

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

دوفصلنامه علمی-پژوهشی پژوهشگاه علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۵، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۳

محمد ربیعی و مهرداد جیلانی

• اثر تاریخ کاشت، فاصله ردیف و مقادیر بذر بر عملکرد دانه و پروتئین گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) در شهرستان رشت

محسن زعفرانی، احمد نظامی،
سیدمسعود ضیائی و میترا جباری

• بررسی امکان کاشت پاییزه نخود در شرایط آب و هوایی سراوان

همایون کانونی و محمد امتیاز

• بررسی مزیت نسبی طرح آلفالاتیس نسبت به طرح بلوک های کامل تصادفی در آزمایشات مقایسه عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)

وحیده خالق نژاد و فرهاد جباری

• بررسی اثر تلقیح بذر نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) بر شاخص های رشد و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط دیم و فاریاب

حمید رحیمیان مشهدی، سیدکریم موسوی
و جمشید نظری عالم

• کارایی استفاده از علف کش پاراکوات برای مدیریت علف های هرز لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در قالب رهیافت تهیه بستر کاشت زود هنگام

لیلا مصفی، نفیسه زمیندار
و مهدی عموحیدری

• ارزیابی تأثیر نوع رقم و زمان خیساندن و پخت، بر ویژگی های بافت، جذب آب و میزان ترکیدگی لوبیا قرمز ایرانی

لاله عباسلو، سید عبدالرضا کاظمینی
و محسن عدالت

• تأثیر تنش خشکی و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.)

علی گنجعلی، راهله رهبان، عبدالرضا باقری
و سعید ملکزاده شفاوردی

• واکنش های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ های متحمل و حساس به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی در مزرعه

معصومه سادات راستی ثانی، مهرداد لاهوتی
و علی گنجعلی

• بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و فلونورسانس کلروفیل گیاهچه های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمد عارفیان، سعیدرضا وصال،
عبدالرضا باقری و علی گنجعلی

• روند تغییرات صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ های نخود (*Cicer arietinum* L.) در پاسخ به تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

پرویزعبادی باباجان، نسرين مشتاقی، عبدالرضا
باقری، حسن مرعشی و سعید ملکزاده شفاوردی

• آزمون های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پيله خوار (*Helicoverpa armigera* Hub.)

فاطمه شیخ و حمید دهقانی

• بررسی مقاومت ژنوتیپ های باقلا به بیماری لکه شکلاتی (*Botrytis fabae* Sard.) در منطقه گرگان

(فهرست کامل، داخل نشریه...)



باغبانی



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید باهنر کرمان



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و فنون کشاورزی
و منابع طبیعی



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری



پژوهشگاه علوم گیاهی
دانشگاه فردوسی مشهد

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

جلد ۵، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۳

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شماره ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۱۳۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
و درجه علمی پژوهشی به شماره ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۵، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۳

صاحب امتیاز:

مدیر مسئول:

سر دبیر:

مدیر اجرایی:

هیئت تحریریه:

دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی

دکتر محمد کافی

دکتر عبدالرضا باقری

مهندس حسن پُرسا

احمد ارزانی

هادی استوان

علیرضا افشاری فر

نادر علی بابائیان جلودار

عبدالرضا باقری

غلامحسین حق نیا

سیدحسین صباغ پور

محمد کافی

سرالله گالشی

محمد گلو

علی گنجعلی

ناصر مجنون حسینی

حسین معصومی

احمد معینی

احمد نظامی

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

استاد حشره شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

دانشیار بیماری های گیاهی، دانشگاه شیراز

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد خاک شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دانشیار اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

استاد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشیار زراعت، دانشگاه زابل

دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

دانشیار گیاه پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشیار بیولوژی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس

استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد

ویراستار علمی و فنی:

مهندس حسن پُرسا

همکاران این شماره:

حامد طلاچیان - سیدمهدی میرشاهولای - رحمان اسدی

ناشر:

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ:

مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان:

۱۰۰ نسخه

این نشریه در قالب تفاهم نامه همکاری میان دانشگاه فردوسی مشهد با دانشگاه های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهید باهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و با هدف گسترش همکاری های علمی و پژوهشی منتشر می شود.

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

• بانک اطلاعات نشریات کشور
<http://www.magiran.com>



• پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی
<http://fa.journals.sid.ir>



• پایگاه استنادی علوم جهان اسلام
<http://www.isc.gov.ir>



نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۹ - ۳۸۸۰۴۸۱۲ - ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پُست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://rcps.um.ac.ir> و <http://ijpr.um.ac.ir/index.php/ijpr>

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد ۵، شماره ۱۴، نیمه اول ۱۳۹۳

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• اثر تاریخ کاشت، فاصله ردیف و مقادیر بذر بر عملکرد دانه و پروتئین گیاه باقلا (<i>Vicia faba</i> L.) در شهرستان رشت	محمد ربیعی و مهرداد جبیلانی	۹
• بررسی امکان کاشت پاییزه نخود در شرایط آب و هوایی سراوان	محسن زعفرانی، احمد نظامی، سیدمسعود ضیائی و میترا جباری	۲۳
• بررسی مزیت نسبی طرح آلفالاتیس نسبت به طرح بلوک های کامل تصادفی در آزمایشات مقایسه عملکرد نخود زراعی (<i>Cicer arietinum</i> L.)	همایون کانونی و محمد امتیاز	۳۳
• بررسی اثر تلقیح بذر نخود زراعی (<i>Cicer arietinum</i> L.) با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) بر شاخص های رشد و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط دیم و فاریاب	وحیده خالقی نژاد و فرهاد جباری	۴۵
• کارآیی استفاده از علف کش پاراکوات برای مدیریت علف های هرز لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در قالب رهیافت تهیه بستر کاشت زود هنگام	حمید رحیمیان مشهدی، سیدکریم موسوی و جمشید نظری عالم	۵۷
• ارزیابی تأثیر نوع رقم و زمان خیساندن و پخت، بر ویژگی های بافت، جذب آب و میزان ترکیدگی لوبیاقرمز ایرانی	لیلا مصفی، نفیسه زمیندار و مهدی عموحیدری	۶۹
• تأثیر تنش خشکی و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.)	لاله عباسلو، سید عبدالرضا کاظمینی و محسن عدالت	۷۹
• واکنش های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ های متحمل و حساس به خشکی نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) در شرایط تنش خشکی در مزرعه	علی گنجعلی، راهله رهباریان، عبدالرضا باقری و سعید ملک زاده شفارودی	۹۱
• بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و فلونئورسانس کلروفیل گیاهچه های لوبیاقرمز (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	معصومه سادات راستی ثانی، مهرداد لاهوتی و علی گنجعلی	۱۰۳
• روند تغییرات صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ های نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) در پاسخ به تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	محمد عارفیان، سعیدرضا وصال، عبدالرضا باقری و علی گنجعلی	۱۱۷
• آزمون های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (<i>Cicer arietinum</i> L.) مقاوم به آفت پيله خوار (<i>Helicoverpa armigera</i> Hub.)	پرویزعبادی باباجان، نسرین مشتاقی، عبدالرضا باقری، حسن مرعشی و سعید ملک زاده شفارودی	۱۲۹
• بررسی مقاومت ژنوتیپ های باقلا به بیماری لکه شکلاتی (<i>Botrytis fabae</i> Sard.) در منطقه گرگان	فاطمه شیخ و حمید دهقانی	۱۳۹

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• بررسی الگوی بیان ژن‌های کیتیناز و بتا-۳ گلوکاناز در گیاه نخود آلوده به بیماری برق‌زدگی	رحیم افضل، سیدحسن مرعشی، نسرین مشتاقی و حمیدرضا کاووسی	۱۵۱
• بررسی توزیع ژن‌های مقاوم به ویروس موزائیک معمولی لوبیا در ژنوتیپ‌های لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) با استفاده از نشانگرهای مولکولی اسکار	محمد مجتبی کامل‌منش، آنتیا نماینده و محمد رضا بی‌همتا	۱۵۹

سخن سردبیر

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

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

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

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



نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

الف - معرفی نشریه

«پژوهش های حبوبات ایران» نشریه ای است با درجه علمی پژوهشی که به وسیله پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم نامه همکاری با شش دانشگاه کشور شامل دانشگاه های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهید باهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می یابد. این نشریه تخصصی، نتایج تحقیقات حبوبات را در زمینه های مختلف پژوهشی، منتشر می کند. منظور از حبوبات، بقولات مهم زراعی شامل نخود، عدس، انواع لوبیا، ماش، باقلا، نخودفرنگی، دال عدس و خَلر است.

ب - فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

ب-۱- مقالات باید نتیجه پژوهش های اصیل در زمینه حبوبات بوده و پیش تر در نشریه دیگری چاپ نشده و یا همزمان به نشریه دیگری ارسال نشده باشند. مراحل ارسال مقاله و پیگیری وضعیت آن، از طریق پایگاه اختصاصی نشریه پژوهش های حبوبات ایران در سامانه یکپارچه مدیریت نشریه های علمی دانشگاه فردوسی مشهد به نشانی <http://jm.um.ac.ir/index.php/IJPR> خواهد بود.

ب-۲- نویسنده (گان) طی تعهدنامه ای، ضمن اعلام ارسال مقاله با ذکر عنوان، رعایت اخلاق پژوهشی و نیز اصول اخلاقی نشر را ابراز می نمایند. این تعهدنامه باید به امضای نویسنده مسئول و نیز یکایک سایر نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانه اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل های الحاقی، بارگذاری گردد.

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

ب-۴- مقالات به وسیله 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 رد 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 نرم افزار MS-Office Word 2007 با ابعاد A4 با فاصله ۲/۵ سانتی متر از لبه ها و فاصله ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی Nazanin B اندازه ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازه ۱۱ تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به صورت ادامه دار (Continuous) شماره گذاری (Line numbering) شوند. همه صفحه های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن از ۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به صورت واضح به همین نرم افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

هر مقاله تخصصی، حداقل باید در دو فایل جداگانه شامل فایل صفحه مشخصات و فایل متن مقاله، تهیه و ارسال شود. بخش‌های ضروری هر یک از این دو فایل و نیز اصول لازم که در تهیه آنها باید رعایت شوند، به شرح زیر است:

ج-۲-۱- در فایل صفحه مشخصات، موارد زیر باید به دقت به هردو زبان فارسی و انگلیسی قید گردند: عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی نگارنده(گان)، درجه علمی، عنوان شغلی، محل خدمت، آدرس دقیق پستی، پست الکترونیک، تلفن ثابت و تلفن همراه. چنانچه مقاله توسط بیش از یک نفر تهیه شده باشد، نام مسئول مکاتبه (Corresponding Author) با گذاشتن ستاره‌ای روی آن، مشخص و در پاورقی همین صفحه درج شود. صفحه مشخصات، بدون شماره است. چنانچه مقاله، خلاصه یا بخشی از پایان‌نامه (رساله) دانشجویی باشد، لازم است موضوع در پاورقی صفحه مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود. فایل صفحه مشخصات به صورت 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، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، سپاسگزاری (در صورت لزوم)، فهرست منابع و چکیده انگلیسی باشد. در اولین صفحه، عنوان مقاله بدون هرگونه ذکر نام و مشخصات نویسنده(گان)، درج شود. عنوان باید خلاصه، روشن و بیان‌کننده موضوع پژوهش بوده و از ۲۰ کلمه تجاوز نکند. چکیده، حداکثر در ۲۵۰ کلمه نوشته شده و همه 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 اختصاری 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 چکیده مقاله از آنها ذکر به میان نیامده باشد.

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

ج-۲-۵- مواد و روش‌ها باید کاملاً گویا و روشن بوده و در آن، مشخصات محل و نحوه اجرای آزمایش همراه با روش گردآوری داده‌ها و پردازش و تحلیل آنها با ذکر منابع، به روشنی ارائه شود. در صورت کاربرد معادلات ریاضی، باید همه اجزای معادله به‌طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده(گان)، نحوه حصول آن در پیوست، آورده شود.

ج-۲-۶- نتایج و بحث باید به صورت 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 همه اطلاعات و تعاریف لازم را شامل شوند، به‌طوری‌که نیاز به مراجعه به متن مقاله نباشد. ترجمه انگلیسی عنوان‌ها و زیرعنوان‌های جداول و شکل‌ها و نیز واحدها و توضیحات علایم و اختصارات، در زیر نوشته فارسی آنها درج شود. ساختار جداول به صورت 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 به کاررفته در آنها، کاملاً خوانا و تفکیک‌پذیر باشند. شکل‌ها و جدول‌ها، هر کدام به‌طور مستقل دارای شماره 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 منابع استفاده‌شده که همگی به ترتیب حروف الفبا تنظیم شده باشند، ارائه شود. تنها منابعی باید ذکر شوند که در ارتباط نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آنها استفاده شده باشد. همه منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند. در مواردی که فقط چکیده مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (abstract) داخل پرانتز ذکر شود. نحوه ارجاع به منابع در متن به صورت 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، به صورت نام (سال) نوشته شود مانند (Parsa (2007). اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی، برگردان شوند.

ج-۲-۹- صفحه آخر، شامل عنوان مقاله به انگلیسی، چکیده انگلیسی و کلمات کلیدی به زبان انگلیسی است. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی تا حد امکان منطبق با چکیده فارسی تنظیم شود.

ج-۳- نحوه تنظیم فهرست منابع

کلیه منابع فارسی و انگلیسی، به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند. لازم است منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی، عبارت In Persian with English Summary و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی، عبارت In Persian در داخل پرانتز نوشته شود. در نوشتن منابع، نام نشریات به صورت کامل درج شود. از ذکر منابع بی نام و خارج از دسترس، خودداری شود. مثال‌هایی از نحوه 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 تدوین شده (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 نشریه برخط (On-line):

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

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 Jihad Organization. p. 49. (In Persian).

ج-۳-۸- نرم افزارهای 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، پژوهشکده علوم گیاهی، دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir/index.php/ijpr>

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

اثر تاریخ کاشت، فاصله ردیف و مقادیر بذر بر عملکرد دانه و پروتئین گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) در شهرستان رشت

محمد ربیعی^{۱*} و مهرداد جیلانی^۲

۱- پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور مطالعه اثر تاریخ کاشت، فاصله کشت و مقدار بذر بر عملکرد دانه و عملکرد پروتئین باقلا، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۸۷-۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت اجرا گردید. در این آزمایش سه تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر و ۱۰ آبان به عنوان کرت‌های اصلی و سه فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر و دو میزان بذر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی منظور شدند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که سال اول، از نظر اغلب صفات مورد بررسی نسبت به سال دوم، از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود. بین تاریخ‌های کاشت، تاریخ کاشت ۲۵ و ۱۰ مهر، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه و پروتئین را به خود اختصاص داد و به طور مشترک در یک گروه قرار داشتند. بین فواصل کشت، فاصله کاشت ۴۰ و ۳۰ سانتی‌متر و بین مقادیر بذر، میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین را به خود اختصاص دادند. تاریخ کاشت ۱۰ مهر با میانگین ۲۳۴ روز بیشترین طول دوره رشد را دارا بود. نتایج حاصل از تحقیق، حاکی از آن بود که کاشت باقلا در تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهرماه، فواصل کشت ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و مقدار بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دلیل بیشتر بودن عملکرد دانه و پروتئین، در اراضی شهرستان رشت قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دوره رشد، شاخص برداشت پروتئین، صفات زراعی، کشت دوم

مقدمه

بذور خشک حبوبات به دلیل داشتن مقدار پروتئین بالا و دارا بودن اسیدهای آمینه اصلی همچون لیسین، آرژنین و متیونین، منبع غذایی مناسبی محسوب می‌گردد (Ghanbari & Birgani *et al.*, 2003). با توجه به رشد جمعیت کشور و عملکرد بالای گیاه باقلا، کشت آن در اراضی شالیزاری می‌تواند به عنوان یکی از منابع مهم غذایی جهت تأمین تغذیه جامعه مناسب باشد. از سوی دیگر گیاه باقلا می‌تواند در تناوب با گیاه برنج که کشت اصلی در استان گیلان می‌باشد، کشت گردد. با توجه به آن که کشت این گیاه در منطقه به صورت سنتی صورت می‌گیرد، معیار مناسبی جهت ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تراکم‌های مختلف وجود ندارد.

