته	-0.331**	-0.327**	0.359**	0.599**	0.590**	0.984**	0.802**	1									
9. HI	شاخص برداشت	-0.316*	-0.186 ns	0.218 ns	-0.045 ns	0.152 ns	0.289*	-0.209 ns	0.335*	1								
10. PH	ارتفاع بوته	-0.060 ns	-0.233 ns	-0.080 ns	0.213 ns	0.517**	0.455**	0.400*	0.451**	0.006 ns	1							
11. NB	تعداد شاخه‌های اصلی	-0.078 ns	-0.105 ns	0.004 ns	0.289*	0.420**	0.396**	0.509**	0.424**	-0.193 ns	0.418**	1						
12. BW	قطر شاخه اصلی	0.093 ns	-0.030 ns	0.125 ns	0.333**	0.218 ns	0.474**	0.618**	0.432**	-0.146 ns	0.458**	0.311*	1					
13. SPo	تعداد دانه در غلاف	0.033 ns	0.284*	0.491**	-0.158 ns	-0.566**	-0.240*	-0.351**	-0.206 ns	0.337**	-0.377**	-0.411**	-0.219 ns	1				
14. PL	طول غلاف	-0.042 ns	-0.123 ns	-0.427**	-0.174 ns	0.699**	0.442**	0.390**	0.391**	0.003 ns	0.401**	0.166 ns	0.382**	-0.405**	1			
15. PW	قطر غلاف	-0.065 ns	-0.138 ns	-0.458**	-0.264 *	0.757**	0.425**	0.373**	0.385**	0.040 ns	0.493**	0.216 ns	0.421**	-0.330**	0.914**	1		
16. SL	طول دانه	-0.333**	-0.422**	-0.435**	0.031 ns	0.699**	0.427**	0.390**	0.416**	-0.007 ns	0.366**	0.271*	0.208 ns	-0.660**	0.453**	0.423**	1	
17. SW	قطر دانه	-0.098 ns	-0.160 ns	-0.510**	-0.167 ns	0.865**	0.498**	0.378**	0.490**	0.174 ns	0.405**	0.285*	0.212 ns	-0.498**	0.672**	0.720**	0.654**	1

Abbreviations: DF= Days to 50% flowering; DP= Days to 50% podding; SPl= Seeds per plant; PP= Pods per plant; 100SW= 100-seed weight; SPW= Seed and pod weight; BY= Biological yield per plant; SY= Seed yield per plant; HI= Harvest index; PH= Plant height; NB= Number of main branches; BW= Main branch diameter; SPo= Seeds per pod; PL= Pod length; PW= Pod diameter; SL= Seed length; SW= Seed diameter.

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

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

جدول ۳- تجزیه به عامل‌ها با دوران وریماکس برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 3. Factor analysis using Varimax rotation for Kabuli type chickpea genotypes

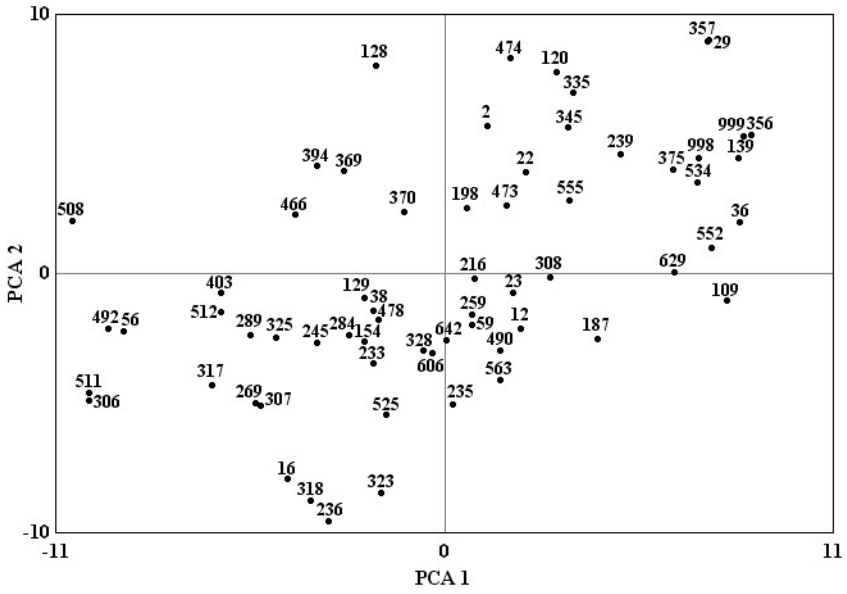
Traits	صفات	عامل اول (First)	عامل دوم (Second)	عامل سوم (Third)	عامل چهارم (Fourth)	میزان اشتراک Communality
DF	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی	-0.034	-0.060	0.888	-0.148	0.816
DP	تعداد روز تا ۵۰درصد غلافدهی	-0.081	-0.115	0.878	0.073	0.795
SPl	تعداد دانه در بوته	-0.644	0.629	0.033	0.395	0.968
PP	تعداد غلاف پُر در بوته	-0.399	0.838	-0.147	-0.068	0.888
100SW	وزن۱۰۰دانه	0.864	0.207	-0.316	-0.139	0.909
SPW	وزن دانه با غلاف	0.372	0.844	-0.282	0.148	0.952
BY	عملکرد بیولوژیک	0.260	0.854	-0.018	-0.244	0.858
SY	عملکرد دانه در بوته	0.345	0.843	-0.307	0.175	0.955
HI	شاخص برداشت	0.144	0.055	-0.339	0.801	0.779
PH	ارتفاع بوته	0.449	0.447	-0.069	-0.211	0.451
NB	تعداد شاخه‌های اصلی	0.171	0.485	-0.088	-0.475	0.498
BW	قطر شاخه اصلی	0.278	0.633	0.251	-0.176	0.571
SPo	تعداد دانه در غلاف	-0.407	-0.132	0.248	0.749	0.807
PL	طول غلاف	0.870	0.170	0.059	-0.032	0.790
PW	قطر غلاف	0.917	0.153	0.062	0.007	0.868
SL	طول دانه	0.562	0.145	-0.490	-0.387	0.726
SW	قطر دانه	0.872	0.140	-0.162	-0.070	0.810
Eigen values	مقادیر ویژه	6.508	3.318	2.090	1.524	-
Cumulative of variance (%)	درصد سهم تجمعی	38.284	57.804	70.099	79.064	-

DF= Days to 50% flowering; DP= Days to 50% podding; SPl= Seeds per plant; PP= Pods per plant; 100SW = 100-seed weight; SPW= Seed and pod weight; BY= Biological yield per plant; SY= Seed yield per plant; HI= Harvest index; PH= Plant height; NB= Number of main branches; BW= Main branch diameter; SPo= Seeds per pod; PL= Pod length; PW= Pod diameter; SL= Seed length; SW= Seed diameter

به این ترتیب، ژنوتیپ‌های قرارگرفته در درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه‌های متفاوت از نظر این صفات، شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی، صحیح بوده است.

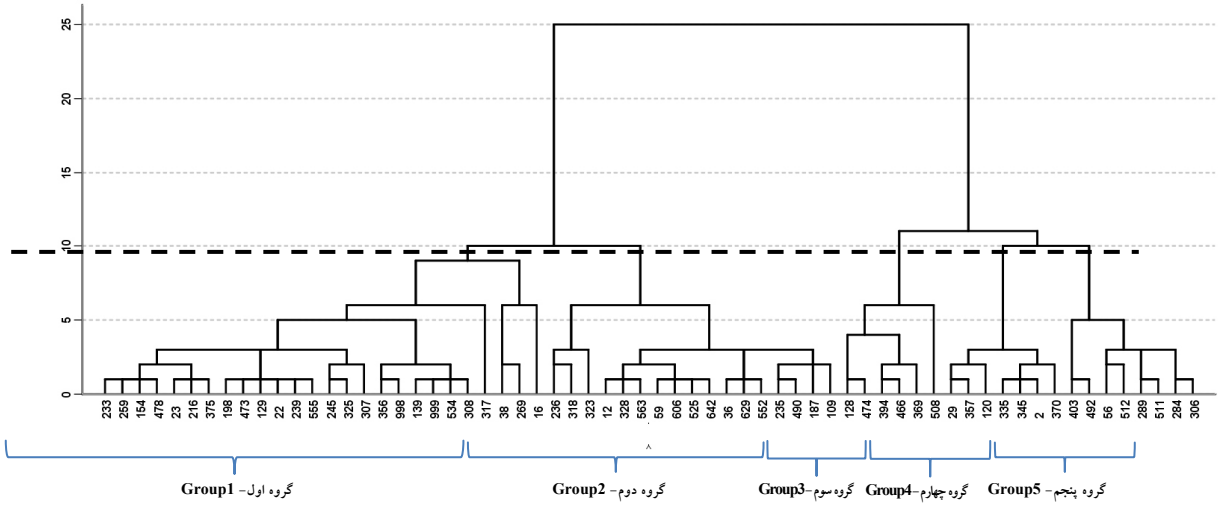
از طرف دیگر، به‌منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده گردید که نتایج گروه‌بندی تابع تشخیص در جدول۴ آمده است. نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت تابع تشخیص، به‌جُز غیر از گروه ۴ که در آن ۱۴/۳ درصد از ژنوتیپ‌ها در گروه خود قرار نگرفته‌اند، اما سایر گروه‌ها، ۱۰۰درصد در گروه خود قرار گرفتند.

در تجزیه تابع تشخیص کانونیکی، دو متغیر کانونیک اول که مقادیر ویژهٔ بالاتر از یک داشتند، در مجموع، ۹۶/۵درصد واریانس موجود را تبیین کردند که می‌تواند به‌عنوان معیاری مطمئن جهت انتساب ارقام جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار گیرد. هر متغیر کانونیکی، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و متغیرهای مجموعهٔ اندازه گیری‌شده را محاسبه می‌کند (Vaylay & Van Santen, 2002).



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های نخود کابلی براساس دو عامل اصلی اول و دوم

Fig. 1. Distribution of Kabuli type chickpea genotypes on the basis of the first and the second components



شکل ۲- دندروگرام مربوط به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی با استفاده از صفات زراعی

Fig. 2. Classifying dendrogram in Kabuli chickpea genotype based on morphological traits

جدول ۴- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 4. Result of discriminant analysis to confirmation Kabuli chickpea genotype classification

گروه‌بندی Grouping			اعضای گروه (Group) 1	2	3	4	5	جمع کل Total
اصلی (Main)	مجموع (Sum)	1	26	0	0	0	0	26
		2	0	17	0	0	0	17
		3	0	0	6	0	0	6
		4	0	0	0	6	1	7
		5	1	0	0	0	8	8
	درصد (%)	1	100	0	0	0	0	100
		2	0	100	0	0	0	100
		3	0	0	100	0	0	100
		4	0	0	0	85.7	14.3	100
		5	0	0	0	0	100	100

همبستگی‌های کانونیکی بسیارمعنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک (R_c=۰/۹۶۹) و دومین متغیر کانونیک (R_c=۰/۷۹۹) نشان‌دهندهٔ این است که متغیرهای کانونیک، تفاوت بین ارقام را به‌خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۸).

ضرایب تشخیص استانداردشدهٔ کانونیکی، همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند؛ لذا ضرایب تشخیص استانداردشده کانونیکی منعکس‌کننده واریانسی مشترکی است که متغیرهای اندازه‌گیری‌شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌توانند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله کانونیک مورد تفسیر قرار گیرد (Cruz-Castillo *et al.*, 1994). Rencher (2002) نیز توصیه می‌کند که برای تفسیر توابع تشخیص، از ضرایب تشخیص استانداردشده استفاده شود. این ضرایب، تأثیرات هر صفت را پس از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به‌دست می‌دهد. در حقیقت، اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. ضرایب استانداردشده کانونیکی صفات تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف پُر در بوته در اولین معادله تشخیصی کانونیکی قابل‌توجه است (جدول ۵). همچنین ضرایب صفات وزن۱۰۰دانه، وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی، تعداد دانه در غلاف، طول و قطر غلاف و دانه در دومین معادله تشخیص کانونیکی زیاد است (جدول ۵). این نتایج، حاکی از آن است که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند. سپس از متغیرهای کانونیکی معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی ارقام استفاده شد (شکل ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، پنج گروه کاملاً مجزا به‌دست آمد و در هر گروه، تنوع ژنتیکی درون‌گروهی کمی نسبت به تنوع ژنتیکی بین‌گروهی دارد. در حقیقت، ارقام هر گروه، فاصله ژنتیکی کمی با یکدیگر دارند. سپس به‌منظور تطبیق فاصله بین گروه‌ها، فواصل بین گروه‌ها به وسیله فاصله ماهالانوبیس (D^2) محاسبه گردید (جدول ۶).

جدول ۵- ماتریس ساختاری کانونیکی صفات مطالعه‌شده در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 5. Canonical structure matrix of studied traits in Kabuli chickpea genotype

Traits	صفات	متغیرهای کانونیکی (Canonical varieties)			
		1	2	3	4
DF	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی	-0.031	-0.137	0.143	0.364*
DP	تعداد روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی	-0.013	-0.204	0.257	0.460*
SPl	تعداد دانه در بوته	0.713*	-0.378	-0.135	-0.050
PP	تعداد غلاف پُر در بوته	0.439*	0.304	-0.210	-0.010
100SW	وزن۱۰۰دانه	-0.104	0.411*	-0.052	-0.224
SPW	وزن دانه با غلاف	0.177	0.538*	-0.116	-0.136
BY	عملکرد بیولوژیک	0.145	0.521*	-0.065	0.058
SY	عملکرد دانه در بوته	0.179	0.491*	-0.107	-0.211
HI	شاخص برداشت	0.046	-0.003	-0.031	-0.260*
PH	ارتفاع بوته	0.011	0.198*	0.005	-0.186
NB	تعداد شاخه‌های اصلی	0.015	0.207*	-0.207	-0.065
BW	قطر شاخه اصلی	0.058	0.355	-0.407*	0.257
SPo	تعداد دانه در غلاف	0.090	-0.364*	0.181	-0.012
PL	طول غلاف	-0.102	0.344*	-0.052	0.147
PW	قطر غلاف	-0.108	0.288*	-0.114	0.118
SL	طول دانه	-0.075	0.462*	-0.200	0.098
SW	قطر دانه	-0.117	0.472*	-0.193	-0.237
Eigenvalues	مقادیر ویژه	15.325	1.761	0.368	0.251
Cumulative of variance (%)	درصد سهم تجمعی	86.6	96.5	98.6	100.0
Canonical Correlation	همبستگی کانونیکی	0.969**	0.799**	0.519*	0.448 ns

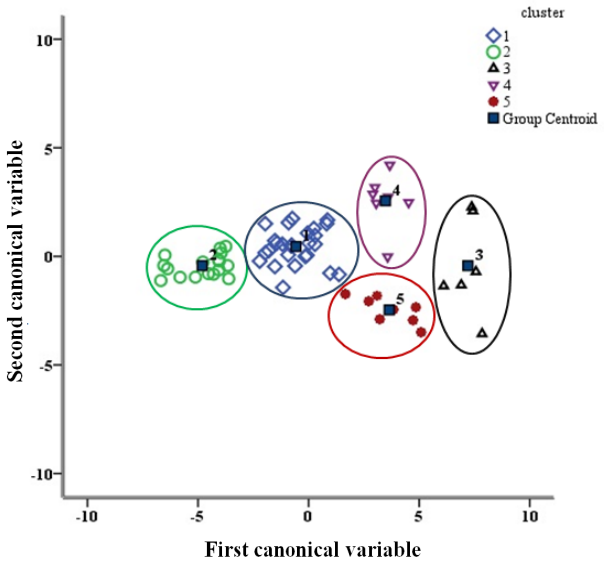
* : بالاترین همبستگی مشاهده‌شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی

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

جدول ۶- فواصل ماهالانوبیس بین گروه‌ها

Table 6. Mahalanobis distance between clusters

گروه (Group)	1	2	3	4	5
1	0				
2	26.348	0			
3	67.023	93.246	0		
4	28.491	53.383	45.566	0	
5	39.002	63.788	33.015	30.803	0



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی براساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار

Fig. 3. Classification of Kabuli chickpea genotype based on significant canonical variables

همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بیشترین فاصله بین گروه‌های ۲ و ۳ و کمترین فاصله بین گروه‌های ۱ و ۲ مشاهده گردید (جدول ۶ و شکل ۳). همچنین ژنوتیپ‌های گروه سوم از نظر متغیر کانونیکی اول و ژنوتیپ‌ها گروه چهارم از نظر متغیر کانونیکی دوم، بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (شکل۳). با توجه به ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم که دارای عملکرد و اجزای عملکرد خوبی بوده و در عین حال فاصله ژنتیکی متوسطی با یکدیگر دارند و همچنین ژنوتیپ‌های گروه سوم و ژنوتیپ‌های شاهد جم و کوروش از گروه اول که دارای فاصله ژنتیکی خوبی با هم می‌باشند، در برنامه‌های بِه‌نژادی جهت ایجاد ژنوتیپ‌های جدید با عملکرد بالا، می‌توان از تلاقی بین این گروه‌ها استفاده کرد.

به‌منظور بررسی بهتر گروه‌ها، برای تک‌تک صفات مورد بررسی به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد. به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد، بین گروه‌ها در کلیه صفات مورد بررسی به‌جُز صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلافدهی، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های اصلی، اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۷). اما مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلافدهی و تعداد شاخه‌های اصلی نشان داد که بین گروه‌ها تغییرات کوچک معنی‌داری در سطح احتمال ۵درصد وجود دارد (جدول ۸).

بدیهی است اگر میانگین یک صفت در یک خوشه، از میانگین آن صفت در سایر خوشه‌ها و همچنین میانگین کل، بالاتر باشد، بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های آن گروه برای آن صفت، ارزش بیشتری دارند. همان‌طورکه در نتایج مقایسه میانگین صفات برای گروه‌ها ملاحظه می‌گردد (جدول ۸)، ژنوتیپ‌های گروه اول که شاهد جم و کوروش نیز در این گروه قرار داشتند، به‌همراه ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی در مقایسه با سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها، از ارزش پایینی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد، میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و در عین حال نسبت به سایر گروه‌ها، زودرس‌تر نیز بودند. از آنجایی‌که زودرسی، یکی از اهداف مهم اصلاحی در نخود بوده و در بسیاری از مناطق تولید نخود،

کوتاه‌بودن روز تا گلدهی و بلوغ زودرس، یک امتیاز محسوب می‌شود (Singh & Saxena, 1990؛ Siddique *et al.*, 2003)، بنابراین ژنوتیپ‌های این دو گروه را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در این تحقیق معرفی کرد. با توجه به نتایج پراکنش ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات (شکل ۱) نیز اکثر ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر عامل دوم که عملکرد و اجزای عملکرد را شامل بود، مقادیر بالاتری را داشتند. ژنوتیپ‌های گروه پنجم از نظر اکثر صفات زراعی، مقادیر کمتری نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها نشان دادند و نسبت به سایر گروه‌ها، دوره‌های فنولوژیک طولانی‌تری داشتند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم و ژنوتیپ‌های شاهد جم و کوروش برای تولید ژنوتیپ‌های زودرس با عملکرد بالا اقدام نمود. Nezami *et al*, (2010) در بررسی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی، ۷۰ژنوتیپ را در ۹گروه دسته‌بندی کردند که خوشۀ۱ با ۲۹ژنوتیپ و خوشۀ۹ با یک ژنوتیپ، به‌ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین خوشه‌ها بودند. Dwevedi & Gairiyal (2009) نیز در بررسی تنوع ژنتیکی ۲۵ژنوتیپ نخود، آنها را در شِش گروه قرار داده و بیشترین فاصله را بین ژنوتیپ‌های گروه ۳ و ۴ مشاهده کردند.

جدول ۷- تجزیه واریانس گروه‌ها براساس صفات مورد بررسی
Table 7. Groups analysis of variance based on studied traits

Traits	صفات	Variance	
		واریانس بین‌گروهی Between group	واریانس درون‌گروهی Within group
d.f.	درجه آزادی	4	59
DF	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی	6.970 ns	7.663
DP	تعداد روز تا ۵۰درصد غلافدهی	11.923 ns	5.276
SPl	تعداد دانه در بوته	8886.954**	74.851
PP	تعداد غلاف پُر در بوته	3533.081**	76.439
100SW	وزن۱۰۰دانه	98.203**	13.990
SPW	وزن دانه با غلاف	266.383**	18.062
BY	عملکرد بیولوژیک	515.954**	43.606
SY	عملکرد دانه در بوته	154.438**	11.234
HI	شاخص برداشت	38.011 ns	51.264
PH	ارتفاع بوته	14.423 ns	12.271
NB	تعداد شاخه‌های اصلی	0.067 ns	0.047
BW	قطر شاخه اصلی	1.355**	0.261
SPo	تعداد دانه در غلاف	0.162**	0.030
PL	طول غلاف	12.183*	2.196
PW	قطر غلاف	3.104*	0.631
SL	طول دانه	2.121**	0.300
SW	قطر دانه	1.532**	0.165

DF= Days to 50% flowering; DP= Days to 50% podding; SPl= Seeds per plant; PP= Pods per plant; 100SW = 100-seed weight; SPW= Seed and pod weight; BY= Biological yield per plant; SY= Seed yield per plant; HI= Harvest index; PH= Plant height; NB= Number of main branches; BW= Main branch diameter; SPo= Seeds per pod; PL= Pod length; PW= Pod diameter; SL= Seed length; SW= Seed diameter

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک‌درصد

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

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که بین ارقام مورد بررسی تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد و برخی از ژنوتیپ‌ها با داشتن توان تولید بالا و یا صفات مطلوب دیگر می‌توانند در برنامه‌های بِه‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند و منشأ تولید واریته‌های اصلاح‌شده باشند. تجزیه تابع تشخیص کانونیکی نیز در محاسبه میزان تنوع و شناسایی صفات بسیار مؤثر در تنوع ژنوتیپ‌های نخود کابلی، موفق عمل کرد. صفات وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف‌های پُر، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن دانه با غلاف از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه در بوته بوده و می‌توان با گزینش برای این صفات، عملکرد دانه را افزایش داد. همچنین با توجه به این‌که بیشترین تنوع

برای این صفات در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد، بنابراین با انتخاب و اصلاح برای این صفات می‌توان عملکرد دانه در بوته را به نحو مطلوبی افزایش داد. علاوه بر این، استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای در تمایز ژنوتیپ‌ها به زیرگروه‌های مشابه بر اساس صفات مورفولوژیک و زراعی، نتیجه مطلوب و قابل‌قبولی در برداشت.

جدول ۸- انحراف معیار و مقایسه میانگین صفات گروه‌ها و میانگین کل در صفات مورد بررسی در نخود کابلی

Table 8. Cluster analysis in Kabuli chickpea genotypes

Traits	صفات	گروه ۱ Cluster 1	گروه ۲ Cluster 2	گروه ۳ Cluster 3	گروه ۴ Cluster 4	گروه ۵ Cluster 5	میانگین کل Total Average
Number of genotype	تعداد ژنوتیپ	26	17	6	7	8	64
DF	تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی	93.37 ^{ab} ±2.88	94.12 ^{ab} ±3.19	92.00 ^{b} ±1.41	93.14 ^{ab} ±2.44	95.06 ^{a} ±2.29	93.63 ±2.79
DP	تعداد روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی	102.27 ^{b} ±2.69	102.68 ^{ab} ±2.27	101.08 ^{b} ±0.86	102.00 ^{b} ±1.87	104.50 ^{a} ±1.83	102.52 ±2.39
SPl	تعداد دانه در بوته	107.63 ^{d} ±8.44	85.43 ^{e} ±7.93	160.54 ^{a} ±10.31	126.05 ^{c} ±5.60	142.84 ^{b} ±11.40	113.11±25.19
PP	تعداد غلاف پُر در بوته	90.92 ^{d} ±9.82	74.26 ^{e} ±7.96	121.42 ^{a} ±9.76	113.29 ^{b} ±4.00	99.36 ^{c} ±8.58	92.85±17.20
100SW	وزن۱۰۰دانه	19.03 ^{a} ±4.36	19.13 ^{a} ±3.92	15.30 ^{b} ±2.85	19.83 ^{a} ±2.73	12.12 ^{b} ±1.62	17.93 ±4.40
SPW	وزن دانه با غلاف	26.22 ^{b} ±4.88	21.40 ^{c} ±3.81	31.21 ^{a} ±4.59	33.87 ^{a} ±3.37	22.32 ^{c} ±3.05	25.81±5.82
BY	عملکرد بیولوژیک	40.22 ^{bc} ±7.50	33.79 ^{d} ±6.00	45.15 ^{b} ±6.06	52.10 ^{a} ±7.84	34.59 ^{cd} ±2.37	39.57±8.58
SY	عملکرد دانه در بوته	20.25 ^{b} ±3.72	16.30 ^{c} ±3.36	24.34 ^{a} ±3.16	25.56 ^{a} ±2.47	17.33 ^{bc} ±2.66	19.80±4.51
HI	شاخص برداشت	50.41 ^{a} ±9.12	48.36 ^{a} ±4.52	54.12 ^{a} ±4.66	49.65 ^{a} ±5.26	50.10 ^{a} ±7.02	50.09±7.10
PH	ارتفاع بوته	43.27 ^{a} ±4.02	42.16 ^{a} ±3.58	43.21 ^{a} ±2.83	44.11 ^{a} ±3.20	40.80 ^{a} ±1.43	42.75±3.52
NB	تعداد شاخه‌های اصلی	3.52 ^{ab} ±0.15	3.51 ^{ab} ±0.22	3.58 ^{ab} ±0.35	3.64 ^{a} ±0.21	3.39 ^{b} ±0.23	3.52±0.22
BW	قطر شاخه اصلی	5.07 ^{bc} ±0.52	5.07 ^{bc} ±0.59	5.42 ^{ab} ±0.44	5.88 ^{a} ±0.53	4.80 ^{b} ±0.23	5.16±0.57
SPo	تعداد دانه در غلاف	1.20 ^{bc} ±0.21	1.16 ^{c} ±0.12	1.33 ^{ab} ±0.15	1.10 ^{c} ±0.06	1.44 ^{a} ±0.19	1.22±0.20
PL	طول غلاف	20.03 ^{a} ±1.32	20.41 ^{a} ±1.44	18.44 ^{b} ±2.01	20.81 ^{a} ±1.39	18.11 ^{b} ±1.74	19.83±1.68
PW	قطر غلاف	9.58 ^{a} ±0.84	9.88 ^{a} ±0.86	8.82 ^{b} ±0.75	9.89 ^{a} ±0.76	8.65 ^{b} ±0.45	9.51±0.89
SL	طول دانه	7.86 ^{ab} ±0.55	7.96 ^{ab} ±0.49	7.47 ^{bc} ±0.65	8.37 ^{a} ±0.64	7.00 ^{c} ±0.51	7.80±0.64
SW	قطر دانه	6.08 ^{ab} ±0.44	6.15 ^{a} ±0.40	5.71 ^{b} ±0.40	6.24 ^{a} ±0.26	5.24 ^{c} ±0.40	5.98±0.50

در هر ردیف مقادیری که حروف مشترکی با یکدیگر ندارند بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

Means by the uncommon letter in each row are significantly different according to Duncan's multiple range tests (5%).

DF= Days to 50% flowering; DP= Days to 50% podding; SPl= Seeds per plant; PP= Pods per plant; 100SW = 100-seed weight; SPW= Seed and pod weight; BY= Biological yield per plant; SY= Seed yield per plant; HI= Harvest index; PH= Plant height; NB= Number of main branches; BW= Main branch diameter; SPo= Seeds per pod; PL= Pod length; PW= Pod diameter; SL= Seed length; SW= Seed diameter

سپاسگزاری

بخشی از بودجه این تحقیق از محل طرح تحقیقاتی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی دانشگاه تهران با شماره طرح ۷۱۰۱۰۱۰/۱/۰۴ مصوب مورخ ۱۳۸۹/۱۲/۱۶ تحت عنوان "بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی و نخود کابلی کلکسیون بانک ژن دانشکده کشاورزی با نشانگر SSR" و همچنین وزارت علوم، قطب‌های علمی و قطب علمی تحقیقات حبوبات دانشگاه تهران تأمین شده است که تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1. Bagheri, A., Ganjali, A., and Parsa, M. 1997. Chickpea Planting and Improvement. Press of Mashhad Academic Jihad. Iran.
2. Cruz-Castillo, J.G., Ganeshanandam, S., MacKay, B.R., Lawes, G.S., Lawoko, C.R.O., and Woolley, D.J. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. Hort Science 29: 1115-1119.
3. Dwevedi, K.K., and Gaibriyal, M.L. 2009. Assessment of genetic diversity of cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.). Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 7-8.
4. Farshadfar, M., and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arientinum* L.) landraces and lines. J. of Applied Sci. 8: 3951-3956.

5. Fayyaz, F., and Talebi, R. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agricultural Research 7: 135-141. (In Farsi)
6. Foundra, M.Z., Hernandez, M., Lopez, R., Fernandez, L., Sanchez, A., Lopez J., and Ravelo, I. 2000. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. PGR Newsletter 137: 1540-1544.
7. Jackson, J.E. 1991. A User's Guide to Principal Components. Wiley Interscience. New York, U.S.A. 569 pp.
8. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arientinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian J. of Crop Sci. 5(3): 185-191. (In Farsi)
9. Khattree, R., and Naik, D.N. 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. SAS Institute Inc., Cary, NC.
10. Loos, B.P. 1993. Morphological variation in *Lolium* (Poaceae) as a measure of species relationships. Plant Syst. Evol. 188: 87-99.
11. Malik, S.R., Bakhsh, A., Asif, M.A., Iqbal U., and Iqbal, S.M. 2010. Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. International Journal of Agriculture and Biology 12(1): 81-85.
12. Mardi, M., Taleei, A., and Omidi, M. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 34(2): 345-351. (In Farsi)
13. Meena, H.P., Kumar, J., Upadhyaya, H.D., Bharadwaj, C., Chauhan, S.K., Verma, A.K., and Rizvi, A.H. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. SAT E-Journal 8: 1-5.
14. Mohammad Ali Pour, H., Dashtaki, M., Bihamta, M.R., Peighambary, S.A., and Nagavi, M.R. 2010. Evaluation of genetic diversity in Kabuli chickpea germplasm using by agronomic and physiological traits. Abstracts of 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Vol. 2: Breeding. Pp. 47. (In Farsi).
15. Naghavi, M.R., and Jahansouz, M.R. 2005. Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. Journal of Integrative Plant Biology 47(3): 375-379.
16. Nezami, A., Pouramir, F., Momeni, S., Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2010. Evaluation of phenologic, morphologic and yield characteristics of chickpea germplasms in Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank I. Deci type chickpeas. Iranian Journal of Pulses Research, 1(2): 21-36. (In Farsi).
17. Rencher, A.C. 2002. Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, Inc.
18. Riggs, T.J. 1973. The use of canonical analysis for selection within a cultivar of spring barley. Ann. Appl. Biol. 74: 249-258.
19. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour, S.H. 2010. Season final drought stress effects on yield and yield component on five chickpea genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science 41(2): 259-269. (In Farsi).
20. Shobeiri, S., Ghassemi-Golezani, K., and Saba, J. 2006. Effect of water deficit on phenology and yield of three chickpea cultivars. Agricultural Science 16(2): 137-147. (In Farsi).
21. Siddique, K.H.M., Loss, S.P., and Thomsons, B.D. 2003. Cool seasons grain legume in dry land Mediterranean environment of Western Australia: Significance of early flowering. pp. 151-163. In: N.P. Saxena (Ed.). Management of Agriculture Drought "Agronomic and Genetic Options". Science Publishers Inc, NH, USA.
22. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1990. Studies on Drought Tolerance. Annual Report, ICARDA, Aleppo, Syria.
23. Suzuki, F., and Konno, S. 1982. Regional report on grain legumes production in Asia. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization. pp. 19-93.
24. Talebi, R., Fayyaz, F., and Babaeian Jeldor, F. 2007. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry land condition in the west of Iran. Asian Journal of Plant Sciences 6(7): 1151-1154.
25. Toker, C. 2004. Evaluation of yield criteria with phenotypic correlations and factor analysis in chickpea. Plant Soil Sci. 54: 45-48.
26. Toker, G., and Cagirgan, M.I. 2004. The use of phenotypic correlation and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Hereditas 140: 226-228.
27. Tilman, D., and Wedin, D. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystem. Nature pp. 718-720.

28. Van Rheenen, H.A. 1993. How to accelerate the genetic improvement of a recalcitrant crop species such as chickpea. Crop Sci. 65: 414-417.
29. Vaylay, R., and Van Santen, E. 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. Crop Sci. 42: 534-539.
30. Yeater, K.M., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Rayburn, A.L., and Rodriguez-Zas, S. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Sci. 44: 185-189.
31. Yucel, D.Ö., Anlarsal, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Turk. J. Agri. For. 30: 183-188.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 21-34

Grouping of Kabuli chickpea genotypes using multivariate statistical methods

Alipoor Yamchi[1*], H.M., Bihamta[2], M.R., Peyghambari[2], S.A., Naghavi[2], M.R. & Majnoon Hoseini[2], N.

1. MSc. Student of Plant Breeding, Faculty of Agricultural, Tehran University
2. Contributions from College of Agricultural, Tehran University

Received: 1 November 2011
Accepted: 16 February 2014

Abstract

In order to assess and identify genetic diversity and genetic relationships of the 64 Kabuli chickpeas genotypes, an experimental design was carried out in a simple lattice design (8×8) in 2009-2010 cropping season on the Research Field of College of Agriculture and Natural Resource of Tehran University. The results of phenotypic correlation showed that grain yield per plant had significant and positive correlation with seed and pod weight, biological yield, number of filled pods, 100 seed weight, number of seeds per plant, seed diameter and main branch diameter at 1% level probability and negative correlation with day to 50% flowering and days to 50% podding. Based on factor analysis, four factors were selected that in total 79% of the total variation was explained. The first and second factors were explained high percent of variation that including 100-seed weight, plant height, pod length, pod diameter, seed length, seed diameter, number of filled pods, seed and pod weight, biological yield, grain yield and main branch diameter. Therefore, these two factors used to identify genotypes with high yield and yield components and genotypes 2, 22, 29, 36, 120, 139, 198, 239, 335, 345, 356, 357, 375, 473, 474, 534, 552, 555 and 629 with two control genotypes Jam (998) and Korosh (999) were selected as high yield and component yield genotypes. According to the result of cluster analysis, the genotypes were classified in 5 clusters. The genotypes of third and fourth cluster had high yield and earliness in compare with other clusters and genotype average. According to the result of cluster analysis, we can use third and fourth cluster genotypes and two control genotypes (Jam and Korosh) for producing new genotypes with high yield.

Key words: Cluster analysis, Factor analysis, Kabuli Chickpea, Morphological traits, Multivariate analysis of variance

***Corresponding Author:** hadi_map22@yahoo.com, Mobile: 09141903544

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ۵۰-۳۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 35-50

واکنش خصوصیات فنومورفولوژیک ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) به آبیاری تکمیلی در شرایط مشهد

فریده‌سادات حسینی[۱]، احمد نظامی[۲*]، مهدی پارسا[۲] و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- اعضای هیئت علمی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- کارشناس ارشد آموزشی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، آبیاری تکمیلی عاملی مهم در رشد و نمو عدس می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک سه رقم عدس (*Lens culinaris* Medik.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت‌بلوک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، آبیاری تکمیلی (آبیاری در تمام مراحل فنولوژی گیاه، انجام یک‌بار آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلافدهی، پُرشدن دانه‌ها و بدون آبیاری طی فصل رشد) به‌عنوان فاکتور اصلی (کرت نواری)، و سه رقم عدس (رباط، کالپوش و گچساران) به‌عنوان فاکتورهای فرعی درنظرگرفته شدند. نتایج نشان داد انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه عدس در مقایسه با آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه‌دهی، منجر به افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) دورهٔ رشد زایشی گیاه شد. آبیاری کامل نیز کل دوره رشد گیاه را حدود ۱۲درصد (بر اساس درجه‌روز) نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد. اثر متقابل آبیاری×رقم نیز بر رشد رویشی و کل دوره رشد گیاه، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که در رقم رباط، تأخیر در آبیاری تا مرحله پُرشدن دانه سبب کاهش ۹/۵درصدی طول دورهٔ رشد رویشی (بر اساس درجه‌روز) نسبت به شرایط آبیاری کامل شد و در رقم کالپوش، آبیاری در مرحلهٔ غلافدهی، تعداد درجه‌روز رشد را حدود ۹درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد. آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، تعداد شاخه در بوته را به میزان ۱۴درصد نسبت به تیمار آبیاری در مرحله پُرشدن دانه افزایش داد، درحالی‌که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی سبب افزایش ۳۳درصدی وزن‌خشک شاخه نسبت به تیمار بدون آبیاری شد. همچنین آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در ارقام رباط، کالپوش و گچساران، وزن‌خشک شاخه را نسبت به تیمار بدون آبیاری به‌ترتیب حدود ۱۷، ۳۱ و ۵۹درصد افزایش داد. اثر متقابل آبیاری×رقم بر طول و وزن‌خشک شاخه و عملکرد دانه در عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. در رقم گچساران، عدم آبیاری سبب کاهش ۳۰درصدی طول شاخه در گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، در صورتی‌که این کاهش در رقم کالپوش، حدود ۲۱درصد بود. همچنین آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی طول شاخه را در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۸، ۲۳ و ۲۷درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ پُرشدن دانه افزایش داد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین دورهٔ رشد رویشی و زایشی با طول ساقه (به‌ترتیب $r=$۰/۲۶* و $r=$۰/۳۴**) و دورهٔ رشد زایشی با طول شاخه ($r=$۰/۳۰*)، وزن‌خشک ساقه و شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۳۷** و $r=$۰/۴۱**) و عملکرد دانه ($r=$۰/۳۴**) مشاهده شد. همچنین بین عملکرد دانه با طول ساقه ($r=$۰/۳۲*)، تعداد و طول شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۴۴** و $r=$۰/۵۳**) و وزن‌خشک ساقه و شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۴۲** و $r=$۰/۳۶**) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. به‌نظر می‌رسد انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد عدس، مؤثرتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، رشد زایشی، طول ساقه، عملکرد دانه، غلافدهی

مقدمه

عدس پس از سویا از نظر پروتئین، مقام دوم را در بین حبوبات دارا بوده و منبعی بسیار عالی جهت تأمین پروتئین و اسیدهای‌آمینه برای مردم کشورهای درحال‌توسعه است (Erskine *et al.*, 1993). این گیاه با توانایی رشد در شرایط محیطی نامناسب و خاک‌های فقیر و همچنین همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، در حاصلخیزی خاک، بسیار مؤثر می‌باشد و به‌همین دلیل در تناوب با گیاهان زراعی به‌ویژه با غلات در دیم‌زارها، نقش به‌سزایی دارد (Saxena, 1993;

*نویسنده مسئول: دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تلفن: ۲۰-۰۵۱۳۸۷۹۵۶۱۵، دور نگار: ۳۸۷۸۷۴۳۰، همراه: ۰۹۱۵۳۱۶۳۳۴۸، nezami@um.ac.ir

(Parsa *et al.*, 2008). عدس با سطح زیرکشت حدود ۲۲۶هزارهکتار در ایران و متوسط عملکرد ۵۰۲کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۱۱۳هزارتُن دارد (FAO, 2006). عملکرد پایین این گیاه، به‌دلیل کشت ارقام کم‌تولید و اثر تنش‌های محیطی می‌باشد (Ashraf *et al.*, 1990). یکی از عمده‌ترین مشکلات تولید عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب و نزولات جوّی است. این گیاه در کشت بهاره در اواخر مراحل رویشی و زایشی در معرض تنش‌های خشکی و گرما به‌طور همزمان قرار می‌گیرد و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Oweis *et al.*, 2004; Silim *et al.*, 1991).

آبیاری تکمیلی، یکی از راه‌های مؤثر و کارآمد برای جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و لذا از این طریق اثرات تنش خشکی به گیاه تخفیف می‌یابد (Oweis *et al.*, 2004). 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 *et al.*, 2006). در اغلب نواحی کشت حبوبات به‌ویژه استان خراسان رضوی، توزیع بارندگی پراکنده است و به‌نظر می‌رسد که با انجام آبیاری تکمیلی به‌ویژه در مراحل حساس رشدی گیاه، می‌توان کمبود رطوبت خاک را (که به‌دلیل عدم ریزش به‌موقع نزولات جوی یا بروز ناگهانی دوره خشکی ایجاد می‌شود) در حد نسبتاً مناسب جبران نمود و میزان تولید را بهبود بخشید (Rezaeyan zade, 2008; Bayati, 2001).

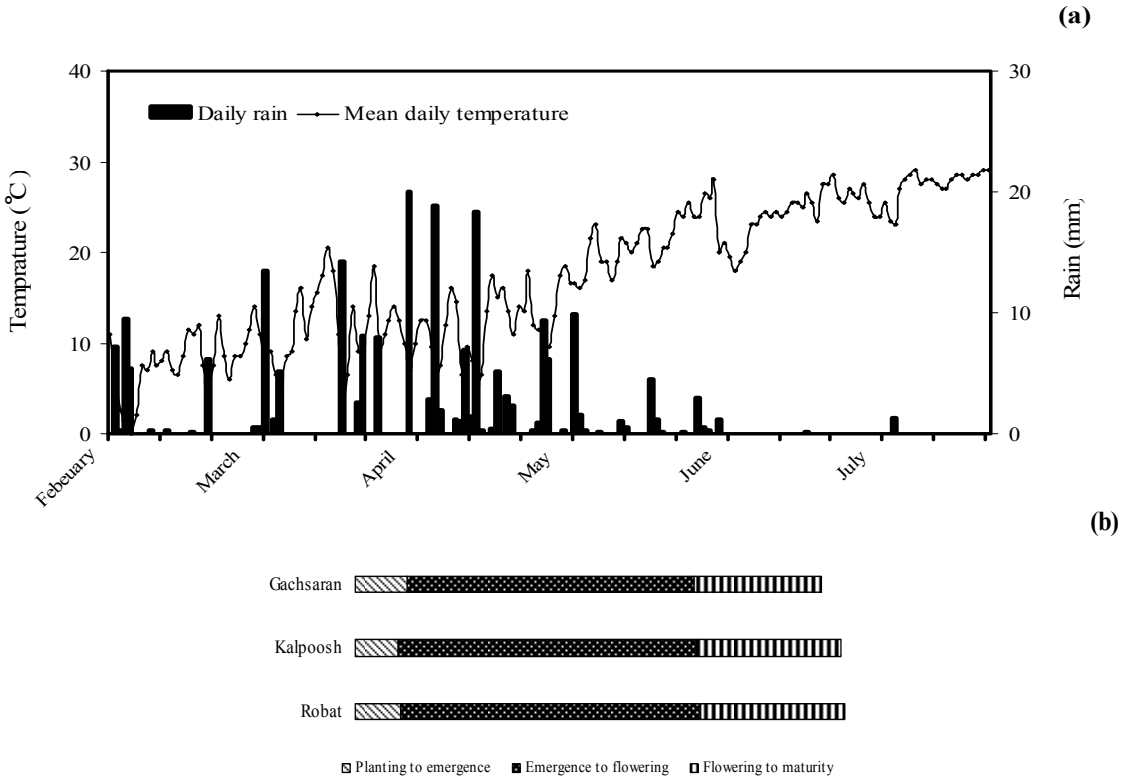
تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در حبوبات نیز ذکر شده است و شدت اثر این تنش، هنگامی افزایش می‌یابد که پیری برگ‌ها بر اثر تنش خشکی آغاز شده و غلاف‌ها ریزش پیدا کنند (Siddique *et al.*, 1986). در شرایط تنش، همچنین سرعت نموّ حبوبات افزایش یافته و لذا طول دورۀ رشد در گیاهی مانند نخود خصوصاً در دماهای بالا (۱۶ تا ۲۶درجه سانتی‌گراد) کاهش می‌یابد (Duarte *et al.*, 1999). محققین با انجام آزمایشی بر روی سویا نشان دادند که آبیاری در مرحله گلدهی، شروع تشکیل غلاف و غلاف‌دهی کامل سبب بهبود بیشتر ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری در مرحله تشکیل دانه، دانه‌بندی کامل و شروع رسیدگی شد (Kadhem *et al.*, 1995). کاهش آب قابل‌دسترس گیاه خصوصاً در ابتدای مرحلۀ گلدهی، سرعت رشد اندام‌های هوایی را کاهش داده و سبب کوتاه‌شدن طول دورۀ رشد زایشی و کاهش ارتفاع بوته شد، به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی در ۵۰درصد گلدهی بر افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های نخود تأثیر مثبت داشته است (Yousefi *et al.*, 1997) و لذا آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی رشد گیاه می‌تواند از شدت خسارت تنش بکاهد و عملکرد را بهبود بخشد (Ney *et al.*, 1994). در بررسی بر روی گیاه نخود در شرایط آب و هوایی مشهد مشخص شد که در بین مراحل فنولوژی این گیاه، مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است (Rezaeyan zade, 2008). در عدس نیز مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی بیشترین حساسیت را به فراهمی آب و تنش خشکی داشته‌اند (Salehi *et al.*, 2006).

در یک بررسی، عملکرد دانه و زیست‌تودۀ عدس با انجام آبیاری تکمیلی افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد آبیاری تکمیلی به میزان دوسوم آبیاری کامل، بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده را تحت تیمارهای آبیاری تکمیلی داشت (Oweis *et al.*, 2004). نتایج بررسی دیگری همچنین نشان داد انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی، یکی قبل از گلدهی و دیگری در مرحله پُرشدن دانه، به‌طور متوسط عملکرد عدس را تا ۲۰درصد نسبت به کشت دیم افزایش داد (Hamdi *et al.*, 1992). اما درصورت محدودیت آب، یک‌بار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی عدس در افزایش عملکرد دانه تأثیر به‌سزایی داشته است (Zhang *et al.*, 2000; Bayati, 2001). در بررسی خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک نخود، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مراحل فنولوژی (کاشت تا سبزشدن، سبزشدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی) و خصوصیاتی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد و طول شاخه‌ها، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (Nezami *et al.*, 2005). با توجه به بررسی‌های فوق، آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر زیادی بر بهبود رشد رویشی، رشد زایشی و همچنین خصوصیات مورفولوژیک گیاه داشته است، بنابراین، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل فنولوژیک بر ویژگی‌های فنولوژیک و مورفولوژیک سه رقم عدس طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد (۱۰کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی۳۶درجه و۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی۵۹درجه و۳۶دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵متری از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه۲۸۶میلی‌متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه برابر ۴۳ و ۲۷/۸-درجه سانتی‌گراد و نوع خاک سیلتی‌لوم) به‌صورت اسپلیت‌بلوک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن سطوح آبیاری شامل آبیاری کامل (در تمام مراحل فنولوژیک گیاه)، انجام یک‌نوبت آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی،

گلدهی، غلافدهی، پُرشدن دانه‌ها و نیز تیمار بدون آبیاری طی فصل رشد به‌عنوان عامل اصلی و ارقام عدس شامل رباط، کالپوش و گچساران به‌عنوان عامل فرعی درنظرگرفته شدند. عملیات آماده سازی زمین شامل تسطیح و تهیه بستر بذر در نیمهٔ اول اسفندماه انجام شد. کود فسفات آمونیوم به‌میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار و کود اوره به‌میزان ۲۰کیلوگرم در هکتار به‌صورت قبل از کاشت به زمین داده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۳/۷۵ متر و هر کرت دارای ۱۰ردیف کشت با فاصله ردیف‌های ۳۷/۵سانتی‌متر بود. بذور عدس در عمق دو تا سه‌سانتی‌متری خاک و با تراکم ۲۰۰بوته در مترمربع در نیمهٔ دوم اسفندماه کشت شدند. به‌منظور جلوگیری از آلودگی‌های قارچی و بیماری‌زای خاک، بذرها قبل از کاشت با استفاده از سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در همهٔ تیمارها یک‌نوبت آبیاری پس از کاشت جهت اطمینان از سبز یکنواخت بذور، انجام شد و پس از آن، آبیاری‌های بعدی با توجه به تیمارهای آزمایش زمانی که حداقل ۵۰درصد از بوته‌ها به مرحله رشدی مورد نظر رسیدند، اعمال گردید. مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد. جهت مبارزه با آفت شته سیاه باقلا (*Aphis fabae* Scop.)، یک مرحله سمپاشی با استفاده از سم متاسیستوکس به نسبت یک در هزار و برای مبارزه با پیله‌خوار نخود، هلیوتیس (*Heliothis* spp.) در مرحله پُرشدن دانه نیز یک مرحله سمپاشی با سم دیازینون با غلظت یک در هزار انجام گرفت. در طول فصل رشد، زمان وقوع هر یک از مراحل فنولوژی شامل سبزشدن، سبزشدن تا گلدهی (دوره رشد رویشی) و گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (دوره رشد زایشی) بر اساس وقوع هر مرحله در ۵۰درصد از گیاهان (IBPGR, 1985) در طول یک متر از دو ردیف وسط هر کرت، پس از درنظرگرفتن ۵۰سانتی‌متر حاشیه از ابتدای هر کرت، مشخص و ثبت گردید.



شکل ۱- (الف) درجه‌حرارت متوسط و بارندگی روزانه طی دوره کاشت تا رسیدگی عدس بهاره و (ب) طول مراحل رشدی آن در شرایط مشهد طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

Fig 1. (a): Mean daily temperature and daily rainfall from planting to maturity in spring lentil; (b): growth stages duration of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

به‌منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیک گیاه، در پایان فصل رشد، تعداد ۱۰بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت و صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، طول شاخه، تعداد شاخه، وزن‌خشک ساقه و وزن‌خشک شاخه اندازه‌گیری شد. برای

محاسبۀ درجه‌روز رشد (GDD)[1] با استفاده از آمار هواشناسی در سال مذکور و دمای پایه (T_b) معادل ۵درجه سانتی‌گراد (Aase *et al*., 1996) از معادلۀ ۱ استفاده شد.

معادله ۱: $$GDD = \sum \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b \right]$$

در این معادله T_{min} و T_{max}، به‌ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه بر حسب درجۀ سانتی‌گراد در سال مذکور می‌باشد.

با توجه به این‌که تراکم نهایی نسبت به تراکم اولیه دچار تغییر شده بود، کلیه داده‌ها در معرض آنالیز کواریانس قرار گرفت و تراکم نهایی به‌عنوان کوواریت در مدل آماری تعریف گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسۀ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کاشت تا سبزشدن: بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بین ارقام عدس از نظر روزهای کاشت تا سبزشدن وجود داشت (جدول ۱). رقم گچساران بیشترین و رقم کالپوش کمترین تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن را داشتند (جدول۳).

در بررسی روی ۸۱ژنوتیپ نخود در شرایط آبیاری تکمیلی در کشت پاییزه نیز مشخص شد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که میزان این صفت از حداقل ۹ تا حداکثر ۴۳ روز متغیر بود (Zaferanieh *et al*., 2010).

دورۀ رشد رویشی: آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بر دورۀ رشد رویشی گیاه عدس نداشت (جدول ۱). در سال زراعی مورد بررسی میزان نزولات جوی حدود ۲۶۱میلی‌متر بود که حدود ۶۱درصد آن در طول فصل رشد گیاه زراعی و بخش عمده‌ای از آن نیز در دوره رشد رویشی نازل شد (شکل ۱) و لذا احتمالاً بهبود وضعیت بارندگی در این دورۀ رشدی باعث شده است که آبیاری تکمیلی تأثیری بر آن نداشته باشد. ارقام عدس از نظر طول دوره رشد رویشی اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) داشتند (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم گچساران در مقایسه با ارقام رباط و کالپوش، زودتر وارد مرحله زایشی شد و رقم رباط بیشترین طول دوره رشد رویشی را داشت (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری×رقم نیز بر تعداد روز و درجه‌روز رشد از سبزشدن تا گلدهی، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). در رقم رباط، تأخیر در آبیاری تا مرحله پُرشدن دانه سبب کاهش ۹/۵درصدی طول دورۀ رشد رویشی (بر اساس درجه‌روز رشد) نسبت به شرایط آبیاری کامل شد، در حالی‌که در رقم گچساران و کالپوش تأخیر در آبیاری تا مرحله مذکور، تأثیر چندانی بر این دوره رشدی نداشت (جدول ۳).

بین کاشت تا سبزشدن با دورۀ رشد رویشی همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۶۵^{**}$ و $r= -۰/۳۴^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) مشاهده شد (جدول ۷). در بررسی اثر تاریخ کاشت پاییزه بر ژنوتیپ‌های متحمل به سرمای عدس نیز بین دو صفت مذکور، همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۴۱^{**}$) گزارش شده است (Khamadi *et al*., 2008). لذا به‌نظر می‌رسد که تسریع در سبزشدن بذور عدس، افزایش طول دوره رویشی را در پی داشته باشد.

دورۀ رشد زایشی: تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر دورۀ رشد زایشی عدس و درجه‌روز رشد از گلدهی تا رسیدگی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). بیشترین دورۀ زایشی در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار بدون آبیاری مشاهده شد. انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۶، ۱۵ و ۱۳درصدی طول این دوره نسبت به شرایط بدون آبیاری شد، درصورتی‌که تفاوت چندانی از نظر طول دورۀ رشد زایشی بین تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه‌دهی با تیمار بدون آبیاری مشاهده نشد (جدول ۳). بین دوره‌رشد زایشی با دورۀ کاشت تا سبزشدن، همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۳۵^{**}$ و $r= -۰/۳۸^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) وجود داشت، در حالی‌که هیچ‌گونه همبستگی بین دورۀ رشد رویشی و زایشی مشاهده نشد (جدول ۷).

بررسی‌ها نشان داده است که طول دورۀ گلدهی تا رسیدگی در نخود با آبیاری افزایش یافت (Tuba Bicer *et al*., 2004) ضمن این‌که با افزایش دورۀ رشد زایشی، گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته و نهایتاً عملکرد بهبود می‌یابد (Oweis *et al*., 2004). در همین راستا، افزایش سرعت رشد محصول در مرحله پُرشدن دانه و بهبود دوام بافت‌های سبز گیاه در طی این مرحله نیز منجر به بهبود رشد و اندازه (وزن) دانه شده است (Mohammadi *et al*., 2006). درحالی‌که بروز شرایط خشکی با وقوع همزمان دماهای بالا در انتهای فصل رشد خصوصاً در مرحله گلدهی، سبب کاهش دوره رشد زایشی می‌گردد (Zaferanie *et al*., 2010)، در سایر بررسی‌ها نیز مشاهده شده است که کاهش میزان آب قابل‌دسترس به‌خصوص در ابتدای مرحلۀ زایشی گیاه، سبب کوتاه‌شدن این دوره شد (Korte *et al*., 1993) و به‌دنبال آن، تعداد غلاف و عملکرد، کاهش یافته است (جدول۳).

[1] Growing degree days (GDD)

کاشت تا برداشت: تعداد روز و درجه‌روز رشد از کاشت تا برداشت عدس به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). تیمار آبیاری کامل و بدون آبیاری، به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد روز و درجه‌روز رشد از کاشت تا برداشت بودند، به‌طوری که آبیاری کامل، دوره رشد گیاه را حدود ۱۲درصد (بر اساس درجه‌روز) افزایش داد (جدول ۳). تفاوت طول دورهٔ رشد ارقام عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۱) و رقم رباط از رقم گچساران حدود پنج روز (معادل ۹۷درجه‌روز) دیرتر وارد مرحلهٔ رسیدگی شد (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری×رقم بر کل دورهٔ رشد گیاه هر چند از نظر تعداد روز معنی‌دار نبود ولی از نظر تعداد درجه‌روز رشد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). با وجود این که در هر سه رقم، آبیاری کامل تعداد درجه‌روزهای رشد را به میزان حدود ۱۲درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد ولی آبیاری در مرحلهٔ غلاف‌دهی تعداد درجه‌روز رشد را در رقم کالپوش حدود ۹درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد درصورتی‌که این افزایش در رقم گچساران، حدود ۲درصد بود (جدول ۴).

بین کل دورهٔ رشد گیاه با کاشت تا سبزشدن، همبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-۰/۳۶^{**}$) و با دورهٔ رشد رویشی ($r=۰/۵۴^{**}$ و $r=۰/۵۶^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز)، دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۸۰^{**}$ و $r=۰/۷۷^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و عملکرد ($r=۰/۲۶^{*}$ و $r=۰/۲۷^{*}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). در مجموع، به‌نظر می‌رسد در شرایط مطالعهٔ حاضر، هرچند بهبود هر دو دورهٔ رشد رویشی و زایشی نقش مهمی در افزایش کل دورهٔ رشد گیاه داشته‌اند، ولی تأثیر افزایش دورهٔ زایشی محسوس‌تر می‌باشد. نتایج نشان داده که افزایش طول دوره رشد و دوام بافت‌های سبز گیاه و به‌ویژه افزایش دوره رشد زایشی سبب می‌شود که گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته باشد و نهایتاً سبب بهبود عملکرد گردد (Oweis *et al.*, 2004).

طول و وزن‌خشک ساقه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری تکمیلی بر طول ساقه عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). گیاهان تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی پس از آبیاری کامل، بیشترین طول ساقه را داشتند و کوتاه‌ترین طول ساقه نیز تحت شرایط بدون آبیاری به‌دست آمد. آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی نیز سبب افزایش ۱۲درصدی طول ساقه عدس نسبت به تیمار بدون آبیاری شد (جدول ۵). ارقام عدس از نظر طول ساقه، تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۲)، به‌طوری‌که ارقام کالپوش و رباط بیشترین و رقم گچساران، کمترین طول ساقه را داشتند (جدول ۵). بین طول ساقه با دورهٔ رشد رویشی ($r=۰/۲۶^{*}$)، دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۳۴^{**}$ و $r=۰/۴۰^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورهٔ رشد گیاه ($r=۰/۴۵^{**}$ و $r=۰/۴۶^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک ساقه عدس نیز معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲) و بیشترین و کمترین وزن‌خشک ساقه به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تیمار بدون آبیاری مشاهده شد. در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی نیز آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در مرحله پُرشدن دانه به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن‌خشک ساقه عدس را تولید کردند (جدول ۵). در این آزمایش بین وزن‌خشک ساقه با دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۳۷^{**}$ و $r=۰/۴۱^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورهٔ رشد گیاه ($r=۰/۴۳^{**}$)، ارتفاع بوته ($r=۰/۴۲^{**}$)، تعداد شاخه در بوته ($r=۰/۳۹^{**}$) و مجموع طول شاخه در بوته ($r=۰/۶۸^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). بنابراین انجام آبیاری در عدس، موجب بهبود رشد گیاه، طول و وزن‌خشک ساقه عدس شده است. در بررسی بر روی سویا مشخص شد که آبیاری در مرحله گلدهی و تولید غلاف در مقایسه با آبیاری در مرحله تشکیل دانه، تأثیر بیشتری بر ارتفاع گیاه داشته است (Kadhem *et al.*, 1995). نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که کمبود آب سبب کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها و همچنین کاهش ارتفاع و زیست‌توده گیاه شده است (Pagter *et al.*, 2005). در آزمایشی بر روی نخود با سه تیمار آبیاری (بدون آبیاری، آبیاری در ۵۰درصد گلدهی و غلافدهی)، ارتفاع بوته تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار گرفت، به‌طوری‌که آبیاری در مرحله غلافدهی سبب افزایش ارتفاع بوته در گیاه نسبت به سایر تیمارهای آبیاری شد، در حقیقت کمبود آب در هر کدام از مراحل رویشی و زایشی ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد (Shamsi *et al.*, 2010).

تعداد شاخه در بوته: تأثیر سطوح آبیاری بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲) و تیمار آبیاری کامل، بیشترین تعداد شاخه در بوته را تولید کرد. در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی نیز آبیاری در مرحله گلدهی بیشترین تعداد شاخه را داشت، به‌طوری‌که تعداد شاخه در بوته در تیمار مذکور به میزان ۱۴درصد نسبت به تیمار آبیاری در مرحله پُرشدن دانه افزایش داشت (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع تعداد شاخه در بوته با ارتفاع بوته

(r=۰/۳۳*) مشاهده شد (جدول ۷). در سایر بررسی‌ها بر روی گیاه نخود نیز مشخص شده است که تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، بیشترین تعداد شاخه (Yousefi *et al*., 1997) و آبیاری در مرحله پُرشدن دانه کمترین تعداد شاخه در نخود را تولید کرده است (Rezaiyan zade, 2008). نتایج همچنین نشان داده است که آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی و پُرشدن غلاف‌های نخود به‌دلیل تأثیر مثبت بر تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته، در افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاه مؤثر بوده است (Ozgun *et al*., 2004; Shamsi *et al*., 2010, Tuba Bicer *et al*., 2004; Ullah *et al*., 2002; Zang *et al*., 2000) ضمن این‌که تعداد شاخه در عدس نیز به‌عنوان یک صفت مؤثر در بهبود عملکرد دانه مطرح می‌باشد (Salehi *et al*., 2007).

مجموع طول شاخه در بوته: آبیاری تکمیلی بر طول شاخه عدس تأثیری معنی‌دار (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲) و حداکثر طول شاخه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گلدهی بیشترین طول شاخه را تولید کرد و آبیاری در مرحله تشکیل دانه، تأثیر چندانی بر طول شاخه نداشت (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری×رقم بر طول شاخه نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). با وجود این‌که تأخیر در آبیاری تکمیلی و یا عدم آبیاری سبب کاهش طول شاخه در تمام ارقام مورد مطالعه شد، ولی این کاهش بسته به رقم متفاوت بود، به‌طوری‌که در رقم گچساران، عدم آبیاری سبب کاهش ۳۰درصدی طول شاخه در گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، درصورتی‌که این کاهش در رقم کالپوش حدود ۲۱درصد بود. همچنین، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی طول شاخه را در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۸، ۲۳ و ۲۷درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی در مرحلۀ تشکیل دانه افزایش داد (جدول ۶). از آنجا که دو رقم رباط و کالپوش از جمله ارقامی هستند که برای سالیان متمادی در شرایط کشت متکی به باران (دیم) کشت شده‌اند، لذا واکنش کمتری به آبیاری نسبت به رقم گچساران (که اخیراً آزاد شده است) نشان داده‌اند. بین مجموع طول شاخه‌ها در بوته با دورۀ رشد زایشی (r=۰/۳۰* و r=۰/۳۸**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورۀ رشد گیاه (r=۰/۴۴** و r=۰/۴۷**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز)، ارتفاع بوته (r=۰/۵۹**) و تعداد شاخه (r=۰/۶۶**)، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). در بررسی دیگری بر روی عدس نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول شاخه در بوته با تعداد روزهای گلدهی تا رسیدگی (r=۰/۴۹**) و ارتفاع بوته (r=۰/۵۵**) گزارش شده است (Khamadi *et al*., 2008).

وزن‌خشک شاخه: تأثیر سطوح آبیاری بر وزن‌خشک شاخه در گیاه عدس معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲) و تیمار آبیاری کامل بیشترین وزن‌خشک شاخه را داشت و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی با افزایش ۳۳درصدی وزن‌خشک شاخه نسبت به تیمار بدون آبیاری، بالاترین میزان وزن‌خشک شاخه را پس از تیمار آبیاری کامل تولید کرد. آبیاری تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی، غلافدهی و پُرشدن دانه نیز وزن خشک شاخه را به ترتیب معادل ۲۳، ۱۵ و ۸درصد نسبت به تیمار شاهد بدون آبیاری افزایش داد (جدول ۵). ارقام عدس از نظر وزن‌خشک شاخه تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشتند (جدول ۲) و بیشترین و کمترین وزن‌خشک شاخه به‌ترتیب مربوط به رقم رباط و کالپوش بود (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری×رقم بر وزن‌خشک شاخه نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). باوجود این‌که پس از آبیاری کامل، هر سه رقم در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیشترین وزن‌خشک شاخه را تولید کردند، ولی واکنش ارقام در تولید وزن‌خشک شاخه متفاوت بود، به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی در مرحله مذکور (گلدهی) در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۷، ۳۱ و ۵۹درصد وزن‌خشک شاخه را نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد (جدول ۶). بین وزن‌خشک شاخه با درجه‌روز دورۀ رشد رویشی (r=۰/۲۹*)، دورۀ رشد زایشی (r=۰/۴۱** و r=۰/۴۸**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورۀ رشد گیاه (r=۰/۵۸**)، ارتفاع بوته (r=۰/۶۱**)، تعداد شاخه در بوته (r=۰/۵۱**) و مجموع طول شاخه در بوته (r=۰/۸۳**) و وزن‌خشک ساقه (r=۰/۷۱**) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). بین عملکرد دانه با دورۀ رشد رویشی و زایشی و همچنین خصوصیات مورفولوژیک عدس نیز همبستگی خوبی مشاهده شد (جدول ۷) و لذا به‌نظر می‌رسد که آبیاری تکمیلی از طریق بهبود این صفات منجر به افزایش عملکرد شده است.

در کشت بهاره عدس گیاهان در مراحل انتهایی رشد با تنش خشکی همراه با درجه‌حرارت‌های بالا مواجه می‌شوند و این موضوع سبب کاهش رشد و تولید گیاه خواهد شد و لذا جهت تخفیف اثرات تنش بر رشد گیاه، آبیاری تکمیلی در طی این مراحل مفید می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد روز و درجه‌روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 1. Analysis of variance (mean squares) of days and growth degree days of phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی df	میانگین مربعات تعداد روز (Mean squares of days)				میانگین مربعات درجه روز رشد (Mean squares of Growth Degree Day)			
			کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
بلوک	Block	2	15.25 **	56.58 **	4.00 ns	10.30 ns	553.35 **	5500.95 *	717.45 ns	3804.67 ns
آبیاری	Irrigation	5	1.33 ns	6.12 ns	25.96 **	29.15 **	63.85 ns	1712.67 ns	10695.35 **	12652.42**
خطا	Error	10	1.16	4.82	1.51	3.40	44.58	1076.35	579.06	1789.53
رقم	Cultivar	2	14.60 *	32.28 *	70.81 ns	111.70*	512.96 *	2916.83 ns	32270.01 ns	45400.23*
خطا	Error	4	2.21	3.85	20.75	8.81	62.37	1474.43	7176.34	4033.87
آبیاری× رقم	Irrigation × Cultivar	10	1.15 ns	5.89 **	2.09 ns	2.10 ns	46.53 ns	1004.50 **	581.25 ns	1301.58**
کواریت	Covariate	1	2.80	0.55	2.99	7.06	70.96	1.91	776.36	2109.81
خطا	Error	19	1.01	0.79	3.14	1.58	44.33	110.17	710.46	247.54
کل	Total	53								

ns، * و ** به ترتیب 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.

در آزمایش حاضر که با هدف بررسی مراحل حساس رشدی عدس به تنش خشکی و تأثیر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک ارقام عدس اجرا شد، آبیاری تکمیلی سبب بهبود اغلب خصوصیات فنولوژیک و صفات مورفولوژیک گیاه عدس شد، با وجود این، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را داشت و پس از آبیاری کامل در تمام دورهٔ رشد گیاه، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بالاترین عملکرد را تولید کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

Table 2. Analysis of variance (mean squares) of morphological traits and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	طول ساقه Stem length	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	مجموع طول شاخه در بوته Branches length per plant	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک شاخه Branches dry weight	عملکرد Yield
بلوک Block	2	5.88 ns	0.68 *	46.28 ns	1250.89 ns	6262.48 ns	61.47 ns
آبیاری Irrigation	5	23.86 *	0.70 **	1483.39 **	5097.88 **	140212.27 **	288452.18 **
خطا Error	10	12.88	0.14	51.05	579.85	5983.52	858.69
رقم Cultivar	2	27.91 **	0.06 ns	62.27 ns	1619.04 ns	100238.50**	133391.13 **
خطا Error	4	1.78	0.18	28.58	632.13	5910.47	42.67
آبیاری× رقم Irrigation × Cultivar	10	6.23 ns	0.06 ns	38.36 **	784.01 ns	9778.58 **	4685.04 **
کوواریت Covariate	1	3.56	0.31	14.44	284.65	997.44	733.80
خطا Error	19	3.63	0.09	10.36	392.02	692.83	422.16
کل Total	53						

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

ns, *, **: Non significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۳- اثر آبیاری و رقم بر مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 3. Effects of irrigation and cultivar on phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

تیمار treatment		تعداد روز (day)				درجه روز رشد (GDD)			
		کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
آبیاری Irrigation	آبیاری کامل Complete irrigation	9.0	58.7	28.7	96.4	68.5	551.1	530.7	1150.2
	آبیاری در مرحله شاخه دهی Irrigation in branching stage	9.4	57.8	25.7	92.9	72.1	540.8	467.6	1080.6
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	9.0	56.5	28.2	93.7	68.7	516.5	506.5	1091.7
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.7	56.7	28.1	93.4	66.7	516.2	501.5	1084.4
	آبیاری در مرحله پر شدن دانه Irrigation in seed setting stage	8.5	57.2	27.6	93.4	65.2	524.07	494.0	1083.3
	بدون آبیاری Non irrigation	9.5	56.8	24.4	90.7	71.6	527.8	430.3	1029.7
	LSD (0.05)	ns	ns	1.3	1.9	Ns	ns	25.3	42.3
ارقام Cultivar	رباط Robat	8.7	58.2	28.6	95.5	67.0	540.1	520.1	1127.1
	کالیوش Kalpoosh	8.3	57.9	27.9	94.1	64.7	532.8	505.1	1102.5
	گچساران Gachsaran	10.0	55.8	24.9	90.6	74.8	515.4	440.1	1030.3
	LSD (0.05)	1.3	1.8	ns	2.7	7.3	ns	ns	57.9

جدول ۴- اثرمتقابل آبیاری×رقم بر مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 4. Effects of irrigation×cultivar on phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

ارقام عدس Lentil cultivar	تیمار آبیاری Irrigation treatment	تعداد روز (day)				درجه‌روز رشد (GDD)			
		کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
رباط Robat	آبیاری کامل Complete irrigation	8.9	60.0	30.2	99.2	68.5	569.9	568.4	1206.6
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	8.6	59.4	27.3	95.3	65.8	558.0	501.1	1124.8
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	8.6	58.4	28.3	95.3	67.0	541.1	516.2	1124.2
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.3	56.7	30.3	95.3	64.6	513.2	547.8	1125.6
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	8.9	56.4	29.5	94.8	66.7	515.7	524.0	1106.1
	بدون آبیاری Non irrigation	8.8	58.4	26.1	93.3	69.1	543.8	463.4	1075.7
کالپوش Kalpoosh	آبیاری کامل Complete irrigation	8.4	58.3	29.4	96.1	64.6	539.5	537.1	1141. 4
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	8.3	59.5	26.6	94.4	64.6	555.2	494.5	1115.0
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	7.8	56.6	29.8	94.1	62.6	505.6	532.7	1101.2
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.2	59.1	27.9	95.1	64.7	548.0	509.5	1121.9
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	7.7	57.7	29.0	94.3	60.4	522.8	521.9	1105.1
	بدون آبیاری Non irrigation	9.5	56.6	24.5	90.6	71.5	524.2	434.9	1030.5
گچساران Gachsaran	آبیاری کامل Complete irrigation	9.6	57.8	26.6	94.1	72.4	543.8	486.5	1102.7
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	11.4	54.6	23.1	89.1	86.0	508.6	407.2	1001.9
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	10.5	54.6	26.5	91.6	76.5	502.3	470.5	1049.6
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	9.5	54.3	26.2	89.9	70.8	487.3	447.2	1005.7
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	9.0	57.7	24.3	91.0	68.6	534.0	436.3	1038.8
	بدون آبیاری Non irrigation	10.1	55.6	22.4	88.2	74.8	515.2	392.7	983.9
	$LSD_{(0.05)}$	ns	1.5	ns	ns	Ns	17.9	ns	26.9

جدول ۵- اثر آبیاری و رقم بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 5. Effects of irrigation and cultivar on morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

تیمار treatment		طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	طول شاخه در بوته (سانتی‌متر) Branches length per plant (cm)	وزن خشک ساقه (میلی گرم) Stem dry weight (mg)	وزن خشک شاخه (میلی گرم) Branches dry weight (mg)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)
آبیاری Irrigation	آبیاری کامل Complete irrigation	35.0	4.3	126.3	359.8	1001.5	1309
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	33.0	4.0	109.4	312.7	803.5	905
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	33.8	4.1	118.3	336.3	869.7	1213
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	32.1	3.9	101.4	320.7	754.3	1167
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	32.0	3.6	96.4	311.2	704.4	1150
	بدون آبیاری Non irrigation	30.3	3.6	93.6	289.2	653.2	796
	LSD (0.05)	3.7	0.4	7.6	25.3	81.2	24.4
ارقام Cultivar	رباط Robat	33.4	3.9	109.7	332.9	885.9	1003
	کالپوش Kalpoosh	33.5	3.9	107.1	317.6	742.7	1161
	گچساران Gachsaran	31.3	4.0	106.0	314.5	760.2	1156
	LSD (0.05)	1.2	ns	Ns	ns	71.1	12.2

جدول ۶- اثرمتقابل آبیاری×رقم بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 6. Effects of irrigation×cultivar on morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

ارقام عدس Lentil cultivar	تیمار آبیاری Irrigation treatment	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	طول شاخه در بوته (سانتی‌متر) Branches length per plant (cm)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم) Stem dry weight (mg)	وزن خشک شاخه (میلی‌گرم) Branches dry weight (mg)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)
رباط Robat	آبیاری کامل Complete irrigation	36.0	4.3	131.8	398.0	1178.8	1204
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	33.5	4.0	111.7	316.0	850.0	926
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	35.2	4.1	117.9	345.7	919.8	1113
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	31.1	3.8	101.0	325.6	804.4	1052
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	33.1	3.6	99.7	325.4	774.7	1030
	بدون آبیاری Non irrigation	31.4	3.7	96.2	286.4	787.5	694
کالپوش Kalpoosh	آبیاری کامل Complete irrigation	36.4	4.2	119.2	336.6	884.6	1405
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	33.5	4.0	108.6	313.6	730.4	1011
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	34.0	4.0	117.8	320.2	808.9	1274
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	32.4	4.1	106.5	316.2	728.5	1243
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	31.7	3.7	95.7	308.1	686.6	1238
	بدون آبیاری Non irrigation	33.0	3.4	94.4	311.0	617.3	795
گچساران Gachsaran	آبیاری کامل Complete irrigation	32.7	4.6	127.8	344.8	941.2	1317
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	32.1	4.0	108.0	308.6	830.0	1078
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	32.2	4.3	119.5	342.9	880.3	1254
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	32.7	3.8	96.7	320.2	703.1	1207
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	31.5	3.6	93.8	300.1	651.8	1182
	بدون آبیاری Non irrigation	26.5	3.7	90.0	270.3	554.8	900
	LSD $_{(0.05)}$	ns	ns	5.5	Ns	45.0	35.1

جدول ۷- ضرایب همبستگی میان مراحل فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 7. Correlation coefficients among phonological stages, morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

صفات characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
۱- کاشت تا سبزشدن (روز) Planting to emergence (day)	1													
۲- سبزشدن تا گلدهی (روز) Emergence to flowering (day)	-0.65 **	1												
۳- گلدهی تا رسیدگی (روز) Flowering to maturity (day)	-0.35 **	0.05 ns	1											
۴- کاشت تا برداشت (روز) Planting to harvesting (day)	-0.36 **	0.54 **	0.80 **	1										
۵- کاشت تا سبزشدن (درجه‌روز) Planting to emergence (GDD)	0.98 **	-0.64 **	-0.37 **	-0.38 **	1									
۶- سبزشدن تا گلدهی (درجه روز) Emergence to flowering (GDD)	-0.34 **	0.93 **	-0.10 ns	0.50 **	-0.34 **	1								
۷- گلدهی تا رسیدگی (درجه‌روز) Flowering to maturity (GDD)	-0.38 **	0.20 ns	0.97 **	0.89 **	-0.39 **	0.08 ns	1							
۸- کاشت تا برداشت (درجه‌روز) Planting to harvesting (GDD)	-0.36 **	0.56 **	0.77 **	0.99 **	-0.37 **	0.52 **	0.88 **	1						
۹- طول ساقه Stem length	-0.14 ns	0.26 *	0.34 **	0.45 **	-0.11 ns	0.24 ns	0.40 **	0.46 **	1					
۱۰- تعداد شاخه Number of branches	0.10 ns	-0.04 ns	0.16 ns	0.17 ns	0.13 ns	-0.02 ns	0.18 ns	0.17 ns	0.33 **	1				
۱۱- طول شاخه Branches length	0.01 ns	0.19 ns	0.30 *	0.44 **	0.04 ns	0.22 ns	0.38 **	0.47 **	0.59 **	0.66 **	1			
۱۲- وزن خشک ساقه Stem dry weight	-0.01 ns	0.11 ns	0.37 **	0.43 **	0.00 ns	0.12 ns	0.41 **	0.43 **	0.42 **	0.39 **	0.68 **	1		
۱۳- وزن خشک شاخه Branches dry weight	-0.01 ns	0.25 ns	0.41 **	0.58 **	0.02 ns	0.29 *	0.48 **	0.58 **	0.61 **	0.51 **	0.83 **	0.71 **	1	
۱۴- عملکرد Yield	-0.07 ns	-0.03 ns	0.34 **	0.26 *	-0.09 ns	-0.07 ns	0.36 **	0.27 *	0.32 *	0.44 **	0.53 **	0.42 **	0.36 **	1

ns، # و ## به ترتیب 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.

منابع

1. Aase, J.K., Pikul, J.L., Prueger, J.H., and Hatfield, J.L. 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. Agronomy Journal 88: 723-728.
2. Ashraf, M., and Waheed, A. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medik.) for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil 128: 167-176.

3. Bayati, M.A. 2001. Effect of supplemental irrigation and weed control on growth performance and yield of lentil (*Lens culinaris*) in dry land conditions. M.Sc. Thesis, Mazandaran University, Iran. (In Persian with English Summary).
4. Duarte, I., and Desousa, M.T. 1999. Identification of chickpea varieties, adapted to favorable and favorable water conditions. Part III. Workshop7. Abiotic Stress: Drought and Heat.
5. Erskine, W., and Saxena, M.C. 1993. Lentil in South Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11-15 March 1991, New Delhi, India. ICARDA. Aleppo, Syria. 236 pp.
6. FAO. 2006. FAO Bulletin of Statistics.
7. Hamdi, A., Erskine, W., and Gates, P. 1992. Adaptation of lentil seed yield to varying moisture supply. Crop Sciences 32: 987-990.
8. IBPGR, ICRISAT and ICARDA. 1985. Lentil Descriptors (*Lens culinaris* Medik.). ICRISAT, Patancheru, India.
9. Kadhem, F.A., Specht, J.E., and Wolliams, J.A. 1985. A soybean irrigation serially timed during stages R_1 to R_6. II. Yield component responses. Agronomy Journal 77: 291-298.
10. Khamadi, N., Nezami, A., and Bagheri, A. 2008. Effect of autumn planting on phenology and morphology of cold hardy Lentils (*Lens culinaris* Medik.) in Mashhad conditions. Environmental Stresses in Agricultural Sciences 2(1): 39-51. (In Persian with English Summary).
11. Korte, L.L., Wolliams, J.H., Specht, T.E., and Sorensen, R.C. 1993. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. Crop Science 28: 521-530.
12. Mohammadi, GH., Ghasemi Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2006. The influence of water limitation on the yield of three chickpea cultivars. Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 10(2) :109-120. (In Persian with English Summary).
13. Ney, B., Duthion, C., and Ture, O. 1994. Phenological response of Pea to water stress during reproductive development. Crop Science 34: 141-146.
14. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: I- phenology and morphology. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 143-155. (In Persian with English Summary).
15. 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.
16. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.
17. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 66: 163-179.
18. Ozgun, O.S., Tuba Bicer, B., and Sakar, D. 2004. Agronomic and morphological characters of chickpea under irrigated conditions in turkey. International Journal of Agriculture & Biology 6(4): 606-610.
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. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).
21. Rezaeyan zade, A. 2008. Effects of supplemental irrigation on yield and yield components and growth index of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
22. Salehi, M., Haghnazari, A., and Shekari, F. 2006. The study of morpho-physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) relation with grain yield under normal and drought stress conditions. The 9th Iranian Crop Sciences Congress. p. 27-28. (In Persian with English Summary).
23. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Balsini, H. 2007. Evaluation of relationships between different traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 41: 205-215. (In Persian with English Summary).
24. Saxena, M.C. 1993. The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds.). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. John Wiley & Sons, New York, NY, p. 3-4.
25. Shamsi, K., Kobraee, S., and Haghparast, R. 2010. Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah, Iran. African Journal of Biotechnology 9(27): 4197-4203.
26. Siddique, K.H.M., and Sedgley, R.H. 1986. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) a potential grain legume for southwestern Australia: Seasonal growth and yield. Australian Journal of Agricultural Research 37: 245-260.

27. Silim, S.N., Saxena, M.C., and Erskine, W. 1991. Effect of sowing date on the growth and yield of lentil in a rainfed Mediterranean environment. Experimental Agriculture 27: 145-154.
28. Tuba Bicer, B., Narin Kolender, A., and Sakar, D. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. Journal of Agronomy 3: 154-158.
29. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam W.A. 2002. Effect of various irrigations level on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Science 4: 355-357.
30. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., Rahimzade khoyi, F., and Moghaddam, M. 1997. Study for some agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under two irrigation regimes and path analysis of traits under study. Iranian Journal of Agricultural Science 28(4): 147-162. (In Persian with English Summary).
31. Zaferanieh, M., Nezami, A, Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2010. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under supplementary irrigation in Mashhad condition: 1- Phenological and morphological characteristics. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 473-482. (In Persian with English Summary).
32. Zang, H., Pala, M., Oweis, Y., and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research 51: 295-304.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 35-50

Reaction of pheno-morphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions

Hosseini[1], F.S., Nezami[2*], A., Parsa[2], M. & Hajmohammadnia Ghalibaf[2], K.

1. MSc. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad-Iran
2. Contributions from Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad-Iran

Received: 9 August 2011
Accepted: 15 May 2012

Abstract

Supplementary irrigation is a key factor in dryland production of lentil (*Lens culinaris* Medik.). In order to study the effects of supplementary irrigation on phenological and morphological characters of three Lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars, a trial carried out as split block based on randomized complete block design with three replications at Research Field of Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad. Six treatments of supplementary irrigation (irrigation in all of phenological stages; once irrigation in each stage of branching; flowering; podding; seed setting, and also without irrigation in all growing season) as main plot (strip plot), and three lentil cultivars (Robat; Kalpoosh, and Gachsaran) as sub plot were adjusted. Results showed that one irrigation in flowering, podding, and seed setting stages increased significantly ($p \leq 0.01$) reproductive growth stage relative to irrigation in branching stage. The complete irrigation treatment increased growth stages of plant approximately 12% (based on degree day) relative to without irrigation treatment. The interaction of irrigation×cultivar on the vegetative growth and overall plant growth was significant ($p \leq 0.01$). In Robat cultivar, delay in irrigation till seed setting stage compared to complete irrigation, decreased 9.5% the vegetative growth period (based on degree day), while irrigation in podding stage on Kalpoosh cultivar compared to without irrigation, increased the number of growing degree day by about 9%. Supplementary irrigation at the flowering stage increased number of branches per plant by 14% compared to the irrigation at the seed setting stage. While, supplementary irrigation during flowering stage increased the branch dry weight about 33% compared to the non-irrigation treatment. Also, the supplementary irrigation at flowering stage compared to without irrigation increased the branch dry weight of Robat, Gachsaran, and Kalpoosh cultivars about 17, 31 and 59%, respectively. The interaction of irrigation×cultivar was significant ($p \leq 0.01$) on branch length, and dry weight, also grain yield of lentil. The non-irrigation compared to the completed irrigation, reduced the branch length of Gachsaran, and Kalpoosh cultivars about 30 and 21%, respectively. Supplementary irrigation during the flowering stage in comparison with seed setting stage, also was increased the branch length of Robat, Gachsaran, and Kalpoosh cultivars 18, 23 and 27%, respectively. Positive and significantly correlation were observed between vegetative and reproductive growth duration with stem length ($r=0.26^{*}$ and $r=0.34^{**}$) and reproductive growth with branches length ($r=0.34^{**}$), stem and branches dry weight ($r=0.37^{**}$ and $r=0.41^{**}$) and yield ($r=0.34^{**}$), respectively. Also correlation between yield and stem length ($r=0.32^{*}$), number of branches and branches length ($r=0.44^{**}$ and $r=0.53^{**}$) and stem and branches dry weight ($r=0.42^{**}$ and $r=0.36^{**}$) was positive and significant. Based on above conclusions, one supplementary irrigation in flowering stage was more effective to improving growth characters and lentil yield.

Key words: Branch length, Grain yield, Podding stage, Reproductive growth, Vegetative growth

* **Corresponding Author:** nezami@um.ac.ir, Tel.: 051-38795615-20, Mobile: 09153163348

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۶۴-۵۱، نیمهٔ دوم۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 51-64

بررسی ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد سه رقم ماش (*Vigna radiate* (L.) Wilezek) در واکنش به کم‌آبیاری در منطقهٔ سیستان

جعفر زارع زارگز[1] و محمد گلوی[2*]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل؛ jafarzarea@gmail.com
۲-عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۰۴

چکیده

کمبود آب، مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است؛ لذا بررسی اثرات کم‌آبیاری بر رفتار گیاهان زراعی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. به‌منظور ارزیابی اثر زمانهای مختلف تنش خشکی بر ویژگی‌های فنولوژیک ماش، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ به‌اجرا درآمد. کم‌آبیاری شامل ۱) آبیاری بر اساس ۴۵درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در کل دوره رشد (شاهد)، ۲) آبیاری بر اساس ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در کل دوره رشد، ۳) آبیاری بر اساس ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در مرحله رویشی (از کاشت تا گلدهی) و ۴) آبیاری بر اساس ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در مرحله زایشی (از گلدهی تا رسیدگی کامل) به‌عنوان عامل اصلی و ارقام ماش (رقم محلی سیستان، گوهر و پرتو) به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها بر ویژگی‌های فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل، تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل و تعداد روز از ظهور جوانه گل تا رسیدگی کامل، و نیز عملکرد و اجزای عملکرد، بسیار معنی‌دار بود. اما اثر کم‌آبیاری بر تعداد روز از ظهور جوانه گل تا رسیدگی کامل تنها در سطح ۵درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که رقم محلی سیستان، مقاوم‌ترین رقم در برابر اِعمال کم‌آبیاری در مراحل مختلف نموی بود و بیشترین عملکرد دانه و بالاترین مقادیر اجزای عملکرد را به خود اختصاص داد.

واژه های کلیدی: پُرشدن نیام، تخلیه رطوبت، کم‌آبیاری، گلدهی، عملکرد دانه، ماش، ویژگی‌های فنولوژیک

مقدمه

با توجه به ارزش آب در کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور، صرفه‌جویی در مصرف و استفاده بهینه از آب موجود، لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد (Hossaini-abrishami, 1996). نوع آبیاری مناسب برای هر گیاه، متفاوت است و زمان آبیاری، بیشترین تأثیر را بر کمیّت و کیفیت عملکرد محصول دارد، زیرا بعضی از مراحل رشدی گیاهان به کمبود آب خاک در اثر تأخیر آبیاری حساس‌ترند (Hossain Ali, 2008). در شرایط ایران، به‌علت محدودیت منابع آب، «کم‌آبیاری[1]» و بهینه‌سازی آن، امری ضروری است و با آب صرفه‌جویی‌شده در این روش می‌توان سطح زیرکشت را گسترش و تولید را افزایش داد (Sepaskhah*et al*., 2006). نیاز روزافزون به مواد غذایی به‌ویژه پروتئین، لزوم بهره‌برداری از گیاهان با درجه سازگاری بالا به اقلیم و شرایط خاکی کشور و با درصد پروتئین بالا برای تأمین نیاز غذایی را بیش‌ازپیش مشخص می‌سازد. ماش با ۲۴درصد پروتئین به‌عنوان یک منبع گیاهی غنی از پروتئین به شمار می‌رود. این گیاه با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به‌صورت گیاه پوششی و به‌دلیل سریع‌الرشدبودن در تناوب زراعی و همچنین به‌خاطر زودرسی و کوتاهی فصل رشد در نظام‌های کشت چندگانه، به‌خوبی سازگار است (Parsa & Bagheri, 2008). ماش، قابلیت بالایی در حفظ عملکرد در مواجهه با رطوبت نسبتاً پایین خاک دارد (Bourgault*et al*., 2010). مقاومت به خشکی به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر ژنوتیپ و مراحل فنولوژیک، متغیر است؛ بنابراین کم‌آبیاری نیازمند دانش دقیقی از واکنش گیاه به تنش خشکی در همه مراحل رشدی می‌باشد (Kirda*et al*., 1999). بروز خشکی در مرحلهٔ زایشی، بسته به نوع تیمار و واریته، رشد ماش را نسبت به شاهد، حدود ۱۲ تا ۲۸درصد، کاهش می‌دهد. همچنین تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و افزایش

* نویسنده مسئول: همراه: ۰۹۱۵۳۴۲۱۴۴۸، mglavi@yahoo.com

[1] Deficit Irrigation (DI)

غلظت هورمون اسید ابسیزیک (ABA) طول دورهٔ گلدهی، پُرشدن دانه و در مجموع، طول دورهٔ زایشی را کاهش می‌دهد (MajnounHosseini, 2008). طی دو سال بررسی فنولوژیکی ماش تابستانه در شرایط رطوبت و دمای متغیر، کاشت زودتر، آبیاری بیشتر و استفاده از مالچ (کلش گندم)، مراحل گلدهی و رسیدگی را به‌تأخیر انداخت (Bains & Kiran, 2008). با توجه به بحران کم‌آبی در منطقه سیستان، این تحقیق به‌منظور بررسی واکنش ارقام ماش به کم‌آبیاری و شناسایی رقم مناسب از نظر عملکرد و ویژگی‌های فنولوژیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک اجرا گردید. منطقه دارای آب و هوای خشک و بسیار گرم با متوسط بارندگی حدود ۶۳میلی‌متر می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی-شنی، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۲/۵۳دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر با ۷/۲۶ بود.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای کم‌آبیاری شامل: ۱) آبیاری بر اساس ۴۵درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در کل دوره رشد (شاهد= DI_1)، ۲) ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در کل دوره رشد (DI_2)، ۳) ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در مرحله رویشی (از کاشت تا ظهور اولین گل=DI_3) و ۴) ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک در مرحله زایشی (DI_4)، به‌عنوان کرت اصلی و ارقام ماش شامل رقم گوهر، پرتو و توده محلی سیستان به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. ارقام اصلاح‌شدهٔ گوهر و پرتو از مرکز تحقیقاتی صفی‌آباد دزفول واقع در استان خوزستان و توده محلی سیستان از مرکز جهاد کشاورزی زابل، تهیه گردید و در تاریخ ۱۵خرداد۱۳۸۹، عملیات کاشت در کرت‌هایی که دارای چهار ردیف کاشت پنج‌متری به فاصله ۵۰سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۱۵سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌های اصلی ۱۵۰ سانتی‌متر بود، صورت گرفت. همه تیمارها تا مرحله چهاربرگی به فاصله هر هفت‌روز یک‌بار آبیاری شدند و بعد از آن، زمان آبیاری بر اساس اندازه‌گیری درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک با استفاده از دستگاه TDR[1] در فواصل زمانی کوتاه، تعیین گردید. نحوه محاسبه درصد تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک بدین‌صورت بود که در آزمایشگاه، درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری و درصد آب قابل‌استفاده از معادلهٔ۱ (Moradi *et al*., 2008) تعیین و سپس با استفاده از معادلهٔ۲، درصد تخلیه آب قابل‌استفاده محاسبه شد:

$$D(\%) = \frac{FC-\theta}{FC-Wp} \qquad (۱)$$

$$\text{درصد تخلیه آب قابل‌استفاده (درصد)} = ۱۰۰ - D(\%) \qquad (۲)$$

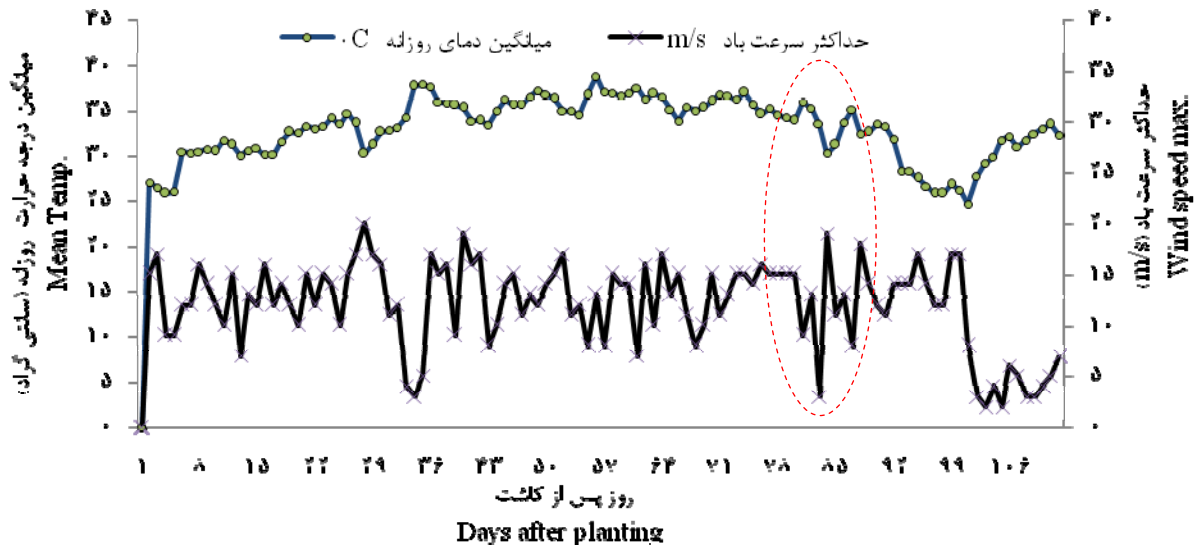
در این معادله‌ها، D درصد آب قابل‌استفاده، FC مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی، Wp مقدار رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و θ مقدار رطوبت فعلی خاک می‌باشد. لازم به ذکر است که مبنای محاسبات نقطهٔ پژمردگی دائم، پتانسیل رطوبتی ۱/۵- مگاپاسکال است که به‌صورت قراردادی و معیار کلی مورد استفاده همگان می‌باشد (Moradi *et al*., 2008).

در طول دوره رشد، بررسی بوته‌ها و یادداشت برداری‌های لازم برای ثبت مراحل فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل، تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل و تعداد روز از ظهور جوانه گل تا رسیدگی کامل، به‌صورت روزانه انجام شد. معیار وقوع و ثبت هر یک از مراحل رشدی در ارقام، میانگین وقوع هر مرحله بر اساس روش ارائه شده توسط Fehr & Caviness (1977) در تعداد۱۰بوته که به‌طور تصادفی در هر کرت انتخاب شدند، بود. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک که بیش از ۹۵درصد غلاف‌ها رسیده بودند، با حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، یک‌مترمربع از وسط هر کرت، با دست از خاک جدا شد و سپس درون کیسه به آزمایشگاه منتقل گردید. بسته به نوع تیمار و رقم، تاریخ برداشت یکسان نبود. همزمان با برداشت، تعداد۱۰بوته از هر کرت به‌صورت جداگانه انتخاب شد و تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن دانه هر بوته و وزن۱۰۰دانه اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های هواشناسی (خلاصه آمار سالیانه ایستگاه سینوپتیک زهک، ۱۳۸۹)، گیاهان در طول دوره رشد در معرض تنش تندباد نسبتاً شدید قرار گرفتند. وزش تندبادهای نسبتاً شدید خسارت‌زا، بین رسیدن اولین نیام تا رسیدگی کامل و به‌عبارتی مصادف با مرحلهٔ پُرشدن نیام‌ها (۸۰ تا۹۰روز بعد از کاشت) به‌وقوع پیوسته است.

[1] Time Domain Reflectometer



شکل ۱- میانگین درجه‌حرارت روزانه و حداکثر سرعت باد روزانه طی دوره کاشت تا رسیدگی ارقام ماش تحت‌تأثیر کم‌آبیاری در سیستان طی سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸

Fig.1. Daily mean temperature and wind speed maximum from sowing to harvest of mung bean cultivars as affected by deficit irrigation during 2009-2010 growing season, Sistan

ویژگی‌های فنولوژیک

بر اساس نتایج، تنوع قابل‌توجهی در واکنش ارقام ماش تحت‌تأثیر تیمار کم‌آبیاری در شرایط آب و هوایی سیستان از نظر صفات مورد اندازه‌گیری وجود داشت، به‌طوری‌که تفاوت میان ارقام در همه ویژگی‌های فنولوژیک، بسیار معنی‌دار بود.

تعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل (دوره رشد رویشی): گلدهی به‌موقع در طول رشد و نمو ماش، یکی از رخدادهای مهم فنولوژیک است؛ به‌ویژه در ژنوتیپ‌های زودرس با رشد رویشی محدود، که در آنها تشکیل برگ‌های جدید به‌طور مؤثری با ظهور گُل‌ها و تولید جوانه انتهایی متوقف می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها برتعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل، بسیار معنی‌دار بود. بدیهی است که در این مرحله از آزمایش، تیمارهای آبیاری کامل (DI_1) و کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) و همچنین تیمارهای کم‌آبیاری کامل (DI_2) و تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3)، رفتار مشابهی داشته باشند. زیرا هنوز تا این مرحله، تیمارهای مرحله زایشی اعمال نشده است و تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) نیز مانند تیمار شاهد آبیاری بوده است.

دیرترین تاریخ ظهور گل تحت‌تأثیر تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4)، با میانگین ۶۵/۱۷روز مشاهده شد که البته با تیمار شاهد، تفاوت معنی‌دار ندارد و فقط به لحاظ گروه آماری، متمایز هستند. در تیمار کم‌آبیاری کامل (DI_2) (با میانگین ۵۳/۳روز) نسبت به شاهد، ظهور اولین گل، هفت روز زودتر به‌وقوع پیوسته است (جدول ۲). تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) و کم‌آبیاری کامل (DI_2)، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و مؤید آن است که اعمال کم‌آبیاری (تنش خشکی) در مرحله رویشی باعث تسریع در فرآیندهای فنولوژیک می‌شود و این، راهکاری برای فرار از تنش خشکی است. در بررسی اثر زمان و شدت کم‌آبیاری بر رشد، توسعه، عملکرد و تثبیت نیتروژن در ماش گزارش شده است که هرچه زمان وقوع تنش، زودتر اتفاق بیفتد، زمان گلدهی و رسیدگی کامل، کوتاه‌تر می‌شود (Thomas *et al.*,2004). تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری، ظهور جوانه گل بین ۳ تا ۱۲روز متفاوت بود (جدول ۲). فرآیند تمایز جوانه‌ها به گل و نیام، به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل داخلی گیاه مانند تغذیه، هورمون‌ها و باروری تخمک‌ها قرار دارد و در میان عوامل خارجی نیز درجه‌حرارت، رطوبت هوا و خاک، بیشترین تأثیر را دارند (MajnounHosseini, 2008). در بین ارقام، از نظر تاریخ ظهور جوانهٔ گل، تفاوت بسیار معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). توده محلی سیستان نسبت به سایر ارقام، با میانگین ۷۰/۵۰روز، دیرترین تاریخ ظهور گل را به خود اختصاص داد.

جدول ۱- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات ویژگی‌های فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت‌تأثیر کم‌آبیاری و ارقام در منطقه سیستان، ۱۳۸۹

Table 1. Analysis of variance for yield, yield components and phenological traits of mung bean as affected by deficit irrigation and cultivar in Sistan region, 2009

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (M.S.)								
		تعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل DAP to flowering	تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام DAP to first pod maturity	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل DAP to full maturity	تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی کامل DAP from flowering to full maturity	عملکرد Yield	تعداد دانه در نیام Seeds per pod	وزن۱۰۰دانه 100 seeds weight	تعداد نیام در بوته Pods per plant	وزن دانه تک‌بوته Seed weight per plant
تکرار Replication	3	2.04	0.16	3.37	13.19	141.93	2.03	1.51	1.89	9.11
کم‌آبیاری DI(A)	3	111.4**	201.61**	127.70**	69.07**	107.73**	2.19**	5.56**	25.89**	5.91**
خطای Error (a)	9	1.81	1.16	2.18	5.82	1.43	0.24	0.01	0.03	0.07
رقم Cultivar(B)	2	773.0**	491.29**	806.37**	76.77	124.2**	0.73	0.68**	99.18**	6.81**
کم‌آبیاری × رقم A×B	6	29.48**	7.90**	7.54**	30.51**	16.75**	3.12**	0.99**	4.14**	0.91**
خطای کل Error	24	0.87	0.66	0.34	0.37	0.73	0.23	0.08	0.81	0.04
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.75	10.03	10.65	10.64	6.39	8.23	7.49	8.44	6.07

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۰.۰۵=α و ۰.۰۱=α

* & **: Significant at α= 0.05 or α= 0.01, respectively; DAP: Days after planting

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد ماش تحت تأثیر کم‌آبیاری و رقم

Table 2. Mean comparison of yield and phonological traits under deficit irrigation and cultivar

تیمارها Treatments	تعداد روز از کاشت تا ظهور جوانه گل DAP to flowering	تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام DAP to first pod maturity	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل DAP to full maturity	تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی کامل DAP from flowering to full maturity	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	وزن۱۰۰دانه 100 Seeds weight (g)	تعداد نیام در بوته Pods per plant	وزن دانه هر بوته Seed weight per plant(g)
کم‌آبیاری Deficit Irrigation (DI)								
آبیاری کامل Full Irrigation (DI_1)	61.6ab	86.8a	95.1a	42.1 a	472.7b	4.5 b	11.4 ab	3.4 b
کم‌آبیاری کامل (DI_2) Full Deficit Irrigation	53.3 c	75.3 c	87.1 b	41.3 b	382.3 c	4.1 bc	10.8 b	3.0 c
کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) DI to flowering	56.0 c	77.2b	86.2 c	39.1 c	542.6 a	5.4 a	11.9 a	4.1 a
کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) DI after flowering	65.1 a	74.5c	85.0 d	25.5 d	316.7 d	3.9 c	8.6 c	2.5 d
ارقام (Cultivar)								
سیستان Sistan	70.5 a	88.6 a	99.7 a	40 0 a	521.4 a	4.5 ab	12.7 a	4.0a
پرتو Partow	51.5 c	74.7 b	80.7 c	35.0 c	398.9 b	4.3 b	11.4 b	3.1b
گوهر Gohar	56.6 b	75.3 b	84.6 b	36.8 b	350.5 c	4.7 a	7.9 c	2.7c

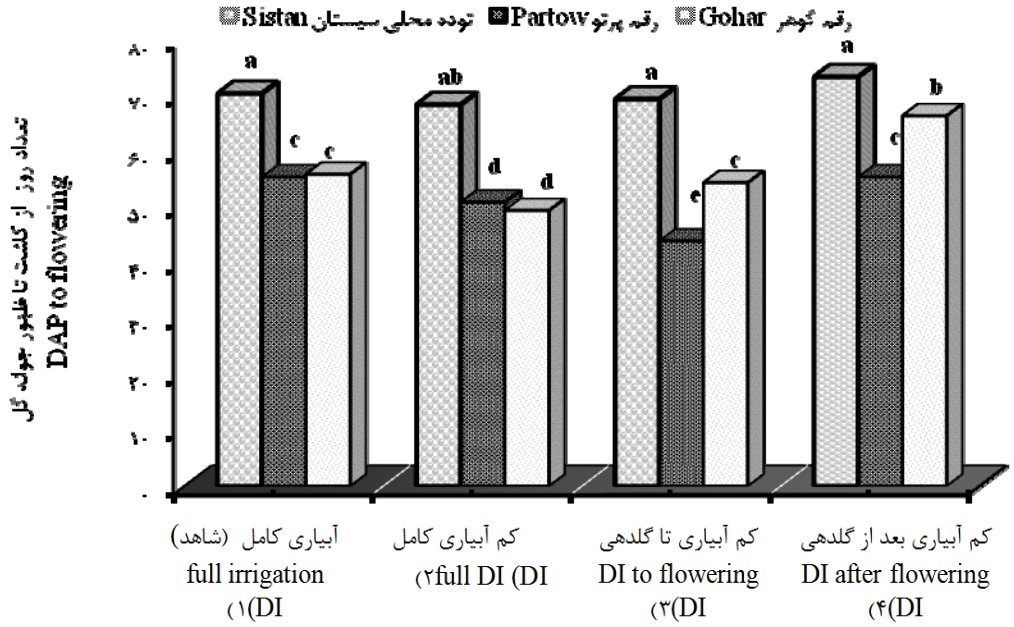
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

DAP = Days after planting

Means by the same letter in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range tests (P<0.05)

زودترین تاریخ ظهور گل در رقم پرتو با ۱۹روز نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۵۱/۵روز مشاهده شد (جدول ۲). تفاوت بین ارقام از این نظر توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (Aslam *et al*., 2004).

وجود اختلاف بین ارقام به سبب تفاوت‌های ژنتیکی آنها می‌باشد. تحت تأثیر برهمکنش کم‌آبیاری و رقم، مشاهده شد که رقم پرتو در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) با میانگین ۴۴روز و توده محلی سیستان در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) با میانگین ۷۱روز به‌ترتیب کمترین و بیشترین طول دورهٔ رویشی را داشتند (شکل ۲). البته توده محلی سیستان در سایر سطوح کم‌آبیاری نیز اختلاف معنی‌داری نشان نداد. این مطلب بدین معنی است که تا این مرحله از رشد، توده محلی سیستان نسبت به سایر ارقام در برابر کم‌آبیاری، از مقاومت بالایی برخوردار بوده و تحت‌تأثیر تنش در مرحله رویشی قرار نگرفته است. رقم پرتو در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) نیز نسبت به واکنش آن رقم در تیمار آبیاری کامل، نزدیک به ۱۱روز (۲۱/۷درصد) زودتر به گل رفته است که نشان‌دهندهٔ حساسیت بالای این رقم به تنش خشکی در مرحله رویشی می‌باشد.