تاریخ کشت نامناسب منجر به برخورد دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط نامناسبی از نظر طول روز و یا دما می‌گردد. کاهش دوران رشدی یا برخورد دوره‌های

حساس رشد گیاه با شرایط نامناسب از درجه حرارت، می‌تواند منجر به کاهش رشد رویشی، اجزای عملکرد و یا حتی مرگ گیاه گردد. در بررسی دو تاریخ کشت ۱۰ و ۲۵ آبان بر عملکرد غلاف سبز باقلای رقم برکت در شهرستان رشت، گزارش شد که بالاترین عملکرد، در تاریخ کشت ۱۰ آبان به دست آمد (Hashemabadi & Sedaghatpour, 2006). آنها گزارش کردند که کشت زود هنگام، سبب افزایش محتوای پروتئین بذر شد. در بررسی سه تاریخ کشت ۱۱ و ۲۴ دی و ۱۳ بهمن روی باقلا در اردن گزارش گردید که تأخیر در تاریخ کشت منجر به کاهش عملکرد شد و بالاترین عملکرد غلاف در تاریخ کشت اول به دست آمد (Tawaha & Turk, 2001). طی بررسی اثر سه تاریخ کشت اوایل آبان، اواخر آذر و اوایل بهمن بر گیاه باقلا در سوریه، گزارش شد که کشت زود هنگام، سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه باقلا گردیده و حداکثر عملکرد باقلا در تاریخ کشت اوایل آبان به دست آمد (Oweis *et al.*, 2005).

Kondra (1975) در بررسی سه میزان بذر (۱۰۰، ۱۵۰ و

۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سه فاصله کشت (۱۵، ۲۳ و

* نویسنده مسئول: رشت، کیلومتر ۵ جاده رشت-قزوین، مؤسسه تحقیقات برنج کشور
کد پستی: ۴۱۹۹۶۱۳۴۷۵؛ همراه: ۰۹۱۱۳۳۳۳۱۹۳؛ rabiee_md@yahoo.co.uk

بذر جهت دستیابی به بیشترین عملکرد دانه و پروتئین باقلا طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۷ در اراضی شالیزاری ایستگاه تحقیقاتی کشت دوم مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در پنج کیلومتری شهرستان رشت به اجرا درآمد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر و ۱۰ آبان به عنوان کرت‌های اصلی و سه فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر و دو میزان بذر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی بودند. فاصله روی ردیف‌های کشت، بر اساس میزان بذر، متغیر بود. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه، نمونه‌برداری شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در آزمایشگاه بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور تعیین گردید (جدول ۱). جدول ۲، مشخصات آب‌وهوایی ایستگاه مؤسسه تحقیقات برنج کشور طی دوره رشد گیاه باقلا در سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ را نشان می‌دهد.

پس از برداشت برنج، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، احداث زهکش، استفاده از علف‌کش ترفلان به میزان ۲ لیتر در هکتار و افزودن کودهای پایه به میزان ۷۰ کیلوگرم فسفر در هکتار، ۷۶ کیلوگرم پتاسیم در هکتار و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار انجام گرفت. هر تیمار در پنج خط کاشت به طول ۷ متر کشت گردید. فواصل بین تیمارها، یک متر و بین تکرارها نیز معادل دو متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور باقلا رقم "برکت" به صورت دستی در تاریخ‌های مورد نظر و در عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متری انجام شد. به دلیل آبیاری و عدم تلقیح باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن، قبل از شروع ساقه‌رفتن و قبل از گلدهی، هر بار به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به مزرعه داده شد.

عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و در مرحله چهاربرگی انجام گرفت. برای مبارزه با آفت حلزون، از سم متالدهاید ۰/۰۶ در مراحل ابتدایی رشد گیاه استفاده گردید. عملیات برداشت محصول پس از حذف اثر حاشیه، به صورت دستی و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (در هر دو سال) انجام گرفت. عملکرد بیولوژیک، از شش مترمربع برداشت و محاسبه گردید. برای به دست آوردن عملکرد دانه برای هر تیمار، مقدار دو کیلوگرم بذر تر از غلاف، جدا شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه قرار داده شده و عملکرد

۳۱ سانتی‌متر) در چهار تاریخ کاشت (با فواصل دوهفته‌ای از ۱۲ اردیبهشت) در گیاه باقلا گزارش نمود که فاصله روی ردیف باریک‌تر، عملکرد دانه بیشتری تولید نمود. نتایج نشان داد که با افزایش میزان بذر از ۱۵۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، افزایشی در عملکرد دانه حاصل نگردید. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، معنی‌دار بود و تاریخ کاشت اول با ۶۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. گزارش بررسی شش تراکم بوته (۱۳، ۲۵، ۳۸، ۵۰، ۶۳ و ۷۵ بوته در مترمربع) در دو واریته باقلا طی دو سال زراعی در دو منطقه، بیانگر آن بود که اثر تراکم بر کلیه صفات اجزای عملکرد به جز وزن ۱۰۰ دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (Graf & Rowland, 1987). Yavuz et al, (2011) در بررسی اثر مقادیر بذر (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و فواصل کشت (۱۷/۵ و ۳۵ سانتی‌متر) بر گیاه ماش (*Vicia sativa* L.) طی دو سال، گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه در فاصله کشت ۳۵ سانتی‌متر و میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم به دست آمد. تعداد غلاف در بوته، بیشترین حساسیت به تراکم بوته در واحد سطح را داشته و نتایج نشان داد که عملکرد غلاف با افزایش میزان بذر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش و سپس ثابت ماند. همچنین در مطالعه دوساله سه فاصله روی ردیف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) بر عملکرد باقلا در کشور اتیوپی گزارش شد که بالاترین تعداد غلاف در بوته، با میانگین ۲۸/۸ غلاف و عملکرد دانه، با میانگین ۳/۴۱ تن در هکتار، در فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر به دست آمد (Torabi, Idris, 2008). Jafroudi et al, (2007) در بررسی سه فاصله بین ردیف کشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر در دو رقم لوبیا گزارش نمودند که با کاهش فاصله بین ردیف یا افزایش تراکم، بر میزان سرعت رشد محصول افزوده شد و بالاترین عملکرد دانه در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر حاصل گردید. نتایج تحقیقی در کشور ترکیه حاکی از آن بود که عملکرد گیاه باقلا با افزایش فاصله ردیف کاهش می‌یابد و فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر، به دلیل افزایش تراکم گیاه، بالاترین عملکرد غلاف سبز را به خود اختصاص داد و پس از آن، فاصله‌های ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (Bozoglul et al., 2002).

با توجه به اهمیت عوامل به‌زراعی همچون تاریخ کاشت، فاصله کشت و میزان بذر در افزایش عملکرد دانه باقلا و نیاز به تحقیقات جدید در اراضی شهرستان رشت، این تحقیق به منظور تعیین بهترین تاریخ کاشت، فاصله کشت و میزان

تعيين شد. عملکرد پروتئين نيز از حاصل ضرب درصد پروتئين در عملکرد دانه محاسبه گرديد. برای محاسبه شاخص برداشت دانه و پروتئين، به ترتيب عملکرد دانه و عملکرد پروتئين بر عملکرد بيولوژيك تقسيم گرديد. تجزيه واريانس داده‌ها برای کليه صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. قبل از انجام تجزيه مرکب به منظور اطمینان از يکنواختی واريانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده گرديد. تجزيه مرکب نيز با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر، صورت گرفت. مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

دانه بر حسب ۱۲ درصد رطوبت دانه محاسبه گرديد. سبز شدن ۵۰ درصد بوته‌ها به عنوان تاريخ سبز شدن در نظر گرفته شد. گلدهی زمانی بود که حداقل ۵۰ درصد از بوته‌ها وارد گلدهی شده بودند و برای محاسبه طول دوره رشد، فاصله زمانی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و این صفات در آنها اندازه‌گیری شد و میانگین آنها به عنوان صفت مورد نظر ثبت شد. برای محاسبه وزن ۱۰۰ دانه، چهار نمونه ۵۰ تایی از دانه‌های هر کرت شمارش و توسط ترازوی حساس، اندازه‌گیری و میانگین آن به عنوان صفت مورد نظر ثبت گرديد. درصد پروتئين بذور توسط روش اتوکجلدال در آزمایشگاه خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج (رشت) طی سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۷

Table 1. Soil properties of the experimental field at research station of Rice Research Institute of Iran (Rasht) during 2008-2010

عمق Depth (cm)	بافت خاک Texture Soil	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته گل اشباع pH	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل N total (%)	فسفر قابل جذب Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
0-30	Clay	54	37	9	6.64	1.23	0.122	12.1	222	0.61

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی دو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۹-۱۳۸۸ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت)

Table 2. Meteorological information for 2008-2009 and 2009-2010 growing seasons at Rice Research Institute of Iran (Rasht)

Month	ماه	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)				میزان بارندگی (میلی متر) Total rainfall (mm)		میزان ساعات آفتابی Sunny hours level	
		۱۳۸۷-۸ (2008-2009)		۱۳۸۸-۹ (2009-2010)		۱۳۸۷-۸ (2008-2009)	۱۳۸۸-۹ (2009-2010)	۱۳۸۷-۸ (2008-2009)	۱۳۸۸-۹ (2009-2010)
		بیشینه (max)	کمینه (min)	بیشینه (max)	کمینه (min)				
October	مهر	24.2	16.3	23.9	14.7	163.1	130.5	71.8	159.5
November	آبان	16.7	8.8	21.0	11.9	377.6	243.8	89.0	133.7
December	آذر	14.7	6.2	15.0	5.9	237.0	95.9	98.2	128.4
January	دی	10.1	2.4	14.3	7.3	150.0	47.9	71.6	61.6
February	بهمن	13.1	5.0	10.2	3.5	66.0	139.3	68.2	38.1
March	اسفند	16.4	6.0	13.7	7.7	27.9	104.2	77.8	38.5
April	فروردین	17.3	6.2	16.2	8.3	133.3	75.0	115.3	114.2
May	اردیبهشت	22.8	13.0	21.0	14.0	43.4	136.8	154.0	123.0
June	خرداد	27.3	18.2	29.8	20.4	1.1	0.4	29.4	76.7
(Average) میانگین		17.8	8.9	18.0	10.2				
(Sum) مجموع						1202.0	897.6	775.3	684.4

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر کلیه صفات فنولوژیک در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). عملیات سبز شدن مزرعه در سال اول آزمایش با میانگین ۱۴/۷ روز کاشت تا سبز شدن، به دلیل میزان بارندگی بیشتر و دمای کمتر نسبت به سال دوم با میانگین ۱۲/۹ روز، با تأخیر مواجه شد. با توجه به آن که در تمام طول دوره رشد گیاه با قلا طی سال اول آزمایش، میزان بارندگی بیشتر و دمای کمتری وجود داشت، مراحل فنولوژیک دیگر همچون طول دوره سبز شدن تا گلدهی، طول دوره گلدهی تا رسیدگی و طول دوره رویش، با تأخیر بیشتری نسبت به سال دوم آزمایش به وقوع پیوست. اثر تاریخ کاشت نیز بر کلیه صفات فنولوژیک، معنی دار بود. به نظر می‌رسد تأخیر در کاشت به دلیل مواجه شدن با دمای پایین‌تر، سبب تأخیر در انجام عملیات سبز شدن مزرعه گردید. طول دوره کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی و طول دوره رشد در تاریخ کاشت ۱۰ مهر، بیشترین تعداد روز را نسبت به تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۱۰ آبان دارا بود (جدول ۴). تاریخ کاشت ۱۰ مهر، کوتاه‌ترین زمان را از نظر تاریخ سبز شدن، با میانگین ۸/۴ روز داشت و بیشترین طول دوره سبز شدن تا گلدهی و طول دوره رشد را به ترتیب با میانگین ۱۲۸ و ۲۳۴ روز دارا بود (جدول ۴).

Shad et al, (2010) در بررسی اثر هشت تاریخ کاشت (۲۹ شهریور تا ۶ دی با فاصله هر ۱۷ روز یک کشت) و چهار تراکم گیاه با قلا گزارش نمودند که صفات روز تا جوانه زنی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی، تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند. اثر فاصله کشت بر کلیه صفات فنولوژیک، معنی دار بود. فاصله کاشت ۳۰ سانتی متر سبب کاهش طول دوره رویش گیاه گردید که علت این امر را می‌توان به کمربودن شاخه‌های فرعی آن نسبت داد. در گیاهانی که با فواصل روی ردیف باریک‌تر کشت می‌شوند، ارتفاع بوته افزایش یافته و از تعداد شاخه فرعی کاسته می‌شود که نتیجه آن یکنواختی رسیدگی گیاه و کاهش طول دوره رویش می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر میزان بذر بر طول دوره زایشی (طول دوره گلدهی تا برداشت) معنی دار بود، ولی اثر معنی داری بر طول دوره رویشی (طول دوره سبز شدن تا گلدهی) نداشت (جدول ۳). علت عدم تفاوت معنی دار بین مقادیر بذر در طول دوره رویشی را می‌توان چنین توجیه نمود که گیاه با قلا به دلیل دارا بودن خاصیت

گل غیرانتهایی خود، دارای رشد طولانی بعد از شروع گلدهی می‌باشد. بنابراین، تراکم بیشتر بوته در واحد سطح در میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله رویشی که کانوپی گیاهی هنوز کامل نشده است، نتوانست تفاوت چندانی را در مرحله ظهور گل بین تیمارها نشان دهد. در میزان بذر بیشتر، با کامل شدن رشد گیاه و پُر شدن فضای بین بوته‌ها و بسته شدن فضای کانوپی در مرحله زایشی که به علت تراکم بیشتر بوته در واحد سطح بود، سبب یکنواختی رسیدگی بوته‌ها و کوتاه شدن طول دوره زایشی گیاه در میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گردید.