شکل ۲- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر تعداد روز از تاریخ کاشت تا ظهور جوانه گل در ماش

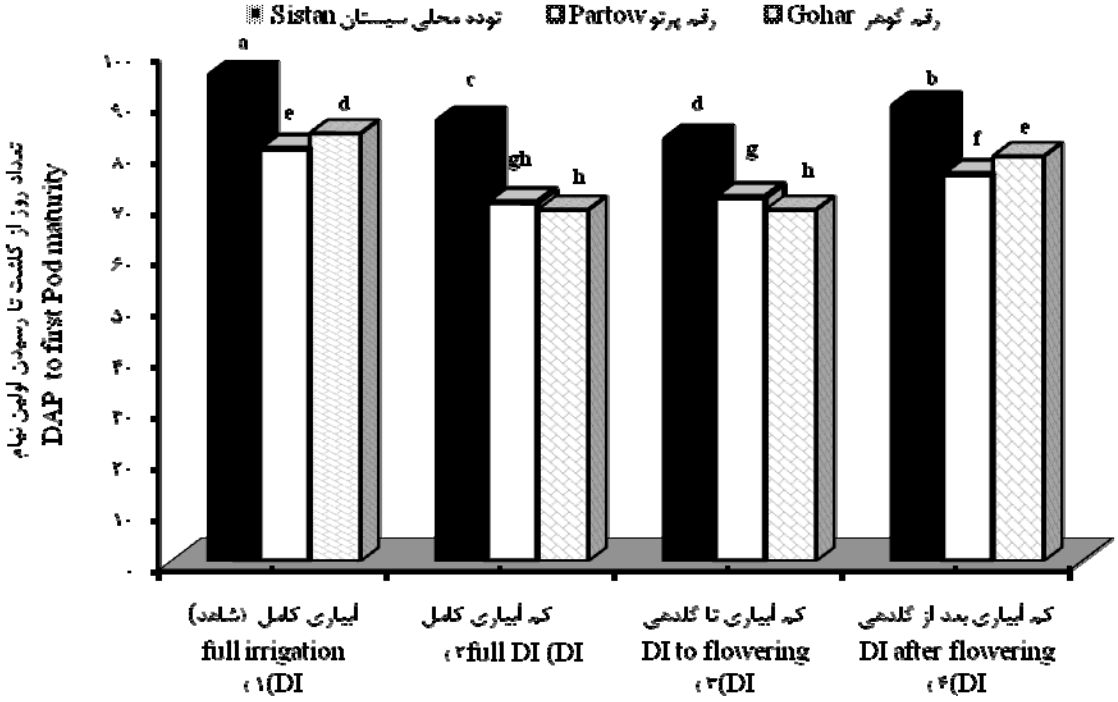
Fig. 2. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on DAP to flowering of mung bean

تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام: اثر کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام داشتند (جدول ۱)؛ به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف کم‌آبیاری، رسیدن اولین نیام در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4)، (با میانگین ۷۴/۵۰روز)، ۱۲روز زودتر از شاهد اتفاق افتاد. رسیدگی اولین غلاف در تیمار آبیاری کامل (DI_1) با میانگین ۸۶/۸۳روز، دیرتر از سایر تیمارها به‌وقوع پیوست (جدول ۲). در مقایسه تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام با تعداد روز تا ظهور جوانه گل، در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3)، رسیدن اولین نیام حدود دو روز زودتر از تیمار کم‌آبیاری کامل (DI_2) به‌وقوع پیوست. این مطلب مؤید تأثیر کم‌آبیاری اِعمال‌شده در مرحله رویشی بر کوتاه‌کردن طول دوره زایشی است. در این دوره، دو اتفاق جالب دیگر نیز به‌طور واضح‌تری رخ داده است. اول این‌که تأثیر سوء اعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی در زمان رسیدن اولین نیام، معنی‌دار شده است و باعث کاهش سریع‌تر طول دوره زایشی شده است. دوم این‌که اثر سوء تنش در این مرحله، از بین رفته و تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) توانسته است بهبودی خود را بازیابی کند.

بعد از تلقیح گُل‌ها، به‌طور معمول، گلبرگ‌ها می‌ریزند و تخمدان به میوه یا نیام تبدیل شده و شروع به رشد می‌کنند. مواد فتوسنتزی در ابتدا درون نیام‌ها تجمع پیدا می‌کنند و سپس به بذرها انتقال پیدا می‌کنند. بین تعداد بذرها و طول دوره‌ای که ۲۵ تا ۹۵درصد ماده خشک در آنها انباشته می‌شود، رابطه وجود دارد (MajnoonHossaini, 2008). توده محلی سیستان با میانگین ۸۸/۶۳روز، بیشترین طول دوره از کاشت تا رسیدن اولین نیام را دارا بود و با سایر ارقام، به‌طور

معنی‌داری متفاوت است؛ گرچه بین دو رقم دیگر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج حاصل از برهمکنش کم‌آبیاری و رقم نیز نشان داد که توده سیستان (C_1) در تیمار آبیاری کامل (DI_1) با میانگین ۹۵روز و رقم گوهر در تیمار کم‌آبیاری کامل (DI_2) و تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) با میانگین ۶۹روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره از کاشت تا رسیدن اولین نیام را داشتند (شکل ۳). همچنین مشاهده شد که در همه سطوح کم‌آبیاری، توده سیستان فاصله زیادی (۳تا۵ گروه آماری) با دو رقم دیگر دارد. این مطلب نشان‌دهندهٔ مقاومت بالای توده سیستان به شرایط کم‌آبیاری است. در شرایط بدون تنش و تنش، دو رقم پرتو و گوهر، رفتار متفاوتی داشتند، به‌طوری‌که در تیمارهای آبیاری کامل (DI_1) و کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) (عدم تنش) رقم گوهر، برتر از پرتو بود ولی در تیمارهای کم‌آبیاری کامل (DI_2) و تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) (وجود تنش) رقم پرتو برتر از رقم گوهر ظاهر شد. این مطلب بدین معنی است که رقم گوهر، حساسیت بیشتری در برابر تنش دارد.

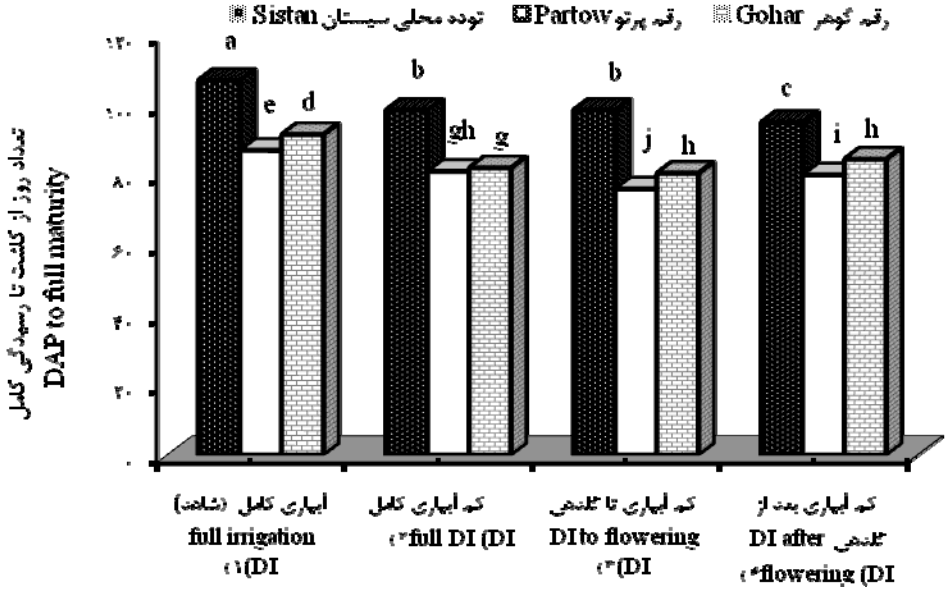


شکل ۳- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر تعداد روز از کاشت تا رسیدن اولین نیام در ماش

Fig. 3. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on DAP to first pod maturity of mung bean

تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل: اثر کم‌آبیاری، اثر رقم و برهمکنش تیمارها بر تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل معنی‌دار شد (جدول ۱)؛ به‌طوری‌که طول این دوره در تیمار آبیاری کامل (DI_1) و در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4)، به‌ترتیب بیشترین و کمترین دوره رسیدگی تا کاشت بود (جدول ۲). با توجه به داده‌ها و برتری معنی‌دار تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) بر تیمار کم‌آبیاری کامل (DI_2)، ملاحظه می‌شود که اثر مثبت و معنی‌دار آبیاری در مرحله زایشی بعد از رسیدن اولین نیام و قبل از بلوغ فیزیولوژیک به‌وجود آمده است (جدول ۲). در بین ۳۰صفت مورد ارزیابی در ۳۴۰توده ماش، صفت روز از کاشت تا رسیدگی کامل، از جمله متغیرترین ویژگی‌ها بود (Yimram *et al*., 2009). در تحقیق حاضر، بین ارقام از نظر طول دوره از کاشت تا رسیدگی کامل، تفاوت بسیار معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). توده محلی سیستان نسبت به سایر ارقام، طولانی‌ترین دوره کاشت تا رسیدگی و رقم پرتو با ۱۹روز کمتر نسبت به توده محلی سیستان، کوتاه‌ترین طول این دوره را داشت (جدول ۲). در برهمکنش کم‌آبیاری و رقم مشاهده شد که رقم پرتو در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) با میانگین ۸۰روز و توده سیستان در تیمار آبیاری کامل (DI_1) با میانگین ۱۰۷روز به‌ترتیب کمترین و بیشترین طول

دوره از کاشت تا رسیدگی کامل را داشتند (شکل ۴). واضح است که اگر هریک از ارقام، به‌تنهایی مورد ارزیابی قرار گیرد، هر سه رقم (توده سیستانی، رقم پرتو و رقم گوهر) در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) در مقایسه با تیمار آبیاری کامل (DI_1) به‌ترتیب ۲۲/۳، ۷/۱ و ۱۱درصد طول دوره از کاشت تا رسیدگی کامل آنها کاهش پیدا کرده است. در این میان، توده سیستانی در عین داشتن بیشترین طول دوره، بیشترین خسارت (۲۲/۳درصد) را از تنش متحمل گردید.

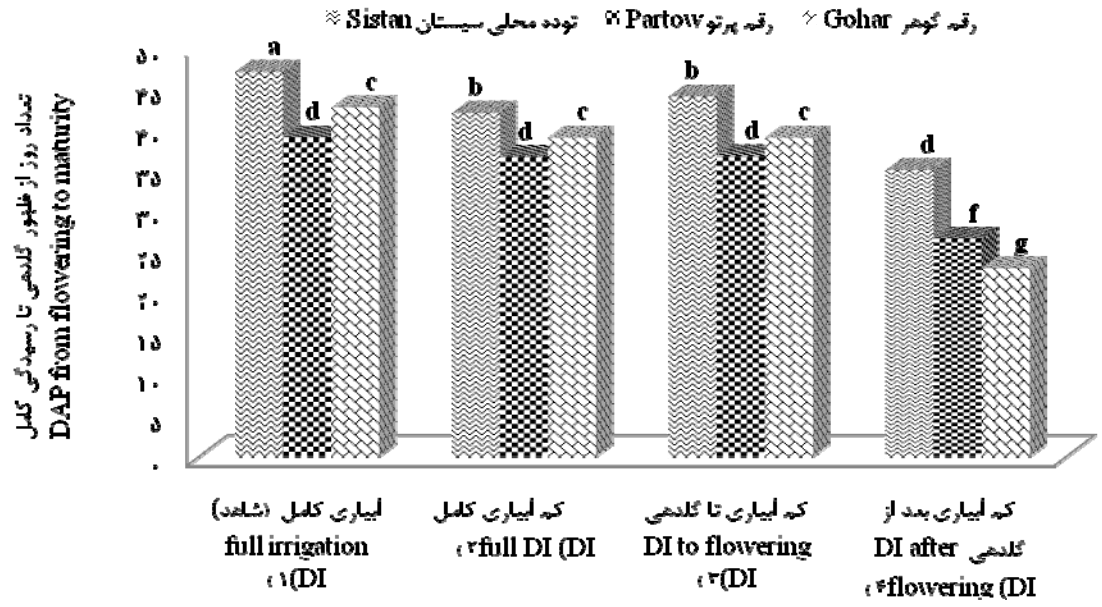


شکل ۴- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل در ماش

Fig. 4. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on DAP to full maturity of mung bean

تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی کامل (دوره رشد زایشی): اثر کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها در مراحل مختلف فنولوژی بر تعداد روز از ظهور جوانه گل تا رسیدگی کامل بسیار معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در بین سطوح مختلف کم‌آبیاری، طول دوره زایشی در تیمار آبیاری کامل (DI_1) با میانگین ۴۲/۱روز و در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4)، با میانگین ۲۵/۵۰روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین بود (جدول ۲). با توجه به برتری معنی‌دار تیمارکم‌آبیاری کامل (DI_2) برتیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3)، ملاحظه می‌شود که اثر منفی و معنی‌دار کم‌آبیاری در مرحله رویشی باعث کاهش طول دوره زایشی از یک روز در مرحله قبلی به سه روز در این مرحله گردید. تفاوت ارقام، شبیه پارامتر قبلی بود. در برهمکنش کم‌آبیاری و رقم، مشاهده شد که رقم گوهر در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) با میانگین ۲۳روز و توده سیستان در تیمار آبیاری کامل (DI_1) با میانگین ۴۷روز به‌ترتیب کمترین و بیشترین طول دوره زایشی را داشتند (شکل ۵). همان‌طورکه شکل۵ نشان می‌دهد، هرسه رقم، کمترین طول دوره زایشی را در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی(DI_4) داشتند. رقم گوهر، حساسیت زیادی در واکنش به کم‌آبیاری نشان داد، به‌طوری‌که در مقایسه با کمترین مقدار این رقم در سایر تیمارها (تیمارکم‌آبیاری کامل (DI_2))، ۴۱درصد طول دوره زایشی کمتری داشت.

وزن۱۰۰دانه: نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر بسیار معنی‌دار کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها بر وزن۱۰۰دانه می‌باشد (جدول ۱). تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی(DI3) با میانگین ۵/۴گرم بیشترین وزن۱۰۰دانه را داشت، در حالی که تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی(DI4) با میانگین ۳/۹۰گرم، کمترین وزن۱۰۰دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۲).



شکل ۵- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی کامل در ماش

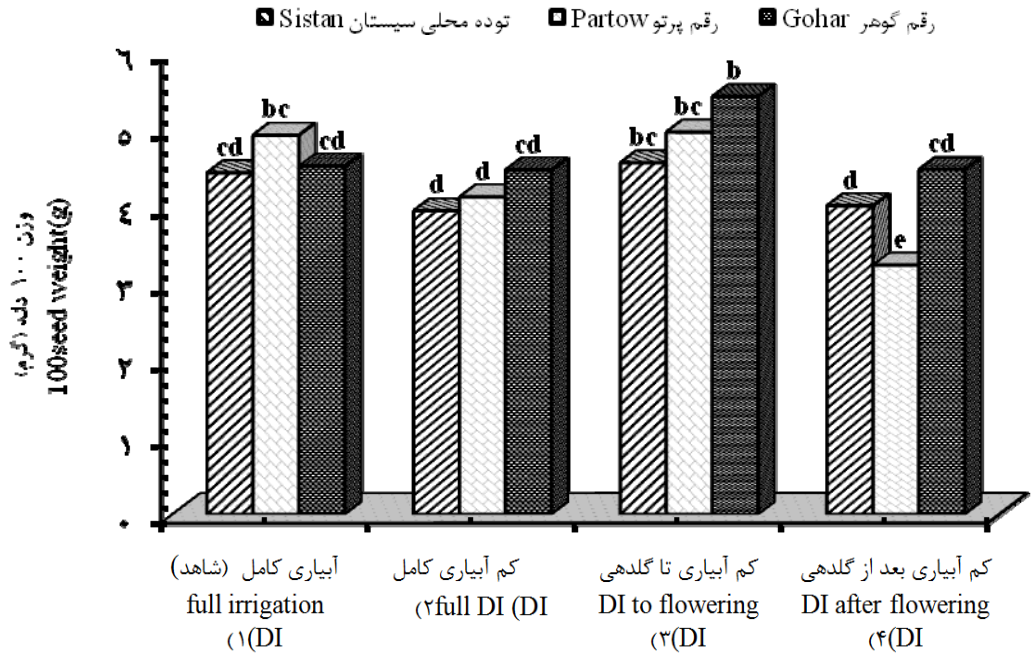
Fig. 5. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on DAP from flowering to full maturity of mung bean

اِعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی(DI4)، احتمالاً باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه شده که در نتیجه آن وزن۱۰۰دانه کاهش یافته است. Sadeghipour (2009) نیز مشاهده کرد که قطع آبیاری در مرحله پُرشدن دانه باعث کاهش وزن۱۰۰۰دانه می‌شود. اعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی، به‌طور معنی‌داری (۱۵/۴۸درصد نسبت به شاهد) وزن۱۰۰دانه را کاهش داد. علت این امر کاهش سطح برگ و دوام آن توأم با کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی بود که باعث کوتاه‌شدن طول دورهٔ پُرشدن دانه و نیز کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد.

تفاوت بین ارقام و برهم‌کنش آنها و کم‌آبیاری در مورد وزن۱۰۰دانه معنی دار بود (جدول ۱). رقم گوهر بیشترین وزن۱۰۰دانه را دارا بود و رقم پرتو کمترین وزن۱۰۰دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۲). البته اختلاف بین رقم پرتو و توده محلی سیستان، معنی‌دار نبود. وجود اختلاف در بین ارقام از نظر وزن۱۰۰دانه توسط Aslametal (2004) نیز گزارش شده است. همان‌طورکه در شکل۶ مشاهده می‌شود، تفاوت ارقام در هریک از سطوح مختلف کم‌آبیاری، معنی‌دار نبود، هرچند در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند. رقم گوهر، درشت‌ترین بذور و رقم پرتو، ریزترین بذور را داشتند. به‌نظر می‌رسد وزن۱۰۰دانه در ارقام، منشأ ژنتیکی داشته و مربوط به اعمال کم‌آبیاری نمی‌شود (شکل ۶).

تعداد نیام در بوته: تعداد نیام در بوته، متغیرترین صفت در بین اجزای عملکرد حبوبات است (Koucheki & Banyan-avval, 2009). تعداد نیام و وزن۱۰۰دانه، بیشترین تأثیر مثبت و مستقیم را بر عملکرد دارند (Parsa & Bagheri, 2008).

اثرات کم‌آبیاری و رقم و برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر تعداد نیام در بوته ماش داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که در بین سطوح کم‌آبیاری، تعداد نیام در بوته، به‌ترتیب در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI3) بیشترین و در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI4) کمترین مقدار را (۳۴/۷۰درصد کاهش) به خود اختصاص داد (جدول ۲). اعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی از طریق کاهش نرخ گل‌انگیزی و ریزش گل‌ها و نیام‌ها منجر به کاهش۳۴/۷۰درصدی تعداد نیام در بوته، نسبت به شاهد شد که نشان می‌دهد مرحله زایشی حساس‌ترین مرحله نموی گیاه نسبت به کم‌آبیاری است. در نخود، گزارش شده است که کمترین تعداد نیام در بوته مربوط به تیمار تنش در مرحله گلدهی بود (Amiri *et al*, 2010). مشاهده شده است تنش در مرحله گلدهی باعث ریزش گُل‌ها و کاهش تعداد نیام می‌شود.



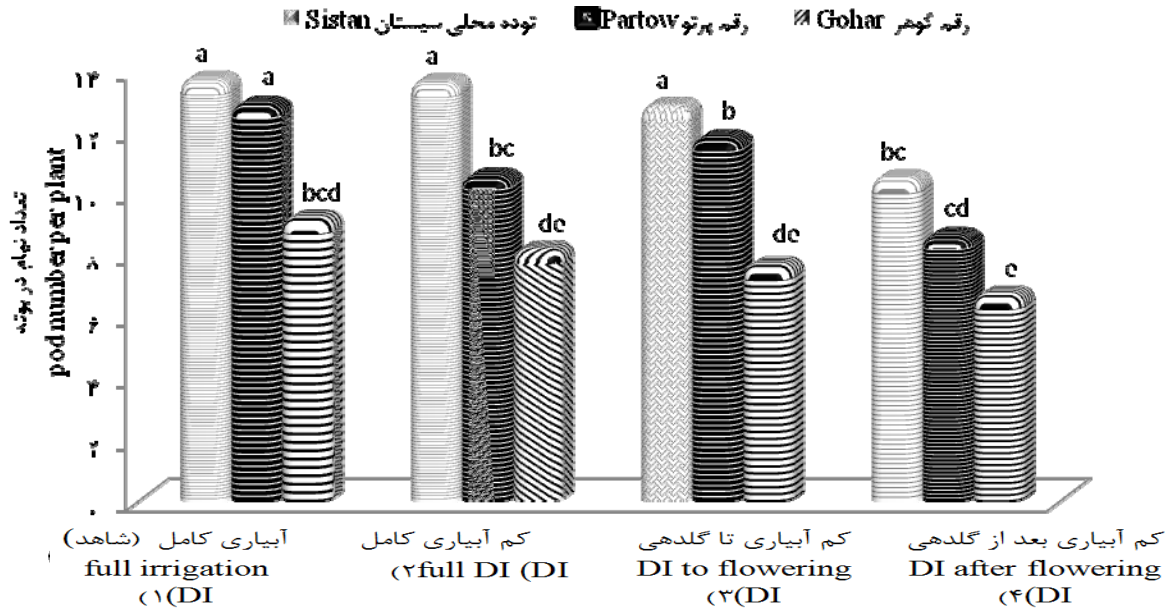
شکل ۶-برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر وزن۱۰۰دانه سه رقم ماش

Fig. 6. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on 100 seed weight of mung bean

ارقام از نظر تعداد نیام در بوته تفاوت نشان دادند، به‌طوری‌که توده محلی سیستان با میانگین ۱۲/۷۲نیام در بوته، بیشترین و رقم گوهر با کاهش ۲۹/۸۵درصدی در تعداد نیام، کمترین تعداد نیام را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). توانایی بقولات در تشکیل جوانه‌های گل و نیام، بسیار بالاست، اما حصول به آن، به شرایط داخلی گیاه و عمدتاً به شرایط محیطی بستگی دارد. این امر، دلیل تغییرپذیری تعداد نیام‌ها در حد بسیار زیاد است (Koucheki & Banyan-avval, 2009). تفاوت توانایی ارقام از نظر تعداد نیام در بوته توسط Aslametal (2004) نیز گزارش شده است. گرچه رقم پرتو وزن۱۰۰دانه کمتری نسبت به رقم گوهر داشت، ولی به‌دلیل تعداد نیام بیشتر در بوته در مقایسه با رقم گوهر، عملکرد دانه بیشتری تولید کرد که مؤید نقش پُراهمیت این صفت در بین اجزای عملکرد می‌باشد. تعدادی از محققان (Haqqani & Pandy, 1994; Raey *et al.*, 2008) تعداد نیام در بوته را مهم‌ترین جزء عملکرد در ماش دانسته‌اند.

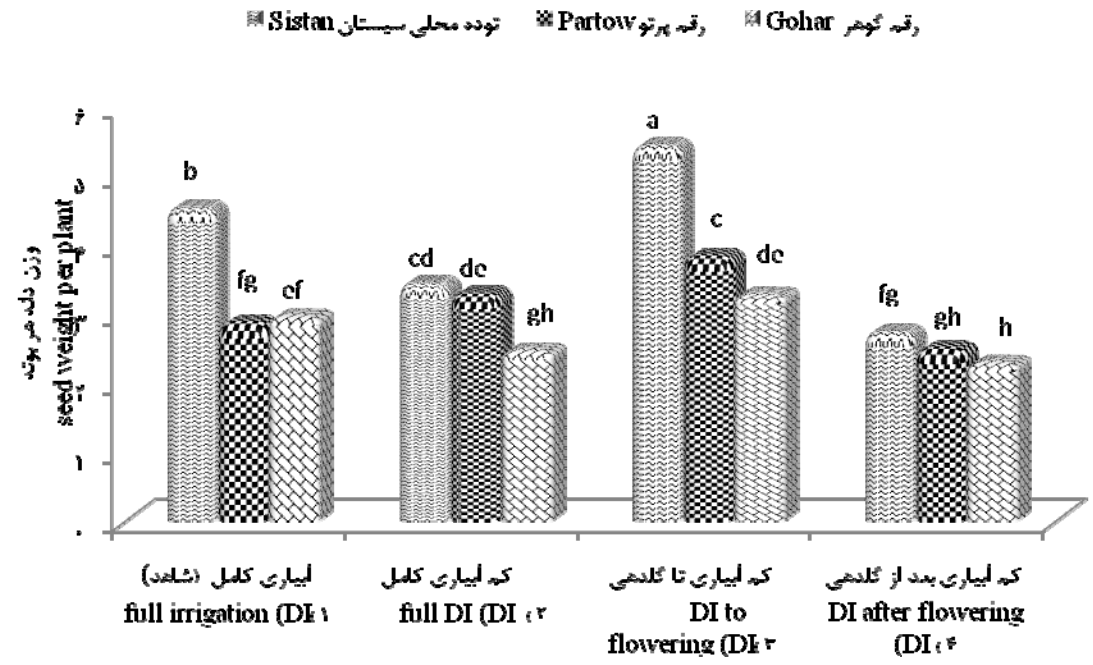
نتایج برهمکنش آبیاری و رقم نیز نشان داد که توده محلی سیستان بر خلاف داشتن تعداد نیام در بوته بالاتر در همه سطوح آبیاری، تنها در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI4)، با دیگر سطوح اختلاف معنی‌دار دارد که مؤید حساسیت بالاتر این رقم به تنش خشکی در مرحله زایشی است. برتری نسبی همه ارقام در تیمار کم‌آبیاری کامل(DI2) در مقایسه با تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI4) نشان می‌دهد تنش خفیف و طولانی‌مدت خشکی، خسارت کمتری وارد می‌کند (شکل ۷). گزارش شده است که تعداد نیام در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه در آبیاری کامل و آبیاری تا گلدهی، بیشتر از سایر سطوح آبیاری بود (Mohammadi *et al.*, 2004). در آزمایش‌های Raey *et al,* (2008) در نخود و Karam *et al*, (2006) در سویا نیز نتایج مشابهی گزارش شده است.

وزن دانه هر بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها، تأثیر بسیار معنی‌داری بر وزن دانه در بوته ماش داشت (جدول ۱). در بین سطوح کم‌آبیاری، وزن دانه در بوته، نسبت به شاهد به‌ترتیب در کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) با ۲۱/۶۸درصد افزایش و تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) با ۲۷/۱۸درصد کاهش، بیشترین و کمترین وزن دانه مشاهده شد (جدول ۲). تأثیر منفی کمبود آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه به‌ویژه در مرحله گلدهی بر وزن دانه در بوته، در سویا توسط Forooud *et al*, (1993) نیز گزارش شده است.



شکل ۷- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر تعداد نیام در بوته ماش

Fig. 7. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on pod number per plant



شکل ۸- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر وزن دانه هر بوته

Fig. 8. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on seed weight per plant of mung bean

در بین ارقام، توده محلی سیستان بیشترین و رقم گوهر با کاهش ۳۱/۴۳درصدی نسبت به رقم شاهد، کمترین وزن دانه در بوته را داشتند (جدول۲). نتایج برهمکنش آبیاری و ارقام نیز نشان داد که در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI3) و در توده محلی سیستان بیشترین وزن دانه به‌دست آمد. توده مزبور نسبت به ارقام دیگر از نظر وزن دانه، اختلاف معنی‌دار و مثبتی در همه تیمارهای کم‌آبیاری داشت و برتری معنی‌دار خود را در مراحل حساس و بحرانی از نظر آبیاری در تیمار کم‌آبیاری کامل(DI2) و تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI4) حفظ کرد (شکل ۸). مقایسه شکل‌های ۶ و ۸ مبین روند مشابه بین داده‌ها بوده و مؤید نقش مهم این جزء از عملکرد در تعیین عملکرد نهایی است.

عملکرد دانه: عملکرد دانه به‌طور بسیار معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری، رقم و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۱) به‌طوری‌که عملکرد دانه درتیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) نسبت به شاهد با ۲۲/۵۶درصد افزایش و در تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) ۲۸/۴۷درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). باوجود این‌که مصرف آب در تیمار شاهد (آبیاری کامل) بیشتر از تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) بود، ولی عملکرد شاهد بدلیل خسارت ناشی از وقوع تندباد نسبتاً شدید در مرحله زایشی به‌ویژه دورهٔ پُرشدن نیام‌ها، کمتر بود (شکل۱). احتمالاً وقوع تندباد نسبتاً شدید ضمن کاهش زیادتر شاخص سطح برگ[1] تیمار شاهد و کاهش نسبت سطح برگ[2]، سهم فتوسنتز جاری را در پُرشدن دانه کاهش داده است. وجود این عوامل منجر به ایجاد خسارت بیشتر به تیمار شاهد شد. احتمالاً اعمال کم‌آبیاری و در نتیجه وقوع تنش خشکی خفیف در مرحله رویشی در تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) سبب تعدیل بین منبع و مخزن در طی زمان شده است و خسارت ناشی از تند باد شدید در آن کمتر بود، ولی در تیمار شاهد به‌دلیل آنی‌بودن تنش تندباد شدید، تعدیل بین منبع و مخزن به‌خوبی برقرار نشده است. وجود اختلاف در اجزای عملکرد نظیر وزن۱۰۰دانه (شکل ۶) و وزن دانه هر بوته (شکل ۸) نیز مؤید مطالب اشاره‌شده می‌باشد. مقایسه میانگین عملکرد تیمار کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) با تیمار شاهد نشان داد که کم‌آبیاری در مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی، به‌میزان بیشتری عملکرد را کاهش داده است (جدول ۲)، به‌طوری‌که عملکرد را ۲۹/۴۸درصد نسبت به شاهد (DI_1) کاهش داد که با نتایج Sadeghipour (2008)، Malik *et al*, (2006)، Thomas *et al,* (2004) و Moradi*et et al,* (2008) در ماش مشابهت دارد. نتایج یک تحقیق نشان می‌دهد حساسیت ماش نسبت به تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی بیشتر از مرحله رویشی است، زیرا تغییرات محتوای آب گیاه در این مرحله، تأثیر شدیدی بر توسعه و شکل‌گیری اندام‌های زایشی دارد. کم‌آبیاری کامل (DI_2)، ۲۳درصد عملکرد بیشتری نسبت به کم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) داشت. احتمالاً دلیل این برتری به توانایی گیاه در تعدیل مخزن- منبع مرتبط است (Moradi *et al.,* 2008). وجود اختلاف کمتر تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی DI_3 و شاهد (برابر با ۶۹/۹کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تفاوت تیمار کم‌آبیاری کامل (DI_2) و شاهد (۸۰/۴کیلوگرم بر هکتار) نشان می‌دهد تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) هم‌زمان با شروع مرحله زایشی گیاه در شرایط مطلوب رطوبتی قرار گرفته و شرایط رشد، بهبود یافته و فتوسنتز، ترمیم شده است (جدول ۲). این مطلب با نتایج Moradi *et al*, (2008) و Clavel (2005) *et al*, نیز مشابهت دارد.

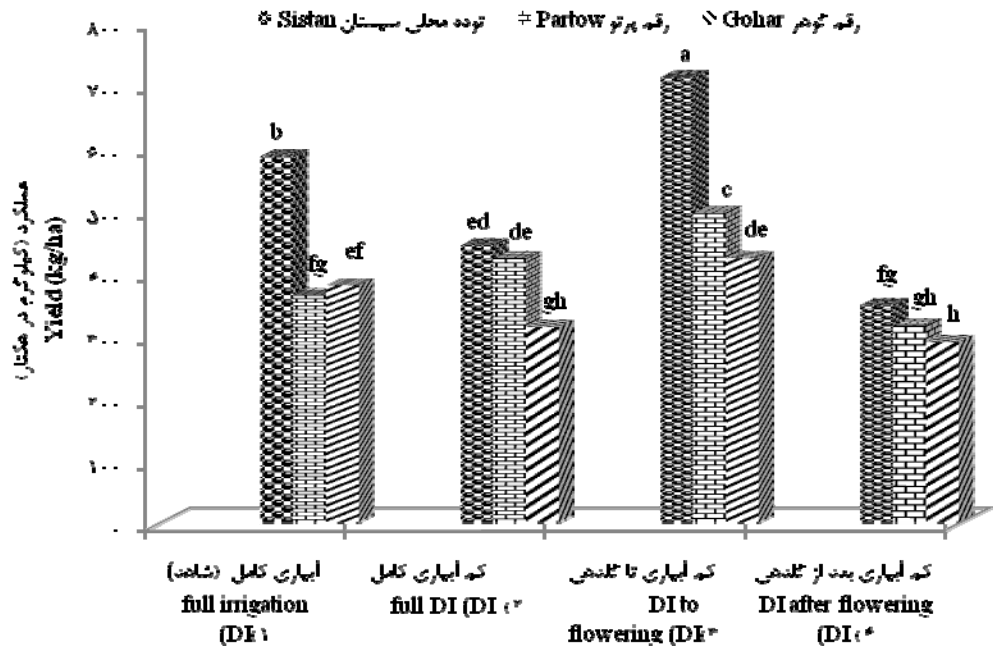
در بین ارقام نیز تفاوت بسیار معنی‌داری از نظر عملکرد مشاهده شد (جدول ۱). در توده محلی سیستان و رقم گوهر به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد به‌دست آمد (جدول ۲). به‌طورکلی، عملکرد ارقام تا حد زیادی به خصوصیات ژنتیکی آنها وابسته است. توده محلی سیستان به‌دلیل طول دوره رشد طولانی‌تر (جدول ۲)، تعداد نیام و دانه بیشتر در بوته و همچنین تعداد بیشتر دانه در نیام نسبت به سایر ارقام به عملکرد بالاتری دست یافت. تأثیر معنی‌دار رقم بر عملکرد توسط برخی از محققان گزارش شده است (Sadeghipour, Tesfaye *et al.*, 2006; Aslam *et al.*, 2004; 2008; Asghar Ali *et al.,* 2000).

برهمکنش تیمار کم‌آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمارهای کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3) همراه با توده محلی سیستان بیشترین وکم‌آبیاری بعد از گلدهی (DI_4) و رقم گوهر کمترین عملکرد را داشتند (جدول ۲ و شکل ۹). همچنین نتایج نشان داد که توده محلی سیستان در همه سطوح کم‌آبیاری از لحاظ عملکرد، برتری خود را نسبت به سایر ارقام حفظ کرد (جدول ۲).

نتیجه‌گیری

انطباق مراحل رشدی گیاه با شرایط مطلوب محیطی، سبب بهبود عملکرد گیاه می‌شود که این امر از طریق بهبود عملیات زراعی و معرفی ارقام مناسب میسر می‌گردد. پژوهش حاضر نشان داد اگرچه اِعمال کم‌آبیاری می‌تواند ویژگی‌های فنولوژیک ماش را تحت‌تأثیر قرار دهد ولی میزان اثرگذاری به مرحله وقوع تنش بستگی دارد.

[1] Leaf Area Index
[2] Leaf Area Ratio



شکل ۹- برهمکنش کم‌آبیاری و رقم بر عملکرد دانه ماش

Fig. 9. Comparison of mean interaction between deficit irrigation and cultivar on seed yield of mung bean

در طی اعمال کم‌آبیاری و کاهش میزان مصرف آب در مراحل مختلف رشد، تیمار کم‌آبیاری تا گلدهی (DI_3)، نه‌تنها کاهش معنی‌داری در عملکرد و پارامترهای مرتبط با آن نداشت، بلکه بیشترین عملکرد و طولانی‌ترین دوره زایشی و رویشی را داشت که مبین وجود سازوکارهای جبرانی در گیاه پس از رفع تنش، در مرحله زایشی است و گیاه می‌تواند بهبودی خود را بازیابی کند. نتایج نشان داد که توده محلی سیستان، مقاوم‌ترین رقم در برابر اِعمال کم‌آبیاری در مراحل مختلف نموّی نسبت به دو رقم دیگر بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه پرسنل مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل و از بخش زراعت مرکز تحقیقاتی صفی‌آباد دزفول و جهاد کشاورزی زابل که ما را در این تحقیق یاری کردند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

منابع

1. Asghar Ali, M., Choudhry, A., and Tanveer, A. 2000. Response of Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) genotypes to *Rhizobia* cultur. Pak. J. Agri. Sci. 37(1-2): 80 -82.
2. Aslam, M., Hussain, M., Ather Nadeem, M., and Haqqani, A.M. 2004. Comparative efficiency of different mung bean genotypes under agro-climatic conditions of Bhakhar. Pak. j. Life Soc. Sci. 2(1): 51-53.
3. Bains, G.S., and Kiran, R. 2008. Phenological studies in summer green gram (*Vigna radiate* L. Wilczek) under changed hydrothermal regimes. Legume Research 31(2): 105-109.
4. Clavel, D., Drame, N.K., Roy-Macauley, H., Braconnier, S., and Laffray, D. 2005. Analysis of early responses to drought associated with field drought adaptation in four Sahelian groundnut *(Arachis hypogaea L.)* cultivars. Environ. & Experim. Bot. 54: 219-230.
5. De Costa., W.A.J.M., and Shanmugathasan, K.N. 1999. Effects of irrigation at different growth stages on vegetative growth of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek*)* in dry and intermediate zones of SriLanka. J. Agronomy & Crop Science 183: 137-143.
6. Fehr, W.R., and Caviness, C.E. 1977. Stages of Soybean Development. Iowa State Univ. Ext. Serv. Spec. Rep. 80.

7. Hossain, A.M. 2008. Deficit irrigation for wheat cultivation under limited water supply condition. USA: Florida, Boca Raton. 200p.
8. Hossaini-abrishami, S.M. 1996. Foundation and Operation of Irrigation. Translating by group of Islamic Researches Foundation. 495p.
9. Kirda, C., Moutonnet., P., and Hera, C. 1999. Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp: 258
10. Koucheki, A., and Banyan avval, M. 2009. Pulse Crops. Mashhad: Jihad-e-Daneshgahi Publisher. 236p.
11. MajnounHosseini, N. 2008. Pulse Cultivation and Production. Tehran: Jihad-e-Daneshgahi Publisher. 289p.
12. Malik, A., Hassan, F., Waheed, A., Qadir, G., and Asghar, A. 2006. Interactive effects of irrigation and phosphorus on green gram (*vigna radiata* L.). Pak. J. Bot. 38(4): 1119-1126.
13. Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M.R., and Heidarisharifabad, H. 2006. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristics in some wheat cultivars. Pajouhesh & Sazandegi 73: 184-192.
14. Moradi, A., Ahmadi. A., and Hossainzadeh, A. 2008. Agro-physiological responses of mung bean (*Vigna radiate* L.) Wilczek) to severe and moderate water stress applied at different growth stages. J. of Agriculture Science and Tech. and Natural Res. 12(45): 659-671 (In Persian).
15. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Mashhad: Jihad-e-Daneshgahi Publisher. 523p.
16. Raey, Y., Demaghsi, N., and SeiedSharifi, R. 2008. Effect of different levels of irrigation and plant density on grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci type cv. Kaka. Iranian Journal of Crop Sciences 9(4): 371-381 (In Persian with English Summary).
17. Sadeghipour, O. 2008. Effect of withholding irrigation at different growth stage on yield and yield components of mung bean *(Vigna radiata* L. *Wilczek)* varieties. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 4(5): 590-594.
18. Sepaskhah, A.R., Tavokoli, A.R., and Muosavi, S.F. 2006. Deficit Irrigation: Applaying and Foundomental. Irrigation and Drainage Committee Publisher. 288p.
19. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. Europ. J. Agron 25: 60-70.
20. Thomas, M., Robertson, J., Fukai, S., and Peoples, M. 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. Field Crop Res. 86(1): 67-80.
21. Yimram, T., Somta, P., and Srinives, P. 2009. Genetic variation in cultivated mung bean germplasm and its implication inbreeding for high yield. Field Crops Research 112: 260-266.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 51-64

The study of phenological traits, yield and yield components of three Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) cultivars to deficit irrigation in Sistan region

Zarea Zargaz[1], J. & Galavi[2*], M.

1. MSc. in Agronomy, Faculty of Agriculture, Zabol University; jafarzarea@gmail.com
2. Contribution from Faculty of Agriculture, Zabol University

Received: 22 November 2011
Accepted: 24 June 2012

Abstract

Water scarcity is a major factor for limiting crop growth and development in arid and semi-arid regions. In order to study the effects of varying timing and severity of water deficit on mung bean phenological traits, a field experiment was carried out during 2009 growing season at agricultural research institute of Zabol University. The experiment was laid out in split plot by using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. The treatments were comprised of four levels of deficit irrigation (DI) included: 1) irrigation based on depletion of 45% available soil water in all growth period (control), 2) irrigation based on depletion of 70% available soil water in all growth period, 3) at vegetative growth stage, 4) and at reproductive growth stage as main plot and three mung bean varieties as sub plot consisted of Sistan (local cultivar), C2 (Gouhar), C3 (Partow). The results showed that appearance of first flower, numbers of days from sowing to first pod maturity, number of days to maturity, number of day from appearance of first flower to full maturity, yield and yield components were significantly affected by deficit irrigation, varieties and their interaction. The result showed that, Sistan local variety was more resistant against the DI applying in all treatment and produced higher grain yield and yield components.

Key words: Deficit irrigation, Flowering, Grain yield, Mungbean, Phenological trait, Pod-filling, Water depletion

* **Corresponding Author:** mgalavi@yahoo.com, Tel: 09153421448

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۷۶-۶۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2014, p. 65-76

بررسی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik) تحت رژیم‌های دمایی و تنش خشکی

مهدی پارسا[1*]، علی گنجعلی[2] و عبدالله بیک‌خورمیزی[3]

۱- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی‌پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه و عضو هیئت علمی‌پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، abdollahbeyk@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۱۴

چکیده

جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نهایی گیاهان است. تنش‌های خشکی و دمایی، مهم‌ترین عوامل غیرزیستی تهدیدکننده گیاهان به‌ویژه عدس می‌باشند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تیمارهای مختلف دمایی (شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد) و چهار سطح خشکی (شامل پتانسیل‌های ۴- ، ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار) به‌همراه شاهد (صفر) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس انجام شد. آزمایش در محیط کنترل‌شده به‌صورت اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه ثبت گردید و درصد و سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های آب ۸- ، ۱۲- و ۱۶-بار، جوانه‌زنی نداشتند و لذا سطوح فوق از آزمایش حذف شدند. نتایج نشان داد که دما، تنش خشکی و برهمکنش دما و تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس داشتند. در تیمارهای دمایی پایین و بالا، درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های عدس، کاهش یافت. همچنین درصد و سرعت جوانه‌زنی تمام ژنوتیپ‌ها در مواجهه با تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب، کاهش نشان داد. در واقع، تنش خشکی موجب گردید تا فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی، تحت تأثیر قرار گرفته و میزان و سرعت انجام آنها کاهش یابد. از طرفی فرایندهای جوانه‌زنی، اغلب آنزیمی‌و فعالیت آنزیم‌ها نیز متأثر از دما است. به‌طورکلی متوسط دامنه دمای مطلوب برای جوانه‌زنی این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، مشابه و حدود ۱۵ تا ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رژیم دمایی، سرعت جوانه‌زنی، عدس

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بقولات، در بسیاری از نقاط جهان کاشت می‌شود. این گیاه، نقش مهمی‌در بهبود سلامت انسان، حیوانات و خاک دارد (Erskine *et al*., 2009). دانه‌های عدس، غنی از منابع پروتئینی، مواد مغذی (پتاسیم، فسفر، آهن و روی)، ویتامین‌ها و همچنین اسیدآمینه‌های لوسین و تریپتوفان برای تغذیه انسان می‌باشد (Bhatty, 1988). بنابراین مصرف عدس با گندم یا برنج، باعث متعادل‌شدن اسیدآمینه‌های ضروری برای تغذیه انسان می‌شود. عدس یکی از اولین گیاهان اهلی‌شده توسط بشر می‌باشد. این گیاه انواع خاک‌ها از جمله خاک‌هایی با حاصلخیزی کم را تحمل می‌کند. عوامل محدودکنندهٔ رشد، باعث عدم جوانه‌زنی، توسعه آهسته برگ، ماده خشک خیلی‌کم، شاخص برداشت پایین و قرارگرفتن در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی این گیاه می‌شود. مهم‌ترین فاکتور غیرزیستی تهدیدکنندهٔ عدس، تنش رطوبتی و دمایی است (Erskine *et al*., 2009). ارقام متعددی از این گیاه وجود دارد که از نظر اندازه، داشتن پُرز و رنگ برگ‌ها و گُل‌ها و دانه‌ها، متفاوتند (Yadav *et al*., 2007). در ایران، عدس با سطح زیرکشت حدود۲۶۰هزارهکتار و با متوسط عملکردی برابر با ۳۶۵کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۹۵هزارتُن در سال دارد (FAO, 2004) که پس از نخود، در مقام دوم اهمیت قرار دارد و به‌دلیل کشت مداوم ارقام کم‌محصول و حساسیت آنها به تنش‌های مختلف، دارای عملکرد بسیار پایین می‌باشد (Astaraei & Foruzan ghohar, 2000).

در گیاهان زراعی یکساله، جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نهایی است (Ganjeali *et al*., 2008). در این ارتباط، Gan *et al,* (2002) بیان داشتند در مناطق خشک و نیمه‌خشک، هرگونه

* **نویسنده مسئول:** مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، parsa@um.ac.ir

عملیات زراعی که موجب تسریع جوانه‌زنی و سبزشدن بذر شود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد. Bamdad *et al,* (2009) معتقدند که جوانه‌زنی از اهمیت عمده‌ای در بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای حبوبات برای مصرف انسان برخوردار است. جوانه‌زنی بذر، یکی از اولین رفتارهای فیزیولوژیک بیان‌شده توسط گیاهان می‌باشد. این واقعیت، پیامدهای متعددی برای تکامل صفات بعد از جوانه‌زنی، نیچ‌های اکولوژیک و محدوده جغرافیایی گیاه دارد (Donohue *et al*., 2010). جوانه‌زنی بذر با جذب آب شروع می‌شود و با ظاهرشدن جنین، کامل می‌شود. در اکثر گونه‌ها، ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود و بذر به‌عنوان بذر جوانه‌زده درنظرگرفته می‌شود (Nonogaki *et al*., 2010). تمام گونه‌های گیاهی، برای جوانه‌زنی از سه دمای بحرانی که به‌عنوان دماهای کاردینال[1] گفته می‌شود، برخوردار هستند (Seefeldet *et al*., 2002). با استفاده از دماهای کاردینال، می‌توان محدودیت‌های جغرافیایی برای کشت یک گونه یا یک ژنوتیپ را تعیین و زمان مناسب کاشت را با توجه به رژیم دمایی و رطوبتی منطقه مورد نظر تعیین کرد (Hill & Luck, 1991). در شرایط تنش خشکی، گونه‌های سمی‌اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپر اکسید (O^{-}_{2}) هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^{-})، تولید و تجمع می‌یابند (Foyer *et al*., 1994) که این مواد، به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند (Jiang & Huang, 2001). واکنش گیاهان به تنش خشکی، به‌مدت و شدت تنش (Araus *et al*., 2002; Bartels & Souer, 2004) و مرحله نموّی گیاه (Zhu *et al*., 2005) بستگی دارد. به‌طورکلی در مزارع، وقوع همزمان چندین تنش غیرزیستی با هم نسبت به یک تنش، عمومی‌تر است (Mittler, 2006). در تحقیقاتی نشان داده شده که ترکیب تنش‌ها، اثرات مشخص‌تر و معنی‌داری نسبت به یک تنش تنها بر روی رشد و عملکرد گیاهان جو (*Hordeum vulgare*) (Savin & Nicolas, 1996) و *Poa pratensis* (Wang & Huang, 2004) می‌گذارند. همچنین تأثیر همزمان چندین تنش بر گیاهان *Arabidopsis thaliana* (Rizhsky *et al*., 2004)، *Triticum aestivum* (Shah & Paulsen, 2003) و *Nicotiana tabacum* (Rizhsky *et al*., 2002) مشخص شده است. ترکیبی از دمای بالا و تنش خشکی، یک نمونه عالی از چندین تنش غیرزیستی است که در مزرعه اتفاق می‌افتد (Rang *et al*., 2011). با این حال، اطلاعات اندکی در مورد عدس در پاسخ به برهمکنش تیمارهای دمایی و تنش خشکی وجود دارد.

از آنجا که مطالعات اندکی در مورد واکنش جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها و ارقام عدس به دما، تنش خشکی و همچنین اثرات توأم آنها صورت گرفته است، بنابراین آزمایش حاضر با هدف بررسی برهمکنش دما و تنش خشکی بر رفتار جوانه‌زنی ارقام عدس در شرایط مطلوب و تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

صفات مربوط به جوانه‌زنی شش ژنوتیپ عدس شامل MLC501، MLC502، MLC503، MLC500، MLC183 و MLC245 در پنج سطح تنش خشکی شامل پتانسیل‌های آب صفر، ۴-، ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در شرایط کنترل‌شده در آزمایشگاه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار که در آن دما به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد، انجام شد.

مطالعات نشان داده است که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول ۶۰۰۰ PEG با درصد جوانه‌زنی درخاک با همان پتانسیل آب، حدوداً برابر بوده است (Emmerich & Hardgree, 1990). پتانسیل‌های مختلف آب با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰، مطابق روش Kaufmann & Michel (1973) ایجاد شدند و برای پتانسیل صفر بار (شاهد)، از آب‌مقطر استفاده گردید. برای جلوگیری از بروز آلودگی‌های احتمالی، تمام ظروف در دمای ۱۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰دقیقه اتوکلاو شدند. به‌منظور پرهیز از آلودگی‌های قارچی، بذرها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵درصد و همچنین قارچ‌کش بنومیل، ضدّعفونی و سپس با آب‌مقطر، آب‌کشی شدند. تعداد ۲۰عدد بذر ضدعفونی‌شده در زیر هود استریل در داخل هر پتری‌دیش که ته آن کاغذ صافی تعبیه شده بود، قرار گرفتند. به هر ظرف، ۵میلی‌لیتر محلول PEG با پتانسیل‌های مربوط اضافه گردید، به‌طوری‌که بذور در تماس مستقیم با محلول بودند. بذرها پس از قرارگیری در ظروف مربوطه، در ژرمیناتور و دماهای مورد نظر، رشد نمودند. بذرها به‌طور روزانه بازبینی و تعداد بذور جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چه ۲ تا ۳میلی‌متر) ثبت شدند. سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Piper *et al*., 1996).

$$GR = \frac{\sum Gi}{\sum NiGi}$$

GR = سرعت جوانه‌زنی

[1] Cardinal

Gi = تعداد بذرهای جوانه زنه در روز i ام

Ni = شماره روز

$$\%Gp = \frac{\sum ni}{N} \times 100$$

$\%GP$ = درصد نهایی جوانه‌زنی

ni = تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام

N = تعداد کل بذرهای کشت‌شده

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارMstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵درصد ($p\leq 0.05$) استفاده شد. همچنین شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

در تمامی‌دماهای مورد مطالعه، هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های آب ۸-، ۱۲- و ۱۶-بار جوانه‌زنی نداشتند و لذا سطوح فوق از آزمایش حذف و دو سطح تنش خشکی (۴-بار و شاهد) مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که دما، تنش خشکی و اثرات متقابل بین آنها، تأثیر معنی‌داری بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی بذرهای عدس داشت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های عدس در سطوح مختلف تنش خشکی و دما

Table 1. Analysis of variance for rate and final percentage germination of lentil genotypes at different levels of drought stress and temperature

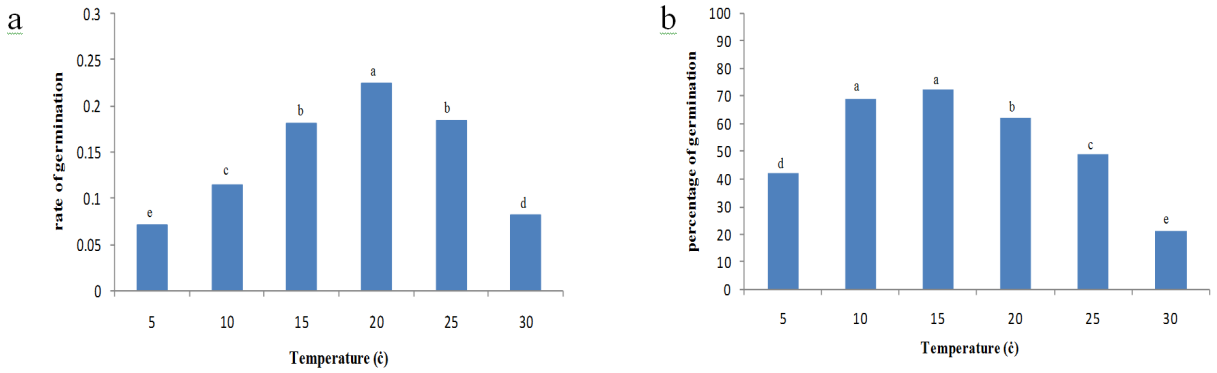
منابع تغییر (S. O. V.)	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	
		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Rate of germination
دما (A) Temperature	5	31282.963**	0.014**
خطا Error	12	89.227	0.000198
تنش خشکی(B) Drought stress	1	48001.852**	0.2867**
AB	5	534.352**	0.030665**
ژنوتیپ (C) Genotype	5	2843.796**	0.000849*
AC	25	563.296**	0.000384ns
BC	5	275.185*	0.00096*
ABC	25	229.352**	0.000463ns
خطا Error	132	101.252	0.000343ns

ns, * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, * and **, indicating no significant and significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

نتایج نشان داد که با افزایش دما تا ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی افزایش و سپس در دماهای بالاتر، کاهش یافت (شکل 3a). درصد نهایی جوانه‌زنی نیز تا ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد افزایش و سپس کاهش یافت (شکل 3b). نتایج مقایسه میانگین درصد نهایی جوانه‌زنی در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی در جدول ۲ نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی (۸۳/۶درصد) در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد مشاهده گردید که با دماهای ۱۰، ۲۰ و ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی‌درصد نهایی جوانه‌زنی در دماهای ۵ و ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی نیز دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی (۶۰/۸درصد) را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با دماهای ۱۰ و ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد نداشت. همچنین در تمام دماهای آزمایش شده، درصد نهایی جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش، کاهش نشان داد.

نتایج، نشان‌دهندهٔ آن است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، دماهای بالا و پایین، هر دو تأثیر محدودکنندگی بر درصد جوانه‌زنی دارند (جدول ۲). نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج Ganjeali *et al,* (2008) بر روی نخود مطابقت دارد. آنها بیان داشتند که فرایند جوانه‌زنی شامل مجموعه‌ای از فعل و انفعالات بیوشیمیایی است که عمدتاً به دما و رطوبت وابسته هستند. کاهش فعالیت‌های آنزیمی‌در دماهای پایین (Q_{10}= ۳-۲) و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها در دماهای بالا، علت اصلی کاهش‌درصد جوانه‌زنی در دماهای بالا و پایین است.



شکل ۱- تغییرات سرعت (a) و درصد نهایی جوانه‌زنی؛ (b) ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی

Fig. 1. Changes rate (a) and final percentage germination (b) of lentil genotypes at different regimes of temperature

کاهش ویسکوزیته آب در دماهای پایین به‌ویژه در شرایط تنش خشکی که بذر با محدودیت جذب آب مواجه است، احتمالاً علت بعدی کاهش‌درصد جوانه‌زنی است (Derek Bewely & Blak, 1994).

سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش خشکی در دمای ۲۰درجهٔسانتی‌گراد، به‌صورت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای دمایی افزایش نشان داد. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۲۱درصد در روز) مربوط به دمای ۲۰درجهٔسانتی‌گراد بود که با دماهای ۱۵ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نداشت. تنش خشکی در تمام دماها نسبت به شرایط بدون تنش، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد، به‌طوری‌که در دماهای ۵، ۱۰ و ۳۰درجهٔسانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش، بیش از دو برابر افزایش نشان داد (جدول ۲).

کاهش جذب آب و متعاقب آن، کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرایندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی در دماهای پایین، علت اصلی سرعت کمتر جوانه‌زنی و طولانی‌ترشدن روز تا جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌باشد (Maiti & Wesche-Ebeling, 2001). همچنین در دماهای بالا، آسیب‌های احتمالی ساختمان سه‌بعدی آنزیم‌ها و بنابراین اختلال در فرایند جوانه‌زنی و همچنین تشدید آن به‌دلیل محدودیت جذب آب، دلیل سرعت کم جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است (Ganjeali *et al.*, 2008).

مقایسه میانگین ژنوتیپ و تنش خشکی برای درصد نهایی جوانه‌زنی بذور عدس (جدول ۳) نشان داد که در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ MLC502 بیشترین‌درصد جوانه‌زنی (۸۳درصد) را داشت که تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری (حدود ۳۸درصد) نشان داد.

جدول ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری دما و تنش خشکی برای درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی

Table 2. Comparison of average temperature and drought treatments in combination for the final germination percentage and germination rate

سرعت جوانه‌زنی Rate of germination $(day)^{-1}$		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination		دما (سانتی‌گراد) Temperature (C°)
بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	
0.1300d	0.1328f	58.06bcd	26.11e	**5**
0.1567cd	0.0734e	79.72ab	58.06bcd	**10**
0.1916bc	0.1698bcd	83.61a	60.83abc	**15**
0.2403a	0.2100ab	78.33ab	45.56cde	**20**
0.1953bc	0.1724bcd	62.50abc	35.28de	**25**
0.1630cd	0.00f	42.50cde	0.00f	**30**

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).

Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncan´s Multiple Range Test ($p\leq0.05$).

در شرایط تنش نیز، ژنوتیپ MLC502 بیشترین درصد جوانه‌زنی (۵۰درصد) را داشت، ولی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. درصد نهایی جوانه‌زنی با اِعمال خشکی در تمام ژنوتیپ‌ها (به‌جُز ژنوتیپ MLC501) به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و در این شرایط در ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183، حدود دو برابر کاهش‌درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. در این رابطه Maiti & Wesche- Ebeling (2001) بیان داشتند که در نخود، اندازه بذر، تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر نموّ گیاهچه و تغییرات فیزیکوشیمیای بذر دارد. لذا می‌توان درصد پایین جوانه‌زنی در ژنوتیپ MLC501 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها را احتمالاً به اندازهٔ بزرگ‌تر دانه و کم‌بودن نسبت سطح جذب‌کنندهٔ رطوبت به حجم دانه در این ژنوتیپ نسبت داد.

نتایج مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۳ نشان داده شده است. در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ MLC245 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشت. سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی با هم نداشتند. تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی را در تمام ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در این شرایط، ژنوتیپ‌های MLC501 و MLC183 بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱۱۲درصد در روز) را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به‌طوری‌که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبزشدن برخوردارند (Ashraf *et al*., 1978). در شرایط تنش خشکی، کاهش‌درصد جوانه‌زنی و تأخیر در زمان جوانه‌زنی، بیانگر تأثیر منفی محدودیت جذب آب توسط بذر برای آغاز فرایندهای متابولیکی جوانه‌زنی است. تنوع موجود میان ژنوتیپ‌ها از نظردرصد و سرعت جوانه‌زنی، احتمالاً به ویژگی‌های بذر شامل اندازه بذر، نفوذپذیری بذر و فعالیت‌های متابولیکی بذر مربوط می‌شود (Derek Bewely & Blak, 1994; Maiti & Wesche- Ebeling, 2001).

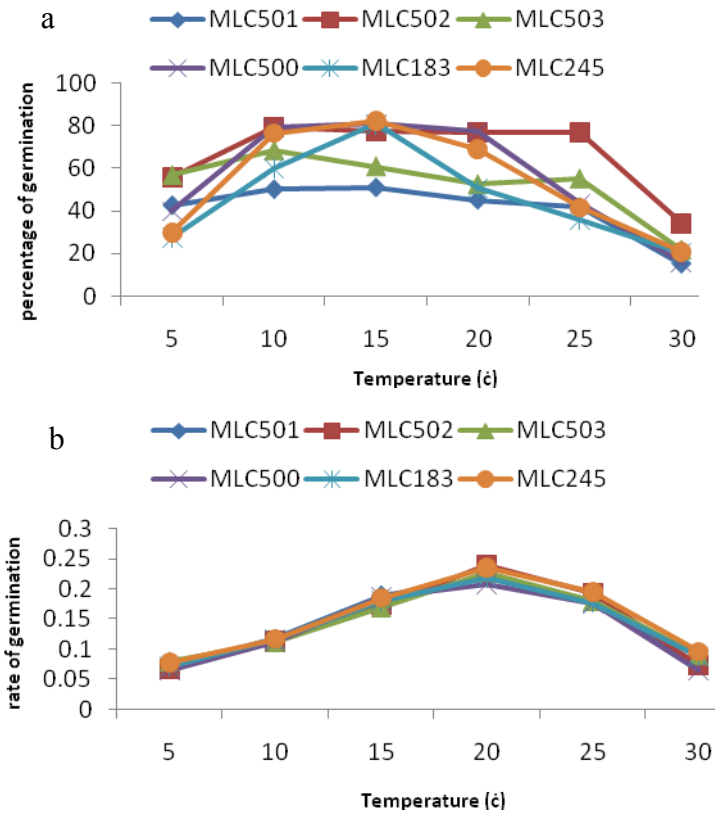
جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس
Table 2. Means of genotype and drought stress interaction on final germination percentage and germination rate

سرعت جوانه‌زنی Rate of germination (day)$^{-1}$		درصد نهایی جوانه‌زنی Percentage of germination		ژنوتیپ
بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	بدون تنش (صفر بار) No stress	تنش خشکی (۴- بار) Drought stress	Genotype
0.1766a	0.1123b	51.67bcd	30.00d	**MLC501**
0.1835a	0.1038b	A83.06a	50.28bcd	**MLC502**
0.1670a	0.1045b	70.00ab	35.00d	**MLC503**
0.1856a	0.09728b	69.17ab	43.06cd	**MLC500**
0.1892a	0.1126b	63.61abc	28.06d	**MLC183**
0.1085b	0.004364c	67.22ab	39.44d	**MLC245**

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).
Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncan´s Multiple Range Test ($p\leq0.05$).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر درصد جوانه‌زنی نهایی عدس، معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۲a نشان می‌دهد که در دمای ۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC503 و ژنوتیپ MLC183 به‌ترتیب بیشترین (۵۶/۷درصد) و کمترین (۲۷/۵درصد) جوانه‌زنی را داشتند. کمترین‌درصد جوانه‌زنی در سایر دماها مربوط به ژنوتیپ MLC501 بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۱۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مربوط به ژنوتیپ‌های MLC502 و MLC500 بود که تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری داشت. در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC245 بیشترین‌درصد جوانه‌زنی نهایی را داشت و تنها نسبت به ژنوتیپ MLC501 افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین‌درصد جوانه‌زنی نهایی در دمای ۲۰درجهٔ‌سانتی‌گراد مربوط به ژنوتیپ MLC500 بود که با ژنوتیپ‌های MLC502، MLC503 و MLC245 تفاوت معنی‌داری نداشت. در دمای ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، ژنوتیپ MLC502 به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها (به‌جُز ژنوتیپ MLC503)درصد نهایی جوانه‌زنی بیشتری داشت. ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری در دمای ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد نشان

ندادند، با این وجود ژنوتیپ MLC502 بیشترین‌درصد نهایی را داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی عدس معنی‌دار نبود (جدول ۱). همان‌گونه‌که در شکل 2b نشان داده شده است، تفاوت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود و به‌طورکلی در دماهای پایین و بالا، همهٔ ژنوتیپ‌ها از سرعت جوانه‌زنی کمی برخوردار بودند.

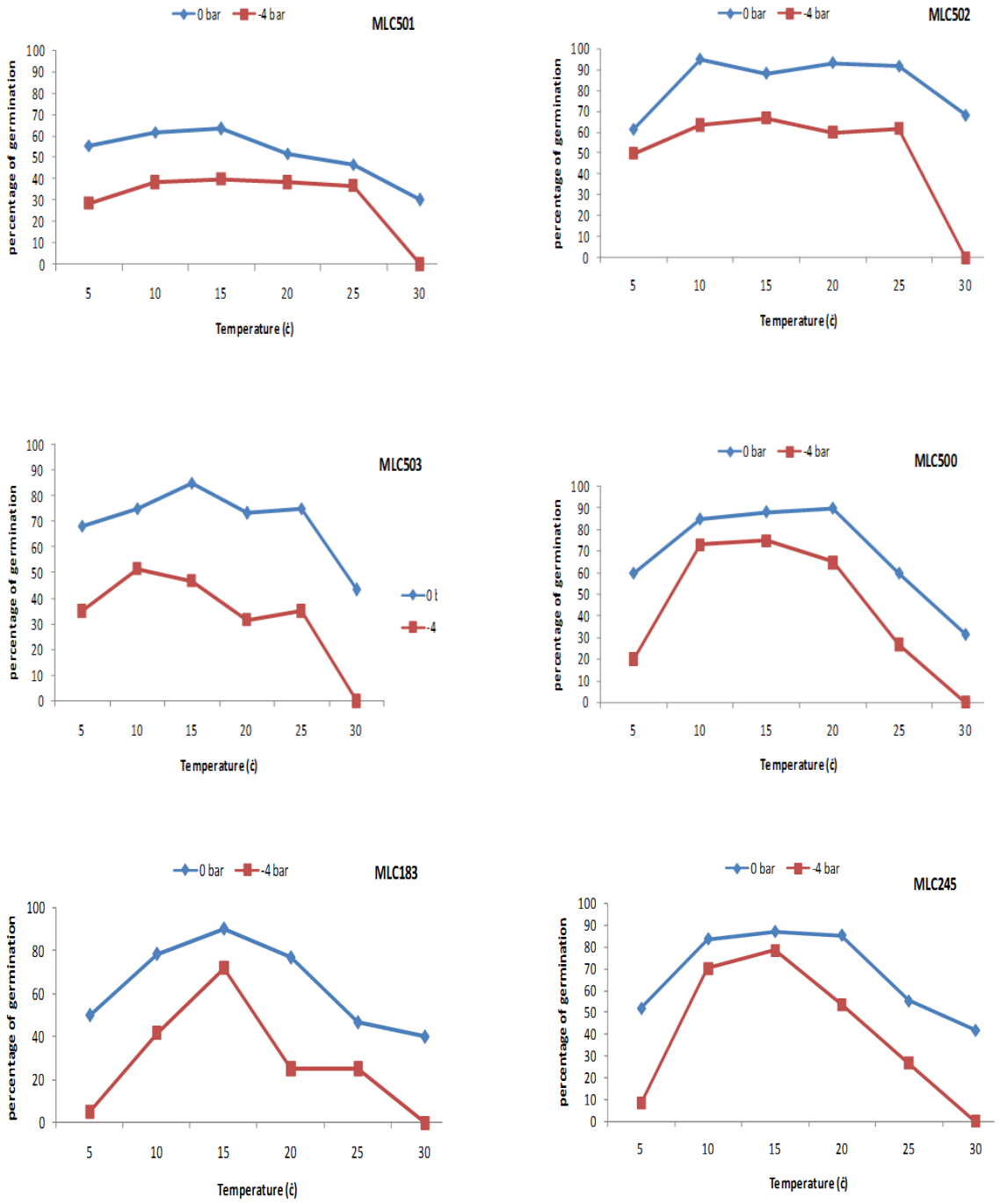


شکل ۲- اثر تیمارهای دمایی بر درصد نهایی (a) و سرعت (b) جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف عدس

Fig. 2. Effect of thermal treatments on final germination percentage (a) and rate germination (b) of different genotypes of lentil

شکل۳، درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس را در شرایط تنش و بدون تنش خشکی در دامنهٔ دماهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در شرایط تنش خشکی و دمای ۳۰درجهٔ‌سانتی‌گراد، هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها، جوانه‌زنی نداشتند. در مواجهه با تنش خشکی، ژنوتیپ MLC503 در دمای ۱۰درجهٔ‌سانتی‌گراد و سایر ژنوتیپ‌ها، در دمای ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی را نشان دادند. به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی، درصد نهایی جوانه‌زنی ژنوتیپ MLC503 در دماهای بیشتر از ۱۰درجه و ژنوتیپ‌های MLC500، MLC183 و MLC245 در دماهای بیشتر از ۱۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، کاهش یافت. در ژنوتیپ MLC501 و MLC502 در شرایط خشکی، با افزایش دما از ۵ تا ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، تفاوت چندانی در درصد نهایی جوانه‌زنی مشاهده نشد. با افزایش دما به بیشتر از ۲۵درجهٔ‌سانتی‌گراد، درصد نهایی جوانه‌زنی در همهٔ ژنوتیپ‌ها، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، با شیب نسبتاً تندی کاهش یافت که احتمالاً نشان‌دهندهٔ حساسیت ژنوتیپ‌های عدس به دماهای بالا برای جوانه‌زنی است.

سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش و بدون تنش خشکی، در دامنه‌ای از دماهای مورد بررسی (شکل۴) نشان داد که در شرایط تنش خشکی و در کمترین دمای مورد بررسی، سرعت جوانه‌زنی در تمام ژنوتیپ‌ها بسیار کم بود.

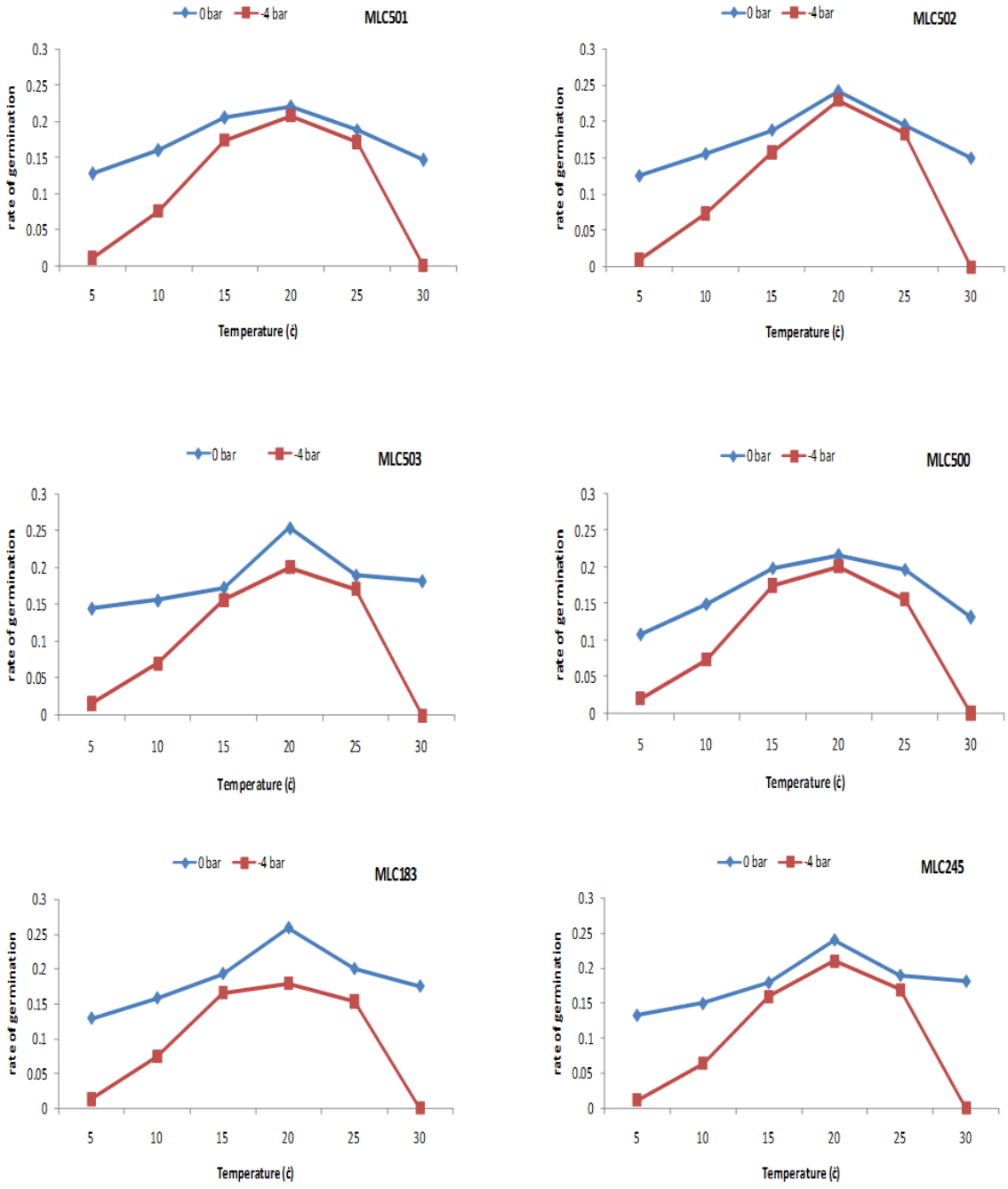


شکل ۳- تغییرات درصد نهایی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی

Fig. 3. Changes in the final percentage germination of lentil genotypes in different temperature and moisture regimes

در همهٔ ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، با افزایش دما تا ۲۰درجهٔسانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش یافت و با افزایش دمای بیشتر، سرعت جوانه‌زنی کاهش نشان داد. سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در مقایسه با محیط بدون تنش، در دماهای بالا به‌طور چشمگیری کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالا و در شرایط بدون تنش خشکی، در ژنوتیپ‌های MLC503، MLC183 و MLC245 با شیب کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های MLC501، MLC502 و MLC500 کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به محیط بدون تنش در ژنوتیپ‌های

MLC501، MLC502، MLC500 و MLC245 در دماهای ۱۵،۲۰ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد، کاهش اندکی را نشان داد. این موضوع در ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183 در دماهای ۱۵ و ۲۵درجهٔسانتی‌گراد صادق بود. کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی موجب می‌شود تا فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی، تحت‌تأثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آنها کاهش یابد (Kiani *et al.*, 1998). از طرفی فرایندهای جوانه‌زنی اغلب آنزیمی و فعالیت آنزیم‌ها نیز متأثر از دما است.



شکل ۴- تغییرات سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی

Fig. 4. Changes in the germination rate of lentil genotypes in different temperature and moisture regimes

اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه، مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De & Kar, 1994). این موضوع نشان می‌دهد که برخی از ارقامی‌که در شرایط عدم تنش، جوانه‌زنی مطلوبی دارند، ممکن است در شرایط وجود تنش این‌گونه نباشند. مشابه این نتیجه توسط سایر پژوهشگران (Ashraf *et al*., 1978; Masumi *et al*., 2008) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی یکی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان بوده و نتیجهٔ نهایی مجموعه‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی است که با واسطهٔ آنزیم‌های متعددی انجام می‌شود. این مرحله، تحت تأثیر عواملی مانند دما و رطوبت می‌باشد و این عوامل برای شروع جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی و حتی ژنوتیپ‌های یک گونه، متفاوت‌اند. به‌طورکلی، بذوری که در شرایط تنش، جوانه‌زنی مناسب‌تری د اشته باشند، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه‌هایی با بنیهٔ بهتر و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند. نتایج این آزمایش نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس مورد بررسی، در هر دو تیمارهای دمایی پایین و بالا، کاهش یافت. همچنین، درصد و سرعت جوانه‌زنی تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مواجهه با تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب، کاهش یافت. تفاوت در سرعت جذب آب توسط بذر (Clark, 1980) و نوع بذر (Lafond & Baker, 1986) از علل احتمالی تفاوت جوانه‌زنی است. به‌نظر می‌رسد از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ MLC502 مقاوم‌ترین ژنوتیپ در مقابل تیمارهای دمایی مختلف است و می‌تواند برای کاشت در مناطقی که درجه‌حرارت در فصل کاشت دارای نوسانات زیادی است، مناسب باشد.

Maiti & Wesche-Ebeling (2001) در مطالعه جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود، تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه‌ای را در پاسخ به دما گزارش کردند. از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش، ژنوتیپ MLC501 نسبتاً مقاوم و ژنوتیپ‌های MLC503 و MLC183 نسبتاً حساس به تنش خشکی بودند. احتمالاً قابلیت متفاوت ژنوتیپ‌ها برای جذب آب و همچنین انجام سایر فرایندهای متابولیکی جوانه‌زنی، از جمله دلایل اصلی واکنش متفاوت آنها برای جوانه‌زنی است. بنابراین ژنوتیپ MLC501 در صورت دارابودن مقاومت به خشکی در سایر مراحل رشد و تولید، می‌تواند برای مناطق دارای بارندگی کمتر با دامنه حرارتی بین ۵ تا ۲۵درجهٔسانتی‌گراد در زمان کاشت، مورد توجه و توصیه قرار گیرد.

منابع

1. Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C_3 cereals: what should we breed for? Annals of Botany 89: 925-940.
2. Ashraf, C.M., and Shakra, S.A. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal 65: 135-139.
3. Astaraei, A.R., and Foruzan ghohar, M. 2000. Effect of calcium on germination and seeding growth of lentil (*Lens culinaris* Medik) in different levels of salinity. Biaban 5(2): 37-49. (In Persian with English Summary).
4. Bamdad, F., Dokhani, S., and Keramat, J. 2009. Functional assessment and subunit constitution of lentil (*lens culinaris*) proteins during germination. International Journal of Agriculture and Biology 11: 690-694.
5. Bartels, D., and Souer, E. 2004. Molecular responses of higher plants to dehydration. In: Plant Responses to Abiotic Stress 4: 9-38. Springer-Verlag/Heidelberg, Berlin/Germany.
6. Bhatty, R.S. 1988. Composition and quality of lentil (*Lens culinaris* Medik.): a review. Canadian Institute of Food Science and Technology 21: 144-160.
7. Clark, J.M. 1980. Measurement of relative uptake rates of wheat seeds using agar media. Canadian Journal of Plant Science 21: 1035-1038.
8. De, F., and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology 23: 301-304.
9. Derek Bewely, J., and Black, M. 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. Second Edition, Pleum Press. New York and London, 445 pp.

10. Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., and Willis, C.G. 2010. Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 41: 293-319.
11. Emmerich, W.E., and Hardgree., S.P. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal 82: 1103-1107.
12. Erskine, W., Muehlbauer, F., Sarker, A., and Sharma, B. 2009. The Lentil Botany, Production and Uses. ISBN 978-1-84593-487-3. 577 pp.
13. FAO. 2004. FAO Bulletin of Statistics.
14. Foyer, C.H. ,Leadis, M., and Kunert, K.J. 1994. Photo oxidative stress in plants. Physiologia Plantarum 92: 696-717.
15. Gan, Y.T., Miller, P.R., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2002. Seedling emergence, pod development and seed yields of chickpea and dry pea in a semi arid environment. Canadian Journal of Plant Science 82: 531-553.
16. Ganjeali, A., Parsa, M., and Khatib, M. 2008. Quantifying seed germination response of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) influenced temperature and drought stress regimes. Agricultural Research: Water, Soil and Plant Agriculture 8: 77-88. (In Persian with English Summary).
17. Hill, M.J., and Luck, R. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. Australian Journal of Agricultural Research 42: 175-189.
18. Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid per oxidation. Crop Sciences 41: 346-342.
19. Kiani, L.R., Bagheri. A., and Nezami, A. 1998. Reaction of lentil genotypes to water stress caused by PEG 6000 at germination stage. Journal of Agricultural Industry 12: 42-55. (In Persian with English Summary).
20. Lafond, G.P., and Baker, R.J. 1986. Effects of temperature moisture stress, and seed size on germination of nine spring wheat cultivars. Crop Sciences 26: 563-567.
21. Maiti, R., and Wesche- Ebeling, P. 2001. Advance in Chickpea Science. Science Publishers, Inc. 410 pp.
22. Masumi, A., Kafi, M., and Khazaei, H.R. 2008. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination responses to water stress induced by polyethylenglycol 6000. Journal of Agronomic Research 6(2): 453-462. (In Persian with English Summary).
23. Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
24. Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science 11: 15-19.
25. Nonogaki, H., Bassel, G.W., and Bewley, J.D. 2010. Germination-Still a mystery. Plant Science 179: 574-581.
26. Piper, E.L., Boote, K.J., Jones, J.W., and Grimm, S.S. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. Crop Science 36: 1606-1614.
27. Rang, Z.W., Jagadish, S.V.K., Zhou, Q.M., Craufurd, P.Q., and Heuer, S. 2011. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. Environmental and Experimental Botany 70: 58-65.
28. Rizhsky, L., Liang, H., Shuman, J., Shulaev, V., Davletova, S., and Mittler, R. 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physiology 130: 1143-1151.
29. Rizhsky, L., Liang, H., Shuman, J., Shulaev, V., Davletova, S., and Mittler, R. 2004. When defense pathways collide: the response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress. Plant Physiology 134: 1683-1696.
30. Savin, R., and Nicolas, M.E. 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. Australian Journal of Plant Physiology 23: 201-210.
31. Seefeldet, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth responses of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum*.L) cultivars from the USA pacific North West. Field Crops Research 75: 47-52.
32. Shah, N.H., and Paulsen, G.M. 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. Plant Soil 257: 219-226.

33. Wang, Z., and Huang, B. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. Crop Science 44: 1729-1736.
34. Yadav, S.S., McNeil, D.L., and Stevens, P.C. 2007. Lentil an Ancient Crop for Modern Times. Published by Springer. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 461 pp.
35. Zhu, X., Gong, H., Chen, G., Wang, S., and Zhang, C. 2005. Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. Journal of Arid Environments 62: 1-14.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 65-76

Seed germination behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes

Parsa[1*], M., Ganjeali[2], A. & Beyk Khurmizi[3], A.

1. Contribution from Department of Agronomy, Faculty of Agriculture; Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Contribution from Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. MSc. in Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 27 February 2011
Accepted: 4 July 2012

Abstract

Rapid germination is an important factor determining the final yield. The most important abiotic stress threatening lentils is drought and temperature. Therefore, this study was performed with the aim of investigating effects various thermal treatments (5, 10, 15, 20, 25 and 30°C) and four levels of drought (0, -4, -8, -12 and -16 bar) on percentage and germination rate of lentil genotypes. A split plot factorial experiment based on Completely Randomized Design with three replications was conducted. Number of germinated seeds was recorded daily and percentage and germination rate was calculated. There was no germination on -8, -12 and -16 bar, hence these levels were ignored. The results showed that temperature, drought stress and their interactions had a significant influence on final germination percentage and rate of lentil genotypes. The percentage and germination rate in genotypes of lentil declined in low and high temperature treatments. The germination percentage and speed of all genotypes also declined in drought stress than favorable conditions. In fact, drought stress causes that physiological and metabolic processes of germination be impressed and reduce in their speed. Overall, mean and optimum temperature range for germination of genotypes, were estimated at 15-20°C in both stress and no-stress conditions.

Key words: Drought stress, Germination rate, Lentil, Temperature regime

*** Corresponding Author:** parsa@um.ac.ir

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۸۶-۷۷، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 77-86

بررسی اثر کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با مواد طبیعی بر ویژگی‌های رویشی ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.)

مهدی حق‌پرست[1] و سعیده ملکی فراهانی[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه شاهد، تهران؛ haghparast_2012@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی‌دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مواد طبیعی (اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی) بر خصوصیات رویشی نخود، آزمایشی در سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت کرت دوبار خُردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در شهرستان میامی(شاهرود) انجام شد. عامل اصلی، تنش خشکی در چهار سطح آبیاری کامل (شاهد)، قطع آب در مراحل گلدهی، غلافدهی و گلدهی تا برداشت و عامل فرعی، محلول‌پاشی با مواد طبیعی در سه سطح محلول‌پاشی با آب‌مقطر (شاهد)، محلول‌پاشی با اسید هیومیک و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و عامل فرعی-فرعی، شامل ارقام هاشم، ILC۴۸۲ و محلی بودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اثر تنش خشکی بر روی تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه جانبی و عرض بوته، معنی‌دار است. همچنین اثر رقم بر روی صفات تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته و عرض بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی و رقم در محلول‌پاشی بر روی تعداد شاخه فرعی، معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش در رقم بر روی تعداد شاخه فرعی و عرض بوته معنی‌دار گردید. تنش خشکی به‌خصوص از مرحله گلدهی تا برداشت، از طریق کاهش شاخه‌دهی و قطر سایه‌انداز، باعث کاهش رشد ارقام مختلف شد، ولی محلول‌پاشی با مواد طبیعی به‌خصوص عصاره جلبک دریایی توانست باعث افزایش رشد گیاهان تحت تنش خشکی شود. در میان ارقام مختلف، رقم محلی کارآیی بیشتری در استفاده از مواد طبیعی داشت، اگرچه رقم هاشم به‌لحاظ تمامی صفات، برتر از سایر ارقام بود.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، تنش خشکی، عصاره جلبک دریایی نخود

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) از جمله گیاهان مهم تیره بقولات است که حدود۹۰درصد از کشت آن در سطح جهان به‌صورت دیم انجام می‌گیرد و بیشتر کشورهای تولیدکنندهٔ آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند(Sepehri *et al.*, 2006).

ایران نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکنندهٔ این محصول، با میانگین بارندگی ۲۵۰میلی‌متر در سال (کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی جهان) جز مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرد (Sepehri *et al.*, 2006).

از آنجا که بیش از ۹۰درصد کشت نخود در کشور به‌صورت دیم است، یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد آن، وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نموّ است (Sepehri *et al.*, 2006). بر اساس مطالعات انجام‌شده در بین عوامل تنش‌زا، تنش خشکی به‌تنهایی سبب ۴۵درصد کاهش عملکرد می‌شود (Malhorta & Saxena, 2002). در بخش وسیعی از اراضی کشت نخود که زمستان معتدل دارند، تنش خشکی متناوب در اثر قطع متناوب بارندگی پاییزه حادث می‌شود و تنش خشکی انتهایی به‌سبب توقف بارندگی‌های بهاره به‌وقوع می‌پیوندد و در نواحی مدیترانه‌ای، گیاهان کشت‌شده در پاییز و زمستان در دوره رشد خود تحت تأثیر تنش خشکی متناوب قرار گرفته و در مرحله زایشی با تنش خشکی انتهایی مواجه می‌شوند که باعث کاهش عملکرد نخود می‌شود (Soltani *et al.*, 2001; Seraj *et al.*, 2004; Kashi Waji *et al.*, 2006).

از سوی دیگر، کشت آبی نخود در مناطقی از کشور که بارندگی زمستانه کافی نبوده یا میانگین بارندگی، پایین‌تر از حد مطلوب نخود می‌باشد، انجام شود. در این مناطق، شروع رشد زایشی نخود همراه با کشت تابستانه می‌باشد که با توجه

* **نویسنده مسئول:** تهران، بزرگراه خلیج فارس، روبروی حرم مطهر امام‌خمینی(ره)، دانشگاه شاهد، دانشکده علوم کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، صندوق پستی: ۱۸۱۵۵/۱۵۹، کُد پستی: ۳۳۱۹۱۱۸۶۵۱، تلفن: ۰۲۱-۵۱۲۱۲۰۵۶، همراه: ۰۹۳۹۲۷۲۶۴۳۰، maleki@shahed.ac.ir

به همزمان‌شدن نیاز آبی نخود و کشت تابستانه، کشاورزان دچار کمبود منابع آبی می‌شوند که به‌ناچار از میزان آب لازم برای نخود می‌کاهند که این امر می‌تواند سبب کاهش عملکرد نخود شود.

یافته‌های Turner (2009) مشخص نمود که تنش خشکی در نخود باعث کاهش عملکرد، تعداد گُل، تعداد غلاف و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود. کاهش عملکرد نخود در شرایط کم‌آبی نیز توسط برخی از محققان (Mafakheri *et al.*, 2010; Sepehri *et al.*, 2006) گزارش شده است.

اسید هیومیک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسیدشده، زغال‌سنگ و... استخراج می‌شود که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت قرار دارند (Sebahattin *et al.*, 2005). اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰/۰۰۰-۳۰۰/۰۰۰ دالتن سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکروبی می‌گردند (Michael, 2001). آزمایش‌ها نشان داده اند که غلظت ۵۰میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک، عامل طویل‌شدن سلول‌های ریشه در گیاه نخود می‌باشد (Vaughan *et al.*, 1976). در تحقیقی از اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام گندم مشخص شد که مصرف ۳۰۰میلی‌گرم اسید هیومیک، بیشترین تأثیر را بر ریشه و بخش هوایی دارد (Sabzevari *et al.*, 2008).

وجود برخی از ترکیبات محرّک رشد در برخی از گیاهان مانند جلبک‌ها باعث شده است تا از عصاره این گیاهان برای تولید کودهایی استفاده شود که باعث افزایش میزان رشد و تولید گیاهان زراعی و باغی می‌گردد. یکی از انواع این گونه جلبک‌ها *Ascophyllum nodsum* می‌باشد. این جلبک با نام انگلیسی Seaweed شناخته می‌شود که دارای رنگ قهوه‌ای و یا سبز زیتونی بوده و ساقه‌ها و انشعابات دراز و نازکی دارد. این جلبک‌ها عموماً به صخره‌های کنار ساحل چسبیده و آنها را تا اعماق کم تا متوسط و گاهی در آب‌های عمیق می‌توان مشاهده کرد. یکی از مناطقی که به‌عنوان منبع غنی از این جلبک شناخته می‌شود، منطقه شمالی آتلانتیک می‌باشد (Patier *et al.*, 1993).

تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از عصاره جلبک، باعث افزایش کلروفیل در برگ‌های گیاه می‌شود و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام‌های گیاهی بالا می‌برد که باعث شکسته‌شدن قندهای غیرقابل‌استفاده در گیاه می‌گردد (Strik *et al.*, 2004).

نتایج تحقیقی نشان داد که بذرهای گیاه زراعی جو که با عصاره جلبک دریایی آغشته شده بودند، نسبت به بذرهای آغشته‌شده با جیبرلین و شاهد، جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چهٔ بیشتری داشتند (Rayorath *et al.*, 2008).

نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از مواد طبیعی حاوی عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک توانست اثر تنش خشکی تا ۱/۵مگاپاسکال را در گیاه علفی بنت‌گراس کاهش دهد. دراین تحقیق مشخص شد که گیاهان برای مقابله با تنش، سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی متفاوتی ایجاد می‌نمایند. سیتوکنین که در این مواد (عصاره جلبک و اسیدهیومیک) وجود داشت، دسته‌ای از هورمون‌های گیاهی محسوب می‌شود که به‌صورت آنتی‌اکسیدان عمل کرده و باعث افزایش مقاومت به تنش در گیاه می‌گردد (Zhang & Ervin, 2004).

همان‌طورکه نتایج مطالعات پیشین نشان داد، تنش خشکی سبب واردآمدن صدمات جدی به نخود می‌شود. با توجه به اثر مثبت مواد طبیعی بر رشد گیاهان و کاهش اثرات تنش خشکی، به‌نظر می‌رسد که استفاده از مواد طبیعی به شکل عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک بتواند با اثر بر گیاه و افزایش رشد، اثرات منفی تنش خشکی در نخود را کاهش دهد. با توجه به عدم وجود اطلاعات علمی در خصوص اثر مواد طبیعی حاوی عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک در کاهش آثار تنش خشکی در گیاه نخود، این آزمایش با هدف بررسی اثر خشکی بر نخود و اثر محلول‌پاشی با مواد طبیعی در کاهش اثرات منفی تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر کاربرد مواد طبیعی بر کاهش آثار منفی تنش خشکی بر ویژگی‌های رویشی نخود در طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در شهرستان میامی (شاهرود) اجرا گردید. اقلیم منطقه از نوع خشک تا نیمه‌خشک، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۲۰متر، عرض جغرافیایی ۵۵ و طول جغرافیایی ۳۶درجه و میانگین بارش، ۱۸۵میلی‌متر و خاک منطقه از نوع لوم‌رس بود.

زمین مورد نظر برای کشت، در پاییز سال ۱۳۸۹ با شخم عمیق برگردانده شد. عملیات تکمیلی تهیه بستر شامل شخم سطحی، دیسک، تسطیح زمین و آماده‌سازی کرت‌ها در اوایل اسفندماه انجام شد. بذرهای نخود در تاریخ ۲۷اسفند۱۳۸۹ با تراکم ۳۳بوته در مترمربع در زمین کاشته شدند و طرح به‌صورت کرت‌های دوبار خُردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. هر کرت فرعی فرعی شامل شِش ردیف چهارمتری با فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰سانتی‌متر بود.

کم‌آبیاری در سه سطح آبیاری کامل (شاهد)، قطع آب در مرحله گلدهی (BBCH51)، مرحله غلافدهی (BBCH71) و مرحله گلدهی تا برداشت بود که به کرت اصلی اختصاص یافت. عامل فرعی محلول‌پاشی در سه سطح محلول‌پاشی با آب‌مقطر

دیونیزه (شاهد)، محلول‌پاشی با اسید هیومیک و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی با دز ۲لیتر در هکتار بود که به کرت‌های فرعی اختصاص یافت و عامل فرعی-فرعی ارقام نخود شامل رقم هاشم، ILC۴۸۲ و محلی میامی بود. در طول فصل رشد، علف‌های‌هرز چندین‌بار با دست وجین گردیدند.

به‌منظور بررسی و اندازه گیری صفات رویشی در پایان دورهٔ رشد، از هر کرت آزمایشی، ۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد شاخه اصلی و فرعی، ارتفاع بوته و عرض بوته (قطر سایه‌انداز) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، ترسیم نمودارها و مقایسه میانگین‌ها، از نرم‌افزارهای SAS و EXCEL و آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخه‌دهی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر رقم بر تعداد شاخه اصلی و فرعی، معنی‌دار بود (جدول ۱)، به‌گونه‌ای‌که بیشترین تعداد شاخه اصلی و جانبی، به رقم هاشم تعلق داشت و پس از آن به‌ترتیب ارقام محلی و ILC۴۸۲ قرار داشتند (جدول ۲). اثر تنش خشکی نیز بر تعداد شاخه اصلی و فرعی معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش، باعث کاهش شاخه‌دهی شد، به‌طوری‌که بیشترین تأثیر تنش بر تعداد شاخه اصلی مربوط به تنش از مرحله گلدهی تا برداشت و بعد از آن به‌ترتیب تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله غلافدهی بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که تنش در مرحله گلدهی اثر محدودکننده‌تری نسبت به تنش در مرحله غلافدهی بر شاخه‌دهی نخود دارد. شاخه‌دهی در گیاه نخود، به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه تنش خشکی قرار می‌گیرد، بنابراین شرایط محیطی می‌تواند سهم شاخه‌ها را از عملکرد نهایی تغییر دهد (Ganjeali *et al.*, 2008).

نتایج تحقیقات نشان داد که گیاه نخود در شرایط تنش خشکی برای کاهش سطح فتوسنتزی خود از گسترش اندام‌های رویشی خود کاسته و انرژی مواد فتوسنتزی خود را جهت حفظ بقاء، متوجه رشد زایشی می‌نماید (Farbodniya,1995).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، کاربرد ماده طبیعی (اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی) و رقم بر ویژگی‌های رویشی نخود

Table 1. Analysis of variance of drought stress, natural products (humic acid and seaweed extract) and variety on chickpea characteristics

عرض بوته Plant width	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	تعداد شاخه اصلی Number of main branches	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.744	131.766	0.521	1.734	2	تکرار Replication
8.478**	20.126ns	9.187**	1.586**	3	تنش خشکی Drought stress
0.293	21.727	0.276	1.371	6	خطا Error
4.796**	5.840 ns	2.938**	3.905**	2	محلول‌پاشی Spraying
0.173 ns	11.150 ns	0.214**	0.107ns	6	تنش خشکی×محلول‌پاشی Spraying×Drought stress
0.161	14.464	0.051	0.110	16	خطا Error
30.4487**	277.739**	8.406**	1.434**	2	رقم Variety
0.479**	13.948 ns	0.662**	0.075 ns	6	تنش خشکی×رقم Variety×Drought stress
0.042 ns	9.104 ns	0.112*	0.027 ns	4	محلول‌پاشی×رقم Variety×Spraying
0.061 ns	7.018 ns	0.071ns	0.032 ns	12	تنش خشکی×محلول‌پاشی×رقم Variety×Spraying× Drought stress
0.061	8.255	0.042	0.085	48	خطا Error
6.65	11.71	5.13	8.13		ضریب تغییرات (%) CV

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

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی، کاربرد ماده طبیعی (اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی) و رقم بر ویژگی‌های رویشی نخود

Table 2. Mean comparison of drought stress, natural products (humic acid and seaweed extract) and variety on chickpea characteristics

عرض بوته Plant width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	تعداد شاخه اصلی Number of main branches	تیمار Treatment
				تنش Stress
4.25 a	25.80 a	4.78 a	3.86 a	شاهد بدون تنش Control
3.48 b	24.30 a	3.73 c	3.43 a	گلدهی Flowering stage
4.05 a	23.85 a	4.11 b	3.69 a	غلافدهی Podding stage
3.02 c	24.21 a	3.43 c	3.33 b	گلدهی تا برداشت Flowering to harvest
				محلول‌پاشی Spraying
3.36 c	24.94 a	3.74 c	3.26 c	آب‌مقطر (شاهد) Distilled water
4.09 a	24.54 a	4.31 a	3.92 a	عصاره جلبک دریایی Seaweed
3.65 b	24.14 a	3.98 b	3.59 b	اسید هیومیک Humic acid
				رقم Variety
4.76 a	27.69 a	4.53 a	3.80a	هاشم
3.08 c	22.46 b	3.58 c	3.52b	محلی
3.29 b	23.47 b	3.91 b	3.41 b	ILC482

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵درصد ندارند.

Means by the uncommon letter in each column are significantly ($p< 0.05$) different.

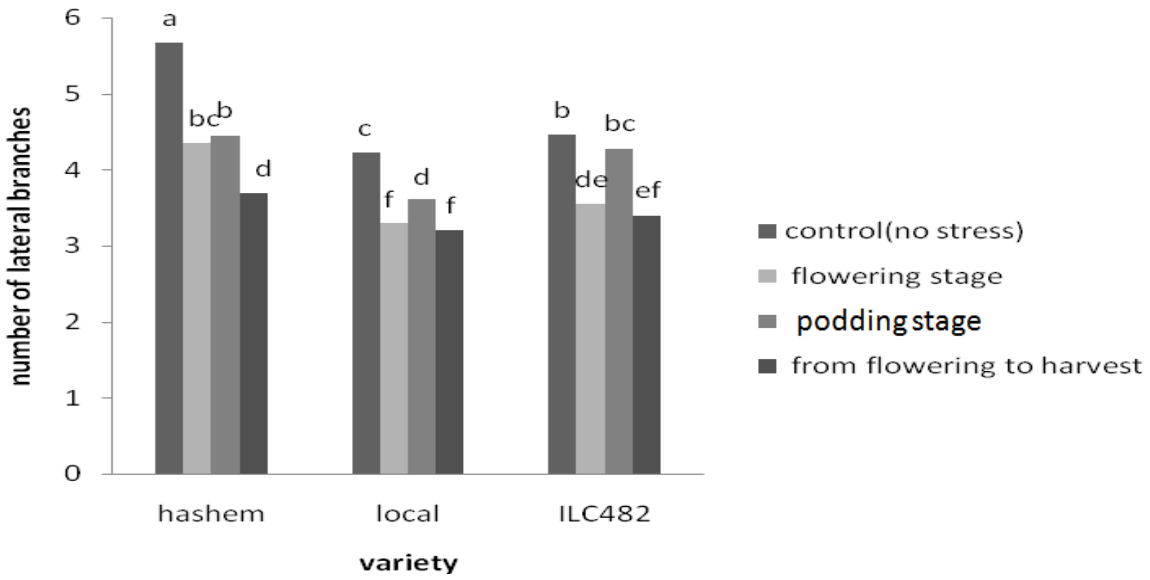
اثر محلول‌پاشی بر تعداد شاخه اصلی و جانبی، معنی‌دار بود (جدول ۱). محلول‌پاشی با مواد طبیعی باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌ها نسبت به شاهد شد (جدول۲). تیمار شاهد با ۳/۷شاخه جانبی کمترین و تیمارهای محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک به‌ترتیب با ۴/۳ و ۳/۹شاخه جانبی، بیشترین تعداد را دارا بودند.

طبق تحقیقات به‌عمل‌آمده، مصرف عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی، رشد رویشی و زایشی گیاه را بهبود می‌بخشد و غلظت‌های بسیار پایین، در رشد آن مؤثر نیست و غلظت‌های بسیار بالا باعث کاهش رشد رویشی و زایشی می‌شود (Drewes *et al.*, 1994).

اثرات متقابل رقم در تنش، تنش در محلول‌پاشی در سطح یک‌درصد و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح ۵درصد بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طورکه در شکل۱ مشاهده می‌شود، واکنش ارقام از نظر تعداد شاخه جانبی در سطوح مختلف تنش خشکی، یکسان نبود. در شرایط آبیاری کامل (شاهد)، رقم هاشم به‌طور معنی‌داری بیشترین تعداد شاخه را نسبت به سایر ارقام داشت. تنش در مراحل مختلف رشد زایشی، باعث کاهش تعداد شاخه در تمامی ارقام شد، به‌طوری‌که تمامی ارقام کمترین تعداد شاخه را در تیمار تنش از گلدهی تا زمان برداشت داشتند، ولی شدت کاهش تعداد شاخه، در رقم هاشم نسبت به سایر ارقام بیشتر بود. کاهش تعداد شاخه در رقم ILC۴۸۲ پس از اِعمال تنش در مرحله غلافدهی نسبت به شاهد، معنی‌دار نبود. چنین به‌نظر می‌رسد که شاخه‌دهی ارقام مختلف، تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. تنش در هر یک از مراحل گلدهی و غلافدهی باعث کاهش شاخه‌دهی می‌شود، ولی واکنش شاخه‌دهی ارقام به تنش خشکی در مرحله گلدهی بیش از غلافدهی بود.

اثر متقابل تنش در محلول‌پاشی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول۱). واکنش شاخه‌دهی در برابر تنش خشکی و محلول‌پاشی، یکسان نبود. بیشترین تعداد شاخه جانبی مربوط به محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی در شرایط آبیاری کامل (شاهد) بود و کمترین تعداد شاخه مربوط به گیاهان تنش‌دیده از مرحله گلدهی تا برداشت بود که با آب‌مقطر محلول‌پاشی‌شدند (شکل ۲). محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک در تیمارهای تنش در مرحله گلدهی و غلافدهی باعث افزایش تعداد شاخه نسبت به شاهد محلول‌پاشی‌شده با آب‌مقطر شد، ولی این افزایش، معنی‌دار نبود. در تیمار تنش از مرحله گلدهی تا برداشت، تعداد شاخه در گیاهانی که با مواد طبیعی محلول‌پاشی‌شدند، به‌طور

معنی‌داری بیشتر از شاهد بود و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی در این تیمار خشکی نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی، تعداد شاخه بیشتری تولید کرد. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد مواد طبیعی در کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر روی تعداد شاخه در بوته مؤثر بوده و این اثر مثبت در دوره‌های طولانی‌تر تنش خشکی، بیشتر از تنش‌های کوتاه بوده است. نتایج به‌دست‌آمده مطابق با نتایج Zhang & Ervin (2004) است. همچنین، نتایج مشخص نمود که عصاره جلبک دریایی، کارآیی بیشتری در کاهش اثرات تنش خشکی بر شاخه‌دهی گیاه نخود دارد. از آنجا که Zhang & Ervin (2004) در مطالعه خود نشان دادند که عصاره‌های جلبک دریایی و اسید هیومیک، غلظت هورمون سیتوکینین را در گیاه بالا بردند، لذا چنین به‌نظر می‌رسد که عصاره‌های جلبک دریایی و اسید هیومیک به‌کاررفته در این تحقیق نیز از طریق افزایش‌این هورمون در ارقام مختلف نخود باعث افزایش شاخه‌دهی در گیاهان تنش‌دیده شدند.



شکل ۱- اثر متقابل رقم بر تنش خشکی بر تعداد شاخه جانبی

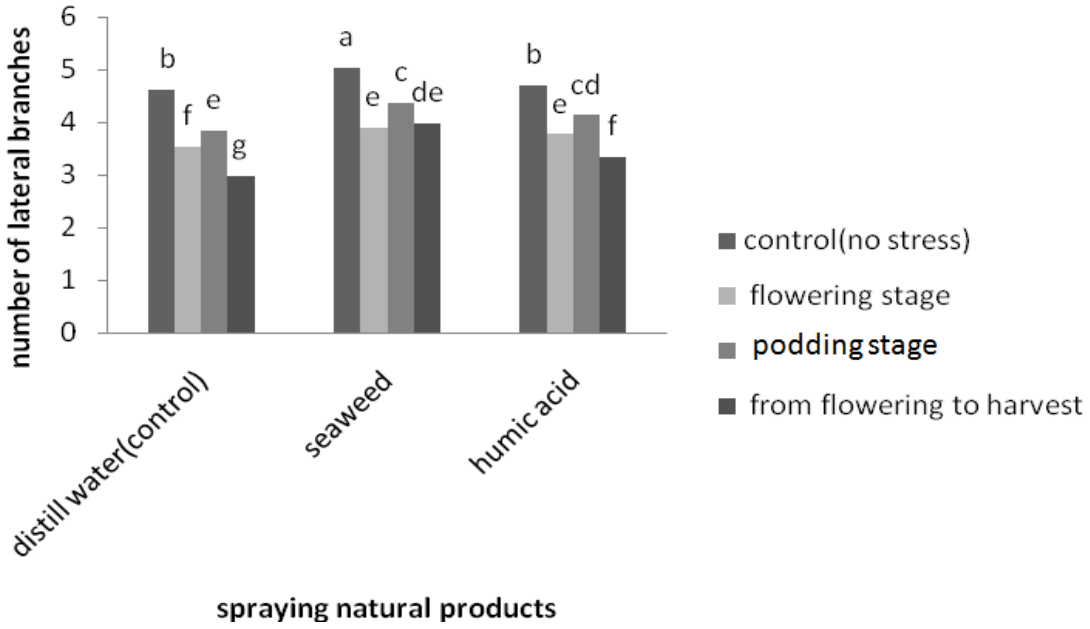
Fig. 1. Interaction effect of variety and drought stress on number of lateral branches

نتایج اثر تنش بر تعداد شاخه جانبی مطابق با نتایج Chaichi *et al*, (2004) می‌باشد. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد که رژیم‌های آبیاری با شیب کاهشی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰درصد نسبت به شاهد (حفظ رطوبت درصد ظرفیت مزرعه) در دوره دوهفته‌ای از آغاز گلدهی تا پایان رشد فیزیولوژیک، باعث کاهش تعداد شاخه جانبی می‌شود (Chaichi *et al.*, 2004).

اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی بر تعداد شاخه جانبی در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که ارقام مختلف از نظر تعداد شاخه جانبی در سطوح مختلف محلول‌پاشی، واکنش‌های متفاوتی نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه مربوط به رقم هاشم در تمامی سطوح محلول‌پاشی بود و بعد از آن رقم ILC۴۸۲ و محلی به‌ترتیب با میانگین ۴/۱۵۰ و ۳/۹۷۵شاخه در بوته قرار داشتند. در هر سه رقم، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک، تعداد شاخه را نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب‌مقطر) بالا برد، ولی در رقم محلی نسبت به دو رقم دیگر، افزایش شاخه‌دهی با شدت بیشتری صورت گرفت، به‌طوری‌که این افزایش به‌شدت معنی‌دار بود (شکل ۳). اگرچه محلول‌پاشی با مواد طبیعی باعث افزایش شاخه‌دهی ارقام مختلف شد، ولی اثر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی بیش از اسید هیومیک بود، به‌طوری‌که در تمامی ارقام، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی نسبت به اسید هیومیک، شاخه‌دهی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

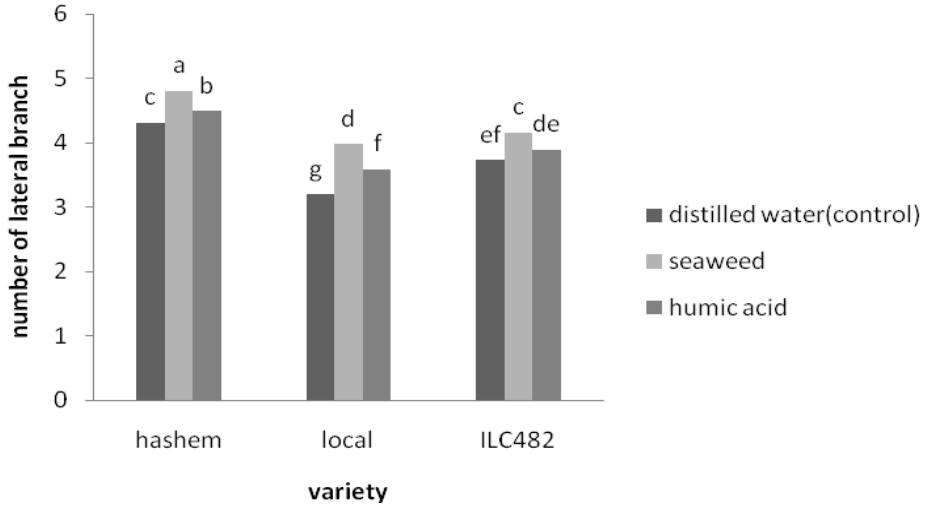
ارتفاع بوته

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر رقم بر ارتفاع بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر تنش و محلول‌پاشی و همچنین اثرات متقابل رقم در تنش، تنش در محلول‌پاشی و رقم در محلول‌پاشی معنی‌دار نشد (جدول ۱).