صفات مورفولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بیانگر آن بود که ارتفاع بوته تحت تأثیر سال و اثر میزان بذر قرار نرفت، ولی اثر تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف کشت، بر آن معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر به ترتیب با میانگین ارتفاع ۱۵۷/۷ و ۱۴۹/۶ سانتی متر در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان با میانگین ۱۲۹/۷ سانتی متر، از برتری معنی داری برخوردار بودند. نتایج آزمایشات دیگر در منطقه نیز بیانگر آن است که بیشترین ارتفاع بوته از تاریخ ۱۰ مهر با میانگین ۱۵۹/۲ سانتی متر به دست آمد (Jilani, 2011). از جمله دلایل افزایش ارتفاع بوته در تاریخ‌های کاشت زودتر را می‌توان به تخصیص بیشتر مواد غذایی و نور در بازه زمانی طولانی‌تر در گیاه نسبت داد.

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که اثر سال، تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف کشت بر تعداد شاخه فرعی معنی دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که سال اول با میانگین ۶/۴ شاخه فرعی نسبت به سال دوم آزمایش با میانگین ۵/۴ شاخه فرعی از برتری معنی داری برخوردار بود. مقایسات میانگین در خصوص بررسی اثر تاریخ کاشت نشان داد که تاریخ‌های کشت زودتر (۱۰ و ۲۵ مهر) به ترتیب با میانگین ۶/۶ و ۶/۱، بیشترین تعداد شاخه فرعی را دارا بوده و به طور مشترک در یک گروه قرار داشتند که علت این امر را می‌توان به ارتفاع بیشتر و بهره‌گیری از طول دوره رویشی طولانی‌تر در تاریخ‌های کشت زودتر نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان دانست. مقایسه میانگین در مورد صفت شاخه فرعی نشان داد که فاصله بین ردیف کشت ۵۰ سانتی متر نسبت به فواصل ۴۰ و ۳۰ سانتی متر، اثر مثبت بر تعداد شاخه فرعی در بوته داشت و با افزایش فواصل بین ردیف کشت، تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافت.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده در تیمارهای آزمایشی در گیاه باقلا رقم برکت طی سال های ۸۹-۱۳۸۷ در منطقه رشت.

Table 3. Analysis of variances in evaluated traits of experimental treatment in *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2010 at Rasht region.

میانگین مربعات (MS)									
تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	تعداد شاخه جانبی	تعداد بوته	طول دوره رشد	طول دوره گلدهی تا برداشت	طول دوره سبز شدن تا گلدهی	طول دوره سبز شدن تا سبز شدن	درجه آزادی	S.O.V
Pod no. per plant	Seed no. per pod	Branch number	Plant height	Growth duration	Time of flowering to maturity	Time of germination to flowering	Time of germination to flowering	df	منابع تغییرات
551.7 **	2.29 **	10.4 **	39.85 ^{ns}	1095.7 **	35.59 **	736.33 **	85.33 **	1	سال
31.65	0.07	0.16	1351.9	0.06	0.84	0.58	0.53	2	سال × تکرار
193.61 **	4.18 **	38.74 **	7476.1 **	4904.3 **	74.36 **	3816.7 **	1516.7 **	2	تاریخ کاشت
23.97	0.08	0.36	442.8	1.15	0.81	0.4	0.22	4	خطای کرت اصلی
57.19 *	0.24 ^{ns}	3.12 **	365.3 **	5.95 **	14.58 **	2.9 **	2.53 **	2	فاصله کشت
0.24	0.33 ^{ns}	0.95 ^{ns}	145.6 ^{ns}	1.81 *	5.33 **	0.93 ^{ns}	4.48 **	1	میزان بندر
4.74 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.76 *	234.2 *	0.2 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.14 ^{ns}	4	تاریخ کاشت × فاصله کشت
27.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.37 ^{ns}	95.1 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.26 ^{ns}	1.23 **	2	تاریخ کاشت × میزان بندر
3.58 ^{ns}	0.49 *	0.4 ^{ns}	20.7 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.34 ^{ns}	2	فاصله کشت × میزان بندر
15.54	0.25 ^{ns}	1.6 **	22.5 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.54 **	4	تاریخ کاشت × فاصله کشت × میزان بندر
61.23 *	1.45 **	9.49 **	3140 **	1.18 *	91.9 **	82.33 **	79.19 **	2	سال × تاریخ کاشت
10.95 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}	428.7 **	0.06 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.36 ^{ns}	2	سال × فاصله کشت
30.4 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.11 ^{ns}	34.9 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	1	سال × میزان بندر
14.8 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.44 ^{ns}	235.4 *	0.62 ^{ns}	1.97 *	1.33 *	0.64 **	4	سال × تاریخ کاشت × فاصله کشت
8.36 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.05 ^{ns}	198.5 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2	سال × تاریخ کاشت × میزان بندر
13.16	0.21 ^{ns}	1.18 *	16.6 ^{ns}	0.29 ^{ns}	1.23 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.69 ^{ns}	2	سال × فاصله کشت × میزان بندر
15.31	0.37 *	1.2 **	11.93 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.14 ^{ns}	4	سال × تاریخ کشت × فاصله کشت × میزان بندر
17.7	0.14	0.28	79.14	0.37	0.66	0.48	0.25	64	خطا
16.9	8.32	9.27	6.11	0.27	0.78	0.59	3.61	-	C.V (%)

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارزشابی شده در تیمارهای آزمایشی در گیاه باقلا رقم برکت طی سال های ۸۹-۱۳۸۷ در منطقه رشت.

Table 3. continued-Analysis of variances in evaluated traits of experimental treatment in *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2010 at Rasht region.

میانگین مربعات (MS)									
شاخص برداشت	شاخص برداشت	میزان پروتئین	عملکرد پروتئین	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن صدانه	درجه آزادی	S.O.V	منابع تغییرات
Protein harvest index	Harvest index	Protein percent	Protein yield	Biological yield	Grain yield	100-grain Weight	df		
21.04 **	0.14 ^{ns}	454.7 **	7655060 **	411216181 **	15830158 **	657.1 **	1	Year (Y)	سال
4.56	14.5	16.4	465699	18197168	2368835	4.38	2	Year × R	سال × تکرار
3.78 *	11.3 ^{ns}	52.5 *	5748448 **	1459391852 **	58155462 **	48.4 **	2	Planting Date (PD)	تاریخ کاشت
2.55	24.36	5.06	302438	29756023	1438064	6.4	4	Error a	خطای کرت اصلی
0.54 ^{ns}	9.09 ^{ns}	22.6 ^{ns}	771977 **	112067095 **	3016317 **	17.74 ^{ns}	2	Row Spacing (RS)	فاصله کشت
0.67 ^{ns}	13.56 ^{ns}	5.2 ^{ns}	2205061 **	600950533 **	17179347 **	22.41 ^{ns}	1	Seed Rate (SR)	میزان بذر
3.45 *	12.61 ^{ns}	28.6 ^{ns}	769184 **	22336966 ^{ns}	2418913 **	10.4 ^{ns}	4	PD × RS	تاریخ کاشت × فاصله کشت
1.63 ^{ns}	0.98 ^{ns}	28.6 ^{ns}	124260 ^{ns}	5949822 ^{ns}	420718 ^{ns}	3.65 ^{ns}	2	PD × SR	تاریخ کاشت × میزان بذر
2.14 ^{ns}	2.85 ^{ns}	33.1 ^{ns}	152976 ^{ns}	2118530 ^{ns}	646951 ^{ns}	4.21 ^{ns}	2	RS × SR	فاصله کشت × میزان بذر
0.77 ^{ns}	1.71 ^{ns}	6.5 ^{ns}	145760 ^{ns}	10408589 ^{ns}	487475 ^{ns}	4.02 ^{ns}	4	PD × RS × SR	تاریخ کاشت × فاصله کشت × میزان بذر
7.43 **	2.03 ^{ns}	195.9 **	2732385 **	170438768 **	5732352 **	0.57 ^{ns}	2	Year × PD	سال × تاریخ کاشت
0.65 ^{ns}	12.4 ^{ns}	21.6 ^{ns}	13305 ^{ns}	263872 ^{ns}	1026703 ^{ns}	1.17 ^{ns}	2	Year × RS	سال × فاصله کشت
2.96 ^{ns}	30.91 **	0.85 ^{ns}	685 ^{ns}	25191348 ^{ns}	283361 ^{ns}	1.61 ^{ns}	1	Year × SR	سال × میزان بذر
2.2 ^{ns}	6.14 ^{ns}	27.9 ^{ns}	414903 *	14610563 ^{ns}	450340 ^{ns}	0.17 ^{ns}	4	Year × PD × RS	سال × تاریخ کاشت × فاصله کشت
1.96 ^{ns}	2.3 ^{ns}	22.5 ^{ns}	40366 ^{ns}	30821886 ^{ns}	355070 ^{ns}	3.26 ^{ns}	2	Year × PD × SR	سال × تاریخ کاشت × میزان بذر
1.75 ^{ns}	7.11 ^{ns}	7.5 ^{ns}	131218 ^{ns}	3407067 ^{ns}	729270 ^{ns}	3.34 ^{ns}	2	Year × RS × SR	سال × فاصله کشت × میزان بذر
0.14 ^{ns}	1.27 ^{ns}	4.9 ^{ns}	117252 ^{ns}	18175793 ^{ns}	552437 ^{ns}	3.64 ^{ns}	4	Year × PD × RS × SR	سال × تاریخ کشت × فاصله کشت × میزان بذر
1.06	5.19	13.3	139970	19548240	503583	6.56	64	Error b	خطا
15.15	10.21	11.95	19.08	15.32	11.17	2.12	-	C.V (%)	ضریب تغییرات (%)

ns: Non-significant, * and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively
 غیر معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

در فواصل بین ردیف عریض، به دلیل وجود فضای کافی، بوته‌ها می‌توانند تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری تولید کنند. کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در بوته در فواصل بین ردیف باریک را می‌توان به کاهش میزان نفوذ نور در بخش پایین پوشش گیاهی و عدم فعالیت جوانه‌های تشکیل دهنده شاخه نسبت داد.

در گیاه باقلا، عملکرد دانه، تابعی از تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد. در بین این اجزاء، وزن ۱۰۰ دانه از اهمیت بیشتری برخوردار است. وزن ۱۰۰ دانه به‌طور عمده متأثر از میزان مواد فتوسنتزی، تعداد دانه و ظرفیت هر دانه می‌باشد، اما ژنوتیپ و شرایط آب و هوایی طی دوره رشد و نمو گیاه نیز بر آن مؤثر است. وزن ۱۰۰ دانه، آخرین جزء عملکرد است که در طی رشد شکل می‌گیرد. وزن ۱۰۰ دانه به آرایش گل‌ها و موقعیت رشدی غلاف بستگی دارد (Hashemabadi & Sedaghatpour, 2006).

عموماً وزن ۱۰۰ دانه در تاریخ کشت زود هنگام، بالاتر است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که به‌جز اثر سال و تاریخ کاشت، اختلاف معنی‌داری بین سایر تیمارهای آزمایشی از نظر صفت وزن ۱۰۰ دانه وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که وزن ۱۰۰ دانه در سال اول آزمایش با میانگین ۱۲۳/۲ گرم نسبت به سال دوم آزمایش با میانگین ۱۱۸/۲ گرم از برتری معنی‌داری برخوردار بود. به نظر می‌رسد گیاه باقلا در سال اول آزمایش به دلیل بهره‌گیری بهتر از شرایط محیطی و طول دوره رشد بیشتر، وزن ۱۰۰ دانه بیشتری در مقایسه با سال دوم داشت. اثر تاریخ کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه از تاریخ کاشت ۲۵ مهر با میانگین ۱۲۱/۶ گرم و کمترین مقدار از تاریخ کاشت ۱۰ آبان با میانگین ۱۱۹/۴ گرم به‌دست‌آمد (جدول ۴). نتیجه به‌دست‌آمده مؤید این مطلب است که کاهش طول دوره رشد و به‌تبع آن، دوره زایشی گیاه در تاریخ کاشت ۱۰ آبان، سبب کاهش وزن ۱۰۰ دانه در این تاریخ کاشت گردید.

نتایج تحقیق دیگری در منطقه، مؤید این مطلب بود که در صورت تأخیر یک‌ماهه در کاشت باقلای رقم برکت، وزن ۱۰۰ دانه از ۱۳۰/۷ گرم به ۱۱۴/۶ گرم کاهش یافت که دلیل آن را می‌توان به کاهش طول دوره پر شدن دانه نسبت داد (Jilani, 2011).

Turk et al, (2002) نیز بر اساس نتایج سه ساله آزمایش اثر تاریخ کاشت بر رقم ریزدانه باقلا، گزارش کردند که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه از تاریخ کاشت زودتر با میانگین ۴۰/۸ گرم به‌دست‌آمد و در صورت تأخیر چهار هفته‌ای، وزن ۱۰۰ دانه به ۳۴/۰ گرم کاهش یافت.

عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و شاخص برداشت پروتئین
بر اساس نتایج تجزیه واریانس ساده در سال زراعی ۸-۱۳۸۷، عملکرد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و میزان بذر قرار گرفت ولی فواصل بین ردیف کاشت بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت ۲۵ و ۱۰ مهر به‌ترتیب با میانگین ۷۸۱۸ و ۷۵۳۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست‌آمد که نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان با میانگین ۴۸۴۶ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌داری برخوردار بودند. در میان مقادیر بذر نیز میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار از نظر عملکرد دانه، برتری داشت (جدول ۶).

تجزیه واریانس ساده در سال زراعی ۹-۱۳۸۸ نیز بیانگر آن بود که بین تاریخ کاشت، فاصله بین ردیف کشت و میزان بذر از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت و تاریخ کاشت ۲۵ مهر (با میانگین ۶۸۰۳ کیلوگرم در هکتار)، فاصله کشت ۴۰ سانتی‌متر (با میانگین ۶۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) و میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (با میانگین ۶۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را ایجاد کردند (جدول ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سال اول آزمایش با میانگین عملکرد ۶۷۳۴ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سال دوم با میانگین ۵۹۶۸ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌داری برخوردار بود. از جمله دلایل این برتری را می‌توان به مناسب‌بودن شرایط آب و هوایی از جمله بارندگی‌های مناسب و ساعات آفتابی بیشتر (جدول ۲) در دوره رشد گیاه باقلا در سال اول آزمایش نسبت داد.

بین تاریخ‌های کاشت، تاریخ کاشت ۲۵ و ۱۰ مهر به‌ترتیب با میانگین ۷۳۱۰ و ۶۸۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه خشک را به‌خود اختصاص داده و به‌طور مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد ارزیابی گیاه باقلا برکت طی سال های ۸۹-۱۳۸۷ در منطقه رشت.
Table 4. Mean comparisons of main effect of experimental treatments on evaluated traits of *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2010 at Rasht region.

تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در غللاف Seed no. per Pod	تعداد شاخه جانبی Branch number	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	طول دوره رشد (روز) Growth duration (day)	طول دوره گلدهی تا برداشت (روز) Time of flowering to maturity (day)	طول دوره سبز شدن تا گلدهی (روز) Time of germination to flowering (day)	کلشت تا سبز شدن (روز) Time of germination (day)	Treatment	تیمار
سال زراعی Year									
27.1 ^a	4.6 ^a	6.1 ^a	145.1 ^a	226.0 ^a	105.1 ^a	120.9 ^a	14.7 ^a	2008-2009	۱۳۸۷-۸
22.5 ^b	4.3 ^b	5.4 ^b	146.3 ^a	219.6 ^b	103.9 ^b	115.7 ^b	12.9 ^b	2009-2010	۱۳۸۸-۹
تاریخ کاشت (سانتی متر) Row Spacing (cm)									
24.3 ^{ab}	4.8 ^a	6.6 ^a	157.7 ^a	234.1 ^a	106.1 ^a	128.0 ^a	8.4 ^c	1 October	مهر ۱۰
27.4 ^a	4.4 ^b	6.1 ^a	149.6 ^a	223.6 ^b	104.1 ^b	119.4 ^b	12.1 ^b	16 October	مهر ۲۵
22.8 ^b	4.1 ^c	4.6 ^b	129.7 ^b	210.8 ^c	103.3 ^c	107.5 ^c	21.0 ^a	31 October	آبان ۱۰
میزان بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed Rate (Kg/ha)									
23.4 ^b	4.3 ^a	5.5 ^b	148.6 ^a	222.4 ^b	103.8 ^b	118.6 ^a	13.5 ^b	30	
25.2 ^{ab}	4.5 ^a	5.7 ^b	142.3 ^b	222.7 ^b	104.6 ^a	118.2 ^b	14.0 ^a	40	
25.8 ^a	4.4 ^a	6.1 ^a	146.2 ^{ab}	223.2 ^a	105.1 ^a	118.1 ^b	13.9 ^a	50	
24.9 ^a	4.5 ^a	5.8 ^a	144.5 ^a	223.0 ^a	104.7 ^a	118.2 ^a	14.0 ^a	100	
24.8 ^a	4.4 ^a	5.6 ^a	146.8 ^a	222.0 ^b	104.3 ^b	118.4 ^a	13.6 ^b	150	

میانگین هایی که در هر ستون حرف مشترک دارند، تفاوت معنی داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

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

ادامه جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد ارزیابی گیاه باقلا برکت طی سال های ۸۹-۱۳۸۷ در منطقه رشت.
Table 4. continued- Mean comparisons of main effect of experimental treatments on evaluated traits of *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2010 at Rasht region

شاخص برداشت Protein harvest index (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (Kg/ha)	میزان پروتئین (درصد) Protein percent (%)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	وزن صدانه (گرم) 100-grain weight (g)	Treatment	تیمار
سال زراعی Year								
7.23 ^a	2227.0 ^a	32.57 ^a	21.85 ^a	30816 ^a	6734.0 ^a	123.2 ^a	2008-2009	۱۳۸۷-۸
6.30 ^b	1694.5 ^b	28.47 ^b	22.18 ^a	26913 ^b	5968.3 ^b	118.2 ^b	2009-2010	۱۳۸۸-۹
تاریخ کاشت Planting Date								
7.06 ^a	2210.0 ^a	31.7 ^a	21.82 ^a	31311 ^a	6833.0 ^a	121.0 ^{ab}	1 October	۱۰ مهر
6.46 ^a	2172.8 ^a	29.4 ^b	21.73 ^a	33645 ^a	7310.8 ^a	121.6 ^a	16 October	۲۵ مهر
6.93 ^a	1500.0 ^b	30.4 ^{ab}	22.69 ^a	21637 ^b	4909.7 ^b	119.4 ^b	31 October	۱۰ آبان
فاصله کشت (سانتی متر) Row Spacing (cm)								
6.63 ^a	1961.9 ^{ab}	30.52 ^a	21.58 ^a	29588 ^a	6385.3 ^{ab}	120.6 ^a	30	
6.99 ^a	2106.6 ^a	31.31 ^a	21.96 ^a	30152 ^a	6622.0 ^a	121.4 ^a	40	
6.75 ^a	1813.7 ^b	29.73 ^a	22.51 ^a	26853 ^b	6046.1 ^b	120.1 ^a	50	
میزان بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed Rate (Kg/ha)								
6.85 ^a	1817.9 ^b	30.3 ^a	22.08 ^a	26505 ^b	5952.3 ^b	120.2 ^a	100	
6.74 ^a	2103.6 ^a	30.7 ^a	21.62 ^a	31223 ^a	6750.0 ^a	121.1 ^a	150	

میانگین‌هایی که در هر ستون حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.
Means by the uncommon letter in each column are significantly different according to Tukey tests (p<0.05).

تاریخ کاشت و میزان بذر از نظر عملکرد پروتئین تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

تیمار تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر با میانگین ۲۷۵۶/۸ و ۲۴۲۷/۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان با میانگین ۱۴۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار، از برتری معنی‌داری برخوردار بودند.

در میان مقادیر بذر نیز میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار، از نظر عملکرد پروتئین، برتری داشت (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس ساده در سال زراعی ۱۳۸۸-۹ نیز بیانگر آن بود که بین تاریخ کاشت، فاصله بین ردیف کشت و میزان بذر از نظر عملکرد پروتئین، اختلاف معنی‌داری وجود داشت و تاریخ کاشت ۲۵ مهر (با میانگین ۱۹۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار)، فاصله بین ردیف کشت ۴۰ سانتی‌متر (با میانگین ۱۸۳۸/۷ کیلوگرم در هکتار) و میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (با میانگین ۱۸۳۴/۹ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد پروتئین را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

نتایج تجزیه مرکب دوساله بیانگر آن بود که اثر سال، تاریخ کاشت، فاصله بین ردیف کاشت و میزان بذر بر عملکرد پروتئین در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که سال اول با میانگین ۲۲۲۷/۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سال دوم آزمایش با میانگین ۱۶۹۴/۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد پروتئین بیشتری داشت. این نتیجه به واسطه عملکرد دانه و میزان پروتئین بیشتر در سال اول، قابل توجیه می‌باشد (جدول ۴). مقایسه اثر تیمارهای تاریخ کاشت نشان داد که تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر به‌ترتیب با میانگین ۲۲۱۰/۰ و ۲۱۷۲/۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تاریخ کاشت دیرتر، عملکرد پروتئین بیشتری داشته و در گروه مجزای آماری قرار گرفتند (جدول ۴). از جمله دلایل کاهش عملکرد پروتئین در تاریخ کاشت ۱۰ آبان، کاهش چشمگیر عملکرد دانه در این تیمار بود.

اثر فواصل بین ردیف کشت بر عملکرد پروتئین، معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که فاصله بین ردیف کاشت ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر با میانگین ۲۱۰۶/۶ و ۱۸۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

تاریخ کاشت ۱۰ آبان با میانگین عملکرد ۴۹۰۹ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را دارا بود. از جمله دلایل کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ آبان را می‌توان کم‌تر بودن تعداد شاخه‌جانبی، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و کوتاه‌تر بودن دوره گلدهی تا برداشت و در نتیجه عدم تخصیص شیره پرورده کافی برای پر شدن دانه، نسبت به تاریخ کاشت زودتر دانست.

بر اساس یک گزارش، در کشت زودهنگام، طول دوره گلدهی و گرده‌افشانی و پر شدن غلاف، طولانی‌تر است و در نتیجه گیاه، فرصت کافی برای تولید غلاف و پر کردن غلاف‌ها را دارد (Loss et al., 1997).

(Thalji & Shalaladeh, 2006) بیان کردند که کشت زودهنگام، ۳۰ درصد تا ۵۰ درصد تولید غلاف را افزایش می‌دهد. کاهش تعداد غلاف را می‌توان به کوتاه‌شدن دوره رشد در تاریخ کشت دیر هنگام مرتبط دانست.

اثر فواصل بین ردیف کشت بر عملکرد دانه، معنی‌دار بود. فاصله بین ردیف کشت ۴۰ سانتی‌متر با میانگین ۶۶۲۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین در خصوص مقادیر بذر نیز نشان داد که عملکرد دانه در میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۶۷۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، از برتری معنی‌داری برخوردار بود. با توجه به افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، بیشتر بودن عملکرد دانه در این تیمار، طبیعی به نظر می‌رسد و بیانگر واکنش‌پذیری مطلوب باقلای رقم برکت نسبت به مصرف بذر و تراکم بیشتر می‌باشد.

نتایج تحقیق تراکم بوته (۱۲/۵، ۱۶/۵ و ۲۰ بوته در مترمربع) بر ارقام باقلا در شهرستان زابل نیز حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت (Dahmardeh et al., 2010).

عملکرد پروتئین، صفتی است که از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و میزان پروتئین به‌دست می‌آید و معرف مقدار استحصالی پروتئین در واحد سطح می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس ساده در سال زراعی ۱۳۸۷-۸ نشان داد که بین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال و تاریخ کاشت بر شاخص برداشت پروتئین معنی‌دار بود، ولی فاصله بین ردیف کاشت و میزان بذر معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین شاخص برداشت پروتئین از سال اول آزمایش با میانگین ۷/۲۳ درصد به‌دست‌آمد. نتایج مقایسه میانگین بیانگر آن بود که تاریخ کاشت ۲۵ مهر با وجود عملکرد دانه بالا، به دلیل کم‌تر بودن میزان پروتئین و بیشتر بودن زیست‌توده، کمترین شاخص برداشت پروتئین را به‌خود اختصاص داد.

همچنین نتایج بیانگر آن بود که میزان بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به واسطه عملکرد دانه بالاتر، عملکرد پروتئین بیشتری را دارا بود. با توجه به معنی‌دار نبودن اثر میزان بذر و فواصل بین ردیف کاشت بر میزان پروتئین دانه، نتیجه فوق، نشان‌دهنده اثر مستقیم عملکرد دانه بر عملکرد پروتئین بود. شاخص برداشت پروتئین، مؤلفه‌ای است که نشان می‌دهد چه میزان از کل ماده خشک تولیدی گیاه، در میزان پروتئین دانه و عملکرد پروتئین نقش داشته است.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه و عملکرد پروتئین در تیمارهای آزمایشی در گیاه باقلا رقم برکت

طی سال‌های ۸-۱۳۸۷ و ۹-۱۳۸۸ در منطقه رشت

Table 5. Analysis of variances in grain yield and protein yield of experimental treatment in *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2009 and 2009-2010 at Rasht region

۱۳۸۸-۹ (2009-10)		۱۳۸۷-۸ (2008-09)		درجه آزادی df	S.O.V	منابع تغییرات
عملکرد پروتئین Protein yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد پروتئین Protein yield	عملکرد دانه Grain yield			
148020 ^{ns}	1367804 ^{ns}	459873 ^{ns}	1386125 ^{ns}	2	Replication	تکرار
787414 [*]	15416325 ^{**}	7693420 [*]	48471489 ^{**}	2	Planting Date (PD)	تاریخ کاشت
61763	203054	447149	1868304	4	Error a	خطای کرت اصلی
335052 ^{**}	3736465 ^{**}	450229 ^{ns}	3065554 ^{ns}	2	Row Spacing (RS)	فاصله کشت
1064007 ^{**}	10937700 ^{**}	1141739 [*]	6525008 ^{**}	1	Seed Rate (SR)	میزان بذر
77146 ^{ns}	729058 ^{ns}	1106940 ^{**}	2140195 ^{**}	4	PD × RS	تاریخ کاشت × فاصله کشت
16941 ^{ns}	211900 ^{ns}	147686 ^{ns}	563887 ^{ns}	2	PD × SR	تاریخ کاشت × میزان بذر
283725 ^{**}	709241 ^{ns}	468 ^{ns}	666980 ^{ns}	2	RS × SR	فاصله کشت × میزان بذر
26156 ^{ns}	127125 ^{ns}	236857 ^{ns}	912787 ^{ns}	4	PD × RS × SR	تاریخ کاشت × فاصله کشت × میزان بذر
40050	497326	231024	492546	30	Error	خطا
11.81	11.82	21.58	10.42	-	C.V (%)	ضریب تغییرات(%)

ns غیر معنی‌دار و * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

Ns: Non-signtificant, * and ** signtificant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد ارزیابی گیاه باقلا برکت

طی سال‌های ۸-۱۳۸۷ و ۹-۱۳۸۸ در منطقه رشت

Table 6. Mean comparisons of main effect of experimental treatments on evaluated traits of *Vicia faba* L. var. Barekat during 2008-2009 and 2009-2010 at Rasht region

۱۳۸۸-۹ (2009-10)		۱۳۸۷-۸ (2008-09)		Treatment	تیمار
عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)		
تاریخ کاشت Planting Date					
1662.4 ^b	6128.2 ^b	2756.8 ^a	7537.7 ^a	1 October	۱۰مهر
1917.9 ^a	6803.3 ^a	2427.8 ^a	7818.2 ^a	16 October	۲۵مهر
1503.3 ^b	4973.3 ^c	1496.3 ^b	4846.1 ^b	31 October	۱۰آبان
فاصله کشت (سانتی متر) Row Spacing (cm)					
1677.4 ^{ab}	5978.3 ^{ab}	2246.5 ^a	6792.2 ^a	30	
1838.7 ^a	6418.8 ^a	2374.4 ^a	6825.2 ^a	40	
1567.5 ^b	5707.7 ^b	2060.0 ^a	6584.5 ^a	50	
میزان بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed Rate (Kg/ha)					
1554.1 ^b	5518.2 ^b	2081.6 ^b	6386.4 ^b	100	
1834.9 ^a	6418.3 ^a	2372.4 ^a	7081.6 ^a	150	

میانگین‌هایی که در هر ستون، حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.
Means by the uncommon letter in each column are significantly different according to Tukey tests ($p < 0.05$).

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مؤسسه تحقیقات برنج کشور به جهت حمایت‌های مالی از اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نتایج این مقاله از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۸۸۰۶۳-۴۰۴-۲ استخراج گردیده است و بدین‌وسیله

منابع

- Bozdoglu, H., Peksen, E., Peksen, A., and Gulumser, A. 2002. Determination of green pod yield and some pod characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivar line grown in different row spacing. *Acta Horticulture Journal* 579: 347-350.
- Dahmardeh, M., Ramroodi, M., and Valizadeh, J. 2010. Effect of plant density and cultivars on growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). *African Journal of Biotechnology* 9(50): 8643-8647.
- Ghanbari Birgani, D., Sakhavat, R., Osroush, S., and Shimi, P. 2003. Evaluation of the effects of herbicide application and plant density on weed population and yield of broad bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 5(4): 315-327. (In Persian with English Summary).
- Graf, R.J., and Rowland, G. 1987. Effect of plant density on yield and components of yield of faba bean. *Canadian Plant Science Journal* 67: 1-10.