شکل۲- اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی با موادطبیعی (اسید هیومیک و عصاره جلبک) بر تعداد شاخه جانبی

Fig. 2. Interaction effect of drought stress and natural products (humic acid & seaweed extract) on number of lateral branches



شکل۳- اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی با مواد طبیعی(اسید هیومیک و عصاره جلبک) بر تعداد شاخه جانبی

Fig. 4. Interaction effect of variety and natural products (humic acid and seaweed extract) on number of lateral branches

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم هاشم (۲۷/۶سانتی‌متر) و بعد از آن ارقام ILC۴۸۲ (۲۳/۴سانتی‌متر) و رقم محلی (۲۲/۴سانتی‌متر) بود که از نظر آماری بین این دو رقم، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

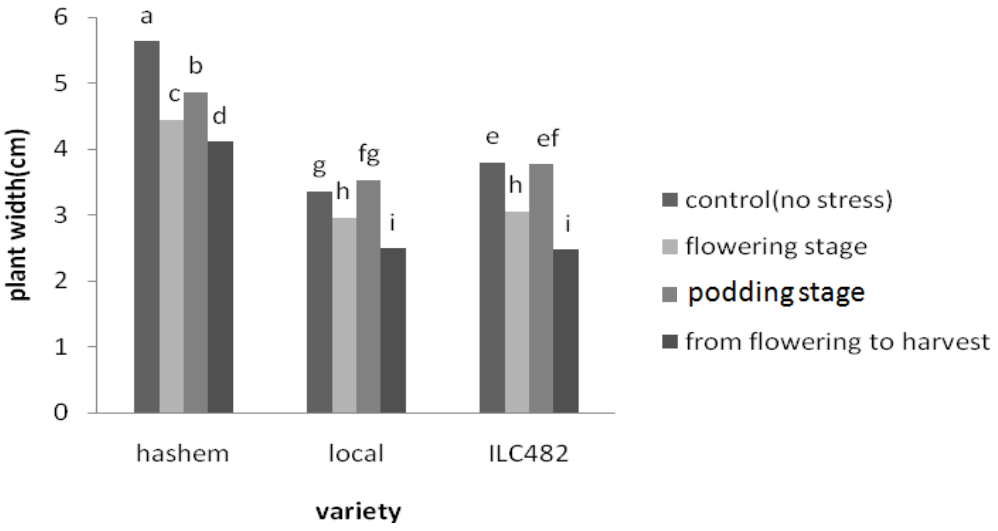
Doss *et al*, (1999) نشان دادند که کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش رطوبت، به مرحله رشدی گیاه بستگی دارد و تنش آب در مراحل اولیه نمو می‌تواند اثر بیشتری در کاهش ارتفاع بوته داشته باشد. با توجه به این‌که دراین تحقیق، تنش خشکی در مراحل رشد زایشی اعمال شد، لذا ارتفاع گیاهان تحت تأثیر تنش قرار نگرفت و تفاوت ارتفاع ارقام به لحاظ خصوصیات ژنتیکی هر یک از ارقام بود که در میان ارقام مورد بررسی، رقم هاشم ارتفاع بیشتری داشت.

عرض بوته (قطر سایه‌انداز)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر عرض بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عرض بوته مربوط به رقم هاشم و بعد از آن به‌ترتیب به ارقام ILC۴۸۲ و محلی تعلق داشت (جدول ۲). همچنین اثر سطوح مختلف تنش بر عرض بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش از مرحله گلدهی تا برداشت، بیشترین اثر منفی را بر عرض بوته داشت و بعد از آن تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله غلافدهی قرار داشتند که از نظر آماری بین تیمار تنش در مرحله غلافدهی و شاهد، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول۲).

اثر سطوح محلول‌پاشی در سطح یک‌درصد بر عرض بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد محلول‌پاشی با مواد طبیعی باعث افزایش عرض بوته می‌شود. محلول‌پاشی با عصاره جلبک، بیشترین تأثیر را بر افزایش عرض بوته (۴/۹۲سانتی‌متر) داشت و بعد از آن، محلول‌پاشی با اسید هیومیک بیشترین سایه‌انداز (۳/۵۶سانتی‌متر) را نسبت به شاهد داشت (جدول ۲).

نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم در تنش بر عرض بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در برابر تنش خشکی یکسان نبود، به‌طوری‌که رقم هاشم، بیشترین عرض بوته را نسبت به دو رقم ILC۴۸۲ و محلی در همه تیمارهای تنش داشت. تنش در تمامی مراحل مختلف، باعث کاهش معنی‌دار عرض بوته در رقم هاشم شد (شکل ۴)، ولی در ارقام ILC۴۸۲ و محلی، تنش در مرحله غلافدهی نتوانست اثری بر روی عرض بوته بگذارد، اما در سایر مراحل، باعث کاهش معنی‌دار عرض بوته شد (شکل۴). نتایج نشان می‌دهد که واکنش ارقام مختلف نسبت به تنش در خصوص صفات شاخه‌دهی و عرض بوته، یکسان می‌باشد. چنین به‌نظر می‌رسد که رقم هاشم در واکنش به تنش خشکی، حساس‌تر از ارقام ILC۴۸۲ و محلی بوده ولی در مجموع، شاخه‌دهی و سایه‌انداز بیشتری نسبت به سایر ارقام دارد. چنین به‌نظر می‌رسد که قطر سایه‌انداز با شاخه‌دهی، همبستگی مثبت داشته باشد.



شکل۴- اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر عرض بوته

Fig. 4. Interaction effect of variety and drought stress on plant width

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله زایشی ارقام مختلف نخود، بر تعداد شاخه جانبی و عرض بوته اثر می‌گذارد و باعث کاهش آنها می‌شود که این یافته با نتایج Parsa *et al*, (2008) سازگار است. ولی تنش خشکی در مراحل زایشی، اثری بر ارتفاع بوتهٔ ارقام مختلف نداشت.

به‌طور کلی نتایج نشان داد که ارقام مختلف به لحاظ ژنتیکی، تفاوت‌هایی در میزان شاخه‌دهی، ارتفاع بوته و قطر سایه‌انداز دارند که باعث واکنش‌های مختلفی نسبت به محلول‌پاشی و تنش خشکی شد. چنین به‌نظر می‌رسد که رقم هاشم به‌لحاظ حالت رشد رویشی نسبت به سایر ارقام، ارتفاع و شاخه‌دهی بیشتری دارد، ولی حساسیت این رقم به تنش

خشکی، بیشتر از سایر ارقام بود، به‌طوری‌که شاخه‌دهی و سایه‌انداز آن در پاسخ به تنش، کاهش بیشتری یافت. واکنش ارقام مختلف نسبت به مرحله تنش، یکسان بود، به‌طوری‌که تنش در مرحله گلدهی اثر محدودکننده‌تری بر ویژگی‌های رویشی ارقام مختلف گذاشت. تنش در مرحله غلافدهی، اثر کاهشی بر ویژگی‌های رویشی گیاه، نگذاشت. چنین به‌نظر می‌رسد که در مرحله غلافدهی، به‌دلیل پایان رشد رویشی، تنش خشکی اثر چندانی بر رشد رویشی گیاه نمی‌گذارد.

اگرچه تنش خشکی باعث کاهش شاخه‌دهی و سطح سایه‌انداز ارقام مختلف نخود شد، ولی کاربرد مواد طبیعی به‌صورت محلول‌پاشی برگی توانست اثرات منفی تنش را از طریق افزایش تعداد شاخه و عرض بوته کاهش دهد که از میان مواد طبیعی، عصاره جلبک دریایی با افزایش بیشتر تعداد شاخه و عرض بوته، کارآیی بیشتری نسبت به اسید هیومیک داشت. واکنش ارقام مختلف نیز نسبت به کاربرد مواد طبیعی تقریباً یکسان بود، ولی رقم محلی، کارآیی بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت که این امر، مبیّن آن است که کاربرد مواد طبیعی در منطقه مورد آزمایش با رقم محلی منطقه، بیشترین کارآیی را خواهد داشت.

منابع

1. Chaichi, M, Rostamza, M., and Esmaeilan, K. 2004. Tolerance evolution of chickpea accessions to drought stress under different irrigation systems during generative growth stage. Journal of Agricultural and Natural Resources Sciences 10(4): 55-64. (In Persian with English Summary).
2. Doss, B., Pearson, R., and Wand Hourd, T. 1994. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal 66: 279-299.
3. Drewes, F.E., Up Fold, S., and Van Staden, J.E. 1994. Effects of extract on growth and development of the marigold tagetes patula. Journal of Applied Physiology 6: 427-428.
4. Farbondniya, T.1995. Effect of drought stress on germination, growth and some biochemical changes in two chickpea cultivars. MSc. Thesis. Tarbiat Moalem University, Tehran.
5. Ganjali, A., Parsa, M., and Sabaghpoor, S. 2008. Pulses Cultivation and Agroecosystems. Jahade Daneshgahi Mashhad Press.
6. Kashiwagi, j., Krishnamurthy, L., Crouch, H., and Seraj, R. 2003. Variability of root length density and it contributions to seed yield in chickpea *(Cicer arietinum L)* under terminal drought stress. Journal of Field Crop Research 65: 171-181.
7. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P., and Sohrabi, Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Journal of Crop Science 8: 580-585.
8. Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 2002. Strategies for Overcoming Drought Stress in Chickpea. ICARDA 17: 20-23.
9. Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidized lignite agriculture. Journal of Soil Science 5:1-23.
10. Parsa, M., Amiri deh ahmadi, R., and Ganjali, A. 2008. Effect of drought stress at different phenological stages on morphological characteristics and yield components of chickpea *(Cicer arientinum L.)* in green house conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 157-166. (In Persian).
11. Patier, P., Claudeyvin, j., Kloareg, B, Lienart, Y., and Rochas, C. 1993. Seaweed liquid Fertilizer from *Ascophyllum nodosum* contains elicitors of plant D-glycanases. Journal of Applied Physiology 5: 343-349.
12. Rayorath, P., Khan, W., Palanisamy, R., Mackinon, S.L., Stefanova, R., Hankins, S.D., Critchley, A.T., and Prithiviraj, B. 2008. Extracts of the Brown seaweed *Ascophyllum nodosum* in duce Gibberellic Acid (GA3) in dependent amylase activity in Barley. Journal of Plant Growth Regulator 27: 370 -379.
13. Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2008. Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars *(Triticum aestivum* L.). Journal of Water and Soil 23(2): 87-94. (In Persian with English Summary).
14. Sebahattin, A., and Necdet, C. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa L*). Journal of Agronomy 4: 130-133.
15. Sepehri, A., Saman, M., Ahmadvand, G., and Sabaghpoor, H. 2006. Effect of drought stress on yield and yield components of five chickpea cultivars. Iranian Journal of Crop Science 41(2): 259-269. (In Persian).

16. Seraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S., and Crouch, J.H. 2004. Variations in root traits of chickpea grow under terminal drought. Field Crop Research 88: 115-127.
17. Soltani, A., Khooie , F.R., Ghassem Golezani, K., and Moghaddam, M. 2001 A stimulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Journal of Agricultural Water Management 49: 225-237.
18. Stirk, W.A., Arthur, G.D., Arthur, G.D., Lourens, A.F., Novar, O., Strand , M., and Vanstaden, J. 2004. Changes in Cytok in and Auxin concentration in seaweed concentrates when stored at elevated temperature. Journal of Applied Physiology 16: 31-39.
19. Turner, N., Xiangwen, F., Fengmin, L., Fengmin, L., and Kadam Bot, H.M. 2009. Flower numbers pod production increased in chickpea under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
20. Vaughan, D., and Malcolm, R.E. 1979. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Journal of Plant and Soil 44: 446-449.
21. Zhang, X., 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.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 77-86

Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties

Haghparast[1], M. & Maleki Farahani[2*], S.

1. Graduate Student of Agronomy (MSc.), Shahed University, Tehran; haghparast_2012@yahoo.com
2. Assistant Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran- Iran

Received: 17 December 2011
Accepted: 3 March 2014

Abstract

In order to investigate the effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of three varieties of chickpea, a field experiment was performed as split-split plot experiment in a randomized complete block design with three replications during 2011 growing season in Shahrood (Miami). The main plot was drought stress in four levels including normal irrigation (control), water cessation at flowering, podding and flowering to physiological maturity stages. The sub plot was spraying with natural products in three levels including spraying with distilled water (control), spraying with humic acid and spraying with seaweed extract and sub-sub plot was three chickpea varieties Hashem, ILC482 and Local (Miami). The results showed that the effect of drought stress on number of the main and lateral branches was significant. Also the effect of variety was significant on number of the main and lateral branches, plant height and width. Drought stress especially from flowering to harvest stages decreased growth of all varieties by reducing branches and canopy diameter. However, natural product spraying especially with seaweed extract reduced detrimental effect of drought stress on plant growth. The variety Local had more natural products use efficiency although variety Hashem was superior in all parameters.

Key words: Chickpea, Drought stress, Humic acid, Seaweed extract

* **Corresponding Author:** maleki@shahed.ac.ir , Mobile: 09392726430, Tel.: 021-51212056

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۹۸-۸۷، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 87-98

بررسی اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس نخود (*Cicer arietinum* L.)

راهله رهباریان[1*]، رمضانعلی خاوری‌نژاد[2]، علی گنجعلی[3]، عبدالرضا باقری[4] و فرزانه نجفی[5]

۱- عضو هیئت علمی (استادیار) دانشگاه پیام‌نور، گروه زیست‌شناسی

۲- استاد گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران، ra_khavarinejad@yahoo.com

۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ganjeali@um.ac.ir

۴- استاد گروه بیوتکنولوژی و بِه‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، abagheri@um.ac.ir

۵- استادیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران، f_najafi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی آزمایشی با دو ژنوتیپ کاندیدای متحمل به خشکی شامل MCC392 و MCC877 و دو ژنوتیپ کاندیدای حساس به خشکی شامل MCC68 و MCC448 در دو تیمار تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (ظرفیت زراعی) در اتاقک رشد در شرایط کنترل‌شده انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد و میزان فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی آنها در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلافدهی مورد سنجش و ارزیابی قرارگرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میزان اسیمیلاسیون CO_2، تعرق و کارآیی فتوسیستمII در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی افزایش یافت. تأثیر تنش خشکی بر میزان اسیمیلاسیون CO_2 و کارآیی فتوسیستمII در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی کمتر از ژنوتیپ‌های حساس بود. ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، کارآیی مصرف آب بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشتند. تنش خشکی، تغییر چندانی در میزان کلروفیلa ایجاد نکرد، با این حال، میزان کلروفیلb در شرایط تنش خشکی، در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد بهتر فتوسیستمII در شرایط تنش خشکی و همچنین بیشتربودن کارآیی مصرف آب و اسیمیلاسیون CO_2 در شرایط تنش خشکی، می‌تواند نشان‌دهندهٔ متحمل‌بودن ژنوتیپ‌ها به خشکی باشد، بنابراین این صفات می‌توانند به‌عنوان معیارهای مناسبی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اسیمیلاسیون CO_2، تنش خشکی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارآیی فتوسیستمII، نخود

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در اکثر نقاط دنیا و از جمله کشور ایران به‌شمار می‌آید (Bagheri *et al*., 1997). بررسی‌ها نشان می‌دهند که پاسخ گیاه به تنش خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فرایندهای متابولیکی است (Ahmed *et al*., 2002). دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، مؤثرترین راه برای مقابله با تنش خشکی است. بنابراین لزوم به‌کارگیری معیارهای مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، ضروری به‌نظر می‌رسد (Toker & Çagirgan, 1998). نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین بقولات دانه‌ای است که به‌دلیل اهمیت راهبردی آن در تولید پروتئین‌های گیاهی در اکثر نقاط دنیا کشت می‌شود (Gunes *et al*., 2006). تنش خشکی، علت کاهش شدید عملکرد نخود در اکثر مناطق کشت نخود و به‌ویژه ایران می‌باشد (Bagheri *et al*., 1997). با بهبود روش‌های زراعی، به‌کارگیری روش‌های اصلاحی و استفاده از ارقام متحمل به تنش خشکی، می‌توان کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را جبران نمود (Bagheri *et al*., 1997 ؛ Toker & Çagirgan, 1998). بنابراین بررسی مکانیسم‌های مقاومت به تنش خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گیاه نخود از اهمیت زیادی برخوردار است (Parameshwarappa & Salimath, 2008).

یکی از پاسخ‌های مهم گیاهان در شرایط تنش خشکی، بسته‌شدن روزنه‌های برگی جهت جلوگیری از تعرق و در نتیجه

* **نویسنده مسئول:** همراه: ۰۹۱۵۳۵۱۸۱۵۷، ra_rahbarian@yahoo.com

حفظ آب موجود در برگ‌ها می‌باشد. بسته‌شدن روزنه‌ها علاوه بر کاهش میزان تعرق، سبب کاهش ورود CO_2 به درون برگ می‌شود. به‌دنبال کاهش غلظت CO_2درون‌سلولی، نسبت CO_2/O_2 در برگ کاهش یافته و در نتیجه میزان اسیمیلاسیون CO_2 و فتوسنتز کاهش می‌یابد (Kiani *et al*., 2008؛ Reddy *et al*., 2003). کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی، همچنین می‌تواند به‌دلیل تغییر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها باشد. ممانعت از سنتز کلروفیل و کاهش مقدار پروتئین متصل‌شونده به کلروفیل، سبب کاهش میزان کمپلکس پروتئین-رنگدانه دریافت‌کنندهٔ نور می‌شود و در نتیجه، میزان فتوسنتز تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Nunes *et al*., 2008). بررسی‌ها مؤید این است که کاروتنوئیدها نقش مهمی در پاسخ گیاه به تنش خشکی دارند و بنابراین در افزایش مقاومت به تنش خشکی نقش مؤثری دارند (Jaleel *et al*., 2009).

کارآیی مصرف آب[1] نیز به‌عنوان یک شاخص مهم در سنجش میزان تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی معرفی شده است (Ahmed *et al*., 2002؛ Piper *et al*., 2007). کارآیی مصرف آب بالا در یک گیاه در شرایط تنش خشکی نشان‌دهندهٔ متحمل‌بودن آن نسبت به خشکی است (Ahmed *et al*., 2002).

پیامد دیگر تنش خشکی، تغییر میزان فعالیت فتوسیستمII و همچنین تخریب ساختمان پروتئینD_1 موجود در فتوسیستمII و در نتیجه افزایش فلوئورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی است (Ahmed *et al*., 2002). کارآیی فتوسیستمII، به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی میزان تحمل گونه‌های مختلف گیاهی به تنش خشکی مطرح است (Zlatev & Yordanov, 2004؛ Tilahun & Sven, 2003؛ Mssacci *et al*., 2008؛ Kiani *et al*., 2008). نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملکرد کوانتومی فتوسنتز(Y) و همچنین سرعت انتقال الکترون در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابند (Zlatev & Yordanov, 2004). بالاتربودن کارآیی فتوسیستمII و عملکرد کوانتومی آن در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های حساس در گیاهانی مانند آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum*) و لوبیا گزارش شده است (Kiani *et al*., 2008؛ Mssacci *et al*., 2008؛ Zlatev & Yordanov, 2004).

هدف از این تحقیق، بررسی اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های فتوسنتزی، فلوئورسانس کلروفیل و همچنین ارتباط بین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد فتوسیستمII در ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی نخود بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و شناسایی صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر در بهبود تحمل به خشکی، دو ژنوتیپ کاندیدای متحمل به خشکی (MCC392 و MCC877) و دو ژنوتیپ کاندیدای حساس به خشکی (MCC68 و MCC448) حاصل آزمایش‌های درازمدت قبلی (Ganjeali, *et al*., 2009) در دو تیمار تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (ظرفیت زراعی) در شرایط کنترل‌شده به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی در این آزمایش، از یک گلدان به حجم ۲/۵لیتر تشکیل شد که از ماسه و خاک مزرعه به نسبت ۳:۲ پُر گردید. درصد رطوبت خاک از طریق اندازه‌گیری درصد وزنی روزانه رطوبت خاک و اضافه‌نمودن آب مصرفی توسط هر گلدان، تنظیم شد. گلدان‌ها در اتاقک رشد در ماه اول با درجه‌حرارت روز و شب به‌ترتیب ۲۱ و ۸درجهٔ‌سانتی‌گراد و ۱۲/۵ساعت روشنایی و ۱۱/۵ساعت تاریکی و در ماه دوم در درجه‌حرارت روز و شب به‌ترتیب ۲۷ و ۱۲درجهٔ‌سانتی‌گراد و ۱۳ساعت روشنایی و ۱۱ساعت تاریکی مطابق با میانگین تقریبی داده‌های هواشناسی مناطق تولید نخود قرار گرفتند. در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلافدهی، میزان فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان اسیمیلاسیون CO_2(A)، تعرق(E) و غلظت CO_2 درون سلول (Ci)، در برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته گیاهان در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلافدهی به‌وسیلهٔ دستگاه اندازه‌گیری میزان فتوسنتز (مدل IRGA, LCA4+ ADC Bio.Scientific Ltd., Herfordshire, UK) انجام شد. کارآیی لحظه‌ای مصرف آب نیز از نسبت میزان اسیمیلاسیون CO_2 به میزان تعرق محاسبه شد (Ahmed *et al*., 2002).

برای اندازه‌گیری میزان فلوئورسانس کلروفیل و میزان کارآیی فتوسیستمII، ابتدا سطح برگ‌های جوان توسعه‌یافته با قرارگرفتن گیره بر روی آنها به‌مدت۲۰دقیقه در شرایط تاریکی قرار گرفتند و سپس با اتصال رابط دستگاه به برگ و تنظیم دستگاه، سنجش عملکرد فتوسیستمII، سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز آنها به‌وسیلهٔ دستگاه

[1] Water Use Efficiency (WUE)

کلروفیل‌فلورومتر مدل OS5-FI اندازه‌گیری شد. برای سنجش عملکرد فتوسیستمII، نسبت Fv (تفاوت حداکثر فلوئورسانس با حداقل فلوئورسانس[Fm-F0]) به Fm (حداکثر فلوئورسانس) توسط دستگاه اندازه‌گیری شد.

F0: عملکرد فلوئورسانس در غیاب نور فتوسنتزی است که همان حداقل فلوئورسانس است (Maxwell *et al*., 2000).

برای سنجش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler (1987) استفاده شد. میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها از طریق معادله‌های زیر محاسبه گردید. ضریب ثبات کلروفیل (CSI) نیز مطابق معادله زیر (Sairam *et al*., 1997) محاسبه شد.

معادله (۱) $(Chl b)$ کلروفیل b= $21.21A_{647}-5.1A_{664}$

معادله (۲) $(Chl a)$ کلروفیل a= $12.25\ A_{664}-2.79A_{647}$

معادله (۳) کلروفیل کُل (TChl)= $chla+chlb$

معادله (۴) $carotenoid=\frac{1000A_{470}-1.8chla-85.02chlb}{198}$

معادله (۵) CSI= کلروفیل کل در شرایط تنش/ کلروفیل کل در شرایط بدون تنش ×۱۰۰

A_{647}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷نانومتر، A_{664}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴نانومتر و A_{470}: میزان جذب نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها و یادداشت‌برداری‌ها به‌وسیلهٔ نرم‌افزارJMP مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. در این آزمایش، داده‌هایی که به‌صورت درصد بودند، ابتدا به‌صورت Arc sin تبدیل شدند و سپس تجزیه واریانس داده‌ها انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به‌وسیلهٔ نرم‌افزارMSTAT-C انجام شد و سپس شکل‌ها به‌وسیلهٔ نرم‌افزار Excel ترسیم‌شدند.

نتایج و بحث

غلظت CO_2 درون‌برگی (Ci)

در مرحله گیاهچه‌ای، غلظت CO_2 درون‌برگی در ژنوتیپ MCC448 به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و از ۱۰۲۴ vpm در تیمار شاهد به ۸۰۰vpm در شرایط تنش خشکی رسید (جدول۱). تنش خشکی تغییرات معنی‌داری در سایر ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت درونی CO_2 ایجاد نکرد (جدول۱). در مرحله گلدهی، غلظت CO_2 درون‌برگی در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی MCC877 در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، از بالاترین غلظت CO_2 درون‌برگی برخوردار بود (جدول۲). در مرحله غلاف‌دهی، غلظت CO_2 درون‌برگی در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC392، MCC877 و MCC448 کاهش و در ژنوتیپ MCC68 افزایش یافت (جدول۳). در هر سه مرحله مورد بررسی، کمترین غلظت CO_2 درون‌برگی در شرایط تنش خشکی به ژنوتیپ MCC448 اختصاص داشت (جدول۳).

میزان اسیمیلاسیون CO_2 (A)

در هر سه مرحله مورد بررسی، تنش خشکی، میزان اسیمیلاسیون CO_2 را در همه ژنوتیپ‌ها کاهش داد. با وجود این، در مرحله گیاهچه‌ای تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان اسیمیلاسیون CO_2 مشاهده نشد (جدول۱). در مرحله گلدهی، در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، بیشترین و کمترین میزان اسیمیلاسیون CO_2 به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های MCC877 و MCC68 اختصاص داشت (جدول۲). در مرحله غلافدهی، در هردو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، میزان اسیمیلاسیون CO_2 در ژنوتیپ‌های متحمل MCC877 و MCC392 بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 بود (جدول۳).

میزان تعرق(E)

در هر سه مرحله مورد بررسی، تنش خشکی، میزان تعرق را در همه ژنوتیپ‌ها کاهش داد. در مرحله گیاهچه‌ای، بیشترین و کمترین میزان تعرق در شرایط بدون تنش به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MCC68 و MCC392 مشاهده شد (جدول۱). در این مرحله، میزان تعرق در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ MCC877 به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود ($P\leq$۰/۰۵). در مرحله گلدهی، میزان تعرق در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC877 به‌ترتیب بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC68 و MCC448 بود (جدول۲). در این مرحله، در شرایط تنش خشکی میزان تعرق در ژنوتیپ‌های MCC68، MCC877، MCC392 و MCC448 به‌ترتیب به‌میزان۸۲درصد، ۸۰درصد، ۵۵درصد و ۴۶درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول۲). در مرحله غلافدهی، در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ متحمل به تنش (MCC877)، از میزان تعرق کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود (جدول۳).

میزان کارآیی PSII (Fv/Fm)

در مرحله گیاهچه‌ای و در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ MCC877 کارآیی PSII بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC448 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین کارآیی PSII بودند (شکل۱-الف).

جدول ۱- مقایسه میانگین میزان تعرق، اسیمیلاسیون CO_2، غلظت CO_2 درون‌سلولی، کل کلروفیل، عملکرد فتوسنتز و سرعت انتقال الکترون در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط کنترل‌شده

Table 1. Mean Y (quantum yield of photosynthesis), electron transport rate (ETR), total chlorophyll content (Total Chl.), internal CO_2 concentration (C_i), CO_2 assimilation rate (A) and transpiration rate (E) in the seedling stage of chickpea genotypes in drought and control conditions

ژنوتیپ Genotype	تیمار Treatment	عملکرد فتوسنتز (Y)	سرعت انتقال الکترون (ETR) (µmol electron $m^{-2}s^{-1}$)	کل کلروفیل (Total Chl) (mg g^{-1} F.W.)	غلظت CO_2 درون‌سلولی (Ci) (vpm)	اسیمیلاسیون CO_2 (A) (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	میزان تعرق (E) (mmol $m^{-2}s^{-1}$)
MCC392	control	0.988ab	1885.8b	17.7a	817.0b	24.4a	3.9bcd
MCC68	″	0.985abc	1885.3b	22.1a	775.0b	17.9a	7.4a
MCC877	″	0.982bc	1878.1bc	14.7a	862.9b	25.2a	6.2ab
MCC448	″	0.989a	1891.0a	22.7a	1024.0a	18.9a	6.2ab
MCC392	drought	0.986abc	1880.8bc	14.5a	868.7b	18.2a	2.7cd
MCC68	″	0.980c	1875.9c	14.5a	882.3b	15.2a	6.2ab
MCC877	″	0.981bc	1874.8c	16.4a	817.4b	18.3a	2.3d
MCC448	″	0.988ab	1880.1bc	22.1a	800.4b	14.4a	2.6cd

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند ($p\leq 0.05$).
Values with the same letter within a column are not significantly different ($p\leq 0.05$).

در مرحله گیاهچه‌ای، در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود نداشت، بااین حال، تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در کارآیی PSII در ژنوتیپ‌های MCC877 و MCC448 ایجاد نمود (شکل۱-الف). در مرحله گلدهی، در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ MCC877 کارآیی PSII بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (شکل۱-الف). در مرحله غلافدهی، بیشترین کارآیی PSII در شرایط بدون تنش در ژنوتیپ MCC392 و در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ MCC877 مشاهده شد. در این ارتباط، کارآیی PSII در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل MCC392 و MCC877 بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 بود (شکل۱-الف).

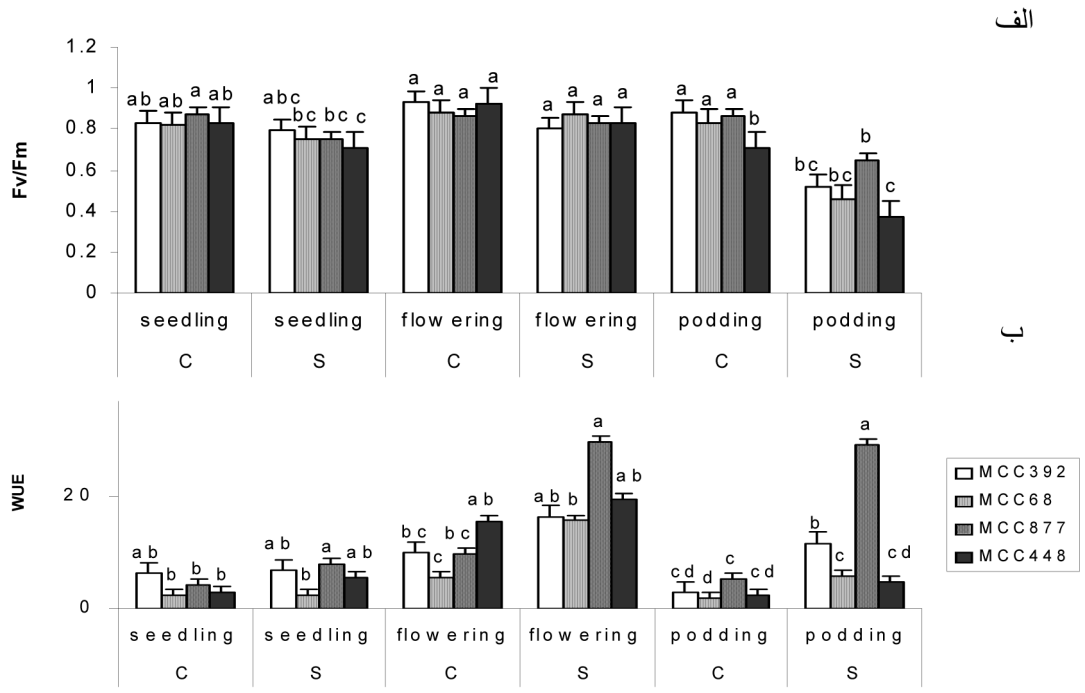
کارآیی مصرف آب(WUE)

در هر سه مرحله مورد بررسی، تنش خشکی، کارآیی مصرف آب را در همه ژنوتیپ‌ها افزایش داد (شکل۱-ب). در شرایط تنش خشکی، کارآیی مصرف آب در هر سه مرحله مورد بررسی، در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی MCC877 و MCC392، بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 بود (شکل۱-ب). در دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی، ژنوتیپ‌های MCC877 و MCC68 در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان کارآیی مصرف آب بودند (شکل۱-ب). در مرحله غلافدهی، میزان کارآیی مصرف آب در ژنوتیپ MCC877 افزایش چشمگیری داشت و کارآیی مصرف آب، در این ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (شکل۱-ب).

سرعت انتقال الکترون(ETR)

در هر سه مرحله مورد بررسی، تنش خشکی سرعت انتقال الکترون را در همه ژنوتیپ‌ها کاهش داد (جدول‌های۲،۱و۳). در مرحله گیاهچه‌ای و در شرایط تنش خشکی، سرعت انتقال الکترون در ژنوتیپ‌های حساس، کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول۱). در این مرحله رشد، در شرایط بدون تنش، سرعت انتقال الکترون در ژنوتیپ MCC448 به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود ($P\leq$۰/۰۵) (جدول۱).

در مرحله گلدهی، در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، بیشترین و کمترین سرعت انتقال الکترون به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MCC448 و MCC877 مشاهده شد (جدول۲). در مرحله غلافدهی، در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، بیشترین سرعت انتقال الکترون به ژنوتیپ MCC392 اختصاص داشت ($P\leq$۰.۰۵) (جدول۳). در شرایط تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC877 از نظر سرعت انتقال الکترون وجود داشت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول۳).



شکل۱- اثرات تنش خشکی بر (الف) کارآیی فتوسیستمII (Fv/Fm) و (ب) کارآیی مصرف آب (WUE) در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلافدهی (S: تنش خشکی، C: بدون تنش، T: خطای استاندارد (SE)؛

حروف مشترک، نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در هر مرحله می‌باشد.

Fig. 1. Effects of drought stress on PSII photochemical efficiency (Fv/Fm) and water use efficiency (WUE) in the seedling, early flowering and podding stages in chickpea genotypes

S: drought stress (25%FC) and C: control (FC) conditions. Error bars are SE of means.

عملکرد کوانتومی فتوسنتز(Y)

تنش خشکی، عملکرد کوانتومی فتوسنتز را در همه مراحل مورد بررسی کاهش داد. در مرحله گیاهچه‌ای، در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، عملکرد کوانتومی فتوسنتز در ژنوتیپ MCC448 بیشتر از سایر ژنوتیپ بود (جدول۱). در مرحله گلدهی، تنش خشکی عملکرد کوانتومی فتوسنتز را در ژنوتیپ MCC68 به‌طور معنی‌داری کاهش داد، بنابراین، این ژنوتیپ دارای کمترین عملکرد کوانتومی فتوسنتز در شرایط تنش خشکی بود (جدول۲). در مرحله غلافدهی، در شرایط بدون تنش، عملکرد کوانتومی فتوسنتز در ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC68 به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC448 و MCC877 بود ($P\leq$۰/۰۵) (جدول۳). عملکرد کوانتومی فتوسنتز در شرایط تنش خشکی، در ژنوتیپ MCC448 بیش از سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت (جدول۳). بنابراین، عملکرد کوانتومی فتوسنتز در ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC68 به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ MCC۴۴۸ بود ($P\leq$۰/۰۵) (جدول۳). در بررسی همبستگی بین این صفات مشخص شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز در مراحل گیاهچه‌ای (r^2=۰/۹۹)، گلدهی (r^2=۰/۹۹) و غلافدهی (r^2=۰/۵)وجود دارد.

رنگریزه‌های فتوسنتزی

در مرحله گیاهچه‌ای، مقدار کلروفیلa و کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC392، MCC68 و MCC448 کاهش و در ژنوتیپ MCC877 افزایش یافت، ولی تغییرات آن معنی‌دار نبود (شکل۲-الف و ج). مقدار کلروفیلa در ژنوتیپ MCC68 با شدت بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر کاهش یافت (شکل۲-الف). در شرایط تنش خشکی، مقدار کلروفیلb در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی افزایش یافت (شکل۲-ب). در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، بیشترین میزان کلروفیلb و همچنین بیشترین نسبت کلروفیل a/b به ژنوتیپ MCC448 اختصاص یافت (شکل۲-ب و د). نسبت کلروفیل *a/b* در شرایط تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت (شکل۲-د).

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان تعرق، اسیمیلاسیون CO_2، غلظت CO_2 درون‌سلولی، کل کلروفیل، عملکرد فتوسنتز و سرعت انتقال الکترون در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در مرحله گلدهی در شرایط کنترل‌شده

Table 2. Mean Y (quantum yield of photosynthesis), electron transport rate (ETR), total chlorophyll content (Total Chl.), internal CO_2 concentration (C_i), CO_2 assimilation rate (A) and transpiration rate (E) in the early flowering stage of chickpea genotypes in drought and control conditions

ژنوتیپ Genotype	تیمار Treatment	عملکرد فتوسنتز (Y)	سرعت انتقال الکترون (ETR) (µmol electron $m^{-2}s^{-1}$)	کل کلروفیل (Total Chl) (mg g^{-1} F.W.)	غلظت CO_2 درون‌سلولی (Ci) (vpm)	اسیمیلاسیون CO_2 (A) (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	میزان تعرق (E) (mmol $m^{-2}s^{-1}$)
MCC392	control	0.94ab	1806.5ab	3.7a	589.5ab	14.9b	1.5b
MCC68	″	0.96a	1810.2a	4.0a	606.7ab	13.0b	2.3a
MCC877	″	0.94ab	1794.3ab	1.8b	634.1a	25.9a	2.7a
MCC448	″	0.95ab	1821.5a	3.9a	617.6ab	15.5b	1.0bc
MCC392	drought	0.93ab	1784.0ab	1.5b	533.0ab	11.1ab	0.7cd
MCC68	″	0.91b	1806.2ab	1.8b	537.3ab	6.4b	0.4d
MCC877	″	0.92b	1745.1b	0.8b	612.4ab	16.2ab	0.6cd
MCC448	″	0.94ab	1815.3a	1.6b	524.7b	10.5ab	0.5cd

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند ($p\leq 0.05$).
Values with the same letter within a column are not significantly different ($p\leq 0.05$).

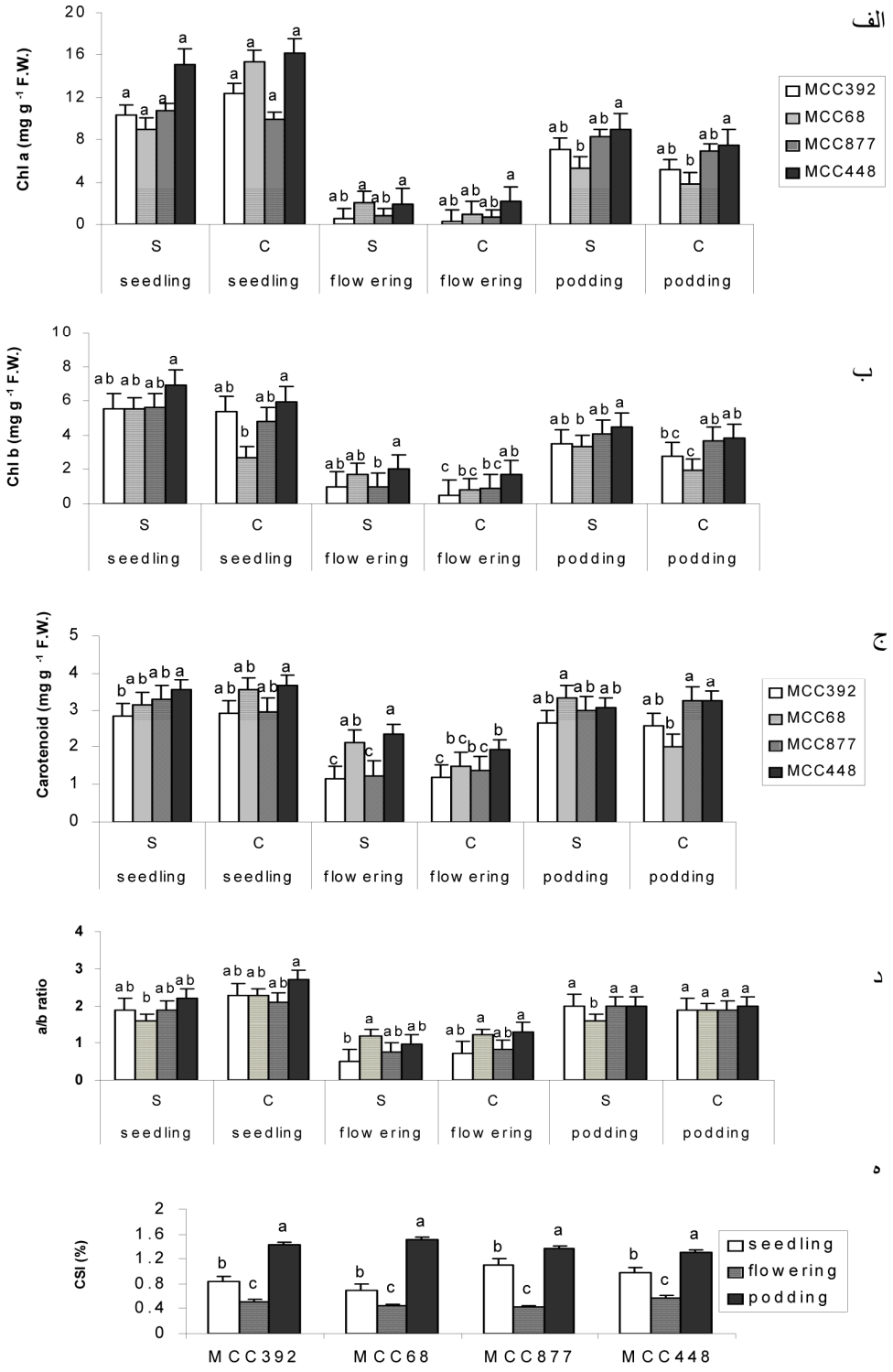
جدول۳- مقایسه میانگین میزان تعرق، اسیمیلاسیون CO_2، غلظت CO_2 درون‌سلولی، کل کلروفیل، عملکرد فتوسنتز و سرعت انتقال الکترون در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در مرحله غلافدهی در شرایط کنترل‌شده

Table 3. Mean Y (quantum yield of photosynthesis), electron transport rate (ETR), total chlorophyll content (Total Chl.), internal CO_2 concentration (C_i), CO_2 assimilation rate (A) and transpiration rate (E) in the podding stage of chickpea genotypes in drought and control conditions

ژنوتیپ Genotype	تیمار Treatment	عملکرد فتوسنتز (Y)	سرعت انتقال الکترون (ETR) (µmol electron $m^{-2}s^{-1}$)	کل کلروفیل (Total Chl) (mg g^{-1} F.W.)	غلظت CO_2 درون‌سلولی(Ci) (vpm)	اسیمیلاسیون CO_2 (A) (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	میزان تعرق (E) (mmol $m^{-2}s^{-1}$)
MCC392	control	0.98a	1917.4a	7.9ab	450.1ab	16.7a	3.1a
MCC68	″	0.98a	1822.4ab	5.7b	439.2ab	11.5ab	5.9a
MCC877	″	0.92b	1770.6ab	10.6ab	464.3ab	15.7ab	2.9a
MCC448	″	0.92b	1758.5ab	11.3ab	580.6a	12.ab	5.8a
MCC392	drought	0.95ab	1896.3a	10.6ab	440.9ab	14.6ab	1.3b
MCC68	″	0.94ab	1810.8ab	8.6ab	515.3ab	7.5ab	1.3b
MCC877	″	0.87bc	1679.4b	12.4ab	445.3ab	14.5ab	0.5b
MCC448	″	0.85c	1731.9ab	13.5a	420.6b	6.1b	1.3b

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند ($p\leq 0.05$).
Values with the same letter within a column are not significantly different ($p\leq 0.05$).

در مرحله گلدهی، تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیلa نداشت (شکل۲-الف). بااین حال، در شرایط تنش خشکی، مقدار کلروفیلb در ژنوتیپ MCC448 به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ MCC392 بود ($P\leq$۰/۰۵) (شکل۲-ب). در شرایط تنش خشکی، مقدار کاروتنوئید در ژنوتیپ‌های MCC392 و MCC877 کاهش و در ژنوتیپ‌های MCC68 و MCC448 افزایش یافت. ژنوتیپ MCC448 از بیشترین مقدار کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برخوردار بود (شکل۲-ج). نسبت کلروفیلa/b در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، در شرایط تنش خشکی کاهش یافت (شکل۲-د). در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، کمترین نسبت کلروفیلa/b به ژنوتیپ MCC392 اختصاص یافت (شکل۲-د).



شکل ۲- اثرات تنش خشکی بر (الف) میزان کلروفیل‌a، (ب) کلروفیل‌b، (ج) کاروتنوئید، (د) نسبت کلروفیل‌a/b و (ه) ضریب ثبات کلروفیل (CSI)، در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلافدهی (S: تنش خشکی، C: بدون تنش، T: خطای استاندارد (SE)؛ حروف مشترک، نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در هر مرحله می‌باشد.

Fig. 2. Effects of drought stress on, chlorophyll *a* (mg Fresh Weight.$^{-1}$), *b* (mg Fresh Weight^{-1}), carotenoid content (mg Fresh Weight^{-1}), *a/b* ratio, and chlorophyll stability index (CSI) (%), in the seedling, early flowering and podding stages in chickpea genotypes; S: drought stress (25%FC) and C: control (FC) conditions. Error bars are SE of means.

در مرحله غلافدهی، مقدار کلروفیلa و b در همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی افزایش یافت (شکل۲-الف و ب). در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، ژنوتیپ‌های MCC448 و MCC68 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار کلروفیلa و b بودند (شکل۲-الف و ب). مقدار کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ MCC68 به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P\leq$۰/۰۵)، ولی در سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل۲-ج). نسبت کلروفیلa/b در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC877 و MCC392 افزایش و در ژنوتیپ MCC68 به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۵) (شکل ۲-د). تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر نسبت کلروفیلa/b در شرایط بدون تنش وجود نداشت (شکل۲-د)، اما در شرایط تنش خشکی، نسبت کلروفیلa/b، در ژنوتیپMCC68 به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. ضریب ثبات کلروفیل(CSI) در مراحل مورد بررسی متفاوت بود ($P\leq$۰/۰۵) (شکل۲-ه). مرحله غلافدهی و گلدهی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین ضریب ثبات کلروفیل در شرایط تنش خشکی‌بودند. ژنوتیپ MCC877 در مرحله گیاهچه‌ای از بیشترین ضریب ثبات کلروفیل در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود (شکل۲-ه). بیشترین ضریب ثبات کلروفیل در مرحله گلدهی، به ژنوتیپ MCC448 و در مرحله غلافدهی به ژنوتیپ MCC68 اختصاص یافت (شکل۲-ه).

در بررسی میزان همبستگی رنگدانه‌های فتوسنتزی مشخص شد که همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین میزان کلروفیلa و b در مراحل گیاهچه‌ای (r^2=۰/۶۰)، گلدهی (r^2=۰/۷۶) و غلافدهی (r^2=۰/۲۳) وجود دارد. همچنین میزان کاروتنوئید و میزان کلروفیل کل، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری در مراحل گیاهچه‌ای (r^2=۰/۷۴)، گلدهی (r^2=۰/۹۵) و غلافدهی (r^2=۰/۹۴) با یکدیگر داشتند.

در این بررسی، تنش خشکی سبب کاهش میزان تعرق و اسیمیلاسیون CO_2 در همه ژنوتیپ‌ها شد. میزان تعرق در ژنوتیپ متحمل به خشکی MCC877 در شرایط تنش خشکی بیش از سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی MCC392 و MCC877 از اسیمیلاسیون CO_2 و کارآیی استفاده از آب بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 برخوردار بودند. در مرحله گلدهی و غلافدهی، غلظت CO_2 درون‌برگی در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی MCC392 و MCC877 بالاتر از ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 بود. بالاتربودن میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس، منجر به کاهش اثرات تخریبی ناشی از تنش‌های ثانویه اکسیداتیو شده است (Guerfel *et al*., 2008).

کاهش غلظت CO_2 درون‌سلولی به‌دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها و همچنین ممانعت از انجام برخی فرایندهای متابولیکی از جمله ممانعت از سنتز ATP و فعالیت آنزیم روبیسکو به‌عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش میزان اسیمیلاسیون CO_2 در شرایط تنش خشکی مطرح است (Zlatev & Yordanov, 2004). تنش خشکی علاوه بر تغییر میزان اسیمیلاسیون CO_2 و تعرق، از طریق تخریب ساختار فتوسیستمII و افزایش میزان فلوئورسانس کلروفیل، بر عملکرد گیاه تأثیرگذار است (Dulai *et al*., 2006). در این بررسی، میزان کارآیی فتوسیستمII، سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز در شرایط تنش خشکی کاهش یافت و در مراحل گیاهچه‌ای و غلافدهی، ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی MCC392 و MCC877، از کارآیی فتوسیستمII بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس MCC68 و MCC448 برخوردار بودند. کاهش سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز گیاه در شرایط تنش خشکی، ممکن است به‌دلیل تخریب سیکل کالوین، به‌تأخیرافتادن احیای کوئینون‌ها و همچنین تخریب زنجیره انتقال الکترون غشاء تیلاکوئید باشد (Tilahun & Sven, 2003). کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط تنش خشکی می‌تواند نشان‌دهندهٔ این موضوع باشد که انتقال الکترون از فتوسیستمII به فتوسیستمI تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش می‌یابد (Lu & Zhang, 1998).

نتایج حاصل از بررسی‌ها مؤید این است که کمپلکس آزادکننده اکسیژن فتوسیستمII و مراکز واکنش فتوسیستمII، تحت تأثیر تنش خشکی تخریب می‌شوند. اثر تخریبی تنش خشکی بر پروتئین D_1 که در ساختمان فتوسیستمII قرار دارد نیز گزارش شده است (Reddy *et al*., 2003؛ Zlatev 2004 & Yordanov, Lu & Zhang, 1998؛). مطالعات نشان داده‌اند که ممانعت از آزادسازی O_2 که وابسته به CO_2 است و ممانعت از اسیمیلاسیون CO_2 در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت CO_2 محیط بهبود می‌یابد که این امر، نشان‌دهندهٔ نقش کلیدی روزنه‌ها در کاهش اسیمیلاسیون CO_2 در شرایط تنش خشکی است (Lu & Zhang, 1998؛ Tilahun & Sven , 2003). همچنین مشخص شده است که در شرایط تنش خشکی، تجمع Q_B غیراحیاء افزایش می‌یابد که‌این امر نشان‌دهندهٔ عدم انتقال الکترون از Q_A^- احیاء به Q_B است. در چنین شرایطی تجمع Q_A^- نیز افزایش می‌یابد. علت این امر هنوز کاملاً مشخص نیست، ولی ممکن است کاهش اسیمیلاسیون CO_2 در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها در شرایط تنش

خشکی منجر به مصرف‌نشدن محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون (ATP، NADPH) شده و از این طریق میزان فرودوکسین احیاء، افزایش یابد و به‌دنبال افزایش فرودوکسین احیاء، تولید رادیکال‌های فعال افزایش یافته و از این طریق، تغییر و یا تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید صورت گیرد. بنابراین، تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید مانع انتقال الکترون از جایگاه پذیرندهٔ فتوسیستمII می‌گردد و این امر موجب کاهش سرعت انتقال الکترون، افزایش فلوئورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد فتوسیستمII می‌شود (Piper *et al*., 2007؛ Tilahun & Sven, 2003). دراین بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان اسیمیلاسیون CO_2 و کارآیی فتوسیستمII در مراحل گیاهچه‌ای (r^2=۰/۰۹) و غلافدهی (r^2=۰/۲۶) وجود داشت ($P\leq$۰/۰۵).

کارآیی بالاتر مصرف آب، میزان فتوسنتز و کارآیی فتوسیستمII در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بادام‌زمینی (*Arachis hypogea*) (Reddy *et al*., 2003) و لوبیا (Ahmed *et al*., 2002) نیز گزارش شده است. گزارش شده است که کارآیی استفاده از آب می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مناسب جهت ارزیابی میزان تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Wright & Rao, 1992). در شرایط تنش خشکی، کاهش کارآیی فتوسیستمII در بررسی‌هایی که بر روی لوبیا (Zlatev & Yordanov, 2004)، آفتاب‌گردان (Kiani *et al*., 2008) و *Aegilops* (Dulai *et al*., 2006) انجام شده، گزارش شده است.

در بررسی حاضر، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی علاوه بر تنش خشکی، تحت تأثیر ژنوتیپ و مرحله فنولوژیک گیاه نیز قرار گرفت. میزان کلروفیل در مرحله گیاهچه‌ای بیشتر از مراحل گلدهی و غلافدهی بود که این افزایش با تخصیص بیشتر ماده و انرژی جهت رشد و نمو گیاه و افزایش رشد رویشی مطابقت دارد. در شرایط بروز تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای، میزان کلروفیل گیاهچه‌ها کاهش یافت. در هر سه مرحله مورد بررسی، از نظر میزان کلروفیلa وb، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی مشاهده نشد. در شرایط بروز تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای، کاهش میزان کلروفیل رُخ داد. تغییرات میزان رنگدانه‌ها در مرحله گلدهی، شدیدتر از مراحل گیاهچه‌ای و غلافدهی بود. کاهش شدید میزان کل کلروفیل در مرحله گلدهی نسبت به دو مرحله گیاهچه‌ای و غلافدهی ممکن است به‌دلیل اختصاص بیشتر ماده و انرژی به فرایند گلدهی و کاهش انتقال مواد مورد نیاز به برگ‌ها و در نتیجه کاهش روند رشد برگ در این مرحله از رشد باشد. با توجه به این‌که مرحله گلدهی حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی دارد، در این مرحله از رشد، جهت کاهش اثرات کم‌آبی، کاهشی در میزان جذب نور رخ می‌دهد، بنابراین میزان رنگدانه‌ها نیز کاهش می‌یابد. برخی از محققان علت کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد گیاه در شرایط تنش خشکی را کاهش محتوای نسبی آب برگ دانسته و افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در مراحل بعدی رشد گیاه را به‌دلیل افزایش میزان رطوبت سطح داخلی برگ به‌دلیل لوله‌شدن برگ‌ها در نتیجه تنش خشکی ذکر کرده‌اند (Jaleel *et al*., 2009). کاهش میزان کل کلروفیل و کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در زیتون (*Olea europaea* L.)، *Arachis hypogea* L و لوبیا نیز گزارش شده است (Reddy *et al*., 2003 ؛ Guerfel Zlatev & Yordanov, 2004). از نظر میزان کاروتنوئیدها، ژنوتیپ MCC68 در شرایط تنش خشکی در هر سه مرحله مورد بررسی از کاروتنوئید بیشتری نسبت به ژنوتیپ MCC392 برخوردار بود. با توجه به نقش حفاظتی کاروتنوئیدها در شرایط تنش (Jaleel *et al*., 2009)، بالابودن میزان کاروتنوئیدها دراین شرایط در ژنوتیپ‌های MCC68 و MCC448 می‌تواند به‌عنوان یک پاسخ دفاعی به تنش خشکی مطرح باشد. اما با این حال، افزایش میزان کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های حساس نتوانست به‌طور مؤثری اثرات تخریبی تنش خشکی را کاهش دهد و در نتیجه با وجود افزایش میزان کاروتنوئید، افزایش تخریب فتوسیستمII و کاهش کارآیی این فتوسیستم در شرایط تنش خشکی، در ژنوتیپ‌های حساس مشهود بود. بنابراین می‌توان گفت که افزایش کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی به‌تنهایی قادر به کاهش اثرات تخریبی تنش خشکی بر فتوسیستمII نخواهد بود و احتمالاً جهت حفظ کارآیی فتوسیستمII، مکانیسم‌های دفاعی دیگری نیز مورد نیاز است.

ضریب ثبات کلروفیل در مرحله غلافدهی در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی و در مرحله گیاهچه‌ای در ژنوتیپ‌های MCC877 و MCC448 بیشتر از واحد بود (CSI>۱). ضریب ثبات کلروفیل بیشتر از واحد، نشان‌دهندهٔ بیشتربودن میزان کل کلروفیل در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش است. تغییر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در پروانش (*Catharanthus roseus*) (Jaleel *et al*., 2008)، پنبه (*Gossypium hirsutum*) (Mssacci *et al*., 2008) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) (Zlatev &Yordanov, 2004) گزارش شده است.

نتایج حاصل از بررسی‌ها در این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، در شرایط تنش خشکی از کارآیی مصرف آب، میزان اسیمیلاسیون CO_2 و کارآیی فتوسیستمII بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برخوردار بودند، بنابراین شاید بتوان این صفات را به‌عنوان نشانگرهای فیزیولوژیک مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود پیشنهاد کرد، بااین حال جهت تشخیص دقیق‌تر، بررسی سایر صفات فیزیولوژیک از جمله پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ، پراکسیداسیون لیپیدها و همچنین بررسی نشان‌گرهای بیوشیمیایی از قبیل میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان اسمولیت‌ها، ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1. Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to water logging. Plant Science 163: 117-123.
2. Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Mashhad Jahad Daneshgahi Publishers (In Persian).
3. 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.
4. Dulai, S., Molnár, I., Prónay, J., Csernák, Á., Tarnai, R., and Molnár-Láng, M. 2006. Effects of drought on photosynthetic parameters and heat stability of PSII in wheat and in *Aegilops* species originating from dry habitats. Acta Biologica Szegediensis 50: 11-17.
5. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.
6. Ganjeali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 295-303. (In Persian with English Summary).
7. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., and Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae 1: 1-7.
8. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environment 52: 868-876.
9. Jaleel, C.A, Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.
10. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits, Colloids and Surfaces B. Biointerfaces 61: 298-303.
11. Kiani, S.P., Maury, P., Sarrafi, A., and Grieu, P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science 175: 565-573.
12. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membrane. Methodes in Enzymology 148: 350-382.
13. Lu, C., and Zhang, J. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibitation in wheat plants. Australian Journal of Plant Physiology 25: 883-889.
14. Maxwell, K., and Giles, N.J. 2000. Chlorophyll fluorescence- a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659-668.
15. Mssacci, A., Nabiev, S.M., Pietrosanti, L., Nematov, S.K., Chernikova, T.N., Thor, K., and Leipner, J. 2008. Response of photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology and Biochemistry 46: 189-195.
16. Nunes, C., Ara´ ujo, S., da Silva, J.M., Salema Fevereiro, M., and da Silva, A. 2008. Physiological responses of the legume model *Medicago truncatula* cv.Jem along to water deficit. Environmental and Experimental Botany 63: 289-296.
17. Parameshwarappa, S.G., and Salimath, P.M. 2008. Field screening of chickpea genotypes for drought resistance. Karnataka Journal of Agriculture Science 21: 113-114.

18. 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.
19. Reddy, T.Y., Reddy, V.R., and Anbumozhi, V. 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. Plant Growth Regulation 41: 75-88.
20. Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., and Shukla, D.S. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 178: 171.
21. Tilahun, A., and Sven, S. 2003. Mechanisms of drought resistance in grain: PSII stomatal regulation and root growth. Ethiopian Journal of Science 26: 137-144.
22. Toker, C., and Çagirgan, M. 1998. Assessment of response to drought stress of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under rainfed conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 22: 615-621.
23. Wright, G.C., and Rao, R.C.N. 1992, Genetic variations in water use efficiency in groundnuts. In: S.N. Nigam (Ed.). Groundnut–A Global Perspective. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics p. 460-475.
24. Zlatev, Z.S., and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 87-98

Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes

Rahbarian[1*], R., Khavari Nejad[2], R., Ganjeali[3], A., Bagheri[4], A. & Najafi[5], F.

1. Contribution of PayameNoor University, Department of Biology, Iran
2. Department of Biology, Tarbiat Moalem University, Tehran, Iran; ra_khavarinejad@yahoo.com
3. Department of Biology, College of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; ganjeali@um.ac.ir
4. Department of Biotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; abagheri@um.ac.ir
5. Department of Biology, Tarbiat Moalem University, Tehran, Iran; f_najafi@yahoo.com

Received: 24 October 2010
Accepted: 9 March 2011

Abstract

In order to evaluate of physiological traits, related to drought tolerance, an experiment was carried out in controlled condition. The experiment was conducted to assess the effect of drought stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in two tolerant genotypes (MCC392 & MCC877) and two susceptible genotypes (MCC68 & MCC448) were grown in drought stress (25% field capacity) and control (field capacity) conditions in the seedling, early flowering and podding stages and so evaluated base on factorial experiment based on completely randomized design with four replications. Drought stress significantly decreased CO_2 assimilation rate (A), transpiration rate (E), and PSII photochemical efficiency (Fv/Fm) in all genotypes. Drought stress increased chl *b* in all investigated stages. In all investigated stages, water use efficiency (WUE), A and Fv/Fm were higher in tolerant genotypes than that of susceptible genotypes under drought stress. Our results indicated that water use efficiency, A and Fv/Fm could be useful markers in the studies of tolerance to drought stress and screening of adapted cultivars of chickpea under drought stress.

Key words: Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Chlorophyll fluorescence, CO_2 assimilation rate, Drought stress, Photosynthetic pigments

* **Corresponding Author:** ra_rahbarian@yahoo.com, Mobile: 09153518157

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۱۰-۹۹، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 99-110

تأثیر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک دو ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی

مریم شوریابی[1*]، پروانه ابریشم‌چی[2] و علی گنجعلی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

چکیده

سالیسیلیک اسید (SA) یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که نقش آن در مسیر پیام‌رسانی در پاسخ به تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی تأیید شده است. به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف SA بر صفات مورفوفیزیولوژیک مربوط به مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای دو ژنوتیپ نخود، دو آزمایش جداگانه در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال۱۳۸۸ صورت گرفت. آزمایش اول با چهار غلظت SA (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵میلی‌مولار) و چهار سطح تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (۰، ۴-، ۸- و ۱۲-بار) و آزمایش دوم با سه غلظت SA شامل: ۰، ۰/۵و ۱میلی‌مولار و دو شرایط تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) انجام شد. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل‌شده انجام شد. در آزمایش اول، بذور قبل از کشت در محلولSA با غلظت‌های مختلف خیسانده شدند و جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در آزمایش دوم، دو هفته بعد از کاشت بذرها، محلول سالیسیلیک اسید (۰/۵ و ۱میلی‌مولار) و آب‌مقطر (به‌عنوان شاهد) بر روی برگ‌ها اسپری شدند. این تیمار با فواصل۱۰روز و در مجموع، سه‌بار انجام شد. نتایج نشان داد تنش خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی، درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. پیش‌تیمار بذور با محلول SA نیز موجب کاهش جوانه‌زنی شد، درصورتی‌که SA در مرحله گیاهچه‌ای تا حدی توانست رشد گیاهچه‌ها را (به‌ویژه در ژنوتیپ MCC414) بهبود بخشد. تنش خشکی رشد اندام هوایی و ریشه، پتانسیل آب و مقدار کلروفیل کُل را کاهش داد، ولی مقاومت روزنه‌ای را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی، استفاده از SA، از طریق افزایش قطر ریشه و تعدیل رشد طولی اندام هوایی، مجموع طول ریشه‌ها و نسبت ریشه به ساقه (R/S) توانست در بهبود صفات رشدی، مؤثر واقع شود. از طرف دیگر، این تنظیم‌کنندهٔ رشد، در غلظت‌های مختلف ۰/۵و ۱میلی‌مولار توانست در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ را بهبود بخشد. در این آزمایش، ژنوتیپ MCC414 در مقایسه با MCC361 از حساسیت به خشکی بیشتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای رشد، تنش خشکی، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه‌ای، سالیسیلیک اسید، نخود، *Cicer arietinum* L.

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از اولین بقولات دانه‌ای است که در دنیای قدیم، اهلی شده و درحال‌حاضر در ۴۸کشور جهان با سطحی بیش از۱۱میلیون‌هکتار و تولیدی بیش از ۸میلیون‌تُن کشت می‌شود. این گیاه با داشتن پروتئین بالا (۲۴-۲۲درصد) می‌تواند به‌عنوان منبع پروتئین ارزان و مکمل پروتئین غلات، در سبد مصارف خانواده جای گیرد. خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، سبب شده است این گیاه نقش مهمی را در ثبات تولیدات زراعی ایفا نماید (Turner, 2001).

تنش خشکی، محدودکنندهٔ جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاهان است. کاهش درصد جوانه‌زنی بذور ماش در شرایط تنش خشکی توسط De & Kar (1995) گزارش شده است. Turk *et al*, (2004) کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور عدس را تحت تنش خشکی گزارش کردند. در کشور ما نیز به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی، تأثیر منفی زیادی دارند. کاهش جهانی عملکرد نخود ناشی از تنش خشکی، ۳/۷میلیون‌تُن برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود که ۲/۱میلیون‌تُن آن را بتوان از طریق به‌کارگیری روش‌های اصلاح‌نژاد و استفاده از ارقام مناسب و مقاوم به خشکی، جبران کرد. بر اساس مطالعات انجام‌شده، از بین عوامل مختلف ایجادکنندهٔ تنش، مانند

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۳۳۳۱۲۸۰-۰۵۵۱، همراه: ۰۹۱۵۱۵۴۰۲۹۹
hamraz1211@gmail.com

بیماری‌ها، آفات، علف‌های‌هرز، شوری و سرما، خشکی به‌تنهایی عملکرد گیاه نخود را تا ۴۵درصد کاهش می‌دهد. در شرایطی که گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک که در اثر کمبود آب در گیاه ایجاد می‌شود، آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش نیز جزء عوامل مهم محدودکنندهٔ رشد و تولیدات گیاهی محسوب می‌شوند (Allen, 1995). در این ارتباط، ایجاد مقاومت به خشکی در گیاه به‌عنوان بخشی از یک راهکار تلفیقی، عملی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای کاهش اثرات تنش می‌باشد.

یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاه مؤثر است، ترکیب شبه‌هورمونی سالیسیلیک اسید (Salicylic acid) است. سالیسیلیک اسید (SA)، یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم‌کنندهٔ رشد، شناخته شده و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیرزیستی، به‌خوبی مشخص شده است. این ماده در کاهش آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش درگیاهان و توسعه استراتژی‌های ضد تنش در سلول‌های گیاهی، نقش مؤثری دارد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی می‌شود و رشد گیاه را در این شرایط بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). سالیسیلیک اسید، در گیاهانی که با این هورمون تیمار شده‌اند، باعث تحریک جوانه‌زنی، افزایش محتوی رطوبت نسبی آب، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و افزایش میزان کلروفیل شده است (Singh & Usha, 2003). بررسی‌ها مؤید آن است که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید علاوه بر تأثیر بر رشد گیاه، میزان تعرق، تنظیم روزنه‌ای، فتوسنتز و جذب و انتقال یون‌ها را نیز بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). اعتقاد بر این است که SA می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کنندهٔ بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به موارد فوق، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک و بهبود تحمل به خشکی ارقام نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: جوانه‌زنی

این آزمایش در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال۱۳۸۸ صورت گرفت. به این منظور، بذرهای دو ژنوتیپ نخود شامل MCC414 (تیپ دسی) و MCC361 (تیپ کابلی) از بانک بذر پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند. بعد از ضدعفونی، بذرها به‌مدت۲۰ساعت در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید شامل ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵میلی‌مولار و آب‌مقطر به‌عنوان شاهد، خیسانده شدند. سپس برای کشت داخل پتری‌دیش‌های سترون دارای کاغذ صافی قرار گرفتند. تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰، مطابق روش Michel & Kaufmann (1973) ایجاد شد. برای پتانسیل آب معادل صفربار، از آب‌مقطر (شاهد) استفاده شد. به هر پتری، ۵میلی‌لیتر محلول PEG با پتانسیل‌های ۴- ، ۸- ، ۱۲-بار و برای پتانسیل صفربار، آب‌مقطر اضافه شد. پس از اعمال تیمارها، ظروف توسط پارافیلم پوشیده و پتری‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۵درجهٔ سانتی‌گراد و در تاریکی به‌مدت یک هفته قرار داده شدند.

درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب بر اساس معادله۱ و ۲ محاسبه شدند.

$$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times ۱۰۰$$ معادلهٔ (۱)

$$R_{50} = 1/D_{50}$$ معادلهٔ (۲)

در معادلات بالا، GP: درصد جوانه‌زنی، ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام، N: تعداد کل بذرها، R_{50}: سرعت جوانه‌زنی (day^{-1}) و D_{50}: زمان طی‌شده تا رسیدن درصد تجمعی جوانه‌زنی در هر تیمار به ۵۰درصد، می‌باشد. ساقه‌چه و ریشه‌چه پس از تفکیک به‌مدت ۲۴ساعت در آون ۵۰°C قرار داده شدند و وزن‌خشک آنها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم تعیین شد.

آزمایش دوم: مرحله گیاهچه‌ای

در این مرحله، بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانهٔ۳۰سانتی‌متر که با خاک و ماسه به نسبت ۲ به ۱ پُر شده بودند، کشت شدند و سپس در اتاقک رشد با شرایط کنترل‌شده (در ماه اول در شب و روز به‌ترتیب دمای ۲۱ و ۸درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۲/۵ساعت روشنایی و ۱۱/۵ساعت تاریکی و در ماه دوم، دمای ۲۷ و ۱۲درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۳ساعت روشنایی و ۱۱ساعت تاریکی) مطابق شرایط مناطق کاشت، قرار گرفتند. در هر گلدان، پنج عدد بذر کشت شد. سطوح رطوبتی شامل تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و شاهد (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) بر اساس‌درصد رطوبت وزنی ایجاد شدند و از طریق توزین روزانهٔ گلدان‌ها و تأمین کسری رطوبت مورد نظر، میزان رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد به‌طور ثابت در مقادیر تعیین‌شده، حفظ شد. دو هفته بعد از کاشت، گیاهان با محلول سالیسیلیک اسید (۰/۵ و ۱میلی‌مولار) و

آب‌مقطر (به‌عنوان شاهد) بر روی برگ‌ها اسپری شدند، به‌اندازه‌ای‌که محلول از انتهای برگ‌ها جاری شد. این تیمارها با فواصل۱۰روز و در مجموع، سه‌بار در طول دورهٔ رشد روی گیاهان انجام شد. به‌این‌ترتیب، آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در زمان۱۰روز پس از آخرین تیمار، با ظاهرشدن گُل‌ها، گلدان‌ها تخریب و گیاهان به دو بخش ریشه و اندام هوایی برای بررسی‌های بعدی (اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک) تقسیم شدند.

اندازه‌گیری طول، وزن‌خشک ساقه و ریشه

طول اندام هوایی و طول بلندترین ریشه (ریشه اصلی) با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن‌خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ساعت در آون با دمای۷۰درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند و سپس با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم توزین و وزن‌خشک اندام هوایی، ریشه و کل گیاه ثبت شد.

اندازه‌گیری سطح برگ

برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ساخت شرکت ADC انگلستان، مدلLight Box) استفاده شد. برگ‌های مرکب نخود از ساقه جدا شدند و در صفحه‌های مخصوص چیده و روی دستگاه برای اندازه‌گیری سطح قرار داده شدند و نهایتاً سطح برگ‌ها بر حسب سانتی‌مترمربع برای هر گیاه تعیین شد.

اندازه‌گیری سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها

سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به کامپیوتر (دستگاه اندازه‌گیری ریشه) ساخت شرکت Delta–T انگلستان اندازه‌گیری شد.

روش سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل کل)

برای سنجش میزان کلروفیل کل (مجموع کلروفیلa و b) از روش Arnon (1949) استفاده شد. به‌این‌منظور، ۰/۲گرم برگ با ۴میلی‌لیتر استن ۸۰درصد، در هاون چینی به‌خوبی سائیده شد و پس از رسیدن به حجم ۸میلی‌لیتر، توسط استن ۸۰درصد به‌مدت ۵دقیقه با۳۰۰۰دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس جذب روشناور در طول موج‌های ۶۶۳/۲ ، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدلPlus-3000 و استن ۸۰درصد به‌عنوان شاهد اندازه‌گیری شد.

میزان کلروفیل کل (*TChl*) از معادلات زیر محاسبه گردید.

$$\text{کلروفیل b (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = 21.21A_{647} - 5.1A_{664}$$

$$\text{کلروفیل a (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = 12.25A_{664} - 2.79A_{647}$$

$$\text{کلروفیل کل (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = \text{chla} + \text{chlb}$$

A_{647}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷نانومتر، A_{664}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴نانومتر، A_{470}: میزان جذب نوری در طول موج۴۷۰نانومتر می‌باشد.

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ

به‌منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ، قبل از تخریب گلدان‌ها، یک برگ مرکب از رأس گیاه بریده و در دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ (مدلMRC) قرار داده شد. عدد مربوط به پتانسیل آب برگ بر حسب‌بار از روی دستگاه، یادداشت شد.

اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای

اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای در برگ‌های جوان با استفاده از دستگاه پرومتر مدل AP4 (DELTA-T DEVICES-U.K.) برحسب ثانیه بر سانتی‌متر انجام شد.

آنالیز آماری

برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزارهای رایانه‌ای JMP و MStat-C و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن ($P\leq$ ۰/۰۵) استفاده شد.

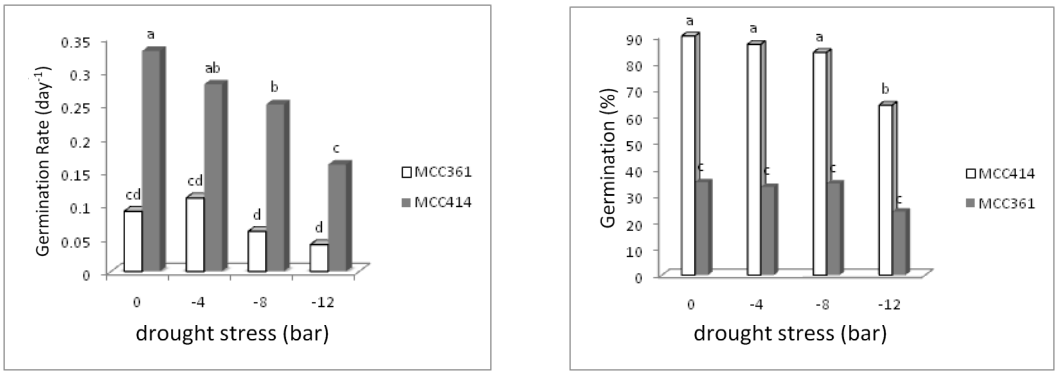
نتایج و بحث

مرحله جوانه‌زنی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به‌درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نشان داد که تنش خشکی تا ۸-بار تأثیر معنی‌داری بردرصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نداشت، ولی اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها از نظردرصد جوانه‌زنی وجود داشت. در تمامی‌سطوح خشکی، ژنوتیپMCC414 ازدرصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود. سرعت جوانه‌زنی در هر دو ژنوتیپ، با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، منتهی کاهش شیب سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی در ژنوتیپMCC414 بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپMCC361 از ثبات نسبی بالاتری نسبت به ژنوتیپMCC414 در مواجه با تنش خشکی برخوردار است. شاید بخشی از این رفتار به تیپ بذر کابلی در مقابل دسی مربوط باشد.

استفاده از SA در شرایط تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نداشت (شکل ۲). در

یک بررسی مشابه، تیمار بذور کلزا با سالیسیلیک اسید تحت تنش خشکی و حضور اتیلن، موجب کاهش‌درصد جوانه‌زنی شد (Mazaheri Tirani & Kalantari, 2006). در بسیاری از دانه‌ها، نقش اتیلن به‌عنوان محرک جوانه‌زنی گزارش شده است، اما برخی تحقیقات نشان می‌دهد اسید سالیسیلیک نقش مهارکنندگی در بیوسنتز اتیلن دارد و این اثر را از طریق تأثیر بر آنزیمACCسنتتاز اِعمال می‌نماید. این احتمال می‌رود که کاهش‌درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها با تیمار SA، ناشی از مهار بیوسنتز اتیلن باشد (Raskin, 1992). همچنین اسید سالیسیلیک از طریق القای سنتز ABA، از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند (Wu *et al.*, 1998).



(ب) (الف)

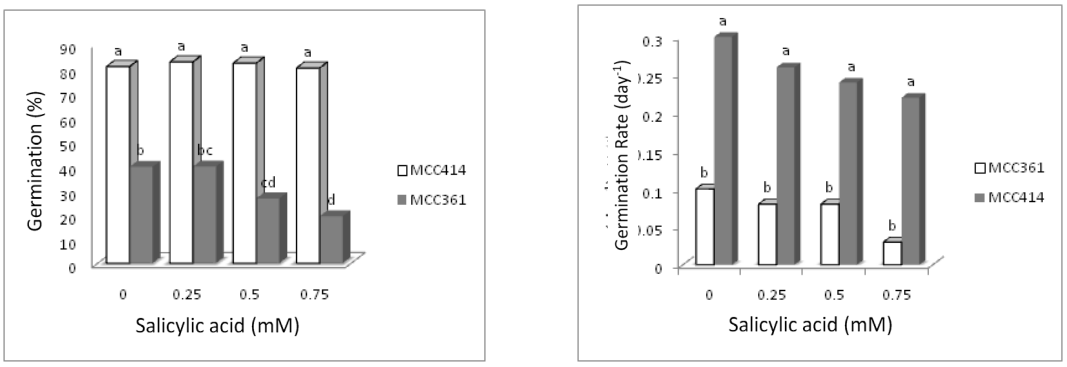
شکل۱- مقایسه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد (الف) و سرعت (ب) جوانه‌زنی بذرهای دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 1. Effect of drought stress on percentage (a) and rate (b) of germination in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

کاهش قابل‌توجه درصد جوانه‌زنی ژنوتیپMCC361 نسبت به ژنوتیپMCC414 حتی در تیمار شاهد، به خصوصیات ژنتیکی این دو نوع بذر مربوط می‌شود. نتایج پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف SA در دو ژنوتیپ، متفاوت بود که احتمالاً به خصوصیات متفاوت فیزیکی و شیمیایی آنها از جمله شکل بذر، پوسته بذر و... مربوط می‌شود.



(ب) (الف)

شکل۲- مقایسه تأثیر سالیسیلیک اسید (SA) بر درصد (الف) و سرعت (ب) جوانه‌زنی بذرهای دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 2. Effect of SA on percentage (a) and rate (b) of germination in two chickpea genotypes

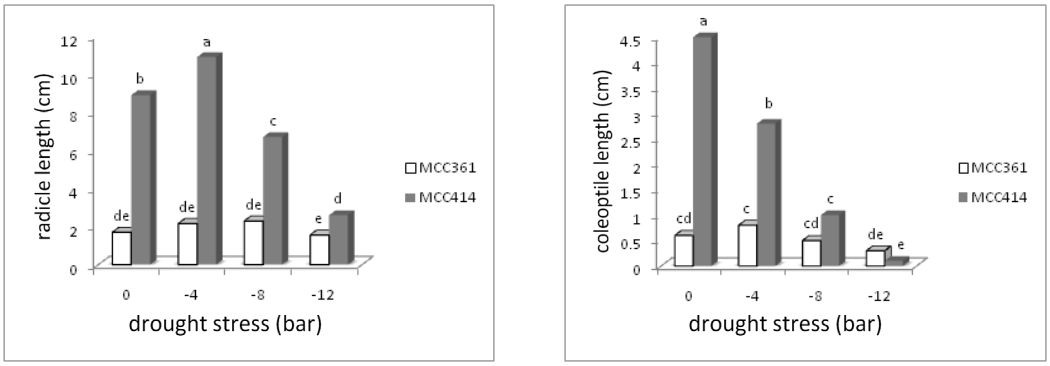
Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج مقایسه میانگین مشاهدات مربوط به طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نشان داد که با افزایش تنش خشکی از ۴- تا ۱۲- بار، طول ساقه‌چه به‌شدت کاهش یافت (شکل ۳-ب)، ولی طول ریشه‌چه در تنش ۴-بار نسبت به سایر سطوح تنش خشکی، افزایش معنی‌داری پیدا کرد. احتمالاً تنش خشکی متعادل (۴- بار) می‌تواند محرک افزایش رشد طولی ریشه باشد.

همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد، صفات مربوط به جوانه‌زنی ژنوتیپMCC361 در مواجه با تنش خشکی از ثبات نسبی بالاتری برخوردار بود و باوجود کاهش طول ریشه‌چه با تنش خشکی، این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۳-الف).

کاهش رشد اجزای گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) در خشکی و شوری در سایر تحقیقات در مورد بذور عدس (Turk *et al.*, 2004)، ماش (De & Kar, 1995) و نخودفرنگی (Okcu *et al.*, 2005) نیز گزارش شده و در این بررسی‌ها شدت کاهش رشد بسته به نوع رقم، متفاوت بوده است. تفاوت در پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف، می‌تواند به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب در ارقام حساس، اندازه بذور و ویژگی پوستهٔ بذر آنها باشد (Das & Zaidi, 1996).

این مشاهدات با نتایج Kafi & Masoomi (2005) مطابقت دارد. این محققان بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود را در شرایط عدم تنش و تنش ۰/۴- مگاپاسکال گزارش کردند. محققان دیگری نیز گزارش کردند بعضی از ژنوتیپ‌های نخود در پتانسیل ۰/۴-مگاپاسکال نسبت به شاهد (پتانسیل صفر)، طول ریشه‌چه بیشتری داشتند که این موضوع، تحریک ریشه‌دهی گیاه را در تنش‌های ضعیف نشان می‌دهد (Das & Zaidi, 1996).



(ب) (الف)

شکل۳- مقایسه تأثیر تنش خشکی بر طول ریشه‌چه (الف) و ساقه‌چه (ب) گیاهچه‌های دو ژنوتیپ نخود

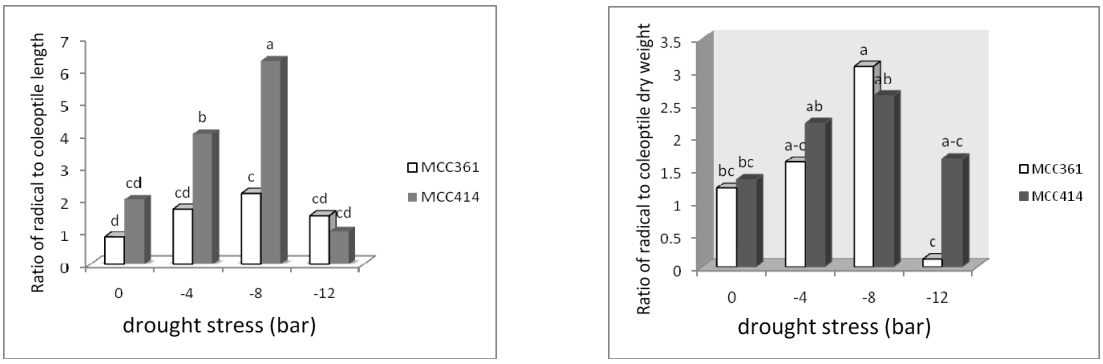
ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 3. Effect of drought stress on radicle (a) and coleoptile (b) length in seedlings of two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در شرایط تنش، نسبت طول ریشه به طول ساقه‌چه در هر دو ژنوتیپ مورد مطالعه و نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه (R/S) تنها در ژنوتیپMCC361 به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۴). افزایش مقدارR/S بیانگر کاهش رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه است. به عبارت دیگر، رشد ساقه‌چه به تنش، حساسیت بیشتری دارد و از طرفی با افزایش رشد ریشه‌چه، جذب بیشتر آب انجام خواهد شد. این نتایج با گزارش Turk *et al,* (2004) مبنی بر افزایش R/S در گیاهچه‌های عدس در شرایط تنش اسمزی، مطابقت دارد.

در این تحقیق تیمار SA در تنش خشکی ملایم (۴-بار)، بر خلاف سطوح شدیدتر خشکی (۸- و ۱۲-) توانست در ژنوتیپMCC414 طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و در خشکی ۸-بار، نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه را افزایش دهد. نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در ژنوتیپMCC361 در خشکی ۴-بار و با کاربرد SA افزایش یافت. مکانیسمی‌که توسط آن سالیسیلیک اسید، رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد، به‌خوبی شناخته نشده است، اما احتمال دارد که SA طویل‌شدن و تقسیم سلولی را به‌همراه سایر تنظیم‌کننده‌های رشد، از قبیل اکسین تنظیم نماید. در تأیید این احتمال می‌توان اشاره کرد که تیمار گیاه گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی را در مریستم رأسی ریشه‌های اولیه و به‌دنبال آن، رشد طولی ریشه را افزایش داد (Shakirova & Sahabutdinova, 2003). همچنین، تأثیر بازدارنده اسید سالیسیلیک بر اکسیداسیون اکسین نیز گزارش شده است (Fariduddin *et al.*, 2003).



(ب) (الف)

شکل۴- مقایسه تأثیر تنش خشکی بر نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه (الف) و نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه (ب) گیاهچه‌های دو ژنوتیپ نخود

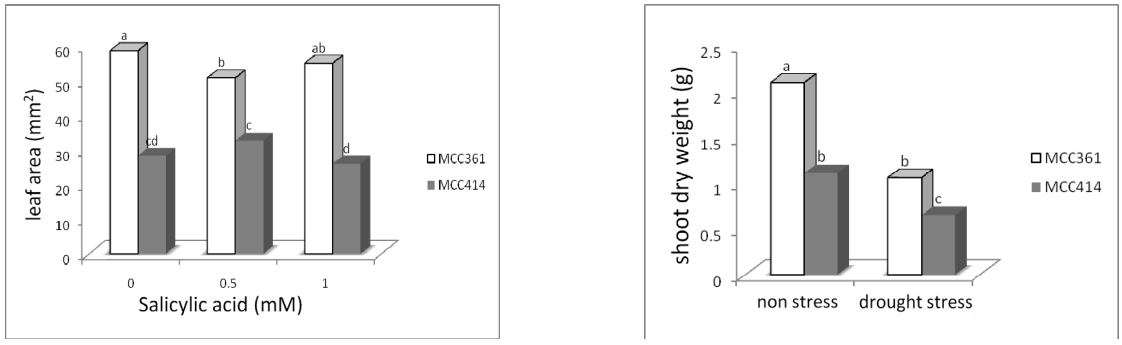
ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 4. Effect of drought stress on ratio of radical to coleoptile length (a) and radical to coleoptile dry weight (b) in seedlings of two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

مرحله گیاهچه‌ای

تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) به‌طور معنی‌داری صفات مربوط به رشد اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود شامل ارتفاع بوته، وزن‌خشک اندام هوایی و سطح برگ را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۵).



(ب) (الف)

شکل۵- مقایسه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن‌خشک اندام هوایی (الف) و سطح برگ (ب) دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 5. Effect of drought stress on shoot dry weight (a) and leaf area (b) in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

در منابع علمی‌مختلف نیز کاهش ارتفاع گیاه بر اثر تنش‌های شوری و خشکی گزارش شده است. Niakan & Ghobanli (2007) کاهش ارتفاع گیاه را در دو رقم سویا در اثر تنش خشکی نشان دادند. محققان دیگر نیز بیان کردند تنش خشکی از طریق آسیب به سیستم فتوسنتزی، موجب کاهش رشد اندام هوایی می‌شود (Athar & Ashraf, 2005).

در تحقیق حاضر، کاربرد خارجی SA در هر دو ژنوتیپ نخود به‌همراه تنش خشکی، موجب کاهش سطح برگ شد؛ اگرچه این کاهش به لحاظ آماری، معنی‌دار نبود. کاهش سطح برگ، اولین خط دفاعی در برابر خشکی است؛ زیرا برگ‌های کوچک‌تر، آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهند و در این شرایط، راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (Jenks *et al.*, 2007). در تأیید حساسیت سطح برگ به خشکی، برخی از

محققان، کاهش سطح برگ سویا را در تنش خشکی گزارش کردند و علت این امر را کاهش تقسیم و توسعه سلولی و افت پتانسیل آب خاک دانستند (Zhang *et al.*, 2004). به‌طور مشابه، Wang *et al*, (2001) کاهش سطح برگ گیاه لوبیا را در شرایط تنش شوری و خشکی بیان کردند.

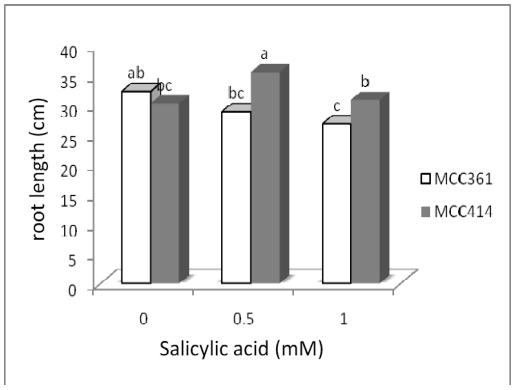
در مورد تأثیر تحریک و یا مهارکنندگی SA بر رشد، گزارش‌های مختلفی وجود دارد؛ برای مثال، Khan *et al*, (2003) نشان دادند که استفاده از SA، استیل سالیسیلیک اسید[1]، جنتیسیک اسید[2] و یا دیگر هم‌ساخت‌های SA، به‌تنهایی در گیاهان ذرت و سویا، وزن‌خشک و سطح برگ را افزایش می‌دهند، اما بر طول گیاه و طول ریشه تأثیر معنی‌داری ندارند.

در این بررسی، کاربرد SA در غلظت پایین (۰/۵میلی‌مولار)، طول ریشه را افزایش (در ژنوتیپMCC414) و در غلظت بالاتر (۱میلی‌مولار)، طول ریشه و مجموع طول ریشه‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۶).

محققان دیگری در مورد تأثیر غلظت‌های مختلف SA در شرایط طبیعی، گزارش کردند که حداکثر افزایش وزن‌خشک برگ‌های *Brassica juncea*، در غلظت 10^{-5}مولار SA مشاهده گردید و در غلظت‌های بالاتر، اثر بازدارندگی بر رشد دیده شد (Fariduddin *et al.*, 2003).

در این بررسی، تنش خشکی طول ریشه را در هر دو ژنوتیپ‌کاهش داد. با وجود طول بیشتر ریشه در ژنوتیپMCC414 نسبت به ژنوتیپ‌دیگر در تیمار شاهد، اما خشکی تأثیر محدودکنندهٔ شدیدتری بر طول ریشه در این ژنوتیپ داشت. به‌طور مشابه، در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه جو، کاهش رشد ریشه گزارش شد (Yassen *et al.*, 1993). Waseem *et al*, (2006)، کاهش وزن‌خشک ریشهٔ گندم را تحت تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول گزارش کردند.

در این بررسی، صفات قطر، وزن، سطح و مجموع طول ریشه‌ها، در ژنوتیپMCC361 در تیمار شاهد بیشتر از ژنوتیپMCC414 بود. این مطلب، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای را در ژنوتیپMCC361 آشکار می‌سازد و این خود می‌تواند عاملی در جهت مقاومت بهتر این ژنوتیپ در مقابل خشکی باشد. در یک بررسی بر روی دو رقم سویا، مشخص شد که مکانیسم سازش مناسب‌تر رقم گرگان۳ نسبت به ویلیامز، می‌تواند به‌علت گسترش سیستم ریشه‌ای برای استفاده بهینه از آب باشد (Niakan & Ghobanli, 2007).



شکل ۶- تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر طول ریشه در دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig .6. Effect of SA on root length in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

Elshazly & Warboys (1989) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا، اظهار داشتند که طول مجموع ریشه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم در گزینش ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

در پژوهش حاضر، سایر صفات مربوط به رشد ریشه، مانند چگالی ریشه، نسبت سطح برگ به سطح ریشه و نسبت وزن‌خشک ریشه به وزن‌خشک اندام هوایی، تحت تأثیر تنش خشکی افزایش پیدا کردند. همچنین باید اشاره کرد که در این بررسی، طول و وزن‌خشک ریشه کمتر از بخش هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

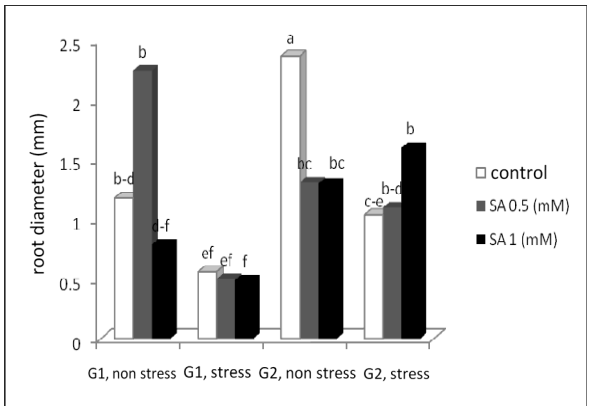
به‌طورکلی کاهش آب قابل‌دسترس، رشد اندام هوایی را بیشتر از سیستم ریشه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط تنش، با افزایش میزان هورمون ABA و بسته‌شدن روزنه‌ها در برگ، کاهش سطح برگ‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز، وزن‌خشک بخش هوایی کاهش می‌یابد (Rodroagez *et al.*, 1997). به علاوه، به عقیدهٔ برخی محققان، در محیط تنش خشکی، گیاه مقدار بیشتری از کربن تثبیت‌شده را به ریشه‌ها اختصاص می‌دهد (Hayat & Ahmad, 2007). بنابراین می‌توان گفت تأثیر منفی خشکی بر رشد ریشه در مقایسه با اندام هوایی، کمتر است و به‌علاوه در تنش خشکی ملایم، تا حدی سیستم ریشه‌ای گسترش می‌یابد.

اثر تحریک‌کنندگی SA بر فعالیت میتوزی سلول‌های مریستم رأس ریشه تأیید شده است (Hayat & Ahmad, 2007). گزارش‌های متفاوتی در مورد تأثیر SA بر صفات

[1] Acetyl Salicylic Acid
[2] Gentisic Acid

مختلف ریشه وجود دارد؛ برای مثال پژوهش Eraslan *et al*, (2007) نشان داد تیمار سالیسیلیک اسید موجب بهبود کاهش وزن‌خشک ریشهٔ ذخیره‌ای هویج ناشی از تنش شوری توأم با سمیت بُر گردید. از طرف دیگر، Pancheva *et al*, (1996) بیان داشتند که با افزایش غلظت SA، بر تأثیر مهاری آن بر رشد برگ‌ها و ریشه‌ها در گیاهچه‌های جو افزوده شده است. در مطالعهٔ دیگری مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، کاربرد خارجی SA با غلظت ۵میلی‌گرم بر لیتر از طریق محیط ریشه، وزن‌خشک ریشه را در گندم افزایش داد (Waseem *et al.*, 2006).

در بررسی حاضر، کاربرد خارجی SA در شرایط خشکی، تأثیر معنی‌داری بر صفات مربوط به رشد ریشه نداشت. تنها در مورد قطر ریشه، SA توانست در ژنوتیپMCC361 این صفت را در شرایط تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش افزایش دهد (شکل ۷).



شکل ۷- نتایج برهمکنش سالیسیلیک اسید، ژنوتیپ و تنش خشکی بر قطر ریشه، در ژنوتیپ‌های نخود (G2= MCC361 و G1= MCC414)

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 7. Effect of SA, genotype and drought stress on root diameter in two chickpea genotypes (G1= MCC414, G2= MCC361)

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

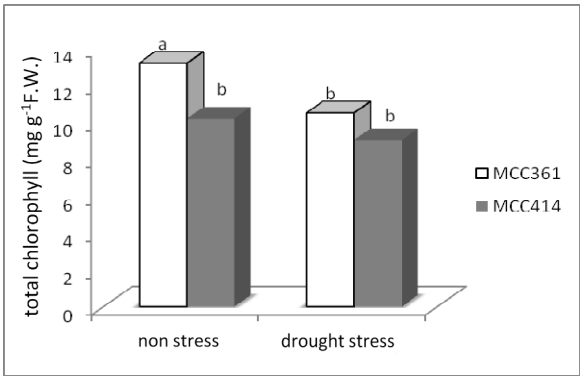
نتایج حاصل از آنالیز واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد تنش خشکی در ژنوتیپMCC361، به‌صورت معنی‌داری مقدار کلروفیل کُل را به‌میزان ۲۰درصد کاهش داد (P≤ ۰/۰۵)؛ درصورتی‌که در ژنوتیپMCC414 تأثیری بر این پارامتر نداشت (P≤ ۰/۰۵) (شکل۸). در ژنوتیپMCC414، تحت تنش خشکی و در شرایط کنترل، اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مختلف، اثر معنی‌داری بر مجموع کلروفیل a و b نداشت. در مقابل، در ژنوتیپMCC361، SA با غلظت ۰/۵میلی‌مولار، به‌طرز قابل‌توجهی مجموع این دو رنگیزه را به‌میزان ۱/۶بار کاهش داد (P≤ ۰/۰۵).

کاهش میزان کلروفیل در پاسخ به خشکی، در آفتابگردان نیز گزارش شده است (Kiani *et al.*, 2008). علت کاهش کلروفیل به عقیدهٔ Havaux (1988)، افزایش میزان ROS در شرایط تنش خشکی است. همچنین Rao & Rao (1981) گزارش کردند در شرایط تنش شوری به‌دلیل عدم پایداری کمپلکس‌های پروتئینی و افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کنندهٔ کلروفیل، کلروفیلاز، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد.

پتانسیل آب برگ در هر دو ژنوتیپ نخود در شرایط تنش خشکی، کاهش یافت (شکل ۹). Hayat & Ahmad (2007) اُفت پتانسیل آب، کاهش شدت تعرق و میزان نیترات منتقل‌شده توسط جریان آب در آوندهای چوبی را که باعث کاهش مقدار نیترات و فعالیت نیتراتردوکتاز در برگ‌های گندم می‌شود، از علایم تنش خشکی اعلام نمودند.

در این مطالعه، کاربرد خارجی SA به‌تنهایی، پتانسیل آب برگ را در ژنوتیپMCC361 نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۹) و در شرایط تنش خشکی، کاربرد SA نسبت به شاهد در هیچ‌یک از دو ژنوتیپ نخود، تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل آب برگ نداشت. باوجود این موضوع، Szepesi *et al*, (2005) نشان دادند که در گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش اسمزی و شوری، تیمار SA موجب افزایش پتانسیل آب شد. این محققان علت این امر را تأثیر SA بر تجمع اسمولیت‌های آلی و غیرآلی دانستند که به این طریق در پی تجمع این ترکیبات و تغییر پتانسیل، سلول آب جذب می‌کند.

نتایج این مطالعه نشان داد مقاومت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی، به‌شدت افزایش می‌یابد؛ اما شدت این افزایش در ژنوتیپMCC361 بسیار بیشتر از ژنوتیپMCC414 بود. دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای، بسته‌شدن روزنه‌ها است که به این طریق از خروج آب ممانعت می‌شود. تغییرات فیزیولوژیک سریع مانند لوله‌ای‌شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای، جزو مکانیسم‌های اجتناب از تنش خشکی معرفی شده‌اند (Szepesi *et al.*, 2005). به‌طور مشابه، بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه نخود در شرایط تنش خشکی نیز نشان داد که خشکی موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌شود (Larque-Saavedra, 1979).

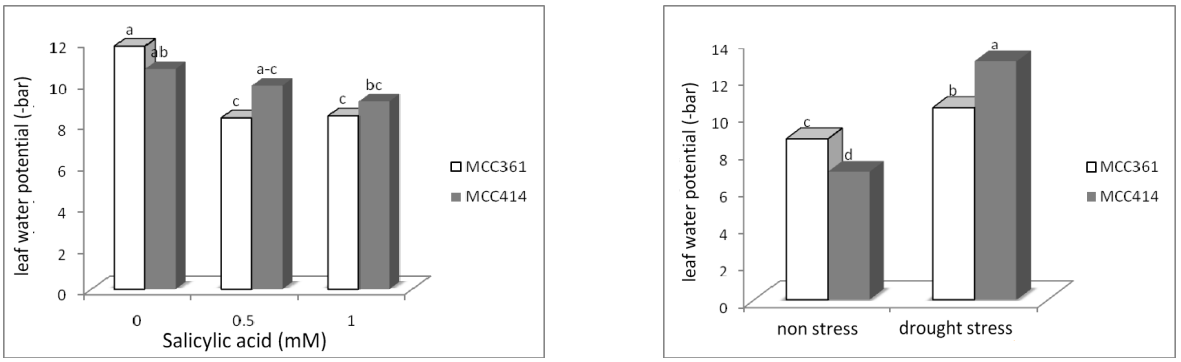


شکل ۸- مقایسهٔ تأثیر تنش خشکی بر میزان کلروفیل کُل در برگ ژنوتیپ‌های نخود (G1= MCC414 و G2= MCC361)

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 8. Effect of drought stress on total chlorophyll in two chickpea genotypes (G1= MCC414, G2= MCC361)

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.



شکل ۹- مقایسه تأثیر تنش خشکی (الف) و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (ب) بر پتانسیل آب برگ ژنوتیپ‌های نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 9. Effect of drought stress (a) and SA (b) on leaf water potential in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج مطالعه حاضر مؤید این است که تیمار SA تأثیری بر مقاومت روزنه‌ای ژنوتیپ‌ها نداشت. در تأیید نتیجهٔ به‌دست‌آمده، مطالعه Khan *et al,* (2003) در گیاهان ذرت و سویا بین گیاهان تیمار شده با SA و کنترل، تفاوت معنی‌داری در مقاومت روزنه‌ای مشاهده نشد. شواهد موجود نشان می‌دهند که تیمار SA بر روی برگ‌های لوبیا، از طریق افزایش میزان ABA، بسته‌شدن روزنه‌ها را القا کرده و مقاومت روزنه‌ای را افزایش می‌دهد (Larque-Saavedra, 1978).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر سرعت، درصد جوانه‌زنی و خصوصیات رشد هر دو ژنوتیپ نخود داشت. پیش‌تیمار بذور با محلول SA، نه‌تنها بر بهبود جوانه‌زنی تأثیری نداشت، بلکه موجب کاهش آن نیز شد؛ بااین‌حال، SA در مرحلهٔ گیاهچه‌ای تا حدی توانست رشد گیاهچه‌ها را (به‌ویژه در ژنوتیپMCC414) بهبود بخشد. تنش خشکی رشد اندام هوایی و ریشه، پتانسیل آب برگ و مقدار کلروفیل کُل را نیز در هر دو ژنوتیپ‌کاهش داد. کاربرد خارجی SA در شرایط تنش خشکی، احتمالاً از طریق افزایش قطر ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و نیز افزایش نسبت R/S در بهبود تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها مؤثر واقع خواهد شد.

به‌طورکلی در این بررسی، ژنوتیپMCC361 در مقایسه با MCC414 از تحمل به خشکی بالاتری برخوردار بود. طول مجموع ریشه‌های بیشتر، نسبت ریشه به ساقهٔ بالاتر و زیست‌توده و به‌ویژه سطح برگ (اندام تعرق‌کننده) کمتر، علت اصلی تحمل به خشکی زیادتر این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپMCC414 بود.

سپاسگزاری

با تشکر از پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشکدهٔ علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد که امکانات لازم جهت انجام این طرح را در اختیار ما قرار دادند.

منابع

1. Allen, R.D. 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. 57: 1049-1054.
2. Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
3. Askin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants, Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439-463.
4. Athar, H., and Ashraf, M. 2005. Photosynthesis under drought stress. In: M. Pessarakli (Ed.). Hand Book Photosynthesis, 2nd C.R.C. Press, New York, USA, p. 795-810.
5. Das, M., and Zaidi, P.H. 1996. Effect of various soil matric potential on germination and seedling growth of Chikpea **(***Cicer arietinum* L.). Legum Research 19(4): 211-217.
6. De, R., and Kar, R.K. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. & Technol. 23: 301-308.
7. Elshazly, M.S., and Warboys, I.B. 1989. The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans. J. Experimental Agriculture 25: 35-37.
8. Eraslan, F., Eraslan, A., Gunes, A., and Alpaslan, M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae 113: 120-128.
9. Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41: 281-284.
10. Ghassemian, M., Lutes, J., Chang, H., Lange, I., Chen, W., Zhu, T., Wang, X., and Lange, B. 2008. Abscisic acid-induced modulation of metabolic and redox control pathways in *Arabidopsis thaliana*, Phytochemistry 69: 2899-2911.
11. Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends Plant Sci. 3: 147-151.
12. Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: plant hormone. Springer, p. 97-99.
13. Jenks, Matthew A., and Wood Andrew, J. 2007. Plant Desiccation Tolerance, Blackwell.
14. Jinmin, F., Bingru, and Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Enviromental and Experimental Botany 45: 105-114.
15. Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates, J. Plant Physiol. 160: 485-492.
16. Kiani, S.P., Maury, P., Sarrafi, A., and Grieu, P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science 175: 565-573.
17. Larque-Saavedra, A. 1978. The anti-transpirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L.. Physiol. Plant 43: 126-128.
18. Larque-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatments. Z. Pflanzenphysiol. 93: 371-375.
19. Masoomi, A., and Kafi, M. 2005. Effects of drought stress on germination in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. 1th National Conference of Grain, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)
20. Mazaheri Tirani, M., and Manoochehri Kalantari, KH. 2007. Effects of salicylic acid, drought stress and ethylene on germination of *Brassica napus* L.. Iranian Journal of Biology 19(4). (In Persian with English Summary).
21. Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
22. Niakan, M., and Ghobanli, M. 2007. Effect of drought stress on growth parameters, photosynthesis, protein and iones content in soybean root and shoot. Vegetations 8. (In Persian).
23. Okcu, G., Kaya, M.D., and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkian J. Agric. For. 29: 237-242.

24. Pancheva, T.V., Popova, L.P., and Uzunova, A.M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. Plant Physiol. 149: 57-63.
25. Rao, G.G., and Rao, G.R. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng.) and gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian J. Exp. Biol. 19: 768-770.
26. Rodroagez, P.J., Morales, D., Saanchez-Blanco, M.J., and Alarcoan, J.J. 1997. Effects of salinity on growth shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. Agriculture Science 128: 439-444.
27. Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
28. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137-141.
29. Szepesi, Á., Csiszár, J., Bajkán, Sz., Gémes, K., Horváth F., Erdei, L., Deér, A., Simon, L.M., and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biol. Szegediensis 49: 123-125.
30. Turk, M.A., Tahawa, A.R.M., and Lee, K.D. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences 3: 394-397.
31. Turner, N.C., Wright, G.C., and Siddique, K.H.M. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. Adv. Agron. 71: 193-231.
32. Wang, D., Shannon, M.C., and Grieve, C.M. 2001. Field Crops Research 69.
33. Waseem, M.D., Athar, H., and Ashraf, M. 2006. Effect of salicylic acid applied through rooting medium on drought tolerance of wheat. Pak. J. Bot. 38(4): 1127-1136**.**
34. Wu, L., Guo, X., and Harivandi, M.A. 1998. Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. Environmental and Experimental Botany 39: 159-167.
35. Yassen, B.T., and Alomary, S. 1993. An analysis of the effect of water stress on leaf growth and yield three barley cultivar. Agriculture Science 14: 157-162.
36. Zhang, M., Duan, L., Zhai, Z., Li, J., Tian, X., Wang, B., He, Z., and Li, Z. 2004. Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 99-110

Study of salicylic acid effects on germination, growth and some physiological parameters in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in drought stress condition

Shooryabi[1*], M., Abrishamchi[2], P. & Ganjeali[2], A.

1. MSc. Student of Plant Physiology, Biology Department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Associate Professors, Biology Department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 9 August 2011
Accepted: 15 May 2012

Abstract

Salicylic acid (SA) is part of a signaling pathway that is induced by a number of biotic and abiotic stresses. It has been recognized as an endogenous regulatory signal in plants. In order to study the effect of different concentrations of SA on germination, growth and some physiological parameters in chickpea (*Cicer arietinum* L.) two genotypes (MCC414, MCC361) under drought stress conditions, two experiments were arranged as a factorial experiment, based on completely randomized design with three replications. In the first part of this study, the effect of drought stress by PEG (0, -4, -8 and -12 bar) and SA (0, 0.25, 0.5 and 0.75 mM) was investigated on two chickpea genotypes (MCC414, MCC361) at germination and seedling growth stages. In the second part of study, the effect of different concentrations of SA (0, 0.5 and 1 mM) and two levels of drought stress (25% and 100% field capacity) were evaluated on two chickpea genotypes (MCC414, MCC361) in growth and some physiological parameters. Solution of salicylic acid at 0.5 and 1 mM were sprayed on leaves at interval of 15, 25 and 35 days after sowing. Control plants were sprayed with distilled water. Results showed that SA had significant and negative impact on rate and percentage of germination, but improved coleoptiles length, ratio of radicle to coleoptile length and radical dry weight. In the second experiment, results showed that the drought stress reduced shoot dry weight, root dry weight, leaf area, root length, root area and total chlorophyll, significantly ($p \leq 0.05$). It was found that application of salicylic acid enhanced root length and diameter in comparison with control. Results showed that SA (0.5 mM) increased leaf water potential, significantly. Drought stress decreased leaf water potential in both genotypes, significantly ($p \leq 0.05$). Stomatal resistance was significantly increased under drought stress but SA had no appreciable effect on stomatal resistance. Results suggested that, SA (0.5 and 1 mM) can considerably alleviate leaf water potential under drought stress. Therefore, it was concluded that application of salicylic acid can protect plants against drought stress. Also MCC361 genotype was more tolerant than MCC414 genotype in drought stress condition.