5. Hashemabadi, D., and Sedaghatpour, Sh. 2006. Study of mutual effect of the sowing date and plant density on yield and yield component of winter *Vicia faba* L. Journal of Agricultural Sciences 12(1): 135-142. (In Persian with English Summary).
6. Idris, A.L. 2008. Effect of seed size and plant spacing on yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4(2): 146-148.
7. Jilani, M. 2011. Investigation of the effect of planting date, timing and consumption rate of Paraquat herbicide on the ripening, yield and agronomic traits of faba bean at paddy fields after rice. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University. (In Persian with English Summary).
8. Kondra, Z.P. 1975. Effects of row spacing, seeding rate and date of seeding on faba beans. Canadian Journal of Plant Science 55: 211-214.
9. Loss, S.P., Siddique, K.H.M., and Martin, L.D. 1997. Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environments II. Phenology, canopy development, radiation absorption and biomass partitioning. Journal of Field Crops Research 52: 29-41.
10. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2005. Faba bean productivity under rainfed and supplemental irrigation in northern Syria. Journal of Agricultural Water Management 73: 57-72.
11. Shad, K.K., Wahab, A., Rehman, A., Fida, M., and Wahab, S. 2010. Density and planting date influence phenological development assimilate partitioning and dry matter production of faba bean. Pakistan Journal of Botanic 42(6): 3831-3838.
12. Tawaha, M.A., and Turk, M.A. 2001. Effect of date and rate of sowing on yield and yield components of narbon vetch under semi-arid condition. Journal of Acta Argon. Hung 49(1): 103-105.
13. Thalji, T., and Salaldehy, G. 2006. Effect of planting date on faba bean (*Vicia faba* L.) nodulation and performance under semiarid conditions. World Journal of Agricultural Sciences 2 (4): 477-482.
14. Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A.A., and Fayaz Moghadam, A. 2007. Effect of plant population on some morphophysiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhesh & Sazandegi 20(1): 63-71. (In Persian with English Summary).
15. Turk, M.A., and Tawaha, A.M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. minor) in the absence of moisture stress. Journal of Biotechnology, Agronomy, Society and Environment 6(3): 171-178.
16. Yavuz, T., Surmen, M., and Cankaya, N. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on yield and yield component of common vetch (*Vicia sativa* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 9(1): 369-371.

Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht

Rabiee^{1*}, M. & Jilani², M

1. Researcher, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran

2. PhD. Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Gorgan, Iran

Received: 1 September 2012

Accepted: 30 October 2013

Abstract

In order to study the effect of planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.), a split factorial experiment based on the complete randomized block design with three replications was conducted at research station of Rice Research Institute of Iran (Rasht) during 2008-2010 for two years. Experimental treatments were planting date in three levels of October 1, 16 and 31 as main plot and row spacing in three levels of 30, 40 and 50 cm and seed rate in two levels of 100 and 150 kg.ha⁻¹ as sub plots. The results of mean comparisons showed the first year was superior to the second year in most traits. Between the planting dates, planting dates of October 1 and 16 had maximum 100-seed weight, number of auxiliary branches, number of pods per plant and grain and protein yields, and were in the same group. Between row spacing levels, 30 and 40 cm and between seed rates, seed rate of 150 kg.ha⁻¹ produced maximum grain and protein yields. Planting date of October 1 had the highest growth period with average of 234 days. Based on the results of this research, planting date of October 1 and 16, row spacing levels of 30 and 40 cm, and seed rate of 150 kg.ha⁻¹ is recommended for planting of faba bean (*Vicia faba* L.) in fields of Rasht due to high grain and protein yields.

Key words: Agronomical traits, Growth period, Protein harvest index, Second crop

*Corresponding Author: rabiee_md@yahoo.co.uk, Mobile: 09113333193

بررسی امکان کاشت پاییزه نخود در شرایط آب و هوایی سراوان

محسن زعفرانیه^{۱*}، احمد نظامی^۲، سیدمسعود ضیائی^۳ و میترا جباری^۳

۱- عضو هیئت علمی (مربی) گروه باغبانی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر

۲- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- اعضای هیئت علمی (مربی) گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی سراوان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۲۷

چکیده

در برخی مناطق گرم و خشک، وجود فصل رشد مناسب در طول پاییز و زمستان و وقوع درجه حرارت بالا در بهار سبب گرایش به کشت نخود در پاییز شده است. بنابراین به منظور بررسی مقدماتی امکان کاشت پاییزه نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی سراوان، آزمایشی در پاییز سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی سراوان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ مهر، ۱۱ آبان و اول آذر) و کرت‌های فرعی شامل پنج ژنوتیپ نخود (MCC488, MCC208, MCC258, MCC770, MCC361) بودند. تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف خالی، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت داشت و گیاهان کشت شده در ۲۰ مهر بیشترین عملکرد دانه را داشتند. اثر ژنوتیپ نیز بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد و ژنوتیپ MCC361 با میانگین عملکرد دانه ۲۰۴/۶ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد را دارا بود. اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ، معنی‌دار شد و بیشترین عملکرد دانه را ژنوتیپ MCC361 در تاریخ کاشت اول (۲۰ مهر) با میانگین ۲۵۵ گرم در مترمربع و کمترین آن را ژنوتیپ MCC770 در تاریخ کاشت سوم (اول آذر) با میانگین ۱۷/۵۵ گرم در مترمربع داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته ($r = 0.84^{**}$)، تعداد دانه در بوته ($r = 0.63^{**}$)، عملکرد زیستی ($r = 0.55^{**}$) و شاخص برداشت ($r = 0.55^{**}$) مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که هر چند کاشت پاییزه نخود در منطقه سراوان موفقیت‌آمیز بوده است، ولی برای حصول نتایج مطمئن‌تر، تداوم این گونه آزمایش‌ها و بررسی دقیق‌تر واکنش ارقام نخود به کاشت‌های پاییزه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شاخص برداشت

مقدمه

از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طی گلدهی، تعداد گل و در نتیجه تعداد غلاف‌های تشکیل شده را در گیاه کاهش داده و باعث کاهش عملکرد شده است (Summerfield, 1987). کشت نخود در بسیاری از مناطق معتدله ایران نیز در بهار انجام می‌شود و در این شرایط، به دلیل مصادف شدن مرحله پُرشدن دانه با تنش خشکی و درجه حرارت‌های بالا در انتهای فصل رشد، زیست‌توده نخود، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه به شدت کاهش داشت (Mousavi & Pezeshkpour, 2006). با توجه به موفقیت‌های حاصله در بهبود عملکرد نخود در کاشت پاییزه-زمستانه در مناطق مدیترانه‌ای (Saxena, 1993)، جهت شناسایی ارقام متحمل به سرمای نخود برای مناطق مرتفع، در آزمایشی ۵۳۰ نمونه از کلکسیون نخود مشهد^۱ در پاییز دو سال زراعی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد کشت شد (Nezami, 2002). درصد بقا پس از

حبوبات و از جمله نخود، نقش مهمی در تأمین پروتئین انسان دارند (Bagheri & Parsa, 2008; Saxena 1993). گیاهان این خانواده قادرند از طریق تثبیت نیتروژن، موجب بهبود حاصلخیزی خاک و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شوند (Singh *et al.*, 1997). در مناطق معتدله دنیا به دلیل وجود زمستان‌های سرد، گیاه نخود به صورت بهار کشت می‌شود که این امر گاهی سبب بروز مشکل در تولید این گیاه شده است، به طوری که بروز تنش خشکی و گرما در اواخر دوره رشد رویشی و دماهای بالا در مرحله رشد زایشی، سبب کوتاه شدن مراحل فنولوژیک و کاهش زیست‌توده و در نهایت، کاهش شدید عملکرد دانه در گیاه نخود شده است (Singh *et al.*, 1993). به عنوان مثال، درجه حرارت‌های بالاتر

^۱ Mashhad Chickpea Collection (MCC)

* نویسنده مسئول: همراه: ۰۹۱۵۱۰۳۳۷۹۴ mohsen.zafarani@yahoo.com

کاشت شده در اکتبر به نسبت گیاهان کشت شده در دسامبر از سرعت پُرسیدن غلاف و عملکرد بالاتری در حدود ۲۶ درصد برخوردار بود که این به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و عملکرد زیستی بیشتر آنها ذکر شده است (Dapaah *et al.*, 2000). در همین منطقه همچنین گیاهان نخود کاشت شده در نوامبر از زیست توده و عملکرد دانه بیشتر و کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به گیاهان تاریخ کاشت دسامبر برخوردار بودند (Anwar *et al.*, 2003).

مناطق جنوبی استان سیستان و بلوچستان با توجه به مجاورت با دریای عمان و بهره‌گیری از بادهای موسمی، اقلیم متفاوتی نسبت به سایر نقاط کشور دارند. بالابودن میانگین دما و پایین بودن نوسانات آن از مشخصه‌های اساسی اقلیم این منطقه است. داده‌های هواشناسی حکایت از آن دارد که میانگین بارش سالیانه مناطق جنوبی استان، حدود ۱۳۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۲/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تاریخ کاشت، تأثیر زیادی بر رشد گیاه دارد، زیرا نوع شرایط محیطی را که مراحل مختلف فنولوژیک گیاه با آن مواجه خواهد شد، تعیین خواهد کرد. این نکته خصوصاً برای گیاهی مانند نخود که عمدتاً به صورت بهاره در شرایط خشک و با تکیه بر رطوبت ذخیره شده در خاک کشت می‌شود و با درجات حرارتی بالا در طول فصل رشد مواجه است، دارای اهمیت می‌باشد (Saxena, 1984). زمستان‌های معتدل و وقوع اکثر بارندگی‌ها در پاییز و زمستان و وجود میانگین درجه حرارت‌های بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در بهار سبب گرایش بیشتر به کشت‌های پاییزه در مناطق بلوچستان شده است (Khaksafidi *et al.*, 2010)؛ چراکه دما یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در رابطه با گلدهی و تشکیل غلاف در نخود بوده (Nayyar *et al.*, 2005) و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و دمای بالای ۳۰ درجه به مدت سه تا چهار روز در مرحله گلدهی کامل، سبب کاهش عملکرد و توقف گلدهی و تلقیح می‌شود (Van Rheenen *et al.*, 1997).

با توجه به کمبود اطلاعات در رابطه با کاشت پاییزه نخود در این منطقه، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی مقدماتی امکان کاشت پاییزه نخود در منطقه سراوان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی سراوان با عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۱۰۰ میلی‌متر و در زمین آیش به صورت

زمستان در ۹ نمونه در هر دو سال، ۱۰۰ درصد، در ۱۶ نمونه در یکی از دو سال، ۱۰۰ درصد و در سال دیگر بیش از ۷۵ درصد و در ۵ نمونه نیز در هر دو سال، بالاتر از ۷۵ درصد و کمتر از ۱۰۰ درصد بود. نتایج این آزمایش نشان داد که در کلکسیون نخود مشهد، نمونه‌های متحمل به شرایط سرد زمستان این منطقه وجود دارد. در آزمایش دیگری کاشت پاییزه ۳۳ ژنوتیپ نخود (۳۱ نمونه انتخاب شده از آزمایش‌های سال قبل و دو نمونه متحمل به سرمای معرفی شده توسط مرکز تحقیقاتی ایکاردا برای کاشت پاییزه در منطقه مدیرانه‌ای) در چهار تاریخ کاشت (۶ مهر، ۲۴ مهر، ۱۱ آبان و ۱۶ اسفند) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاشت پاییزه نخود سبب بهبود رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های متحمل به سرما نسبت به کشت بهاره شد، به نحوی که نه تنها عملکرد تمام ژنوتیپ‌های نخود در کشت پاییزه بیش از کاشت بهاره بود، بلکه عملکرد تمام آنها در کاشت‌های اول و دوم و ۹۴ درصد آنها در کاشت سوم بیش از متوسط عملکرد نخود در کشور (در سال‌های آزمایش) بوده است (Nezami, 2004).

کاشت پاییزه نخود نسبت به کاشت بهاره، دارای مزیت‌هایی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش عملکرد و ثبات آن در گیاهان کاشت پاییزه نسبت به کاشت بهاره اشاره نمود (Singh *et al.*, 1997). در کشت پاییزه، غالباً کارایی مصرف آب گیاهان بیشتر از محصولات بهاره است ضمن این‌که تثبیت بیولوژیک نیتروژن نیز بهبود می‌یابد (Singh *et al.*, 1997). گیاهان کشت پاییزه معمولاً حفاظ خوبی برای خاک ایجاد کرده و از فرسایش آن جلوگیری می‌کنند. همچنین برداشت زودتر گیاهان پاییزه، شرایط مناسبی برای کاشت محصول دوم فراهم می‌سازد (McKenzie *et al.*, 1995). با ارزیابی کشت‌های زمستانه و بهاره چندین ژنوتیپ نخود در سوریه و لبنان مشخص شد که میزان زیست توده و عملکرد دانه در کشت‌های پاییزه حدود ۵۸ درصد بیشتر از کشت‌های بهاره بود (Saxena, 1984). Azam *et al.* (2002) گزارش کردند گیاهان عدس کشت شده در تاریخ ۶ دسامبر به نسبت گیاهان کشت شده در تاریخ ۷ نوامبر، از کارایی مصرف نور و کارایی مصرف آب کمتری برخوردار بوده و در نتیجه عملکرد پایین‌تری داشتند. دلیل این امر، کم بودن طول فصل رشد و کاهش طول دوره رشد گیاه در تاریخ کاشت دسامبر ذکر شده است. در مطالعه‌ای دیگر بر روی اثر شش تاریخ کاشت بر عملکرد نخود، مشاهده شد که کاشت گیاهان در تاریخ ۱۰ نوامبر نسبت به ۳۰ دسامبر سبب بهبود ۱/۷ برابری عملکرد دانه شد (Ahmed *et al.*, 2011). در بررسی اثر تاریخ کاشت بر لوبیا در نیمکره جنوبی (نیوزیلند) نیز مشاهده شد که گیاهان

غلاف، تعداد غلاف خالی و وزن ۱۰۰ دانه، همزمان ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از گیاهان برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. شاخص برداشت نیز محاسبه شد.

برای تجزیه آماری از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۱) و با تأخیر در کاشت، از ارتفاع بوته کاسته شد، به‌طوری‌که متوسط ارتفاع گیاهان در کاشت ۲۰ مهر حدود ۱/۳ برابر آن نسبت به گیاهان کاشت اول آذر بود (جدول ۲). بررسی رشد ۳۰ نمونه نخود در تاریخ‌های کاشت ۶ مهر، ۲۴ مهر، ۱۱ آبان و ۱۶ اسفند نشان داد که ارتفاع گیاهان در کاشت‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۱/۹، ۱/۸ و ۱/۵ برابر در گیاهان کاشت چهارم بوده است (Nezami, 2002). در بنگلادش نیز گزارش شده ارتفاع بوته همراه با تأخیر در کاشت پاییزه نخود کاهش یافت و ارتفاع بوته در تاریخ کاشت نوامبر نسبت به دسامبر، ۱/۵ برابر بیشتر بود (Ahmed et al., 2011).

کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تاریخ‌های کاشت در سه سطح (۱۱ آبان، ۲۷ آبان و ۱۱ آذر) در کرت‌های اصلی و پنج ژنوتیپ نخود (MCC361 و MCC488 MCC208, MCC258, MCC770) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذر ژنوتیپ‌های مورد استفاده از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. طول هر کرت فرعی شامل چهار ردیف به طول سه متر بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت، ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف، هفت سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در هر کرت فرعی، چهار ردیف کشت شد. کشت به‌صورت هیرم‌کاری و آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار تا انتهای فصل رشد مطابق نظام آبیاری منطقه انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، قبل از کاشت، معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل (NPK) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به خاک داده شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و در سه نوبت و در مراحل شاخه‌دهی، شروع گلدهی و در مرحله تولید غلاف صورت گرفت.