Key words: Chickpea (*Cicer arietinum* L.), drought stress, growth parameters, salicylic acid

*** Corresponding Author:** hamraz1211@gmail.com, Mobile: 09151540299, Tel.:0551-3331280

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ۱۲۰-۱۱۱، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 111-120

بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) در شرایط مزرعه‌ای گیلان

فرشته جهان‌آرای کلشتاجانی[1*]، سیدمصطفی صادقی[2] و مجید عاشوری[2]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲- اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(به‌ترتیب، smsadeghi55@ yahoo.com و mashouri48@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۵

چکیده

با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی و با توجه به نقش مهم عناصر ریزمغذی نظیر آهن در افزایش عملکرد این محصولات، اثر نانوکامپوزیت آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم طی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در شهرستان سیاهکل اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل نانو کامپوزیت آهن (عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی)، باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (تلقیح و عدم‌تلقیح) و چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی به نام‌های (صدری، تلاش، خمین و محلی گیلان) بودند. نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری را برای عملکرد دانه در ارقام مختلف نشان داد. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که در برهمکنش سه عامل رقم با باکتری و نانوکامپوزیت، رقم خمین در تلقیح با باکتری و محلول‌پاشی با عملکرد دانه ۵/۷۵تُن در هکتار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. رقم خمین با محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن با ۵/۷۳ بیشترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود. در برهمکنش ارقام و تلقیح باکتری نیز رقم خمین با تلقیح باکتری با ۵/۸ بیشترین تعداد دانه در غلاف را نشان داد. همچنین در برهمکنش ارقام در تلقیح باکتری و محلول‌پاشی با نانوکامپوزیت، رقم خمین با تلقیح باکتری و با محلول‌پاشی نانوکامپوزیت دارای بیشترین تولید دانه در غلاف با ۵/۸۷ گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش منطقه مذکور، محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن و تلقیح با باکتری ریزوبیومی موجب افزایش تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: آهن، ریزوبیوم، لوبیاچیتی، نانوکود

مقدمه

لوبیا از منابع مهم تأمین‌کنندهٔ پروتئین در اکثر کشورهای درحال‌توسعه می‌باشد؛ زیرا از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر است (Habibe *et al*., 2006). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، قادر است قسمت عمده‌ای از نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق رابطه همزیستی با باکتری ریزوبیومی به‌دست آورد (Khodshenas *et al*., 2006). حبوبات که از گیاهان خانواده لگومینوز هستند، در ایران پس از گندم دارای بیشترین اهمیت هستند (Dagheghean *et al*., 2011). لوبیا حدود۱۰۰تا ۱۵۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از خاک برداشت می‌کند که از این مقدار، قسمت اعظم آن توسط باکتری‌های همزیست تأمین می‌شود (Taherkhani *et al*., 2007). مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی از یک‌سو و انرژی و هزینه‌های تولید از سوی دیگر و همچنین مسئله تأمین غذای کافی و باکیفیت مناسب برای جمعیت، تحقیق در زمینهٔ به‌کاربردن روش‌هایی که منجر به کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود را ضروری ساخته است. برای دستیابی به این امر، دو رهیافت وجود دارد: ۱- فعال‌سازی عناصر غیرفعال که در بوم‌نظام وجود دارند، نظیر نیتروژن و فسفر غیرفعال، همراه با ریزمغذی‌های کمترقابل‌دسترس خاک مانند آهن و روی؛ ۲- افزایش سرعت بازیافت عناصر غذایی (Taherkhani *et al.,* 2009). بهره‌برداری از عناصر غیرفعال توسط گیاهان پس از قابل‌دسترس‌ساختن آنها توسط فناوری جدید نانو، مانند استفاده از نانوکودها و نیز بهره‌گیری از برخی میکروارگانیسم‌های خاکزی امکان‌پذیر می‌گردد (Dehuri & Hosseni, 2009). ساختار آلی سنتتیک (نه طبیعی) نانوکود کلاته آهن‌بنیان (یا لیگاند)، فلزات ریزمغذّی مانند آهن و روی را حمل می‌نماید (Nazaran, 2011). عناصر ریزمغذّی، نقش

* **نویسنده مسئول:** گیلان، سیاهکل، خیابان امام‌خمینی(ره)، ابتدای خیابان شهیدشیرودی، همراه: ۰۹۳۵۲۲۳۶۸۳۱، arafry@yahoo.com

حیاتی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و سهم مهمی به‌لحاظ ضرورتشان در افزایش عملکرد محصول دارند (Dewal & Pareek, 2004). بعضی عناصر غذایی کم مصرف همانند روی و آهن، برای رشد گیاه ضروری هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیک، مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارند و کمبود آنها می‌تواند موجب عدم توازن عناصر غذایی در گیاه و نهایتاً کاهش کمیت و کیفیت محصول شود. کمبود آهن در اغلب خاک‌های ایران مشهود است (Mosevand *et al.*, 2010). وجود آهن در سنتز پروتئین‌های همراه کلروفیل لازم است و کمبود آن سبب ازکارافتادن کلروفیل می‌شود که به‌همین علت، رنگ زرد ناشی از کمبود آهن رُخ می‌دهد (Vankhadeh, 2002). درگیاهان سبز، اغلب میان مقدار آهن و محتوی کلروفیل، همبستگی مناسبی وجود دارد و گیاهانی که از آهن کافی برخوردار هستند، دارای کلروفیل بیشتری می‌باشند (Shafe *et al.*, 2011). مصرف عنصر آهن به‌صورت خاکی و برگی موجب بهبود صفات مورد اندازه‌گیری، تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاه گلرنگ شد (Fathami Amirkhiz *et al.*, 2011). روی نیز عنصر کم‌مصرف بسیارمهم دیگری است که وجود آن برای فعالیت‌های متابولیک در گیاهان ضروری است (Hassegawa *et al.*, 2008). عنصر روی به واسطهٔ نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه‌ها نقش مهمی در تنظیم میزان بازبودن روزنه‌ها دارد (Shafe *et al.*, 2011). با کاربرد روی، علاوه بر بالارفتن عملکرد، غلظت روی و پروتئین در دانه و اندام هوایی افزایش یافته و باعث کیفیت بهتر محصول شد (Bayvordi, 2006). امروزه به‌کارگیری ریزجانداران مفید خاکزی نیز تحت عنوان کودهای بیولوژیک به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل به‌منظور بهبود و افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی محسوب می‌شوند (Saleh Rasten, 2001). باکتری‌های ریزوبیومی‌علاوه بر نقش بسیار بااهمیت خود در موازنهٔ نیتروژن بیوسفر، می‌توانند به‌صورت‌های متفاوت دیگری نیز افزایش رشد و عملکرد گیاهان را موجب گردند؛ برای مثال، باعث افزایش جذب سایر عناصر ازجمله پتاسیم و فسفر از خاک شوند (Mehrpoyan *et al.*, 2011).

در این تحقیق، چهار رقم لوبیاچیتی در تلقیح با باکتری و محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تأمین غذای سالم مورد بررسی قرار گرفت تا ضمن معرفی بهترین رقم، میزان تأثیرگذاری ترکیبات نانوکود کلاته آهن و باکتری ریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد، مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (سه بلوک با ۱۶کرت) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در شهرستان سیاهکل از توابع استان گیلان با ارتفاع صفر متر از سطح دریا اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل نانوکامپوزیت آهن، حاوی ۹درصد آهن کلاته قابل‌حل در آب به‌همراه عناصر اصلی میکروالمنت همچون روی (عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی نانوکود آهن)، باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن *R. leguminosarum* biovar phaseoli (تلقیح و عدم‌تلقیح) و چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی به نام‌های (صدری، تلاش، خمین و محلی گیلان) بودند. بذرها در عمق ۵سانتی‌متر و درکرت‌هایی با ابعاد چهارمترمربعی (۲×۲) کشت شدند. آماده‌سازی و عملیات خاک‌ورزی در اواخر اسفندماه انجام شد. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول۱)، کود نیتروژن از منبع اوره به‌مقدار ۲۵کیلوگرم در هکتار و کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم به‌مقدار۲۰۰کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه گردید. به‌منظور تلقیح بذرها با باکتری، محلول۱۰درصد آب‌قند تهیه شد و پس از خیساندن بذور در این محلول، بذرها با باکتری آغشته گشته و سپس کشت شدند. به‌ازای یک‌کیلوگرم بذر به‌میزان۲۰گرم مایه‌تلقیح باکتری درنظرگرفته شد. عمل محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن در مرحلهٔ۵۰درصد گلدهی در دقایق اولیه صبح و با دستگاه مه‌افشان به حجم ۶لیتر و با فشار ۴۰۰بار به‌طور یکنواخت با میزان ۳گرم کود نانو (بروشور کود خضرا) درکرت‌های با تیمار کود آلی نانو، بر روی کلیه بوته‌های مورد نظر محلول‌پاشی شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، نمونه‌برداری از هرکرت و با حذف اثر حاشیه‌ای صورت گرفت. پس از برداشت، صفات مختلف شامل تعداد کل غلاف در بوته، درصد پروتئین، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه بررسی شد. داده‌های حاصل از آزمایش، به‌وسیلهٔ نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

تعداد کل غلاف در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر تعداد کل غلاف بین چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد وجود دارد (جدول ۲). تعداد کل غلاف در تلقیح و عدم‌تلقیح با باکتری ریزوبیوم تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). همچنین در محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نانوکامپوزیت، از نظر تعداد کل غلاف تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲).

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و مقادیر قابل‌دسترس عناصر غذایی
Table 1. Some physical and chemical properties of soil testing and available nutrient values

مواد خنثی‌شونده Inert material respondent (%)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dSm^{-1})	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
11.75	79.21	16.60	0.20	4.13	6.92	1.242	42	6	52

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام لوبیاچیتی تحت تیمار باکتری ریزوبیوم و نانوکامپوزیت آهن
Table 2. Analysis of variance (Mean squares) for yield and its components in wax bean cultivars under inoculated and non-inoculated with *Rhizobium* bacteria treated and nano-composite iron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	MS				
		تعدادکل غلاف Total number of pods	درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	عملکرد دانه Grain yield	وزن۱۰۰دانه 100 grains weight
تکرار (R)	2	0.25	0.56	0.010	15127.383	1.173
ژنوتیپ (v) Genotype	3	152.139**	17.791**	2.394**	8044942.834**	314.423**
باکتری (b) Bacteria	1	21.333**	60.301**	0.075**	567729.483**	15.008**
ژنوتیپ×باکتری (vb) Bacteria×Genotype	3	83.833**	8.804**	0.367**	3426952.236**	51.886**
نانوکامپوزیت (n) Nano composite	1	10.083**	0.563**	0.422**	11702456.514**	9.541*
ژنوتیپ×نانوکامپوزیت (vn) Nano composite×Genotype	3	18.472**	4.441**	0.094**	1795053.734**	14.661**
نانوکامپوزیت×باکتری (nb) Nano composite×bacteria	1	108.0**	0.563**	0.227**	1472090.147**	13.653**
ژنوتیپ×نانوکامپوزیت×باکتری (vbn) Genotype×Nano composite×bacteria	3	33.5**	3.379**	0.561**	370400.234**	3.963^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	30	0.517	0.024	0.016	21344.234	1.501
ضریب تغییرات CV		4.83%	0.96%	2.38%	4.33%	3.14%

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد
ns,* and **: Non significant ,significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی نشان داد ژنوتیپ تلاش با ۱۸غلاف و پس از آن ژنوتیپ خمین با ۱۷/۹۲غلاف بیشترین تعداد کل غلاف را دارا بودند (جدول ۳). در تجزیه واریانس اثرات متقابل نیز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد از نظر تعداد کل غلاف مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین نشان داد که در اثر متقابل ژنوتیپ در تلقیح باکتری ریزوبیوم به‌طور میانگین ژنوتیپ تلاش در عدم‌تلقیح با باکتری با ۲۲/۱۷غلاف بیشترین و ژنوتیپ محلی گیلان در عدم‌تلقیح با باکتری با ۱۰/۳۳غلاف و پس از آن ژنوتیپ صدری در عدم‌تلقیح با ۱۰/۵غلاف، کمترین تعداد کل غلاف را به خود اختصاص دادند (جدول۴). همچنین در اثر متقابل نانوکامپوزیت آهن در چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی، ژنوتیپ تلاش در عدم محلول‌پاشی با ۱۹/۱۷غلاف و پس از آن ژنوتیپ خمین در محلول‌پاشی با ۱۸/۶۷غلاف، بیشترین و ژنوتیپ محلی در عدم محلول‌پاشی با ۱۰غلاف، کمترین تعداد غلاف را نشان دادند (جدول ۴). همچنین محلول‌پاشی نانوکامپوزیت موجب افزایش تعداد کل غلاف در ارقام محلی، خمین و صدری به نسبت عدم محلول‌پاشی گردید (جدول۴). مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ‌های لوبیا×باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت نشان داد که ژنوتیپ تلاش با عدم‌تلقیح و در عدم محلول‌پاشی با ۲۳/۶۷غلاف، بیشترین و ژنوتیپ محلی گیلان با تلقیح باکتری و در عدم محلول‌پاشی با ۷/۶۷غلاف، کمترین تعداد غلاف را دارا بودند (جدول۵). همچنین در ژنوتیپ‌های صدری، خمین و محلی، اثر متقابل کود باکتری و نانوکامپوزیت موجب افزایش تعداد کل

غلاف شد (جدول۵). وجود تفاوت معنی‌دار در سطح یک‌درصد بین ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی برای صفت تعداد غلاف در بوته، توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Taherkhani et al., 2007; Bayat et al., 2010). اختلاف تعداد غلاف در بوته در ارقام کشت‌شده می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی در توانایی جذب عناصر و پتانسیل تولید ارقام مختلف تحت تأثیر عناصر غذایی متفاوت باشد (Mostafavi Rad et al., 2008). همچنین محققان بیان داشته‌اند که ژنوتیپ تلاش نسبت به ژنوتیپ خمین تعداد بیشتری غلاف در بوته ایجاد کرده و در صورت داشتن شرایط مطلوب، از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار است. مقاومت به خشکی به‌عنوان توانایی تولید بیشتر در ژنوتیپ خمین نسبت به سایر ژنوتیپ‌های کشت‌شده دراین آزمایش، بیشتر است (Parsa & Bagheri, 2008). این نتایج مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق و مطالعات سایر محققان می‌باشد (Pyrbluty & Golparvar, 2005). مطابق نظریه محققان، ژنوتیپ گیاه، فاکتورهای محیطی و طبیعت سویه رقیب روی موفقیت سویه تلقیح‌شده در تشکیل گره باکتری، اثرگذار است (Parsa & Bagheri, 2008) که خود می‌تواند موجب افزایش و یا کاهش تولید محصول در ژنوتیپ‌های مختلف گردد. در مطالعه مشابهی که توسط سایر محققان بر روی تأثیر ارقام سویا و سویه‌های باکتری انجام شد، اثرات متقابل معنی‌داری در خصوص صفت تعداد غلاف در گیاه ملاحظه گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین غلاف در رقم زراعی سویا با تلقیح سویه باکتری با ۴۲غلاف در گیاه به‌دست آمد (Vaselas & Nelsun, 1992). در آزمایشاتی که روی ارقام لوبیا تلقیح‌شده توسط باکتری لوبیا *(Rhizobium phaseoli)* انجام شد، ارقام لوبیا با تلقیح باکتری، تعداد غلاف بیشتری را نسبت به شاهد بدون تلقیح دارا بودند (Rodriguez Navarro & Santamarya,1999; Pyrbluty & Golparvar, 2005). محققان در آزمایش مزرعه‌ای بر روی اثر سم تولیدشده از باکتری‌های گروه ریزوبیوم ژاپونیکوم، به این نتیجه رسیدند که بعضی از انواع باکتری، میزان سمی‌که تولید می‌کنند، بر روی فعالیت گیاه اثر دارد و علاوه بر کاهش محصول دانه، تعداد غلاف در بوته را کاهش می‌دهد (Vaselas & Foherman, 1992).این نتیجه می‌تواند علت کاهش تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های تلاش و خمین پس از تلقیح باکتری باشد. با کاربرد برخی عناصر کم‌مصرف همانند روی و آهن که برای رشد گیاه ضروری هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیک دخالت دارند، می‌توان توازن عناصر غذایی در گیاه و در نهایت افزایش کیفیت و کمیت محصول را به‌دست آورد. محققان در گیاه سویا مشاهده کردند در شرایطی که خاک مزرعه دارای کمبود عناصر ریزمغذّی باشد، عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته با محلول‌پاشی آهن افزایش پیدا کرده ولی معنی‌دار نمی‌گردد (Mosevand *et al*., 2010) که با نتایج به‌دست‌آمده در ژنوتیپ تلاش، مغایر است.

درصد پروتئین دانه

تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک‌درصد از نظر درصد پروتئین دانه نشان داد (جدول۲). آزمون مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ محلی با ۱۷/۴۷درصد، بیشترین درصد پروتئین دانه را به خود اختصاص داد، درحالی‌که ژنوتیپ تلاش با میانگین ۱۴/۸۶درصد کمترین درصد پروتئین دانه را نشان داد (جدول۳). تجزیه واریانس نشان داد که درصد پروتئین دانه اختلاف معنی‌داری را در حضور و عدم حضور باکتری ریزوبیوم داراست (جدول۲). مقایسه میانگین همچنین نشان داد که در استفاده از باکتری و عدم استفاده از آن از نظر میانگین درصد پروتئین دانه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد و تلقیح با باکتری موجب افزایش پروتئین دانه با مقدار ۱۷/۴۰درصد گردید (جدول۳). تجزیه واریانس نشان داد استفاده و عدم استفاده از نانوکود آهن موجب اختلاف معنی‌دار در درصد پروتئین دانه گردید (جدول۲). مقایسه میانگین نیز نشان داد استفاده از نانوکود آهن موجب اختلاف معنی‌دار با عدم استفاده از نانوکود شده و افزایش درصد پروتئین دانه با مقدار ۱۶/۳۹درصد را موجب شد (جدول۳). در کلیه اثرات متقابل، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد مشاهده شد (جدول۲).

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ با باکتری نشان داد ژنوتیپ صدری با تلقیح با باکتری، بیشترین درصد پروتئین دانه را با ۱۹/۱۷درصد دارا بود و ژنوتیپ خمین با عدم‌تلقیح با ۱۴/۱۵درصد، دارای کمترین درصد پروتئین دانه گردید (جدول۴).

در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ با نانوکود آهن مشاهده گردید ژنوتیپ محلی با عدم محلول‌پاشی با ۱۸/۱۲درصد و پس از آن ژنوتیپ صدری با محلول‌پاشی با ۱۷/۹۳درصد، بیشترین درصد پروتئین دانه را دارا بودند؛ درحالی‌که ژنوتیپ تلاش در عدم محلول‌پاشی با مقدار ۱۴/۶۷درصد، کمترین درصد پروتئین دانه را دارا بود (جدول۴). در بررسی برهمکنش باکتری ریزوبیوم و نانوکود آلی آهن، تلقیح با باکتری و محلول‌پاشی و نیز تلقیح با باکتری و عدم محلول‌پاشی، بیشترین درصد پروتئین دانه با مقدار ۱۷/۴۰درصد را نشان داد. عدم‌تلقیح با باکتری در عدم محلول‌پاشی موجب کمترین درصد پروتئین دانه با مقدار ۱۴/۹۴درصد شد (جدول۴).

بررسی برهمکنش ژنوتیپ لوبیا×باکتری×نانوکود، بیشترین درصد پروتئین دانه در ژنوتیپ صدری درتلقیح با باکتری و محلول‌پاشی با ۱۹/۶۰ درصد و پس از آن در ژنوتیپ محلی با تلقیح

با باکتری و عدم محلول‌پاشی با ۱۹/۴۷درصد مشاهده گردید؛ درحالی‌که ژنوتیپ خمین در عدم‌تلقیح و محلول‌پاشی با ۱۳/۶درصد و ژنوتیپ صدری در عدم‌تلقیح و عدم محلول‌پاشی با ۱۴/۵۳درصد، کمترین درصد پروتئین دانه را نشان دادند (جدول۵). محققان دریافتند در تلقیح بذور باقلا با باکتری و نیز تلقیح بذور لوبیا، میزان پروتئین دانه افزایش یافت و کمترین میزان پروتئین به تیمار شاهد (بدون تلقیح) مربوط بود (Babekr *et al.*, 1995; Taherkhani *et al.*, 2009; Pyrbluty & Golparvar, 2005). در تحقیق کاربرد خاکی و برگی عنصر آهن بر گیاه گلرنگ نیز کاربرد کلات آهن موجب افزایش پروتئین محلول برگ گلرنگ شد (Fathi Amirkhiz *et al.*, 2011). همچنین محققان بیان کردند درصد پروتئین، بستگی به تغذیه گیاه دارد و تحت تأثیر تیمارهای کود آهن قرار می‌گیرد (Mosevand *et al.*, 2010). همچنین Sindahu & Tiwari (1996) گزارش نمودند که محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و مس موجب افزایش میزان پروتئین در پیاز گردید. Marschner (1995) نیز گزارش کرده است در اثر کمبود روی، فعالیت آنزیمRNA کاهش یافته و در نتیجه پروتئین دانه تقلیل می‌یابد. کمبود روی در گیاه زراعی، در انجام وظایف طبیعی گیاه در برخی مسیرهای فیزیولوژیک، اختلال ایجاد می‌کند. این مسیرها نقش مهمی در سنتز پروتئین نیز دارند (Khavari *et al.*, 2011)؛ از این طریق ممکن است باعث افزایش مقدار و درصد پروتئین گردد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در اثرات اصلی

Table 3. Comparison of yield and yield components of main effects

		تعداد کل غلاف Total number of pods	درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	تعداد دانه در غلاف the number of grains per pod	عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	وزن۱۰۰دانه 100 grains weight (g)
نانوکامپوزیت Nano composite	n_1	14.42 b	16.17 b	5.15 b	2883 b	39.49 a
	n_2	15.33 a	16.39 a	5.34 a	3870 a	38.60 a
باکتری Bacteria	b_1	15.54 a	15.16 b	5.21 a	3268 b	38.49 b
	b_2	14.21 b	17.40 a	5.29 a	3485 a	39.60 a
لوبیاچیتی Wax bean	v_1	11.75 b	15.69 c	5.63 a	3304 b	43.10 a
	v_2	18 a	14.86 d	4.80 b	3196 b	32.03 c
	v_3	18 a	17.10 b	5.63 a	4489 a	42.60 a
	v_4	11.83 b	17.47 a	4.90 b	2518 c	38.44 b

n_1: عدم محلول‌پاشی؛ n_2: محلول‌پاشی؛ b_1: عدم‌تلقیح باکتری؛ b_2: تلقیح باکتری، v_1: ژنوتیپ صدری؛ v_2: ژنوتیپ تلاش؛ v_3: ژنوتیپ خمین؛ v_4: ژنوتیپ محلی گیلان

n_1: lack spraying; n_2: spraying; b_1: non-insemination of bacteria; b_2: insemination of bacteria; v_1: Sadri varieties; v_2: Talash Genotype; v_3: Khomean Genotype; v_4: Local Genotype of Guilan

داده‌ها متوسط سه تکرار می‌باشند. در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Data are mean of three replicates. Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different.

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی در سطح احتمال یک‌درصد، تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی در تعداد دانه در غلاف نشان داد که ژنوتیپ صدری با ۵/۶۳ و ژنوتیپ خمین با ۵/۶۳، بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشتند (جدول۳). در تلقیح و عدم‌تلقیح باکتری، در تعداد دانه در غلاف، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد مشاهده شد (جدول۲). در محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نانوکامپوزیت، در سطح احتمال یک‌درصد، اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف مشاهده شد (جدول۲) و اثر متقابل باکتری ریزوبیوم×ژنوتیپ‌های لوبیا، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک‌درصد نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۵/۸ در ژنوتیپ خمین و تلقیح باکتری بوده و کمترین تعداد دانه در غلاف نیز با ۴/۶۷ در ژنوتیپ تلاش و تلقیح باکتری و ۴/۷ در ژنوتیپ محلی در عدم‌تلقیح مشاهده شد (جدول ۴). در اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×نانوکامپوزیت آهن، تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). در مقایسه میانگین محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی چهار ژنوتیپ کشت‌شده، بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۵/۷۳ در ژنوتیپ خمین در محلول‌پاشی نانوکامپوزیت و کمترین تعداد دانه در غلاف با ۴/۶۷ در ژنوتیپ تلاش و بدون محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین، محلول‌پاشی ژنوتیپ‌های تلاش، خمین و محلی نشان داد که محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن در مقایسه با عدم محلول‌پاشی موجب افزایش تعداد دانه در غلاف شد (جدول ۳). در اثر متقابل باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت آهن در سطح احتمال یک‌درصد، اختلاف معنی‌دار در تعداد دانه در غلاف مشاهده شد (جدول ۲).

در مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری با نانوکامپوزیت، بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۵/۴۵ در تلقیح باکتری هنگام محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف در اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیا×باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت، در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیا×باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت، بیشترین تعداد دانه در غلاف، در ژنوتیپ خمین و تلقیح باکتری و محلول‌پاشی با ۵/۸۶۷دانه و کمترین تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ محلی و عدم‌تلقیح باکتری و محلول‌پاشی با ۴/۴۷دانه و ژنوتیپ تلاش با تلقیح باکتری و در عدم محلول‌پاشی با ۴/۵۳دانه به‌دست آمد (جدول ۵). در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف، باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود؛ زیرا در یک ژنوتیپ معین، تعداد سلول‌های تخم در هم تخمدان‌ها تقریباً برابر است (Koocheki &Banayane Avval, 1994). بنابراین تعداد دانه در غلاف و کاهش تعداد دانه در شرایط متفاوت، اثر مشابه تعداد غلاف در بوته در نوسانات عملکرد را ندارد (Bayat *et al*., 2010). نتایج سایر محققان نشان می‌دهد چنانچه بوته لوبیا تعداد زیادی غلاف تولید نماید، تعداد دانه در هر غلاف کاهش می‌یابد (Bennet *et al*., 1977). در برخی تحقیقات، یک رابطهٔ معکوس بین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف مشاهده شده است و این موضوع، نشان‌دهندهٔ اثرات جبرانی اجزای عملکرد بر روی یکدیگر می‌باشد (Bayat *et al*., 2010).

وزن۱۰۰دانه

چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد از نظر وزن۱۰۰دانه نشان دادند (جدول ۲). در مقایسه چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی، مشاهده شد که ژنوتیپ صدری با ۴۳/۱۰ و ژنوتیپ خمین با ۴۲/۶۰گرم، بیشترین و ژنوتیپ تلاش با ۳۲/۰۳گرم، کمترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند (جدول۳). در تلقیح و عدم‌تلقیح باکتری، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد مشاهده شد (جدول۲). تلقیح باکتری موجب افزایش وزن۱۰۰دانه نسبت به عدم‌تلقیح با باکتری شد (جدول۳). در محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد در مقایسه با عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول۲). در برهمکنش ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×باکتری ریزوبیوم و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×نانوکامپوزیت آهن، وزن۱۰۰دانه تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک‌درصد نشان داد (جدول۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل لوبیا با باکتری، مشاهده شد که ژنوتیپ صدری و عدم‌تلقیح باکتری با ۴۳/۳۳گرم و ژنوتیپ خمین با تلقیح باکتری با ۴۲/۹۶گرم و ژنوتیپ صدری با تلقیح باکتری با ۴۲/۸۷گرم، بیشترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند و کمترین وزن۱۰۰دانه نیز در ژنوتیپ تلاش و تلقیح باکتری با ۳۰/۶۶گرم مشاهده شد (جدول ۴). در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیا و نانوکامپوزیت آهن، بیشترین وزن۱۰۰دانه در ژنوتیپ صدری و عدم محلول‌پاشی نانوکامپوزیت با ۴۳/۸گرم و ژنوتیپ خمین با عدم محلول‌پاشی با ۴۳/۳۱گرم دیده شد و کمترین وزن۱۰۰دانه نیز در ژنوتیپ تلاش و محلول‌پاشی نانوکامپوزیت با ۳۰/۵۵گرم مشاهده گردید (جدول۴). همچنین وزن۱۰۰دانه، در اثر متقابل باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت آهن در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و نانوکامپوزیت آهن نشان داد که تلقیح باکتری با عدم محلول‌پاشی با ۴۰/۵۸گرم دارای بیشترین وزن۱۰۰دانه بود (جدول۴). در اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیا×باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). تلقیح باقلا با ریزوبیوم هم‌زیست آن در سودان نشان داد که وزن۱۰۰دانه باقلا به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت (Elsheikh & Elzidany, 1997). برخی محققان تنوع موجود در بین ارقام از لحاظ وزن۱۰۰۰دانه را مربوط به اختلاف ژنتیکی ارقام در طول دورهٔ پُرشدن دانه از زمان گلدهی تا رسیدگی دانه می‌دانند (Ghasemi Pirbalouti *et al*., 2002).

عملکرد دانه

عملکرد دانه در چهار ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی کشت‌شده نشان داد که ژنوتیپ خمین با ۴۴۸۹کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیپ محلی با ۲۵۱۸کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول۳). در تلقیح و عدم‌تلقیح باکتری ریزوبیوم، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد نشان داده شد (جدول۲). تلقیح باکتری موجب افزایش عملکرد دانه گردید (جدول۳). همچنین، در اثر متقابل باکتری ریزوبیوم×ژنوتیپ‌های لوبیا، عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک‌درصد نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×باکتری ریزوبیوم، نشان داد که ژنوتیپ خمین با تلقیح باکتری با ۵۵۲۴کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیپ محلی گیلان در عدم‌تلقیح باکتری با ۲۰۸۸کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول۴). همچنین در محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نانوکامپوزیت، عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانوکامپوزیت در مقایسه با عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی نانوکامپوزیت موجب افزایش عملکرد دانه گردید (جدول۳).

جدول۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در اثرات متقابل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تحت تلقیح با باکتری ریزوبیوم و محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن

Table 4. Mean Comparison for yield and yield components in wax bean cultivars under inoculated with *Rhizobium* bacteria and spraying and not spraying nano-composite iron

	تعداد کل غلاف Total number of pods	درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	تعداد دانه در غلاف the number of grains per pod	عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	وزن۱۰۰دانه 100 grains weight (g)
باکتری×ژنوتیپ Bacteria×Genotype					
v_1b_1	10.5 e	15.03 e	5.7 ab	2913 e	43.33 a
v_1b_2	13 d	19.17 a	5.567 ab	3696 b	42.87 a
v_2b_1	22.17 a	14.73 f	4.97 c	3077 de	33.41 b
v_2b_2	13.83 d	14.98 ef	4.67 d	3314 cd	30.66 c
v_3b_1	19.17 b	14.15 g	5.47 ab	3453 bc	42.25 a
v_3b_2	16.67 c	17.23 c	5.8 a	5524 a	42.96 a
v_4b_1	10.33 e	16.72 d	4.7 d	2088 f	34.96 b
v_4b_2	13.33 d	18.22 b	5.117 c	2948 e	41.93 a
نانوکامپوزیت×ژنوتیپ nano composite×Genotype					
v_1n_1	11.33 de	16.27 c	5.667 a	3056 c	43.80 a
$v1n_2$	12.17 d	17.93 a	5.60 a	3553 b	42.40 a
v_2n_1	19.17 a	14.67 f	4.667 d	3808 b	33.52 c
v_2n_2	16.83 b	15.05 e	4.967 bc	2583 d	30.55 d
v_3n_1	17.17 b	15.63 d	5.533 a	4361 a	43.31 a
v_3n_2	18.67 a	15.75d	5.733 a	4616 a	41.89 a
v_4n_1	10.00 e	18.12 a	4.750 cd	1847 e	37.33 b
v_4n_2	13.67 c	16.82 b	5.067 b	3190 c	39.56 b
نانوکامپوزیت×باکتری nano composite×Bacteria					
b_1n_1	16.58 a	14.94 c	5.18 b	2949 c	38.40 b
b_1n_2	14.5 b	15.38 b	5.23 b	3587 b	38.57 b
b_2n_1	12.25 c	17.40 a	5.12 b	2817 c	40.58 a
b_2n_2	16.17 a	17.40 a	5.45 a	4154 a	38.63 b

n_1: عدم محلول‌پاشی؛ n_2: محلول‌پاشی؛ b_1: عدم‌تلقیح باکتری؛ b_2: تلقیح باکتری، v_1: ژنوتیپ صدری؛ v_2: ژنوتیپ تلاش؛ v_3: ژنوتیپ خمین؛ v_4: ژنوتیپ محلی گیلان

n_1: lack spraying; n_2: spraying; b_1: non-insemination of bacteria; b_2: insemination of bacteria; v_1: Sadri varieties; v_2: Talash Genotype; v_3: Khomean Genotype; v_4: Local Genotype of Guilan

داده‌ها متوسط سه تکرار می‌باشند. در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Data are mean of three replicates. Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different.

در اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×نانوکامپوزیت آهن، عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار نشان داده شد (جدول ۲). در برهمکنش ژنوتیپ‌های لوبیا×نانوکامپوزیت، ژنوتیپ خمین در استفاده از کود نانو با مقدار ۴۶۱۶کیلوگرم در هکتار و پس از آن ژنوتیپ خمین و عدم محلول‌پاشی با ۴۳۶۱کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را نشان دادند و ژنوتیپ محلی گیلان و عدم استفاده از کود نانوکامپوزیت با ۱۸۴۷کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را نشان داد (جدول ۴). همچنین اثر متقابل باکتری ریزوبیوم×نانوکامپوزیت در عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). تلقیح باکتری با محلول‌پاشی با ۴۱۵۴کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد. تلقیح باکتری بدون محلول‌پاشی با۲۸۱۷کیلوگرم در هکتار و عدم‌تلقیح و عدم محلول‌پاشی با ۲۹۴۹کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد (جدول۴). اثر متقابل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×نانوکامپوزیت×باکتری ریزوبیوم، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک‌درصد نشان داد (جدول ۲). در مقایسه میانگین برهمکنش سه عامل ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی×باکتری ریزوبیوم×محلول‌پاشی نانوکامپوزیت، بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ خمین با تلقیح باکتری و محلول‌پاشی با ۵۷۵۹کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. ژنوتیپ محلی و عدم‌تلقیح و محلول‌پاشی با ۱۸۳۹کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ محلی با عدم‌تلقیح و عدم محلول‌پاشی با ۱۸۵۴کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را نشان داد (جدول ۵). کاهش اجزای عملکرد می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه گردیده باشد. بنا بر اعتقاد برخی از محققان، در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته از مهم‌ترین صفات در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (Khoshvaghti, 2006). برخی محققان عنوان کردند که فرایند

تثبیت نیتروژن در گیاهان لگوم از جمله لوبیا به واریته، سویه باکتری همزیست و عوامل محیطی و نوع خاک بستگی دارد (Wood *et al.*, 2006). همچنین محققان دریافتند اگرچه تلقیح لوبیا با باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن می‌تواند باعث بهبود شرایط ریزوسفری برای جذب سایر عناصر علاوه بر تثبیت نیتروژن گردد، اما ارقام مختلف لوبیا و سوش‌های مختلف باکتری، اثرات متفاوتی را از خود در این زمینه برجای می‌گذارند (Mehrpoyan *et al.*, 2010).

جدول۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی درتلقیح و عدم‌تلقیح باکتری ریزوبیوم و محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن

Table 5. Mean comparison for yield and yield components in wax bean cultivars under inoculated and non-inoculated with *Rhizobium* bacteria and spraying and not spraying nano-composite iron

اثر متقابل Interaction	تعداد کل غلاف Total number of pods	درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	عملکرد دانه Grain yield (kg/h)
v1b1n1	10.33 fg	13.8 h	5.667 abc	2731 ghi
v1b1n2	10.67 f	16.27 e	5.733 ab	3381 ef
v1b2n1	12.33 ef	18.73 b	5.667 abc	3095 fg
v1b2n2	13.67 de	19.60 a	5.467 bcd	4011 c
v2b1n1	23.67 a	14.5 g	4.800 efg	3779 cde
v2b1n2	20.67 b	14.97 fg	5.133 de	3837 cd
v2b2n1	14.67 d	14.83 fg	4.533 g	2376 hi
v2b2n2	13.00de	15.13 f	4.800 efg	2791 gh
v3b1n1	20.00bc	14.7 fg	5.333 cd	3433 def
v3b1n2	18.33 c	13.60 h	5.60 abc	5289 b
v3b2n1	14.33 de	16.57 de	5.733 ab	3474 def
v3b2n2	19.00 bc	17.9 c	5.867 a	5759 a
v4b1n1	12.33 ef	16.77 d	4.933 ef	1854 j
v4b1n2	8.333 gh	16.67 de	4.467 g	1839 j
v4b2n1	7.667 h	19.47 a	4.567 fg	2322 i
v4b2n2	19.00 bc	16.97 d	5.667 abc	4057 c

n_1: عدم محلول‌پاشی؛ n_2: محلول‌پاشی؛ b_1: عدم‌تلقیح باکتری؛ b_2: تلقیح باکتری، v_1: ژنوتیپ صدری؛ v_2: ژنوتیپ تلاش؛ v_3:ژنوتیپ خمین؛ v_4: ژنوتیپ محلی گیلان

n_1: lack spraying; n_2: spraying; b_1: non-insemination of bacteria; b_2: insemination of bacteria; v_1: Sadri varieties; v_2: Talash Genotype; v_3: Khomean Genotype; v_4: Local Genotype of Guilan

داده‌ها متوسط سه تکرار می‌باشند. در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Data are mean of three replicates. Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly different.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مشاهده‌شده، محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن موجب افزایش عملکرد در ژنوتیپ‌های صدری، خمین و محلی گیلان گردید، اما در ژنوتیپ تلاش، این نتیجه عکس بود و کاهش عملکرد را نشان داد. تلقیح باکتری در چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی نیز موجب افزایش عملکرد گردید. با توجه به این نکته که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بستگی به منطقه دارد و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، تفاوت حاصل از عملکرد در برخی ژنوتیپ‌ها احتمالاً به‌دلیل تفاوت ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این پژوهش بوده و علت کاهش عملکرد در رقم تلاش می‌تواند عدم توانایی جذب آهن محلول‌پاشی‌شده بر برگ‌ها و یا بر روی خاک باشد؛ وضعیتی که ممکن است در برخی ژنوتیپ‌ها به‌علت تفاوت سازگاری ژنوتیپ‌ها به اقلیم منطقه روی دهد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان چهار ژنوتیپ لوبیاچیتی را با تلقیح باکتری ریزوبیوم در منطقه پیشنهاد نمود. در محلول‌پاشی نانوکامپوزیت آهن نیز کشت ژنوتیپ‌های صدری، خمین و محلی گیلان در منطقه مقرون‌به‌صرفه است.

منابع

1. Bayat A.A., Sepehri A., Ahmadvand, G., and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 12(1): 42- 54 (in Persian).
2. Bayvordi, A. 2006. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Paivar Press. Tabriz, Iran. 180 pp. (In Persian).
3. Bennet, J.P., Adams, M.W., and Burga, C. 1977. Pod yield component variation and intercorrelation in (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by planting density. Crop Sci. 17: 73-75.

4. Dagheghean, N., Habebe, D., Madani, H., and Sajedi, N.A. 2011. The best method and time-consuming bacteria growth stimulating effect on the absorption of nitrogen, phosphorus, potassium and seed yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal Research Eco-Physiology of Crops 3(1). (In Persian).
5. Dehyouri, S., and Hosseni, S.J. 2009. Effect of nano-technology production and acceptance of products based on sustainable agriculture from the perspective of agricultural researchers. Promote & Education Research of Agriculture. Second Year. No (3). (In Persian).
6. Dewal, G.S., and Pareek, R.G. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of Wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agronomy 49: 160-162.
7. Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehghi, M., Modaress Sanavi, S.A.M., and Heshmati, S. 2011. Foliar and soil application of element iron (Fe) on some biochemical properties of safflower (*Carthamus tinctorius*) under two irrigation regimes. Iranian Journal of Crop Science 42(3): 509-518. (In Persian).
8. Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A., and Corre^a, B. 2008. Influence of macro-and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production h important agronomic traits of Red bean by different analysis methods in stress water condition. Journal of Agric. Sci. Natur. Resour. 13(3), July-Aug., 2006.
9. Khodshenas. M.A., Dadivar, M., Asadi Rahmani, H., and Afshari, M. 2006. Evaluation of using *Rhizobium* inoculation in comparison with nitrogen fertilizer under bean cultivation at Markazi province. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 13(2). (In Persian).
10. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Persian).
11. Koocheki, A., and Banayane Avval, M. 1994. The Physiology of Crop Yield. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
12. Mehrpouyan, M., Noormohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Heidari Sharifabade, H., and Shirani Rad, A.H. 2011. Effect of some inoculants containing *Rhizobium legominosarum*; bv. *Phaseoli* on nutrients elements uptake in three cultivars of common bean. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 1-10. (In Persian).
13. Mosevand, M., Khorgamy, A., and Rafye, M. 2010. Effect of iron concentration on growth and yield components in different soybean genotypes. Journal of Crop Physiology. Islamic Azad University of Ahvaz. First Year, No. 4, p. 35-45. (In Persian).
14. Pang Tandost, M., Soroush Zade, A., and Ghanate, F. 2010. Effect of soil and foliar iron on some quality characteristics of peanut seed (*Arachis hypogeae* L.) in a calcareous soil. Plant Biology, Second Year, No. 5.
15. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. Mashhad University Jihad Press, First Edition.
16. Pyrbluty Ghassemi, A., and Golparvar, A.R. 2005. Review of some physiological and morphological traits in common bean cultivars University. The First National Pulses Symposium, Iran, Mashhad, 29-30 November, p. 111.
17. Shafe, L., Saffare, M., Emam, Y., and Mohamadenejad, G.H. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Seedlings and Seed Crops. 2(27): 235-246. (In Persian).
18. Taherkhani, M., Normohamadi, G.H., Mirhadi, M.J., Hedary, H., and Sheranirod, A.H. 2009. Effect of different strains of bacteria inoculation (*Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli) on nitrogen fixation in different varieties of beans. Journal of Modern Agriculture 5(14). (In Persian).
19. Taherkhani, M., Normohamadi,G.H., Mirhadi, M.J., and Alimohamadi, R. 2007. Investigate the potential of biological nitrogen fixation in bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) using three types of bacterial (*Rhizobium phaseoli*) inoculum containing nitrogen stabilizer. Journal of Modern Agriculture 3(7). (In Persian).
20. Yadegari, M., Akbari, Gh., Allah dudi, A., Daneshian, A., and Asadi Rahmani. E. 2004. Effects of inoculation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) with different strains of bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*) on nodulation and nitrogen fixation. Journal of Agricultural Science 6(1).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 111-120

The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with Rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan

Jahanara[1*], F., Sadeghi[2], S.M. & Ashouri[2], M.

1. MSc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2. Contributions from Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Received: 1 September 2012
Accepted: 26 November 2013

Abstract

Aimed at reducing the consumption of chemical fertilizers on crop production and according to important role of micro-nutrients such as iron, on increase performance of these products, Nanocomposites effect of iron on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with Rhizobium bacteria during experimental factorial randomized complete block design with three replications was conducted on 2011 in the Siahkal city. Factors examined include iron nano-composite (non-spraying and spraying), bacteria nitrogen stabilizer (inoculated and non-inoculated) and four genotypes wax bean (Sadri, Talash, Khomein and local Gilan), respectively. Analysis of variance for grain yield showed significant differences among genotypes. Comparing the results showed that the interaction of three factors, figure with bacteria and nano-composite, figure Khomein inoculated with bacteria and sprayed with 5.75 tons per hectare grain yield is the maximum amount to be allocated. Khomein genotype spraying of iron nanocomposite with 5.73 showed the highest number of seeds per pod. In the interaction genotypes and inoculation of bacteria, Khomein genotype with bacterial inoculation with 5.8 showed the highest number of seeds per pod. Also in the genotypes interaction with bacteria inoculation and spray with nanocomposites, Khomein genotype inoculation with bacteria and spraying nanocomposite produced the highest seed in pods with 5.87 was. According to the results mentioned the region experiments, sprayed nanocomposite iron and inoculation with Rhizobium bacteria is increased seeds per pod and seed yield.

Key words: Iron, Nano fertilizer, Rhizobium, Wax bean

* **Corresponding Author:** arafry@yahoo.com, Mobile: 09352236831

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۳۲-۱۲۱، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 121-132

بررسی اثرات بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش‌های فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک بر رشد حبوبات در شرایط گلخانه

ابراهیم ایزدی دربندی[1*] و مسعود آزاد[2]

۱ و ۲- به‌ترتیب، دانشیار و دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی حساسیت گیاهان زراعی نخود، عدس، لوبیا، گندم، جو و کلزا به بقایای علف‌کش‌های فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل علف‌کش‌های مختلف (ریم‌سولفورون، فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون)، غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده علف‌کش‌ها در خاک (صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۹ و ۱/۳میکروگرم در کیلوگرم خاک برای ریم‌سولفورون، صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰میکروگرم در کیلوگرم خاک برای فورام‌سولفورون و صفر، ۹، ۱۸، ۳۶، ۷۲ و ۱۰۸میکروگرم در کیلوگرم خاک برای نیکوسولفورون که به‌ترتیب شامل صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد مقدار توصیه‌شده هر علف‌کش هستند) و گیاهان زراعی (نخود، عدس، لوبیا، گندم، جو و کلزا) بودند. جهت تحلیل نتایج آزمایش، ۳۰روز پس از سبزشدن گیاهان، درصد بقاء و زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشهٔ آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که درصد بقاء و زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان مورد مطالعه تحت تأثیر معنی‌دار بقایای فورام‌سولفوران، ریم‌سولفوران و نیکوسولفوران قرار گرفت. با افزایش غلظت فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک، صفات مذکور در تمام گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش غلظت ریم‌سولفورون در خاک، صفات مذکور فقط در کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بر اساس شاخص ED_{50}، لوبیا (۹۹/۰۵ و ۳۴/۶۵میکروگرم در کیلوگرم خاک به‌ترتیب در علف‌کش‌های فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون) و جو (۰/۰۷ و ۰/۰۰۳میکروگرم در کیلوگرم خاک به‌ترتیب در علف‌کش‌های فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون)، به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین گیاهان زراعی به بقایای فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون بودند. از سوی دیگر، بر اساس شاخص ED_{50}، جو (۲۱۶/۰۲میکروگرم در کیلوگرم خاک) و کلزا (۲/۲۹میکروگرم در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین گیاهان زراعی به بقایای ریم‌سولفورون بودند.

واژه‌های کلیدی: باقیمانده علف‌کش، تناوب زراعی، علف‌کش‌های سولفونیل اوره

مقدمه

علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره، از بازدارندگان عمل آنزیم استولاکتات سینتاز هستند که به‌طور گسترده‌ای برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های‌هرز گیاهان زراعی پهن‌برگ و باریک‌برگ استفاده می‌شوند (Halloway *et al*, 2006). کنترل مطلوب علف‌های‌هرز، مقدار مصرف کم و سمیت اندک آنها برای پستانداران از مهم‌ترین عوامل افزایش روزافزون کاربرد آنها می‌باشد (Hadizadeh, 2010; Brandenberger *et al*., 2007). با وجود این، این گروه از علف‌کش‌ها از فعالیت خاکی و ماندگاری نسبتاً بالایی در خاک برخوردار هستند (Robinson *et al*., 2006; Secor, 1994; Moyer & Hamman, 2001) به‌طوری‌که برخی از علف‌کش‌های این گروه، حتی بیش از یک فصل زراعی بقای خود را در خاک حفظ کرده و به گیاهان زراعی حساس موجود در تناوب‌های بعدی صدمه وارد می‌کنند (Moyer & Hamman, 2001; Rauch *et al*., 2007; Minton *et al*., 2008; Seifert *et al*., 2001). ازاین‌رو، ماندگاری این علف‌کش‌ها در خاک و خسارت بقایای آنها به گیاهان زراعی در تناوب، گزینه‌های تناوب و انتخاب علف‌کش را محدود می‌سازد و توجه به این مهم، در طراحی و اجرای برنامه‌های تناوب زراعی مهم و قابل توجه می‌باشد (Rauch *et al*., 2007; Porterfield & Wilcut, 2003). اثرات سوء بقایای این علف‌کش‌ها بر سایر گیاهان زراعی به عوامل متعددی از جمله نوع گیاه زراعی، علف‌کش

* **نویسنده مسئول:** مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، همراه: ۰۹۱۵۳۲۱۶۲۳۷، e-izadi@um.ac.ir

به‌کاربرده‌شده، ویژگی‌های خاک، نوع شخم و اقلیم بستگی دارد (Greenland, 2003). گزارش‌های متعددی در ارتباط با حساسیت برخی از گیاهان زراعی به بقایای علف‌کش‌های مذکور در خاک ارائه شده است. در آزمایش زیست‌سنجی که به‌منظور ارزیابی تحمل گیاهان مختلف به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل اوره انجام شد، نتایج نشان دادند که آفتابگردان نسبت به عدس و شلغم، از حساسیت بیشتری به بقایای این علف‌کش‌ها برخوردار است (Gunther *et al*., 1993). در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شده است که پنبه، برنج، سویا و سورگوم باید ۱۴هفته بعد از کاربرد نیکوسولفورون کشت شوند تا از خسارت بقایای این علف‌کش ایمن بمانند (Johnson *et al*., 1993). در آزمایشی که به‌منظور زیست‌سنجی بقایای علف‌کش‌های آترازین، نیکوسولفورون، فورام‌سولفورون، نیکوسولفورون+ریم‌سولفورون، ریم‌سولفورون+فورام‌سولفورون با استفاده از گیاه شاخص شاهی انجام شد، نتایج نشان دادند که این گیاه کمترین میزان جوانه‌زنی و طول و وزن‌خشک شاخساره را در تیمار آترازین دارا بود و در بین علف‌کش‌های سولفونیل اوره، نیکوسولفورون بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن‌خشک شاخساره شاهی داشت (Ghassam *et al*., 2010). Kelley & Peeper (2003) گزارش کردند که عملکرد آفتاب‌گردان و سورگوم در اثر خسارت بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک، به‌ترتیب ۲۳ و ۱۵درصد کاهش یافت. در مطالعه‌ای که توسط Greenland (2003) در ارتباط با حساسیت کلم به بقایای نیکوسولفورون انجام شد، خسارت ۲۵ تا ۴۰درصدی به کلم ناشی از بقایای نیکوسولفورون گزارش شد. Brandenberger *et al*, (2007) در آزمایشی که به‌منظور بررسی حساسیت اسفناج، کلم بروکلی و گندم به بقایای علف‌کش‌های به‌کاررفته برای هندوانه انجام دادند، مشاهده کردند که کاربرد سولفنترازون به‌میزان ۲۲۴گرم در هکتار، سبزشدن اسفناج را به‌شدت کاهش داد. نامبردگان گزارش کردند که کاربرد سولفنترازون به‌میزان ۴۵۰گرم در هکتار، سبزشدن گندم را به‌شدت کاهش داد. Porterfield & Wilcut (2003) گزارش کردند که کاربرد علف‌کش CGA-362622 از گروه سولفونیل‌اوره ها با نام تجاری (Monument™ 75WG) به‌صورت قبل از سبزشدن به‌مقدار ۳/۷۵ و ۷/۵گرم در هکتار در پنبه، به‌ترتیب ۱۱ و ۱۶درصد خسارت به نخود کشت‌شده بعد از پنبه وارد کرد و کاربرد آن به‌صورت پس از سبزشدن در پنبه، به‌ترتیب ۶۳ و ۹۳درصد خسارت به نخود کشت‌شده بعد از پنبه وارد کرد. در مطالعه‌ای که توسط Halloway *et al*, (2006) در ارتباط با حساسیت نخود و عدس به بقایای کلروسولفورون، مت‌سولفورون و تریاسولفورون انجام شد، مشاهده شد که عدس نسبت به نخود به بقایای علف‌کش‌های مذکور، آسیب‌پذیرتر بود. نامبردگان همچنین گزارش کردند که در بین گیاهان کلزا، نخود، عدس و یونجه، کلزا حساس‌ترین گیاه به بقایای ایمازاتاپیر و مقاوم‌ترین گیاه به علف‌کش‌های کلروسولفورون و مت‌سولفورون بود.

فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون از مهم‌ترین علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره هستند که برای کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ و برخی پهن‌برگ‌ها در ذرت به‌کار می‌روند (Johnson *et al*., 1993; Ghassam *et al*., 2010; Secor, 1994; Robinson *et al*., 2006; Moyer & Hamman, 2001) و بقایای آنها در خاک ممکن است به گیاهان زراعی حاضر در تناوب آسیب وارد کند. لذا، این آزمایش با هدف بررسی پاسخ گیاهان مختلف زراعی، از جمله نخود، عدس و لوبیا به‌عنوان مهم‌ترین حبوبات کشت‌شده در تناوب با ذرت، به بقایای شبیه‌سازی‌شده علف‌کش‌های مذکور در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال۱۳۸۹ به‌منظور بررسی حساسیت برخی گیاهان زراعی به بقایای شبیه‌سازی‌شده علف‌کش‌های فورام‌سولفورون، ریم‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. شرایط دمایی گلخانه به‌ترتیب ۱۸ و ۲۴درجهٔ‌سانتی‌گراد روزانه-شبانه با شدت تشعشع ۵۷/۸کیلولوکس با طول‌روز ۱۱ساعت بود.