جهت تعیین عملکرد دانه و زیست‌توده در مرحله رسیدگی، با حذف اثرات حاشیه از سطحی معادل دو مترمربع گیاهان برداشت شدند. همچنین جهت بررسی صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر برخی صفات ژنوتیپ‌های نخود

در منطقه سراوان (۹۰-۱۳۸۹)

Table 1. Source of variation, mean of squares and degree of freedom for some traits of chickpea genotypes and sowing dates in Saravan, 2011

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f.	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods/plants	تعداد دانه در بوته Seed/ plants	عملکرد بیولوژیک Biol. yield	عملکرد اقتصادی Seed yield	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	4.66 ^{ns}	17.03 ^{ns}	6.74 ^{ns}	4308.88 ^{ns}	742.26 ^{ns}	22.76 ^{ns}	88.04 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date (A)	2	271.56 [*]	621.67 ^{**}	591.98 ^{**}	336482.22 ^{**}	14742.61 ^{**}	29.80 ^{ns}	54.61 ^{ns}
خطای a Error a (Ea)	4	18.63	15.59	27.42	14518.88	60.14	44.68	88.60
ژنوتیپ Genotype (B)	4	192.51 [*]	460.18 ^{**}	619.89 ^{**}	106705.55 ^{**}	1828.14 ^{**}	130.99 ^{**}	179.28 ^{**}
تاریخ کاشت×ژنوتیپ (A×B)	8	152.277 [*]	145.97 ^{**}	280.54 ^{**}	97407.22 ^{**}	11228.13 ^{**}	50.261 ^{**}	77.69 [*]
خطای b Error b	24	57.04	16.21	8.29	12251.66	348.15	12.47	28.84

ns: Non-significant, * & **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, receptively

کاشت ۶ دسامبر، بیشتر بود. همچنین در مطالعه ایشان، گیاهان کاشت‌شده در تاریخ کاشت اول از ۱/۵ برابر تعداد دانه بیشتر، دوبرابر تعداد شاخه بیشتر و ۱/۴ برابر عملکرد زیستی بیشتری برخوردار بودند.

اثر ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول ۱) و ژنوتیپ‌های MCC361 و MCC770 به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند. اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول ۱). بیشترین تعداد غلاف در بوته را در تاریخ کاشت اول، ژنوتیپ MCC361 داشت که ۳/۳۸ برابر نسبت به ژنوتیپ MCC770 در تاریخ کاشت سوم، بیشتر بود (جدول ۴). در سه ژنوتیپ دیگر نیز با تأخیر در کاشت از ۲۰ مهر به اول آذر، تعداد غلاف در بوته روند کاهشی داشت (جدول ۴). با تأخیر در کشت از اواخر مهر به اوایل آذر در ژنوتیپ MCC361، تعداد غلاف در بوته ۵۰ درصد کاهش یافت، در حالی که در ژنوتیپ MCC208 این کاهش حدود ۳۰ درصد بود.

بین ژنوتیپ‌های نخود نیز اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/05$) از نظر ارتفاع گیاه وجود داشت (جدول ۱) و میانگین ارتفاع ژنوتیپ MCC488، ۱/۸ برابر نسبت به ارتفاع ژنوتیپ MCC770، بیشتر بود (جدول ۳). اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$) (جدول ۱) و ژنوتیپ MCC488 بیشترین ارتفاع گیاه را در تاریخ کاشت ۲۰ مهر داشت که حدود ۱۷۸ درصد بیشتر از ژنوتیپ MCC770 در کاشت اول آذر بود (جدول ۴).

تعداد غلاف پُر در بوته: اثر تاریخ کاشت بر تعداد غلاف معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) و با تأخیر در کاشت از ۲۰ مهر به اول آذر، تعداد غلاف در بوته حدود ۴۰ درصد کاهش یافت (جدول ۱). مطالعه Nezami & Bagheri (2004) بر روی نخود نشان داد که در تاریخ‌های کاشت پاییزه، تاریخ کاشت ۶ مهر و ۲۴ مهر به ترتیب ۱۷۷ و ۱۵۹ درصد از تعداد غلاف بیشتری نسبت به تاریخ کاشت ۱۱ آبان برخوردار بودند. Shamsi (2009) گزارش کرد که تعداد غلاف در گیاهان نخود کاشت‌شده در تاریخ ۶ نوامبر حدود ۱/۸ برابر نسبت به گیاهان

جدول ۲- مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد نخود در تاریخ کاشت‌های پاییزه در منطقه سراوان (۱۳۸۹-۹۰)
Table 2. Comparison of yield and yield components of chickpea in different sowing dates of fall planting in Saravan, 2011

تاریخ کاشت Planting date	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Pl. height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در بوته Seed/plant	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biol. yield (g/m ²)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index
مهر ۲۰ Oct. 11 th	37.9	30	26.5	718	148	21.5	20.4
آبان ۱۱ Nov. 2 nd	34.3	27.4	24.9	595	137	20.3	18.7
آذر ۱ Nov. 22 th	29.4	17.8	14.9	420	89	18.7	16.6
LSD (0.05)	4.37	4.0	5.30	122	7.86	6.7	9.5

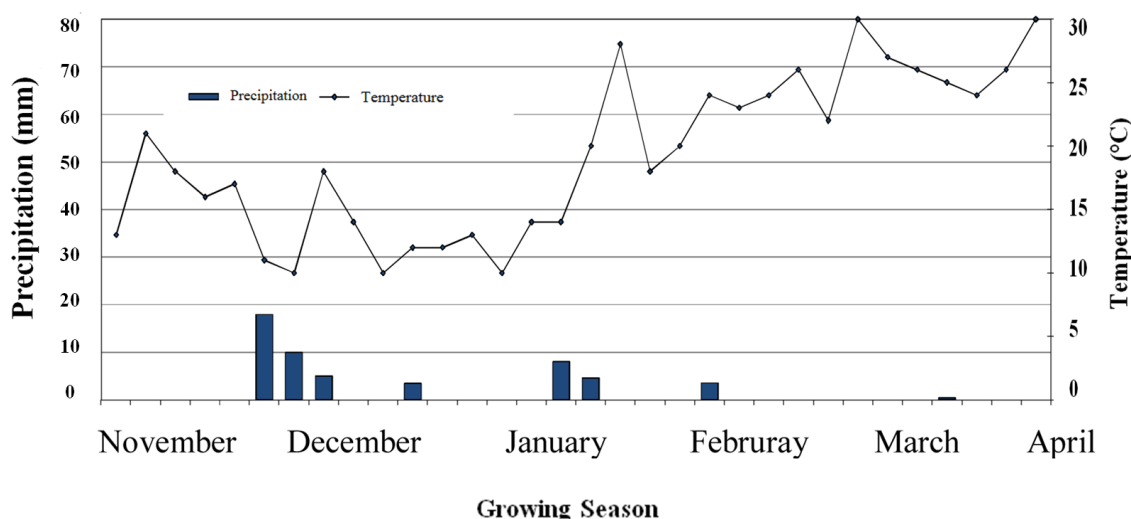
سایر محققان مشابهت دارد (Rezvani Moghaddam & Sadeghi Samarjan, 2008). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف ($r = 0/75^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵).

اثر ژنوتیپ بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار شد ($p \leq 0/01$) (جدول ۱) و تعداد دانه در بوته در ژنوتیپ MCC361 معادل ۳/۳ برابر بیشتر از میزان آن در ژنوتیپ MCC770 بود (جدول ۴). اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد دانه در بوته نیز معنی‌دار شد ($p \leq 0/01$) (جدول ۱) و بیشترین تعداد

تعداد دانه در بوته: اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته را به ترتیب گیاهان کاشت اول و سوم داشتند و تعداد دانه در بوته در کاشت ۲۰ مهر، ۱۷۷ درصد بیشتر از اول آذر بود (جدول ۲). نتایج تحقیقات دیگر نیز حاکی از کاهش تعداد دانه با تأخیر در کاشت می‌باشد (Shamsi, 2009). با توجه به شرایط محیطی سراوان، این‌طور به نظر می‌رسد که کاهش تعداد دانه در بوته با تأخیر در کاشت به دلیل افزایش دما (شکل ۱) و کاهش میزان تلقیح دانه بوده است که با نتایج

مشابهی در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد، به‌طوری‌که تعداد دانه در بوته در ژنوتیپ‌های MCC770 و MCC488 در تاریخ کاشت ۲۰ مهر نسبت به تعداد آن در کاشت اول آذر، به‌ترتیب ۲/۳ و ۱/۹ برابر بیشتر بود (جدول ۴).

دانه در بوته را ژنوتیپ MCC361 در تاریخ کاشت دوم داشت و کمترین تعداد دانه در بوته در تاریخ کاشت سوم متعلق به ژنوتیپ MCC770 بود. به‌طور کلی هر چند تعداد دانه در بوته با تأخیر در کاشت کاهش یافت، ولی این کاهش به نسبت



شکل ۱- میانگین هفتگی دما و بارندگی طی فصل رشد گیاه نخود در سراوان (۱۳۸۹-۹۰)

Fig. 1. Average week temperature and precipitation during the growing season of chickpea in Saravan, 2011

گزارش‌های متعددی وجود دارد. برخی از نتایج نشان می‌دهد که با تأخیر در کاشت به‌خاطر افزایش درجه‌حرارت طی دوره پُرشدن دانه، همچنین کاهش طول این دوره، وزن ۱۰۰ دانه کاهش می‌یابد (Mousavi *et al.*, 2006)؛ درحالی‌که بررسی سایر محققان بر روی کشت پاییزه و بهاره نخود، بیانگر این است که وزن ۱۰۰ دانه نخود تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته است، به‌طوری‌که گیاهان کشت پاییزه نخود، از وزن ۱۰۰ دانه بیشتری نسبت به گیاهان کشت بهاره برخوردار بودند (Singh *et al.*, 1993).

عملکرد زیستی: اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیستی نخود معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). گیاهان کاشت‌شده در ۲۰ مهر، بیشترین عملکرد زیستی را دارا بودند و با تأخیر در کاشت، از میزان آن کاسته شد، به‌طوری‌که گیاهان کاشت ۲۰ مهر نسبت به گیاهان کاشت‌های ۱۱ آبان و اول آذر به‌ترتیب ۱۰۷ و ۱۶۵ درصد وزن خشک بیشتری داشتند (جدول ۴). ظاهراً کوتاه‌شدن طول دوره رشد در تاریخ‌های کاشت دیر، باعث کاهش عملکرد زیستی‌شده است. افزایش طول دوره رویشی گیاه باعث افزایش کانوپی گیاهی و بهبود زیست‌توده

وزن ۱۰۰ دانه: اثر تاریخ کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱)، اما تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از این نظر معنی‌دار شد و ژنوتیپ‌های MCC770 و MCC258 بیشترین وزن ۱۰۰ دانه و ژنوتیپ MCC488 کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند (جدول ۳). اثر متقابل ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را در تاریخ کاشت سوم، ژنوتیپ MCC770 داشت، درحالی‌که کمترین وزن ۱۰۰ دانه در تاریخ کاشت سوم متعلق به ژنوتیپ MCC361 بود (جدول ۴). هرچند در برخی آزمایشات مشاهده شده است که وزن ۱۰۰ دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار ندارد (McKenzie *et al.*, 1995)، ولی بررسی Shamsi (2009) نشان داد که با تأخیر در کاشت، وزن ۱۰۰ دانه کاهش یافته است (Zafarani *et al.*, 2010). بر اساس نتایج، گستره وزن ۱۰۰ دانه در میان ژنوتیپ‌ها مورد بررسی از ۱۴/۳ تا ۴۹/۳ گرم متغیر بود. ژنوتیپ‌های MCC39، MCC770 و MCC495 به‌ترتیب با ۴۹/۳، ۳۲/۱ و ۳۰/۹ گرم، بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC186، MCC738 و MCC769 به‌ترتیب با ۱۴/۳، ۱۵/۲ و ۱۶/۰ گرم، کمترین وزن ۱۰۰ دانه را دارا بودند. وزن ۱۰۰ دانه در ۵/۴ درصد ژنوتیپ‌ها بیش از ۳۰ گرم و در ۱۸ درصد از آنها کمتر از ۱۸ گرم بود. در مورد تغییرات وزن ۱۰۰ دانه نسبت به تاریخ کاشت،

گیاه می‌شود (Otoole *et al.*, 2001). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین زیست‌توده با تعداد غلاف در بوته ($r = 0.63^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r = 0.68^{**}$) مشاهده شد که بیانگر تأثیر مثبت افزایش آن بر این اجزای عملکرد می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۳- مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد نخود در ژنوتیپ‌های مختلف در کشت پاییزه در منطقه سراوان (۱۳۸۹-۹۰)

Table 3. Comparison of yield and yield components of different genotypes chickpea on fall planting in Saravan, 2011

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Pl. height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در بوته Seed/plant	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biol. yield (g/m ²)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index
MCC488	39.9	28.3	28.2	525	134	15.3	26.8
MCC208	31.8	20.3	17.7	506	81.7	21.6	15.8
MCC258	39.4	22.9	16.7	622	164	23.1	26.7
MCC770	22.4	16.2	11.1	384	4.53	23.8	10.6
MCC361	35.4	37.6	36.7	850	204	17	23.8
LSD (0.05)	7.34	3.91	2.80	107	18.1	3.43	5.22

ژنوتیپ‌های نخود از نظر تولید زیست‌توده، با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱) و عملکرد زیستی ژنوتیپ MCC361، ۲/۴ برابر از ژنوتیپ MCC770 بیشتر بود (جدول ۳). همچنین زیست‌توده ژنوتیپ MCC361 نسبت به ژنوتیپ‌های MCC488، MCC208، MCC258 به ترتیب ۱۶۱، ۱۶۷ و ۱۳۶ درصد بیشتر بود. اثر متقابل ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر عملکرد زیستی دار بود (جدول ۱) و مقایسه زیست‌توده گیاهان نخود در تاریخ کاشت اول نسبت به کاشت سوم نشان داد که کاهش عملکرد زیستی در ژنوتیپ MCC361 ۶۲ درصد و در ژنوتیپ MCC770، ۵۸ درصد بوده است که این امر نشان از تفاوت در پاسخ ژنوتیپ‌ها به تاریخ کاشت می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در منطقه سراوان (۱۳۸۹-۹۰)

Table 4. Interaction between sowing date and genotype yield and yield components in Saravan, 2011

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Pl. height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در بوته Seed/plant	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biol. yield (g/m ²)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index
T1G1	45.5	36.6	33.5	700	143	23.5	20.5
T1G2	35.5	24.0	21.5	660	110	19.6	16.7
T1G3	44.8	27.6	22.7	806	187	21.6	23.3
T1G4	25.7	14.0	10.6	447	45	19.9	10.1
T1G5	38.2	48.1	44.3	976	255	16.8	26.2
T2G1	38.7	29.2	32.2	496	145	12.2	29.2
T2G2	35.4	22.1	14.6	493	78.2	22.0	15.8
T2G3	37.8	24.3	16.7	573	184	24.7	32.2
T2G4	22.4	20.5	14.3	446	59	18.6	13.2
T2G5	37.5	41.0	46.9	966	220	16.1	22.8
T3G1	35.9	19.2	19.0	380	116	15.4	30.6
T3G2	24.7	15.0	17.1	366	56.3	27.8	15.4
T3G3	35.7	16.8	10.8	486	120	25.2	24.7
T3G4	19.0	14.2	8.6	260	17.5	26.3	6.7
T3G5	32.1	23.9	19.1	606	137	12.9	22.6
LSD (0.05)	12.0	6.7	5.5	187	29.3	6.91	10.2

تاریخ کاشت = ۲۰ مهر، ۱۱ آبان و اول آذر

Sowing Date (T) = (T1: Oct. 11th, T2: Nov. 2nd, T3: No. 22)

Genotype (G) = (G1: MCC488, G2: MCC258, G3: MCC258, G4: MCC770, G5: MCC361)

جدول ۵- جدول ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در سراوان (۹۰-۱۳۸۹)
Table 5. Correlation between yield and yield components of Chickpea genotypes in Saravan, 2011

	1	2	3	4	5	6	7
۱- ارتفاع بوته 1- Plant height	1						
۲- تعداد غلاف در بوته 2- Number of pods per plant	-0.35*	1					
۳- تعداد دانه در بوته 3- Seed per plant	-0.30*	0.75**	0.56**	1			
۴- وزن ۱۰۰ دانه 4- 100 seed weight	0.25 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	1		
۵- عملکرد زیستی 5- Biological yield	-0.15 ^{ns}	0.63**	0.28 ^{ns}	0.68**	0.01 ^{ns}	1	
۶- عملکرد اقتصادی 6- Seed yield	-0.18 ^{ns}	0.84**	-0.05 ^{ns}	0.63**	0.11 ^{ns}	0.55**	1
۷- شاخص برداشت 7- Harvest Index	0.05 ^{ns}	0.45**	-0.30*	0.22 ^{ns}	0.31*	0.15 ^{ns}	0.55** 1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح $\alpha=0.05$ و $\alpha=0.01$

ns: Non-significant, * & **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, receptively

اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه را ژنوتیپ MCC361 در کاشت اول داشت که نسبت به ژنوتیپ MCC770 در تاریخ کاشت سوم حدود ۱۴/۵ برابر بیشتر بود. با وجود کاهش عملکرد اغلب ژنوتیپ‌ها با تأخیر در کاشت، تفاوت درصد کاهش عملکرد بسته به ژنوتیپ، متفاوت بود. به‌عنوان مثال در ژنوتیپ MCC361 مشاهده شد که در تاریخ کاشت ۲۰ مهر نسبت به اول آذر، عملکرد دانه حدود ۱۸۶ درصد بیشتر بود، در حالی که عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC770 در همین شرایط حدود ۲۵۶ درصد افزایش یافت. از سوی دیگر نیز هرچند در بیشتر ژنوتیپ‌ها تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد شد، ولی در تاریخ کاشت دوم، ژنوتیپ‌های MCC488 و MCC770 از عملکرد بالاتری نسبت به تاریخ کاشت اول برخوردار بودند.

Kanoni *et al.* (2005) طی بررسی ۴۰ لاین نخود در دو سال زراعی در کاشت پاییزه در مناطق غرب ایران گزارش نمود که در بین لاین‌های آزمایشی، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود داشت. در آزمایش وی، بیشترین عملکرد دانه، ۳۰۰۰ و کمترین میزان، ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود، در حالی که معمولاً بهترین لاین‌های نخود در آزمایش‌های بهاره در این مناطق، عملکردی بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تولید می‌کردند. از آنجا که متوسط عملکرد دانه برای کلیه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش توسط وی طی دو سال، حدود ۱۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود، این محقق نتیجه گرفت که افزایش عملکرد نخود، به‌دلیل استفاده از رطوبت کافی و دوره رشد طولانی‌تر در کاشت پاییزه بوده است. مطالعات در مورد

عملکرد دانه: اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱) و تاریخ کاشت اول، بیشترین عملکرد دانه را داشت که نسبت به کاشت‌های دوم و سوم به ترتیب ۱/۱، ۱/۶ برابر بیشتر بود. کاهش شدید عملکرد دانه گیاهان تاریخ کاشت سوم در نتیجه تأثیر شدید افزایش دما بر گیاهان کشت‌شده در این تاریخ بوده است (شکل ۱). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌داری که بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته ($r^2 = 0.84^{**}$)، تعداد دانه در بوته ($r^2 = 0.63^{**}$) و عملکرد زیستی ($r^2 = 0.55^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵)، این‌طور به نظر می‌رسد که با تأخیر در کاشت و کاهش در هر یک از صفات ذکرشده، عملکرد دانه کاهش یافت که با نتایج سایر محققان در گیاه نخود مشابهت دارد.

همان‌طور که پیش از این ذکر شد، با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و عملکرد ماده خشک کاهش شدیدی یافت. مطالعه Nezami & Bagheri (2004) بر روی نخود نیز نشان داد که با تأخیر در کاشت، از میزان ارتفاع، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی نخود کاسته شد.

اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه را ژنوتیپ MCC361 داشت که ۵/۱ برابر بیشتر از ژنوتیپ MCC770 بود. همان‌طور که پیش از این اشاره شد، ژنوتیپ MCC361 بیشترین تعداد دانه در بوته و بیشترین تعداد غلاف در بوته را دارا بود. مطالعات دیگر نیز حاکی از آن است که در نخود، تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر را در عملکرد نخود داشته است (Tomar *et al.*, 1982).

کمترین آن را ژنوتیپ MCC770 در تاریخ کاشت سوم داشت. بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MCC361، MCC258 و MCC488 بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق بلوچستان و دماهای بالا در بهار و حساسیت نخود به دماهای بالا در دوران گلدهی، استفاده از تاریخ‌کشت‌های زودتر در پاییز می‌تواند به‌عنوان یک راهکار زراعی مهم در تولید گیاه نخود مد نظر قرار گیرد. نتایج این مطالعه نشان داد که کاشت زودتر در پاییز (۲۰مهر) منجر به افزایش ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. واکنش ژنوتیپ‌های نخود نسبت به تاریخ کاشت، متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه را ژنوتیپ MCC361 در تاریخ کاشت اول (۲۰مهر) با میانگین ۲۵۵ گرم در مترمربع تولید کرد. عملکرد دانه، بالاترین همبستگی را با صفاتی مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیستی و شاخص برداشت نشان داد. هرچند کشت گیاه نخود در این منطقه نسبتاً رایج نیست، ولی با توجه به حصول عملکردی در حدود دوبرابر میانگین عملکرد نخود آبی در ایران (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2010) در مطالعه حاضر، به‌نظر می‌رسد گیاه نخود می‌تواند به‌عنوان یک گیاه زراعی مهم در این منطقه، مد نظر قرار گیرد. با تداوم این‌گونه آزمایش‌ها و بررسی دقیق‌تر واکنش ارقام نخود، اطلاعات بهتری در خصوص امکان کاشت پاییزه نخود در این منطقه فراهم خواهد شد.

سیاسگزاری

از پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، جهت تأمین بذر ژنوتیپ‌های نخود تشکر و قدردانی می‌گردد.

همبستگی بین صفات مختلف گیاه نخود در شرایط دیم در نواحی مدیریت‌شده نشان داده است که عملکرد نخود با تعداد غلاف در گیاه ($r=0.90^{**}$)، ارتفاع گیاه ($r=0.72^{**}$)، وزن ۱۰۰۰ دانه ($r=0.35^{**}$) و نیز تعداد دانه در گیاه با وزن ۱۰۰۰ دانه ($r=0.32^{**}$) همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری داشته‌اند. در همین راستا اظهار شده است که در مناطق مدیریت‌شده، با گزینش ژنوتیپ‌های مناسب، می‌توان بهبود مناسبی در اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در گیاه، وزن ۱۰۰۰ دانه و در نهایت، عملکرد دانه نیز مشاهده کرد (Dapaah *et al.*, 2000).

Zafarani *et al.* (2010) همبستگی میان عملکرد دانه را با طول دوره رشد رویشی ($r=0.64^{**}$)، طول دوره رشد زایشی ($r=0.27^{**}$)، ارتفاع بوته ($r=0.14^{**}$)، تعداد شاخه‌ها در بوته ($r=0.34^{**}$)، مجموع طول شاخه‌ها در بوته ($r=0.35^{**}$)، تعداد غلاف در بوته ($r=0.32^{**}$)، تعداد دانه در غلاف ($r=0.33^{**}$) و وزن ۱۰۰ دانه ($r=0.20^{**}$)، مثبت و معنی‌دار اعلام نمودند. این محققان نتیجه گرفتند که تأثیرات مثبت در اثر بهبود صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و اجزای عملکرد در کشت پاییزه، باعث افزایش عملکرد (میانگین ۱۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شده بود.

شاخص برداشت: اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۱)، ولی به‌طور کلی گیاهان کاشت‌شده در تاریخ کاشت اول از شاخص برداشت بالاتری نسبت به تاریخ کاشت دوم و سوم برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های نخود از نظر شاخص برداشت، تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). شاخص برداشت ژنوتیپ MCC488 بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، به‌طوری‌که این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ‌های MCC208، MCC770 و MCC361 به ترتیب ۱۶۹، ۲۵۱ و ۱۱۲ درصد شاخص برداشت بیشتری داشت. اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر شاخص برداشت، معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ MCC258 در تاریخ کاشت دوم بود و

منابع

- Ahmed, F., Islam, M.N., Jahan, M.A., Rahman, M.T., and Ali, M.Z. 2011. Phenology, growth and yield of chickpea as influenced by weather variables under different sowing dates. *Journal of Experimental Biosciences* 2(2): 83-88.
- Azam, M., Abid, H., Wajid, S.A., and Maqsood, M. 2002. Effect of sowing date, irrigation and plant densities on radiation interception and its utilization efficiency in Lentils. *International Journal of Agriculture & Biology* 4(2): 217-219.
- Bagheri, A., Nezami, A., Gnjaeli, A., and Parsa, M. 1997. *Agronomy and Breeding*. Jahad Daneshgahi Mashhad. Publisher, p. 522.

4. Dapaah, H.K., Mckenzie, B.A., and Hill, G.D. 2000. Influence of sowing date and irrigation on the growth and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in a subhumid temperate environment. Journal of Agricultural Science 134: 33-43.
5. Kanooni, H. 2005. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms in field. Journal of Plant and Seed 20: 89-99. (In Persian with English Abstract).
6. Khaksafidi, A., Noura, N., Biroudian, N., and Najafi Nejad, A. 2010. Rainfall temporal distribution patterns in Sistan & Balouchestan province. Journal of Water and Soil Conservation 17: 44-61. (In Persian with English Abstract).
7. McKenzie, B.A., Hill, G.D., Gunaratnam, R., and Jones, A.V. 1995. Evaluation of the ICARDA cold tolerance chickpea nursery. Proceeding Agronomy Society of N. Z 25: 47-50.
8. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2010. Office of Agricultural Statistics and Information. Available at Web (site <http://dbagri.maj.ir/zrt/yearrep.asp?p=118&o=9900>).
9. Mousavi, S.K., and Pezeshkpour, P. 2006. Evaluation of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to sowing date. Journal of Iranian Field Crop Research 4: 141-154. (In Persian with English Abstract).
10. Najibnia, S. 2004. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms in Mashhad condition. MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
11. Nayyar, H., Chander, K., Kumar, S., and Bains, T. 2005. Glycine betaine mitigates cold stress damage in chickpea. Agronomy for Sustainable Development 25: 381-388.
12. Nezami, A. 2002. Evaluation of cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) for fall planting in the highlands of Iran. PhD. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
13. Nezami, A., and Bagheri, A. 2004. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: II- yield and yield components. Journal of Iranian Field Crop Research 3: 156-170. (In Persian with English Abstract).
14. Otoole, N. Stoddard, F.L., and O'Brien, L. 2001. Screening of chickpea for adaption to autumn sowing. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 193-207.
15. Rezvani Moghaddam, P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 6: 315-325. (In Persian with English Abstract).
16. Saxena, M.C. 1984. Agronomic studies on winter chickpea. In: M.C. Saxena and K.B. Singh. (Eds.). Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpea p. 123-139. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
17. 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. p. 3-14. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
18. Shamsi, K. 2009. Effect of sowing date and row spacing on yield and yield components of chickpea under rainfed condition in Iran. Journal of Applied Biosciences 17: 941-947.
19. Singh, K.B., Malhorta, R.S., and Saxena, M.C. 1993. Relationship between cold severity and yield loss in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 170: 121-127.
20. Singh, K.B., Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 1989. Chickpea evaluation for cold tolerance under field conditions. Crop Science 29: 282-285.
21. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Saxena, M.C., and Bejiga, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. Agronomy Journal 89: 112-118.
22. Summerfield, R.J., Roberts, E.H., and Hadley, P. 1987. Photothermal effects on flowering in chickpea and other grain legumes. In: Adaptation of Chickpea and Pigeonpea to Abiotic Stress p. 33-48. Proc. of the Consultation Workshop, 19-21 Dec. 1984, ICRISAT. Patancheru, India: ICRISAT.
23. Tomar, G.S., Mishra, Y., and Rao, K. 1982. Path analysis and its implications in selection of high yielding chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal of Plant Physiology 25: 127-132.
24. Van Rheenen, H.A., Singh, O., and Saxena, N.P. 1997. In: A.N. Asthana and M. Ali (Eds.). Recent Advances in Pulses Research. p. 441-458. IIPR, Kanpur, India.
25. Zafarani, Z., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: II- yield and yield components. Journal of Iranian Field Crop Research 7: 109-129. (In Persian with English Abstract).

Possibility of chickpea autumn planting in Saravan condition

Zafarani^{1*}, M., Nezami², A., Ziaee³, S.M. & Jabbari³, M.

1. Department of Agriculture, Velayat University, Iranshahr, Iran

2. Contribution from Department of Agronomy, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Contribution from Crop Production, Higher Education Complex of Saravan, Saravan, Iran
(ziaeimasoud@yahoo.com; mitra_jabbary@yahoo.com, respectively)

Received: 2 May 2012

Accepted: 18 August 2013

Abstract

Long season and high temperature during spring in hot and dry areas has led to tendency for autumn planting. In order to evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) autumn planting possibility, a field experiment was done at the Agricultural Faculty and Natural Resources of Saravan Research Field in 2010. Experimental design was done as split plots based on randomized complete block design with three replications. The main plots and subplots included three planting dates (11 Oct., 2 Nov., 22 Nov), and five chickpea genotypes (MCC488, MCC208, MCC258, MCC770, MCC361), respectively. The effect of planting date on plant height, pod number per plant, seed number per plant, empty pods, 100-seed weight, biological and seed yield and harvest index was significant. The highest seed yield was achieved in first planting date (11 Oct.). Plant dry matter production and seed yield decreased with delaying of planting date. The effect of genotype on all measured parameters, was also significant ($p \leq 0.05$) and the genotype MCC361 had the highest seed yield (204 g.m^{-2}). The interaction effect of planting date and genotype was significant and MCC361 had the highest seed yield (with average 255 g.m^{-2}) at first planting date (11 Oct.) and the lowest yield was belong to genotype MCC 770 (17.55 g.m^{-2}) at second planting date (22 Nov.). There were good correlation coefficient between seed yield with number of pod per plant ($r = 0.84^{**}$), number of seed per plant ($r = 0.63^{**}$), biological yield ($r = 0.55^{**}$) and harvest index ($r = 0.55^{**}$). Although the results showed that the autumn planting of chickpea in Saravan region has been successful, but to obtain more reliable results, continuation of these experiments and more accurate response to the winter chickpea planting is recommended.