عوامل مورد بررسی در این آزمایش، شامل علف‌کش‌های مختلف در سه سطح به‌صورت ریم‌سولفورون (P ۲۵درصد)، فورام‌سولفورون (EC ۴۵درصد) و نیکوسولفورون (EC ۴۰درصد)، غلظت‌های مختلف علف‌کش‌ها در خاک در شش سطح شامل صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۹ و ۱/۳میکروگرم در کیلوگرم خاک ریم‌سولفورون؛ صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰میکروگرم در کیلوگرم خاک فورام‌سولفورون؛ صفر، ۹، ۱۸، ۳۶، ۷۲ و ۱۰۸میکروگرم در کیلوگرم خاک نیکوسولفورون که به‌ترتیب شامل صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰درصد مقدار توصیه‌شده هر علف‌کش (۴۰گرم در هکتار ریم‌سولفورون، ۲لیتر در هکتار فورام‌سولفورون و ۲لیتر در هکتار نیکوسولفورون) هستند و گیاهان زراعی در شش سطح (نخود، عدس، لوبیا، گندم، جو و کلزا) بودند. برای این منظور، مقادیر مورد نیاز از فرمولاسیون تجاری علف‌کش‌های فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون برای هر یک از سطوح درصد از مقدار توصیه‌شده هر علف‌کش محاسبه شد. مقادیر فوق از فرمولاسیون تجاری هر

علف‌کش برداشته و پس از انحلال در ۵۰سی‌سی آب برای اختلاط با خاک استفاده شد. به‌منظور اختلاط کامل علف‌کش‌ها با خاک، پس از محاسبه وزن خاک هر گلدان با قطر دهانهٔ ۱۲سانتی‌متر (به‌میزان ۵۷۲گرم)، به تعداد گلدان‌های هر تیمار، خاک مورد نظر به‌میزان تقریبی ۱۶کیلوگرم تهیه شد و برای سهولت و یکنواختی در اختلاط علف‌کش‌ها، ابتدا هر یک از محلول‌های تهیه‌شده به‌طور یکنواخت روی ۲کیلوگرم از خاک ریخته و پس از تبخیر آب، کاملاً با خاک مخلوط شد. سپس نمونهٔ ۲کیلوگرمی خاک هر غلظت علف‌کش با سایر خاک‌های هر تیمار مجدداً به‌طور یکنواخت مخلوط شد. در مورد ریم‌سولفورون، ابتدا محلول ۱۰۰۰قسمت در میلیون (محلول پایه) با استفاده از فرمولاسیون تجاری علف‌کش و با درنظرگرفتن درجهٔ خلوص آن، در آب‌مقطر تهیه و سپس با استفاده از محلول پایه، محلول ۱۰قسمت در میلیون، تهیه و از این محلول برای تهیه غلظت‌های موردنظر علف‌کش برای اختلاط با خاک استفاده شد. برای تهیه محلول‌های فوق از محلول پایه، از معادله۱ استفاده شد.

معادله۱: $N1V1=N2V2$

در این معادله N1، V1، N2 و V2 به‌ترتیب شامل محلول با غلظت معلوم، حجمی از محلول با غلظت معلوم، محلول با غلظت مجهول و حجم مشخصی از محلول با غلظت مجهول می‌باشند.

سپس مشابه دو علف‌کش قبل، به‌منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک، ابتدا۵۰میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های تهیه‌شده برای هر غلظت به‌طور یکنواخت روی ۲کیلوگرم از خاک آماده‌شده ریخته و پس از تبخیر کامل آب، باقیمانده علف‌کش با خاک مخلوط شد. سپس نمونه ۲کیلوگرمی خاک هر غلظت با سایر خاک‌های هر تیمار مجدداً به‌طور یکنواخت مخلوط شد. پس از آماده‌سازی، خاک‌های آلوده‌شده به علف‌کش‌ها به گلدان‌ها منتقل و بذرهای گیاهان زراعی به تعداد۱۰بذر در هر گلدان کشت شدند. برای ممانعت از آبشویی علف‌کش‌ها، گلدان‌ها در حدی آبیاری شدند که فاضلاب خروجی نداشته باشند و در طول رشد، گیاهان در حد ظرفیت‌زراعی مرطوب باشند. ۱۰روز پس از سبزشدن، گیاهان تنک و تراکم آنها به سه بوته در هر گلدان برای نخود و لوبیا و پنج بوته در هر گلدان برای عدس، گندم، جو و کلزا تنظیم شدند. ۳۰روز پس از سبزشدن، درصد بقای گیاهان هر گلدان تعیین شد. سپس گیاهان از محل طوقه برداشت و پس از خاک‌شویی، ریشه آنها به آزمایشگاه منتقل و پس از ۴۸ساعت قراردادن آنها در آونی با دمای۶۰درجهٔ‌سانتی‌گراد، با ترازوی دیجیتال دقت صدم توزین شدند (Szmigielski *et al.*, 2010). پس از ثبت داده‌های آزمایش، برای تجزیه آماری آنها از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C استفاده شد و مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح احتمال ۵درصد و بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل، با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش زیست‌تودهٔ تولیدشده گیاهان به معادله لجستیک چهار پارامتری استفاده شد (معادله۲) و غلظت لازم برای۵۰درصد کاهش زیست‌تودهٔ گیاهان زراعی(ED_{50}) محاسبه شد و در تحلیل نتایج آزمایش، به‌کار گرفته شدند (Santin-Montanya *et al.*, 2006).

معادله۲:

$$f(n,(b,c,d,e)) = c + \frac{d-c}{1+\exp\{b(\log(x)-\log(e))\}}$$

در این معادله، b شیب منحنی، c حد پایین منحنی پاسخ وقتی که بیشترین مقدار علف‌کش استفاده شد، e غلظتی از علف‌کش که سبب۵۰درصد کاهش در مقدار پاسخ می‌شود و d حد بالای منحنی پاسخ وقتی که میزان کاربرد علف‌کش صفر است. یادآوری می‌شود زمانی که در معادلهٔ چهار پارامتری، اثر متغیر c از نظر آماری معنی‌دار نبود، با حذف آن، از معادلهٔ سه‌پارامتری برای این منظور استفاده شد.

نتایج و بحث

باتوجه به نتایج آزمایش، بقایای علف‌کش‌های مورد مطالعه در خاک، بقاء و وزن‌خشک ریشه و ساقهٔ تمام گیاهان زراعی مورد مطالعه را به‌طور کاملاً معنی‌داری ($p\leq0.01$) کاهش داد (جدول۱). نتایج حاصل نشان دادند که با افزایش بقایای فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک، تأثیر آنها بر صفات مذکور افزایش یافت. از سوی دیگر، بقایای ریم‌سولفورون در خاک، هرچند تأثیری بر بقای گیاهان مورد مطالعه نداشتند، اما زیست‌تودهٔ خشک ریشه و اندام‌های هوایی را در گیاهان مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین حاصل از آنالیز واریانس داده‌های آزمایش، با توجه به روند تغییرات زیست‌تودهٔ اندام هوایی حبوبات در پاسخ به بقایای علف‌کش ریم‌سولفورون در خاک، تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد این حبوبات به بقایای ریم‌سولفورون در خاک مقاوم باشند. با وجود این، بر اساس پارامترهای برآوردشده توسط معادلات لجستیک سه و چهار پارامتری، لوبیا متحمل‌ترین و عدس، حساس‌ترین گیاهان به بقایای ریم‌سولفورون در خاک بودند، به‌طوری‌که به‌ترتیب کمترین (۰/۵۴) و بیشترین (۱۴/۴۷) شیب تغییرات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی را در پاسخ به افزایش باقیمانده ریم‌سولفورون در خاک داشتند (جدول ۳).

جدول۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات مربوط به درصد بقاء، وزن‌خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان زراعی به بقایای ریم‌سولفورون، فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون

Table 1. Source of variations, degree of freedom and mean of squares related to survival (%) and crops shoot and root dry matter (% of control) to rimsulfuron, foramsulfuron and nicosulfuron soil residual

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	درصد بقاء Survival	وزن‌خشک اندام‌های هوایی Root dry matter	وزن‌خشک ریشه Shoot dry matter
گیاه زراعی Crop (C)	5	11100.56**	5584.33**	11787.99**
علف‌کش Herbicide (H)	2	49972.78**	132928.22**	111976.63**
Herbicide concentration (HC)	5	17098.64**	35140.28**	32787.77**
C × H	10	2351.18**	2912.96**	2308.96**
C × HC	25	806.63**	394.68**	876.77**
H × HC	10	3572.39**	5449.07**	4683.93**
C × H× HC	50	349.56**	235.9**	270.46**
خطا Error	214	155.39	54.17	67.83
CV	-	16.72	14.95	15.83

** Significant in %1 level

جدول۲- مقایسه میانگین درصد بقاء، وزن‌خشک اندام‌های هوایی و ریشهٔ گیاهان زراعی در غلظت‌های مختلف ریم‌سولفوران

Table 2. Means comparisons of crops survival, shoots and root dry matter in different concentration of rimsulfuron in soil

Crop	Herbicide concentration (% of recommended dose)	Survival (%)	Root dry matter (% of control)	Shoot dry matter (% of control)
نخود Pea	0	100.00 a*	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	91.64 a-e	98.36 ab
	5	100.00 a	88.15 a-f	90.62 a-f
	10	100.00 a	87.16 a-f	91.14 a-f
	20	100.00 a	85.29 a-f	88.99 a-h
	30	100.00 a	72.81 ef	77.79 e-j
لوبیا Bean	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	97.02 a-c	97.79 ab
	5	100.00 a	95.29 a-d	97.09 a-c
	10	100.00 a	91.95 a-e	96.42 a-c
	20	100.00 a	91.43 a-e	95.94 a-d
	30	100.00 a	85.58 a-f	93.54 a-e
عدس Lentil	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	88.92 a-e	89.06 a-h
	5	100.00 a	87.27 a-f	83.41 a-j
	10	100.00 a	85.36 a-f	85.16 a-h
	20	100.00 a	85.64 a-f	81.96 b-j
	30	100.00 a	84.94 a-f	84.69 a-i
گندم Wheat	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	99.15 ab	98.39 ab
	5	100.00 a	98.10 a-c	97.06 a-c
	10	100.00 a	97.06 a-c	91.51 a-f
	20	100.00 a	97.15 a-c	89.89 a-h
	30	100.00 a	97.24 a-c	90.52 a-g
کلزا Rape	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	92.14 a-e	87.56 a-h
	5	100.00 a	84.20 c-f	91.94 a-f
	10	93.33 ab	73.62 fg	76.02 f-j
	20	80.00 a-d	63.38 gh	68.79 i-l
	30	66.67 c-f	61.21 gh	59.54 kl
جو Barley	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	85.91 a-f	80.93 c-j
	5	100.00 a	84.63 b-f	78.99 e-j
	10	100.00 a	84.71 b-f	79.16 e-j
	20	100.00 a	83.50 c-f	79.84 d-j
	30	100.00 a	81.67 d-f	79.86 d-j

*In each column valuse followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level.

در بین سایر گیاهان مورد مطالعه، کلزا حساس‌ترین آنها به بقایای ریم‌سولفورون بود، به‌طوری‌که به‌طور متوسط، بیشترین تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی تولیدی در غلظت‌های مختلف ریم‌سولفورون (۴۰درصد) (جدول۲) و بیشترین شیب تغییرات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی (۱/۱۷) (جدول۳) را در پاسخ به افزایش باقیماندهٔ علف‌کش ریم‌سولفورون در خاک داشت. در بین همهٔ گیاهان زراعی مورد مطالعه، تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی، فقط در نخود و کلزا در بالاترین و پایین‌ترین غلظت ریم‌سولفورون، معنی‌دار بود. با وجود این، بیشترین (۴۰درصد) و کمترین (۶درصد) تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی تولیدی در غلظت‌های مختلف ریم‌سولفورون، به‌ترتیب متعلق به کلزا و لوبیا بودند (جدول۲).

در بررسی روند تغییرات وزن‌خشک ریشه گیاهان مورد مطالعه، مشاهده شد که با افزایش باقیمانده ریم‌سولفورون در خاک، رشد زیست‌تودهٔ ریشه نیز مانند ساقه در همه گیاهان کاهش یافت و در بین گیاهان مورد بررسی، صفت مذکور فقط در کلزا و جو از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول۲). بر اساس نتایج، بیشترین کاهش وزن‌خشک ریشه در کلزا (۳۸/۷۹درصد) و کمترین کاهش وزن‌خشک ریشه، در گندم (۲/۷۶درصد) مشاهده شد. از آنجایی‌که ریشه نسبت به ساقه در معرض مستقیم بقایای علف‌کش قرار دارد، به‌نظر می‌رسد تأثیرپذیری آن نسبت به ساقه در پاسخ به بقایای علف‌کش، بیشتر باشد. از سوی دیگر، ازآنجاکه علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره علاوه بر ممانعت سنتز اسیدهای‌آمینه، تقسیم سلولی را نیز با اختلال مواجه می‌کنند (Secor, 1994)، به‌نظر می‌رسد از این طریق مانع از تقسیم سلولی و توسعه اندام‌های مرتبط با آنها، به‌ویژه ریشه می‌شوند. ازاین‌رو، به‌نظر می‌رسد تأثیر منفی علف‌کش‌های مذکور بر رشد و توسعه ریشه، به‌دلیل این مهم باشد که بر اساس نتایج آزمایش نیز مشاهده می‌شود که با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های مذکور، رشد ریشه در همهٔ گیاهان کاهش یافته است. بااین‌حال، بسته به نوع گیاه و علف‌کش، نتایج متفاوتی مشاهده شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بین حساسیت ریشه و ساقه گیاهان مورد مطالعه به بقایای ریم‌سولفورون، اختلاف وجود دارد و در گیاهان مختلف، پاسخ‌های متفاوتی مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل، در عدس، گندم، کلزا و جو، اندام‌های هوایی حساس‌تر و در لوبیا و نخود، ریشه به بقایای ریم‌سولفورون حساس‌تر بودند (جدول۲). در مطالعات مربوط به زیست‌سنجی باقیماندهٔ علف‌کش‌ها، رشد ریشه گیاهان محک از شاخص‌های مهم در ارزیابی حساسیت گونه‌ها به بقایای علف‌کش و تعیین بقایای احتمالی آنها به‌شمار می‌رود. Halloway (2006) در ارزیابی استفاده از زیست‌سنجی بقایای مت‌سولفورون با استفاده از گیاه عدس گزارش کرد که حساسیت رشد ریشه عدس به بقایای این علف‌کش، شاخص مطلوبی در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش مذکور است. مقایسه نتایج حاصل از تأثیر بقایای ریم‌سولفورون بردرصد بقای گیاهان مورد بررسی نشان داد که بین گیاهان، از نظردرصد بقاء، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲)، به‌طوری‌که‌درصد بقای لوبیا، نخود، عدس، گندم و جو، تحت تأثیر بقایای ریم‌سولفورون قرار نگرفت. اما درصد بقای کلزا در غلظت‌های بالاتر از ۰/۴میکروگرم در کیلوگرم، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و به ۶۶درصد رسید (جدول۲).

در بسیاری از مطالعات مربوط به آزمایشات زیست‌سنجی بقایای علف‌کش، شاخص ED_{50} برای زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی گیاه از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی حساسیت گیاهان به بقایای علف‌کش و طبقه‌بندی آنها بر این اساس می‌باشد (Santin-Montanya *et al*., 2006; Halloway *et al*., 2006). بر اساس نتایج این آزمایش، بیشترین و کمترین پارامتر ED_{50} برای زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی، به‌ترتیب در جو (۲۱۶میکروگرم در کیلوگرم خاک) و کلزا (۲/۲۹میکروگرم در کیلوگرم خاک) به‌دست آمد. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد در بین گیاهان مورد مطالعه، جو متحمل‌ترین و کلزا حساس‌ترین گیاهان به بقایای ریم‌سولفورون در خاک باشند و سایر گیاهان بر اساس شاخص مذکور به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند(جدول۳):

کلزا> عدس> نخود> لوبیا> گندم> جو

در بررسی‌های انجام‌شده در مورد حساسیت گیاهان زراعی به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در خاک، نتایج متناقضی گزارش شده است؛ از جمله این که سولفوسولفورون در مقادیر ۳۶ و ۷۵گرم ماده مؤثره در هکتار پس از ۱۲ماه از مصرف این علف‌کش، باعث کاهش ۳۱ تا ۷۳درصد عملکرد کلزا شد (Shin *et al*., 1998). Moyer *et al*, (1995) در مزارع تحت تیمار با علف‌کش مت‌سولفورون و تریاسولفورون، گزارش کردند که کلزا، عدس و نخود آسیب دیدند، درحالی‌که جو حساسیتی به بقایای علف‌کش مذکور نداشت.

جدول۳- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌تودهٔ خشک اندام‌های هوایی گیاهان به مدل سه و چهار پارامتری لجستیکی در غلظت‌های مختلف بقایای ریم‌سولفورون در خاک

Table 3. Parameters (±SE) estimated by 3 and 4 logistic parameter equations fitted to aboveground biomass in different concentration of rimsulfuron in soil

Crop	Equation	b	C	d	ED_{50} (μ kg^{-1} soil)
Bean	3 parameter	0.54 (0.85)	-	98.55 (2.53)	16.25 (5.67)*
Lentil	4 parameter	14.47 (6.89)	83.80 (1.46)	99.99 (2.93)	6.71 (3.02)
Pea	3 parameter	0.75 (0.34)	-	99.62 (3.14)	8.12 (7.05)
Barley	4 parameter	0.02 (0.12)	99.99 (3.17)	99.96 (3.08)	216.02 (39.4)
Rape	3 parameter	1.17 (0.21)	-	99.43 (4.36)	2.29 (0.66)
Wheat	4 parameter	0.83 (0.29)	90.12 (2.24)	99.39 (2.67)	63.34 (26.87)

(Standard error)*

بررسی نتایج حاصل از پاسخ گیاهان زراعی مورد مطالعه به بقایای علف‌کش فورام‌سولفورون در خاک نشان دادند که با افزایش غلظت علف‌کش فورام‌سولفورون از صفر به ۱۲۰میکروگرم در کیلوگرم خاک، زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی گیاهان مورد مطالعه کاهش معنی‌داری ($p\leq0.01$) داشت. در بین حبوبات مورد مطالعه، لوبیا با کمترین تلفات زیست‌توده (۵۹درصد)، متحمل‌ترین و نخود با بیشترین تلفات زیست‌توده (۱۰۰درصد)، حساس‌ترین گیاهان به بقایای این علف‌کش بودند (جدول۴). نتایج همچنین نشان دادند که بیشترین تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی سه گیاه گندم، جو و کلزا در بالاترین غلظت علف‌کش فورام‌سولفورون در خاک تقریباً ۱۰۰درصد برآوردشده است (جدول۴) و در بین گیاهان مذکور، اختلاف معنی‌داری در پاسخ به بقایای علف‌کش فورام‌سولفورون در خاک وجود نداشت و زیست‌تودهٔ آنها در غلظت‌های بالاتر از ۱۰میکروگرم در کیلوگرم خاک، بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت (۱۲۰میکروگرم در کیلوگرم خاک) تقریباً به صفر رسید (جدول ۴). به‌طورکلی، در بین گیاهان مورد بررسی هرچند بیشترین تلفات زیست‌تودهٔ تولیدی (۱۰۰درصد)، در غلظت‌های مختلف فورام‌سولفوران در نخود و کلزا مشاهده شد، اما با توجه به روند تغییرات زیست‌توده، به‌نظر می‌رسد کلزا حساسیت بیشتری به بقایای فورام‌سولفورون در خاک داشته باشد، به‌طوری‌که در پایین‌ترین غلظت فورام‌سولفوران (۱۰میکروگرم در خاک) بیشترین (۹۶/۲۸درصد) تلفات زیست‌توده را در بین تمام گیاهان مورد مطالعه داشت و در غلظت‌های بالاتر از۱۰میکروگرم در خاک، زیست‌تودهٔ تولیدی آن بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت به صفر رسید. بعد از کلزا، تلفات زیست‌تودهٔ جو (۹۵/۶۱درصد) و گندم (۹۱/۴۲درصد) در پایین‌ترین غلظت فورام‌سولفورون (۱۰میکروگرم در خاک) در رتبه‌های بعدی حساسیت به بقایای فورام‌سولفورون در خاک قرار گرفتند. از سوی دیگر در بین گیاهان مورد بررسی، کمترین تلفات زیست‌توده (۵۹درصد) در غلظت‌های مختلف فورام‌سولفورون در لوبیا مشاهده شد و با توجه به روند تغییرات زیست‌تودهٔ اندام هوایی آن به‌نظر می‌رسد لوبیا متحمل‌ترین گیاه به بقایای فورام‌سولفورون در خاک باشد. به این دلیل که در بالاترین غلظت فورام‌سولفورون (۱۲۰میکروگرم در خاک) کمترین (۵۹درصد) تلفات ماده خشک را داشت. در آزمایشی که به‌منظور ارزیابی پاسخ لوبیا به بقایای فورام‌سولفورون به‌کار برده‌شده در ذرت انجام شد، گزارش‌شده است که بقایای فورام‌سولفورون یک سال بعد از کاربرد در ذرت، خسارت قابل‌توجه و کاهش معنی‌دار زیست‌توده را در لوبیا ایجاد نکرد (Robinson *et al*., 2006). به‌طورکلی، براساس نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد سه گیاه گندم، جو و کلزا نسبت به حبوبات (لوبیا، نخود و عدس)، حساسیت بیشتری به بقایای فورام‌سولفورون در خاک دارند، به‌طوری‌که به کمترین بقایای این علف‌کش در خاک به‌شدت واکنش نشان می‌دهند (جدول۴).

مطالعات انجام‌شده در این ارتباط، بسته به نوع علف‌کش، نتایج متفاوت و متناقضی را به‌همراه داشته است. Halloway *et al*, (2006) در بین گیاهان زراعی کلزا، نخود، عدس و یونجه، عدس را به‌عنوان حساس‌ترین گیاهان زراعی به بقایای علف‌کش‌های کلروسولفورون، تریاسولفورون و مت‌سولفورون معرفی کردند. Osten & Walker (1998) نیز در مطالعات خود، عدس را در مقایسه با نخود، گیاه حساس‌تری به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره معرفی کردند. در آزمایش مزرعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر باقیمانده علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره بر کلزا انجام شد، گزارش شده است که بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک، منجر به کاهش عملکرد کلزا در تناوب با گندم می‌شود، به‌طوری‌که افزایش مقدار کاربرد آن از ۴۲ به ۵۲گرم ماده مؤثره در هکتار، تلفات عملکرد کلزا را از ۱۳/۵ به ۱۷/۵درصد افزایش داد (Mansoori *et al*., 2008).

جدول۴- مقایسه میانگین درصد بقاء، وزن‌خشک اندام‌های هوایی و ریشهٔ گیاهان زراعی در غلظت‌های مختلف فورام‌سولفورون
Table 4. Means comparisons of crops survival and shoots and root dry matter in different concentration of foramsulfuron in soil

Crop	Herbicide concentration (% of recommended dose)	Survival (%)	Root dry matter (% of control)	Shoot dry matter (% of control)
نخود Pea	0	100.00 a*	100.00 a	100.00 a
	2.5	67.00 c-f	29.34 k-m	53.82 l-n
	5	78.00 a-e	23.32 l-p	44.06 m-o
	10	45.00 f-i	12.40 o-s	20.19 q-s
	20	44.67 f-i	11.00 o-s	10.63 q-w
	30	0.00 j	0.00 s	0.00 w
لوبیا Bean	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	96.01 a-d	96.40 a-c
	5	100.00 a	91.48 a-e	96.50 a-c
	10	89.00 a-c	78.60 ef	85.75 a-h
	20	66.67 c-f	57.89 hi	58.02 lm
	30	44.67 f-i	38.33 jk	41.86 no
عدس Lentil	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	58.22 hi	59.92 kl
	5	93.33 ab	52.49 hi	58.60 l
	10	86.67 a-c	35.01 j-l	38.67 op
	20	86.67 a-c	26.05 k-n	26.31 pq
	30	60.00 d-g	12.26 o-s	17.69 q-v
گندم Wheat	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	6.35 rs	8.57 s-w
	5	100.00 a	4.82 s	3.99 t-w
	10	93.33 ab	3.87 s	2.70 u-w
	20	80.00 a-d	2.50 s	1.38 vw
	30	53.33 e-h	2.67 s	2.09 u-w
کلزا Rape	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	46.67 f-i	4.01 s	3.72 t-w
	5	26.67 i	2.68 s	1.75 vw
	10	0.00 j	0.00 s	0.00 w
	20	0.00 j	0.00 s	0.00 w
	30	0.00 j	0.00 s	0.00 w
جو Barley	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	86.67 a-c	3.82 s	4.39 s-w
	5	73.33 b-e	3.15 s	3.08 t-w
	10	60.00 d-g	2.72 s	2.52 u-w
	20	53.33 e-h	2.20 s	2.06 u-w
	30	40.00 g-i	1.60 s	1.62 vw

*In each column, valuse followed by the same letters are not significantly different at 5% probability.

در بررسی روند تغییرات رشد ریشه گیاهان مورد بررسی نیز نتایج مشابهی مشاهده شد. با افزایش بقایای فورام‌سولفورون در خاک، رشد ریشه گیاهان مانند اندام‌های هوایی در همه گیاهان به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) کاهش یافت و در این صفت، لوبیا با ۶۲درصد کاهش وزن‌خشک، کمترین تلفات را نسبت به سایر گیاهان داشت. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین کاهش رشد ریشه در کلزا و نخود (۱۰۰درصد)، جو (۹۹درصد) و گندم (۹۸درصد) مشاهده شد، با این حال، بررسی نتایج نشان داد که در بین گیاهان زراعی مورد مطالعه، تأثیرپذیری ریشه نخود نسبت به ساقه در پاسخ به بقایای فورام‌سولفورون در خاک، بیشتر از سایر گیاهان بود و تلفات رشد ریشه لوبیا، عدس، گندم، جو و کلزا در پاسخ به بقایای فورام‌سولفورون در خاک، مشابه کاهش زیست‌تودهٔ آنها بود (جدول۴). نتایج حاصل از این بررسی، ضمن این‌که نشان از اختلاف در حساسیت ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان مورد مطالعه به بقایای فورام‌سولفورون در خاک دارد، نشان داد که ارزیابی زیست‌سنجی علف‌کش مذکور با استفاده از ریشه نخود، گندم، جو و کلزا نسبت به سایر گیاهان مورد بررسی احتمالاً مناسب‌تر باشد، هرچند آزمایشات تکمیلی و مزرعه‌ای بیشتری در این راستا نیاز است. Szmigielski *et al*, (2010) در ارزیابی روش زیست‌سنجی ریشه خردل در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش فلوکاربازون، گزارش کردند که این روش نسبت به روش شیمیایی در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش مذکور، روش بهتری است، به‌طوری‌که بر اساس ارزیابی نامبردگان، روش زیست‌سنجی ریشه خردل بیش از ۸۸درصد نتایج قابل‌قبولی را در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش فلوکاربازون داشت. نتایج به‌دست‌آمده از درصد بقای گیاهان بررسی‌شده نشان داد که درصد بقای کلزا در غلظت‌های بالاتر از ۱۰میکروگرم در خاک، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و به

صفر رسید، حال این‌که درصد بقای لوبیا و گندم، تحت تأثیر قرار نگرفت و در سایر گیاهان، به‌جُز در بالاترین غلظت فورام‌سولفورون، اختلافی مشاهده نشد (جدول۴).

تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل از زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی گیاهان مورد مطالعه نیز نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار پارامتر ED_{50} در علف‌کش فورام‌سولفورون به‌ترتیب در لوبیا (۹۹/۰۵ میکروگرم در خاک) و جو (۰/۰۷میکروگرم در خاک) مشاهده شد. بر این اساس به‌نظر می‌رسد لوبیا، متحمل‌ترین و جو حساس‌ترین گیاه به بقایای فورام‌سولفورون در خاک باشند. بر طبق پارامترهای برآوردشده از معادلات لجیستیکی، سایر گیاهان مورد بررسی از نظر حساسیت به بقایای فورام‌سولفورون در خاک، به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند (جدول۵):

جو> کلزا> گندم> نخود> عدس> لوبیا

جدول۵- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌تودهٔ خشک اندام‌های هوایی گیاهان به مدل ۳ و ۴ پارامتری لجستیکی در غلظت‌های مختلف بقایای فورام‌سولفورون در خاک

Table 5. Parameters (±SE) estimated by 3 and 4 logistic parameter equations fitted to aboveground biomass in different concentration of foramsulfuron in soil

Crop	Equation	b	C	d	ED_{50} (μ kg^{-1} soil)
Bean	3 parameter	1.92 (0.39)	-	99.54 (3.3)	99.05 (7.83)*
Lentil	3 parameter	0.80 (0.12)	-	99.39 (4.7)	22.47 (4.18)
Pea	3 parameter	1.2 (0.170	-	99.39 (4.69)	13.28 (1.91)
Barley	3 parameter	0.46 (0.05)	-	99.99 (0.51)	0.07 (0.01)
Rape	3 parameter	1.53 (0.4)	-	100.00 (0.51)	1.22 (0.72)
Wheat	4 parameter	1.58 (0.32)	1.62 (0.37)	99.99 (0.39)	1.95 (0.62)

(Standard error)*

نتایج حاصل از پاسخ گیاهان زراعی به بقایای نیکوسولفورون نیز نشان داد که همه گیاهان مورد بررسی، به بقایای این علف‌کش در خاک حساس هستند و با افزایش باقیمانده این علف‌کش در خاک، زیست‌تودهٔ گیاهان به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمایش، غلات مورد مطالعه نسبت به حبوبات، به بقایای این علف‌کش در خاک حساس‌تر بودند و با توجه به روند تغییرات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی در بین حبوبات مورد مطالعه، لوبیا با کمترین (۸۰درصد) تلفات زیست‌توده، متحمل‌ترین گیاه به به بقایای نیکوسولفورون در خاک بود (جدول۶). در بین سایر حبوبات، هرچند بیشترین (۱۰۰درصد) تلفات در بالاترین غلظت نیکوسولفورون در خاک (۱۰۸میکروگرم در خاک) متعلق به نخود بود، ولی با توجه به روند تغییرات زیست‌توده در بین حبوبات، عدس، حساس‌ترین گیاه به بقایای علف‌کش نیکوسولفورون بود، چراکه در غلظت‌های بالاتر از صفر این علف‌کش، تلفات زیست‌تودهٔ آن بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت علف‌کش (۱۰۸میکروگرم در خاک) به ۹۶درصد رسید (جدول۶). همچنین نتایج نشان دادند که گندم، جو و کلزا کاملاً به بقایای نیکوسولفورون در خاک حساس هستند و بین گیاهان مذکور از نظر حساسیت به بقایای نیکوسولفورون، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، به‌طوری‌که زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی هر سه گیاه در غلظت‌های پس از صفر این علف‌کش، بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت (۱۰۸میکروگرم در خاک) تقریباً به صفر رسید (جدول۶). به‌طورکلی، با توجه به روند تغییرات زیست‌توده در بین همه گیاهان مورد بررسی، بیشترین (۱۰۰درصد) تلفات زیست‌توده، متعلق به کلزا بود (جدول۶).

براساس گزارش‌ها، توصیه شده است که پنبه، برنج، سویا و سورگوم، باید ۱۴هفته بعد از کاربرد نیکوسولفورون کشت شوند تا از خسارت بقایای این علف‌کش، ایمن بمانند (Johnson *et al.*, 1993). در آزمایشی که به‌منظور زیست‌سنجی بقایای علف‌کش‌های آترازین، نیکوسولفورون، فورام‌سولفورون، نیکوسولفورون+ریم‌سولفورون، ریم‌سولفورون+فورام‌سولفورون با استفاده از گیاه شاخص شاهی انجام شد، مشاهده گردید که در بین علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره، نیکوسولفورون بیشترین تأثیر را بر کاهش زیست‌تودهٔ شاهی داشت (Ghassam *et al.*, 2010). نتایج آزمایش همچنین نشان دادند که وزن‌خشک ریشه گیاهان زراعی مورد بررسی با افزایش باقیمانده نیکوسولفورون در خاک، به‌طور معنی‌داری ($p\leq0.01$) کاهش یافت. در بین گیاهان زراعی مورد مطالعه و با توجه به روند تغییرات ماده خشک ریشه، به‌نظر می‌رسد کلزا، گندم و جو، حساس‌ترین گیاهان به بقایای نیکوسولفورون در خاک باشند، به‌طوری‌که در پایین‌ترین غلظت علف‌کش (۹میکروگرم در خاک)، بیشترین (۹۸درصد) کاهش وزن‌خشک ریشه را داشتند و در غلظت‌های پس از ۹میکروگرم در خاک، وزن‌خشک ریشه آنها بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت (۱۰۸میکروگرم در خاک) تقریباً به صفر رسید (جدول۶).

جدول۶- مقایسه میانگین‌درصد بقاء، وزن‌خشک اندام‌های هوایی و ریشهٔ گیاهان زراعی در غلظت‌های مختلف نیکوسولفورون

Table 6. Means comparisons of crops survival, shoots and root dry matter in different concentration of nicosulfuron in soil

Crop	Herbicide concentration (% of recommended dose)	Survival (%)	Root dry matter (% of control)	Shoot dry matter (% of control)
نخود Pea	0	100.00 a*	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	45.81 ij	68.15 j-l
	5	89.00 a-c	26.87 k-n	38.05 op
	10	56.00 d-h	20.77 m-q	24.44 p-r
	20	34.00 hi	10.51 o-s	18.61 q-u
	30	0.00 j	0.00 s	0.00 w
لوبیا Bean	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	100.00 a	24.53 l-o	74.15 g-k
	5	100.00 a	19.97 m-r	73.82 h-k
	10	78.00 a-e	13.83 n-s	44.18 m-o
	20	34.00 hi	9.44 p-s	34.72 op
	30	22.67 i	5.38 s	19.32 q-t
عدس Lentil	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	80.00 a-d	11.54 o-s	12.49 q-w
	5	66.67 c-f	10.52 o-s	11.89 q-w
	10	60.00 d-g	7.49 q-s	10.75 q-w
	20	53.33 e-h	7.79 q-s	9.56 r-w
	30	46.67 f-i	2.95 s	4.44 s-w
گندم Wheat	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	60.00 d-g	2.87 s	3.89 t-w
	5	53.33 e-h	2.62 s	3.44 t-w
	10	46.67 f-i	2.28 s	2.82 u-w
	20	40.00 g-i	2.16 s	2.26 u-w
	30	26.67 i	1.32 s	1.13 vw
کلزا Rape	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	33.33 hi	2.26 s	2.34 u-w
	5	0.00 j	0.00 s	0.00 w
	10	0.00 j	0.00 s	0.00 w
	20	0.00 j	0.00 s	0.00 w
	30	0.00 j	0.00 s	0.00 w
جو Barley	0	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	2.5	60.00 d-g	2.78 s	2.42 u-w
	5	60.00 d-g	2.53 s	2.32 u-w
	10	53.33 e-h	2.21 s	2.11 u-w
	20	46.67 f-i	1.81 s	1.86 vw
	30	33.33 hi	1.36 s	1.43 vw

*In each column valuse followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level.

پس از سه گیاه کلزا، گندم و جو، عدس با ۸۹درصد تلفات ماده خشک ریشه در پایین‌ترین غلظت علف‌کش (۹میکروگرم در خاک) در رتبه بعدی حساسیت به افزایش باقیمانده نیکوسولفورون در خاک قرار داشت. با توجه به نتایج آزمایش، به‌نظر می‌رسد نخود با کمترین (۵۵درصد) تلفات وزن‌خشک ریشه در پایین‌ترین غلظت علف‌کش متحمل‌ترین گیاه به بقایای نیکوسولفورون در خاک باشد (جدول۶). همانطورکه قبلاً اشاره شد، تأثیرپذیری ریشه و ساقه گیاهان در پاسخ به بقایای علف‌کش، متفاوت است و بسته به نوع علف‌کش و گونهٔ زراعی، نتایج مختلفی به‌دست می‌آید. بر این اساس، با توجه به نتایج آزمایش، تأثیرپذیری ریشه لوبیا نسبت به ساقه آن در پاسخ به بقایای نیکوسولفورون در خاک، بیشتر است و در سایر گیاهان، بین پاسخ ریشه و ساقه آنها به بقایای علف‌کش، تفاوتی وجود نداشت (جدول۶). بررسی نتایج حاصل از درصد بقای گیاهان زراعی مذکور در پاسخ به باقیمانده نیکوسولفورون در خاک نیز نشان داد که در پایین‌ترین غلظت علف‌کش (۹میکروگرم در کیلوگرم خاک)، کمترین (۳۳درصد) درصد بقاء، متعلق به کلزا بود و درصد بقای آن پس از غلظت ۹میکروگرم در کیلوگرم خاک، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و به صفر رسید. همچنین، بین سایر گیاهان از نظر درصد بقاء، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۶). نتایج تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل از زیست‌تودهٔ اندام هوایی گیاهان مورد بررسی، نشان داد که لوبیا با بیشترین (۳۴/۶۵میکروگرم در کیلوگرم خاک) و جو با کمترین (۰/۰۰۳میکروگرم در کیلوگرم خاک) مقدار پارامتر ED_{50}، به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین گیاهان به بقایای نیکوسولفورون در خاک بودند. حساسیت سایر گیاهان به بقایای نیکوسولفورون در خاک، بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون داده‌های آزمایش به‌صورت زیر بود (جدول۷):

جو> گندم> کلزا> عدس> نخود> لوبیا

جدول۷- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌تودهٔ خشک اندام‌های هوایی گیاهان به مدل ۳ و ۴ پارامتری لجستیکی در غلظت‌های مختلف بقایای نیکوسولفورون در خاک

Table 7. Parameters (±SE) estimated by 3 and 4 logistic parameter equations fitted to aboveground biomass in different concentration of nicosulfuron in soil

Crop	Equation	b	C	d	ED_{50} (μ kg^{-1} soil)
Bean	3 parameter	1.07 (0.27)	-	98.82 (8.47)	34.65 (9.060)*
Lentil	3 parameter	19.19 (4.6)	-	100.00 (8.46)	8.13 (3.45)
Pea	3 parameter	1.31 (0.32)	-	100.43 (8.35)	14.42 (3.16)
Barley	3 parameter	0.43 (0.02)	-	99.99 (0.47)	0.003 (0.001)
Rape	3 parameter	2.93 (1.7)	-	100.00 (0.47)	2.5 (1.9)
Wheat	3 parameter	0.45 (0.03)	-	100.00 (0.47)	0.01 (0.006)

(Standard error)*

همان‌طور که اشاره شد، در مطالعات انجام‌شده در مورد حساسیت گیاهان زراعی به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در خاک، بسته به نوع علف‌کش و نوع گیاه، نتایج متناقضی مشاهده شده است. Greenland (2003) گزارش کرد که کاربرد نیکوسولفورون به‌مقدار ۷۰گرم ماده مؤثره در هکتار در کشت ذرت، به کلم و پیاز کشت‌شده در سال بعد، ۲۵ و ۳۵درصد خسارت وارد می‌کند. گزارش شده است که با کاربرد مت‌سولفورون و تریاسولفورون، محصولات در تناوبی مانند کلزا، ذرت، عدس، نخود، سیب‌زمینی و چغندر، حساسیت نشان دادند، اما بر جو، کتان و گندم مؤثر نبود (Moyer, 1995). Hadizadeh (2010) گزارش کرد که سولفوسولفورون بر جوانه‌زنی گیاهان حساس مورد آزمایش تأثیر نداشت، ولی با جلوگیری از رشد گیاهان در طول آزمایش، سبب شد که برخی از بوته‌های سبزشده تا انتهای آزمایش از بین بروند.

به‌طورکلی، بر اساس نتایج این آزمایش، باقیماندهٔ بسیارکم علف‌کش‌های ریم‌سولفورون، فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون در خاک، از پتانسیل صدمهٔ زیادی بر محصولات زراعی به‌ویژه حبوباتی از قبیل نخود، لوبیا و عدس که در تناوب با ذرت کشت می‌شوند، برخوردار است. ازاین‌رو، محدودیت در تناوب زراعی می‌تواند از مهم‌ترین مشکلات ناشی از کاربرد این علف‌کش‌ها باشد که نیاز به توجه به این مهم و انجام مطالعات بیشتر مزرعه‌ای و گلخانه‌ای می‌باشد. از طرف دیگر، اگرچه با توجه به نتایج این آزمایش، لوبیا نسبت به سایر گیاهان، حساسیت کمتری نسبت به بقایای علف‌کش‌های مورد مطالعه داشت، بااین‌حال، افزایش باقیماندهٔ علف‌کش‌های مورد مطالعه نیز منجر به خسارت در آن شد. با توجه به این مهم و نظر به این‌که بقای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره متأثر از عوامل مختلف خاکی به‌ویژه اسیدیته خاک است، به‌نظر می‌رسد حتی کشت لوبیا در خاک‌های قلیایی که بقای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در آنها بیشتر است، تحت تأثیر قرار گیرد. ازاین‌رو، نتایج این بررسی ضمن این‌که دلالت بر حساسیت زیاد گیاهان زراعی مختلف و به‌خصوص حبوباتی از جمله نخود، لوبیا و عدس به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره به‌کاررفته در ذرت را دارد، نشان می‌دهد که علف‌کش‌های مختلف، اثرات متفاوتی را در گیاهان به‌دنبال خواهند داشت و توجه به این مهم می‌تواند در مدیریت کاربرد علف‌کش جهت مصونیت از اثرات منفی باقیمانده آنها بر رشد گیاهان تناوبی، مهم و مورد توجه باشد؛ به‌طوری‌که بر اساس نتایج حاصل از این بررسی نیز ریم‌سولفورون، کمترین اثرات منفی را بر رشد گیاهان مورد مطالعه داشت.

به‌طورکلی، هرچند در این قبیل آزمایش‌ها، انجام آزمایش‌های گلدانی با تیمارهای مختلف در شرایط کنترل‌شده تا حدودی قادر به تفکیک سایر اثرات محیطی و خاکی هستند، اما با توجه به عوامل متعدد دخیل بر ماندگاری و نیمه‌عمر علف‌کش‌ها، لزوم انجام مطالعات تکمیلی به‌خصوص در شرایط واقعی مزرعه در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Brandenberger, L.P., Shrefler, J.W., Webber, Gh.L., Talbert, R.E., Payton, M.E., Wells, L.K., and McClelland, M. 2007. Injury potential from carryover of watermelon herbicide residues. Weed Technology 21: 473- 476.
2. Ghassam, A.H., Alizadeh, M., Bihamta, R., and Ashrafi, Y. 2010. Bioassay to use herbicide residue in corn using cress (*Lepidium sativum*) as sensitive plant. 3th Iranian Weed Science Congress. 17-18 February, Babolsar, Iran.
3. Greenland, R.G. 2003. Injury to vegetable crops from herbicides applied in previous years. Weed Technology 17: 73- 78.
4. Gunther, P., Pestemer, W., Rahman, A., and Nordmeyer, H. 1993. A bioassay technique to study the leaching behavior of sulfonylurea herbicides in different soils. Weed Reserch 33: 177- 185.
5. Hadizadeh, M.H. 2010. Bioassay study of sulfonylurea herbicide. Plant. 3rd Iranian Weed Science Congress. 17-18 February, Babolsar, Iran.
6. Halloway, K.I., Kookana, R.S.D., Noy, M., Smith, J.G., and Wilhelm, N. 2006. Crop damage caused by residual acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. Australia Journal of Experimental Agricalture 46: 1323-1331.
7. Johnson, D.H., Jordan, D.L., Johnson, W.G., Talbert, R.E., and Frans, R.E. 1993. Nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr, and DPX-PE350 injury to succeeding crops. Weed Technology 7: 641-644.
8. Kelley, J.P., and Peeper, T.F. 2003. Wheat (*Triticum aestivum*) and rotational crop response to MON 37500. Weed Technology 17: 55-59.
9. Mansoori, S., Zand, E., Baghestani-Maybodi, M.A., and Tavakoli, M. 2008. Effect of sulfonylurea herbicides on yield and component of yield of canola (*Brassica naps*). Iranian Journal of Weed Science 4: 83-85. (In Persian with English Summary).
10. Minton, B.W., Matocha, M.A., and Senseman, S.A. 2008. Rotational crops response to soil applied trifloxysulfuron. Weed Technology 22: 425- 430.
11. Moyer, J.R. 1995. Sulfonylurea herbicide effects on following crops. Weed Technology 9: 373-379.
12. Moyer, J.R., and Hamman, W.M. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crops. Weed Technology 15: 42- 47.
13. Osten, V.A., and Walker, S.R. 1998. Recording interval for sulfonylurea are short semiarid subtropics of Australia. Australia Journal of Experimental Agricalture 38: 71-76.
14. Porterfield, D., and Wilcut, J.W. 2003. Peanut (*Arachis hypogaea* L.) response to residual and in season treatment of CGA- 362622. Weed Technology 17: 441- 445.
15. Rajvir, Sh., Pahuja, S.S., Balyan, R.S., and Malik, R.K. 2002. Effect of Sulfonylurea herbicides applied alone and tank mix with metribuzin on weeds in wheat and their residual effect on succeeding crop of sorghum. Indian Journal of Weed Science 34: 253- 281.
16. Robinson, D.E., Soltani, N., and Sikkema, P.H. 2006. Response of four market classes of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) to foramsulfuron, isoxaflutole and isoxaflutole plus atrazine applied in previous years. Weed Technology 20: 558- 563.
17. Santin-Montanya, I., Alonso-Prados, J.L., Villarroya, M., and Garcia-Baudin, J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. Journal of Environmetal Science and Health 41: 781-793.
18. Secor, J. 1994. Inhibition of barnyardgrass 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase by sulcotrion. Plant Physiology 106: 1429-1433.
19. Seifert, S., Shaw, D. R., Kingery, W.L., Snipes, C.E., and Wesley, R.A. 2001. Imazaquin mobility and persistence in a Sharkey clay soil as influenced by tillage systems. Weed Science 49: 571- 577.
20. Shin, S.L., Thill, D.C., Price, W.J., and Ball, D.A. 1998. Response of downy brome (*Bromus tectorum*) and ratational crops to MON-37500. Weed Technology 12: 690-698.
21. Szmigielski, A.M., Schoenau, J.J., Lervine, A., and Schilling, B. 2010. Evaluation mustard root length boiassay for prediting crop injury from soil residual flucarbazone. Communic. In: Soil Science and Plant Anal. 39: 413-420.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 121-132

Evaluation of foramsulforun, rimsulforun and nicosulforun soil residual effect on some pulses under greenhouse conditions

Izadi-Darbandi[1*], E. & Azad[2], M.

1 & 2. Associate Professor and Graduated in Weed Science, respectively
Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 12 June 2012
Accepted: 26 November 2013

Abstract

In order to evaluate of pea, bean, lentil, wheat, rape and barley sensitivity to foramsulforun, rimsulforun and nicosulforun herbicides soil residue, a pot experiment was conducted at Ferdowsi University of Mashhad. Experimental type was completely randomized design in factorial arrangement with three replications. Treatments included herbicides (rimsulforun, foramsulforun and nicosulforun), herbicide simulated concentration residue in soil (0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.9 and 1.3 µg kg^{-1} soil for rimsulforun; 0, 10, 20, 40, 80 and 120 µg kg^{-1} soil for foramsulforun and 0, 9, 18, 36, 72 and 108 µg kg^{-1} soil for nicosulforun, that are 0, 2.5, 5, 10, 20 and 30 % recommended dose for each herbicides, respectively) and crops (pea, bean, lentil, wheat, rape and barley). For analysis of results plants survival percentage, shoot and root biomass measured 30 days after emergence. Results showed that crop survival percentage, shoot and root biomass affected with foramsulforun, rimsulforun and nicosulforun soil residual, significantly. Increasing foramsulforun and nicosulforun soil residue decreased mentioned parameters in all crops, significantly. Increasing rimsulforun soil residue decreased mentioned parameters, significantly just in rape. Based on ED_{50} parameter, bean (99.05 and 34.65 µg kg^{-1} soil in foramsulforun and nicosulforun, respectively) and barley (0.07 and 0.003 µg kg^{-1} soil in foramsulforun and nicosulforun, respectively) appeared to be the most tolerant and susceptible crops to foramsulforun and nicosulforun soil residual. Based on ED_{50} parameter, barley (216.02 µg kg^{-1} soil) and rape (2.29 µg kg^{-1} soil) appeared to be the most tolerant and susceptible crops to rimsulforun soil residual, respectively.

Key words: Crop rotation, Herbicide residue, Sulfonylurea herbicides

* **Corresponding Author:** e-izadi@um.ac.ir, Mobile: 09153216237

نشریه پژوهش های حبوبات ایران
دوفصلنامه علمی-پژوهشی
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
مشخصات داوران جلد۴، شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲
(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	عبدالرضا	باقری	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مهدی	پارسا	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	جامی‌الاحمدی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	محسن	جهانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
دکتر	محمد	خواجه‌حسینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	رستمی	دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر
دکتر	غلامرضا	زمانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	سیدحسین	صباغ‌پور	دانشکده کشاورزی دانشگاه همدان
دکتر	محمدحسین	عباسپورفرد	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمد	فارسی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمد	کافی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمد	گلوی	دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
دکتر	علی	گنجعلی	دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	ناصر	مجنون‌حسینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
دکتر	احمد	معینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران
دکتر	سعید	ملک‌زاده شفارودی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	احمد	نظامی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمدحسن	هادی‌زاده	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

نشریه پژوهش های حبوبات ایران
دوفصلنامه علمی- پژوهشی
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دانشگاه فردوسی مشهد

فُرم اشتراک

خواهشمند است فُرم زیر را پس از تکمیل، به نشانی زیر ارسال فرمایید:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت/ سازمان/ مؤسسه/ شرکت/ دانشگاه/ دانشکده/ کتابخانه/ بخش خصوصی/ شخصی/ سایر)

.....

نشانی دقیق پُستی: .....

.....

.....

.....

تلفن (با کُد شهرستان): .....

تلفن همراه: .....

نمابر: .....

نحوه اشتراک:

مایل به اشتراک نشریه از تاریخ ..... تا ..... می‌باشم.

بهای هر شماره از نشریه، ۵۰۰۰ ریال می‌باشد. خواهشمند است مبلغ مربوط به تعداد شماره‌های مورد نیاز را به حساب شمارهٔ ۹۹۶۵۴ به‌نام عواید اختصاصی پژوهشکدهٔ علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فُرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهدهٔ متقاضی می‌باشد.

تاریخ: امضاء:

Iranian Journal of

Pulses Research

List of Articles

Vol. 4, No. 2, 2013

Title	Author(s)	Page
• **Study and purification of native Chitti bean cultivars in Zanjan**	Kamel Shikhraje, M., Nazer Kakhki, S.H. & Shobeir, S.S.	**9**
• **Grouping of Kabuli chickpea genotypes using multivariate statistical methods**	Alipoor Yamchi, H.M., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Naghavi, M.R. & Majnoon Hoseini, N.	**21**
• **Reaction of pheno-morphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions**	Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K.	**35**
• **The study of phenological traits, yield and yield components of three Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) cultivars to deficit irrigation in Sistan region**	Zarea Zargaz, J. & Galavi, M.	**51**
• **Seed germination behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes**	Parsa, M., Ganjeali, A. & Beyk Khurmizi, A.	**65**
• **Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties**	Haghparast, M. & Maleki Farahani, S.	**77**
• **Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes**	Rahbarian, R., Khavari Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. & Najafi, F.	**87**
• **Study of salicylic acid effects on germination, growth and some physiological parameters in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in drought stress condition**	Shooryabi, M., Abrishamchi, P. & Ganjeali, A.	**99**
• **The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with Rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan**	Jahanara, F., Sadeghi, S.M. & Ashouri, M.	**111**
• **Evaluation of foramsulforun, rimsulforun and nicosulforun soil residual effect on some pulses under greenhouse conditions**	Izadi-Darbandi, E. & Azad, M.	**121**

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 4, No. 2, 2013

Published by: Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi
Editor in Chief: Dr. Abdolreza Bagheri
Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar
Associate 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
Associate Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi
Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Ganjeali
Associate Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Gholam Hossein Haghnia
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Kafi
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini
Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi
Associate Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Moieni
Associate Professor, Tarbiat Modares University

Ahmad Nezami
Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan
Professor, Fars Science and Research Branch, Islamic Azad University, Marvdasht

Sayyed Hossain Sabaghpour
Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa
Assistant: Talachian, Mirshah-Velay, Asadi
Circulation: 100

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; Fars Science and Research Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: Islamic World Science Citention Center (http://www.isc.gov.ir); Iranian Journals Database (http://www.magiran.com); Scientific Information Database (www.SID.ir)

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:** +98-51-38804825;
E-mail: rcps@um.ac.ir; **Web Site:** http://rcps.um.ac.ir; http://jm.um.ac.ir/index.php/IJPR

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN 2008-725X

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 4 (2) December 2013

- **Study and purification of native Chitti bean cultivars in Zanjan** — Kamel Shikhraje, M., Nazer Kakhki, S.H. & Shobeir, S.S.
- **Grouping of Kabuli chickpea genotypes using multivariate statistical methods** — Alipoor Yamchi, H.M., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Naghavi, M.R. & Majnoon Hoseini, N.
- **Reaction of pheno-morphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions** — Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K.
- **The study of phenological traits, yield and yield components of three Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) cultivars to deficit irrigation in Sistan region** — Zarea Zargaz, J. & Galavi, M.
- **Seed germination behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes** — Parsa, M., Ganjeali, A. & Beyk Khurmizi, A.
- **Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties** — Haghparast, M. & Maleki Farahani, S.
- **Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes** — Rahbarian, R., Khavari Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. & Najafi, F.
- **Study of salicylic acid effects on germination, growth and some physiological parameters in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in drought stress condition** — Shooryabi, M., Abrishamchi, P. & Ganjeali, A.
- **The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with Rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan** — Jahanara, F., Sadeghi, S.M. & Ashouri, M.
- **Evaluation of foramsulforun, rimsulforun and nicosulforun soil residual effect on some pulses under greenhouse conditions** — Izadi-Darbandi, E. & Azad, M.