Key words: Chickpea, Genotype, Planting date, Yield, Yield components

*Corresponding Author: mohsen.zafarani@yahoo.com, Mobile: 09151033794

بررسی مزیت نسبی طرح آلفا لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی در آزمایشات مقایسه عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)

همایون کانونی^{۱*} و محمد امتیاز^۲

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان

۲- محقق اصلاح نباتات و نماینده مرکز بین‌المللی سیمیت در پاکستان، اسلام‌آباد

(سمت قبلی: پژوهشگر اصلاح نخود، مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)، حلب، سوریه)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۹

چکیده

ساختار طرح‌های آلفا لاتیس این امکان را فراهم می‌سازد که اثر بلوک ناقص از اثر باقی‌مانده کرت‌ها حذف شده و دقت مقایسات بین ژنوتیپ‌ها در یک بلوک ناقص به حداکثر برسد. در این تحقیق، به منظور ارزیابی ژرم پلاسِم بین‌المللی نخود از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات زراعی و مقایسه طرح‌های آلفا لاتیس با طرح بلوک‌های کامل تصادفی از نقطه نظر توانایی شناسایی لاین‌های مطلوب، دو آزمایش خزانۀ بین‌المللی لاین‌های برگزیده نخود (Chickpea International Elite Nursery) با عناوین CIEN-S-2010 و CIEN-LA-2010 در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ در شرایط دیم ایستگاه سارال کردستان به مرحله اجرا درآمدند. این دو آزمایش هر کدام شامل ۴۵ لاین آزمایشی نخود کابلی بودند که به صورت آلفا لاتیس ۹×۵ با دو تکرار، در نیمه دوم اسفند ۱۳۸۹ کشت گردیدند. با توجه به ویژگی‌های آزمایشات، عملیات اجرایی و یادداشت‌برداری‌هایی مانند تعداد روز از کاشت تا گلدهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه در موعد مقرر انجام شدند. بر اساس تجزیه واریانس، در هر دو آزمایش، اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های تحت مطالعه وجود داشت. از خطای معیار میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها برای برآورد مزیت نسبی طرح آلفا لاتیس استفاده شد. نتایج نشان داد که تجزیه آلفا لاتیس، کارایی بیشتری نسبت به بلوک‌های کامل تصادفی در هر دو آزمایش داشته و موجب تغییر در رتبه عملکرد دانه در لاین‌های آزمایشی شد. در مجموع، لاین‌های FLIP 05-55C (با عملکرد ۹۹۲ کیلوگرم در هکتار) و FLIP06-159C (با عملکرد ۷۷۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در آزمایشات CIEN-LA-2010 و CIEN-S-2010 رتبه اول را به دست آوردند. از نتایج این تحقیق در مطالعات آتی می‌توان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آزمایشات مقایسه عملکرد، طرح آلفا لاتیس، عملکرد دانه، نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)

مقدمه

به عنوان یک صفت پیچیده اساساً دارای وراثت پذیری پایینی بوده و تحت تأثیر صفات دیگر نیز قرار می‌گیرد، گزینش تک‌بوته ممکن است مؤثر نباشد (Kanouni & Malhotra, 1993) و باید از روش‌هایی استفاده کرد که در آن‌ها نوعی آزمون نتاج وجود داشته باشد (Sandha & Chandra, 1967). آگاهی از حجم تنوع موجود در یک گونه برای مطالعات ژنتیکی و اصلاح نباتات اهمیت زیادی دارد، زیرا می‌تواند مبنایی برای گزینش مؤثر ژنوتیپ‌های مورد نظر باشد (Danehlouipour et al., 2007).

در برخی از آزمایش‌های کشاورزی، تعداد تیمار به قدری زیاد است که چنانچه همه آنها در یک بلوک قرار گیرند، شرط یکنواختی واحدهای آزمایشی در درون بلوک کامل از بین می‌رود و لازم است از بلوک‌های ناقص استفاده شود (Patterson & Williams, 1976). مورد دومی که استفاده از طرح بلوک‌های ناقص را ایجاب می‌کند، زمانی است که

ایران با سطح زیرکشت حدود ۷۵۰ هزار هکتار نخود در سال، رتبه چهارم جهان را پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه دارا است و بیش از ۹۵ درصد کشت نخود در کشور به صورت دیم صورت می‌گیرد (Sabaghpour, 2006). در بین حبوبات کشور، از نظر میزان سطح زیرکشت مقام اول متعلق به نخود است و بیشترین سطح زیرکشت به ترتیب مربوط به استان‌های کرمانشاه، لرستان، آذربایجان غربی، کردستان و آذربایجان شرقی می‌باشد (Majnoun-Hosseini, 2014).

هدف اصلی و نهایی برنامه‌های اصلاحی، بهبود کیفیت محصول و افزایش عملکرد است. اما به دلیل این که عملکرد

* نویسنده مسئول: سنندج، خیابان پاسداران، صندوق پستی: ۷۱۴، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، تلفن: ۰۸۷۱-۶۶۶۰۷۲۱، همراه: ۰۹۱۸۳۷۱۴۳۱۵، hkanouni@yahoo.com

تفاوت معنی‌دار^۲ برای آزمایشات اجرا شده به صورت آلفا لاتیس و تجزیه شده به دو صورت آلفا لاتیس و بلوک‌های کامل تصادفی است (Patterson & Chaudhary & Ahn, 1997). بر اساس نتایج حاصل از چنین مقایساتی در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج^۳، در آزمایشات واجد تعداد کمی لاین در پلات‌های بزرگ، بین آزمایشات آلفا لاتیس و بلوک‌های کامل، تفاوت چندانی نبود و سودمندی آلفا لاتیس زیاد نبود؛ ولی در آزمایشاتی که به صورت کرت‌های تک‌ردیفه و با تعداد ژنوتیپ زیاد اجرا شدند، خطای معیار در آزمایشات آلفا لاتیس نسبت به بلوک کامل بسیار کاهش یافت (Kashif et al., 2011a). به‌طور کلی، طرح‌های آلفا لاتیس، یک روش خالی از ریسک برای افزایش دقت آزمایشات مزعه‌ای هستند. ضمناً اجرای طرح‌های بلوک ناقص، هزینه بیشتری نسبت به بلوک کامل دربر ندارند (Yau, 1997).

این تحقیق، به‌منظور بررسی ژرم‌پلاسم بین‌المللی نخود از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات زراعی و ارزیابی کارایی نسبی طرح‌های آلفا لاتیس بر طرح بلوک‌های کامل تصادفی از نقطه‌نظر توانایی شناسایی لاین‌های پرمحصول و واجد صفات مطلوب انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شناسایی لاین‌های نخود تیپ کابلی با عملکرد دانه بالاتر از رقم یا ارقام شاهد و دارای صفات زراعی مطلوبی مانند ارتفاع بوته زیاد و وزن ۱۰۰ دانه بالا، دو آزمایش بین‌المللی با عناوین CIEN-S-2010 و CIEN-LA-2010 تحت شرایط کشت بهاره دیم در ایستگاه سارال کردستان اجرا شدند. این ایستگاه در ارتفاع ۲۱۲۰ متری از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی، جزو مناطق استپی سرد محسوب شده و دارای رژیم رطوبتی خشک^۴ و رژیم حرارتی میانی^۵ است. از نقطه‌نظر فیزیوگرافی، این منطقه در زمره فلات‌های مسطح مرتفع^۶ دسته‌بندی می‌شود. محل اجرای این آزمایشات، دارای خاک خیلی عمیق به رنگ قهوه‌ای روشن (7.5 YR 6.4)، بافت متوسط و ساختمان دانه‌ای و کلوخه‌ای بود که بر روی طبقاتی به رنگ روشن تا صورتی (7.5 YR 6.5/4) با بافت سنگین و ساختمان توده‌ای حاوی مقادیر زیادی آهک بی‌شکل^۷ قرار گرفته بود (Ammari,

تعداد واحدهای آزمایشی در هر بلوک، از تعداد تیمارها کمتر است (Yazdi-samadi et al., 2002). مهم‌ترین مزیت طرح‌های بلوک ناقص این است که در آن‌ها می‌توان تعداد زیادی تیمار (۲۰۰ یا بیشتر) را مورد مطالعه قرار داد، درحالی‌که در طرح بلوک‌های کامل تصادفی محدودیت در تعداد تیمار وجود دارد. این مزیت به‌ویژه برای آزمایش‌های فاکتوریل که در آن‌ها تعداد تیمار زیاد است، حایز اهمیت می‌باشد و می‌توان این آزمایش‌ها را به صورت طرح بلوک‌های ناقص پیاده کرد (Patterson et al., 1978). مزیت دیگر طرح‌های بلوک ناقص، بالارفتن دقت در مقایسه با طرح‌های بلوک‌های کامل می‌باشد. در این جا، با زیاد شدن تعداد تیمار، اندازه تکرار بزرگ نمی‌شود و می‌توان با استفاده از بلوک‌های کوچک در هر تکرار، میزان دقت آزمایش را افزایش داد. چنانچه ماده آزمایشی دارای تغییرات زیادی بوده و بتوان آن‌را به گروه‌های مناسبی تقسیم نمود، استفاده از طرح‌های بلوک‌های ناقص حتی برای تعداد کم تیمار نیز ممکن است منجر به افزایش دقت گردد (Lamo et al., 2007). یکی دیگر از مزایای طرح‌های بلوک ناقص این است که بسیاری از آن‌ها را در صورت لزوم می‌توان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه آماری قرار داد (Yau, 1997). از معایب طرح‌های بلوک‌های ناقص، دو مورد را می‌توان ذکر کرد. اول این‌که چون همه تیمارها در هر بلوک قرار ندارند، اثرات تیمار و بلوک تا حدودی اختلاط می‌یابند. به این علت، داده‌های حاصل از این طرح‌ها باید به طرز خاصی مورد تجزیه آماری قرار گیرند. عیب دوم این طرح‌ها پیچیده و طولانی بودن تجزیه آماری است (Yazdi-Samadi et al., 2002).

طرح‌های آلفا لاتیس طرح‌های تکرارداری هستند که در آن‌ها تکرارها به بلوک‌های ناقص که حاوی بخشی از لاین‌های تحت بررسی می‌باشند، تقسیم می‌گردد. در این طرح، ژنوتیپ‌ها در داخل بلوک‌ها طوری توزیع می‌شوند که هر جفت از آن‌ها در یک بلوک ناقص مشابه، با فراوانی تقریباً مساوی در کنار هم قرار می‌گیرند. لذا ساختار طرح، این امکان را فراهم می‌سازد که اثر بلوک ناقص از باقی‌مانده کرت‌ها حذف شده و استفاده از مقایسات بین ژنوتیپ‌ها در یک بلوک ناقص به حداکثر برسد (Kashif et al., 2011b).

سؤال اصلی این است که طرح‌های آلفا لاتیس چقدر در افزایش دقت اندازه‌گیری میانگین ژنوتیپ‌ها در آزمایشات مقایسه عملکرد در شرایط دیم مؤثر هستند. راه‌های مختلفی برای پاسخ به این سؤال وجود دارد. یکی از آن‌ها مقایسه کردن خطای معیار میانگین^۱ یا یک آماره مرتبط، مانند حداقل

² Least Significant Difference (LSD): $t_{\alpha,df}(S_d)$

³ International Rice Research Institute (IRRI)

⁴ Xeric

⁵ Mesic

⁶ Plateaux

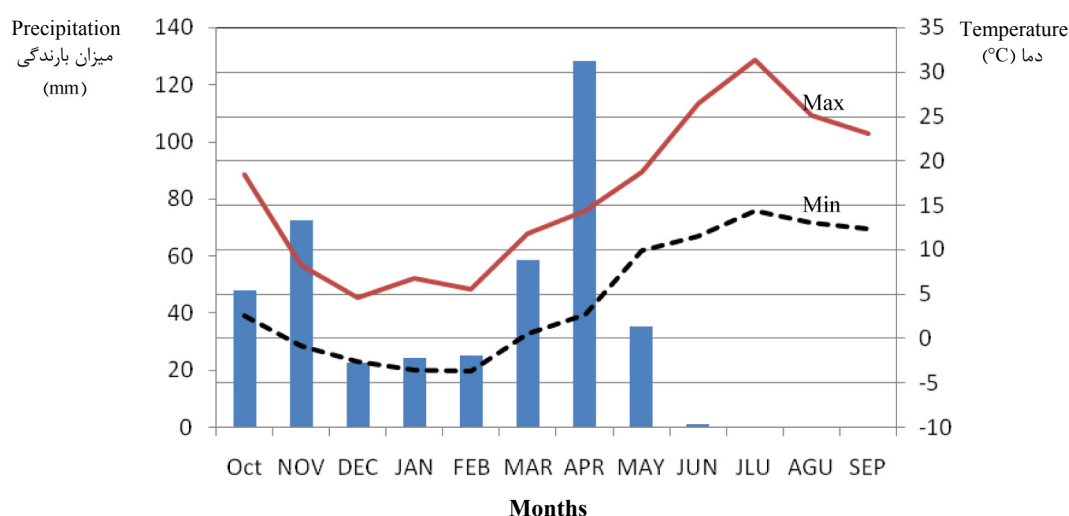
⁷ Amorphous lime

¹ Standard Error of the Mean (SEM): $S_x = \sqrt{\frac{MS_e}{r}}$

به‌اضافه چهار شاهد بین‌المللی با اسامی FLIP 85-85C، FLIP 82-150C، FLIP 93-93C و ILC 482 به همراه شاهد محلی (جم) با دو تکرار، و آزمایش CIEN-LA-2010 نیز به‌صورت طرح آلفا ۹×۵ (۴۰ لاین آزمایشی به‌اضافه چهار شاهد بین‌المللی با اسامی FLIP 85-5C، FLIP 88-85C، FLIP 93-93C و ILC 464 به‌علاوه شاهد محلی (جم) در دو تکرار کشت شدند. واحدهای آزمایشی شامل دو خط چهارمتری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بودند و بذور به فواصل ۱۰ سانتی‌متری هم روی خطوط قرار گرفتند.

در شکل ۱، میزان بارندگی و دمای ماهیانه ایستگاه اقلیم‌شناسی سارال کردستان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ نشان داده شده است.

آزمایشات در ۲۷ اسفند ۱۳۸۹ در زمین زراعی تحت آیش که عملیات خاک‌ورزی آن به‌موقع انجام شده بود، کشت شدند. بذور در مبدأ (مرکز بین‌المللی ایکاردا) با قارچ‌کش ویتاواکس ۲۰۰ ضدعفونی شده بودند و قبل از کاشت، ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مصرف شد. آزمایش CIEN-S-2010 به‌صورت طرح آلفا ۹×۵ (۴۰ لاین آزمایشی



شکل ۱ - نمودار دما و بارندگی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Fig. 1. Monthly rainfall and maximum and minimum temperatures during cropping season of 2009-10

نتایج و بحث

نتایج آزمایش CIEN-LA-2010

این آزمایش که با ۴۵ لاین نخود سفید در قالب طرح آلفا ۹×۵ کشت و اجرا شد، ابتدا به‌صورت طرح بلوک کامل تجزیه واریانس شد (جدول ۱). بر اساس این تجزیه، تفاوت بین لاین‌ها از لحاظ تعداد روز از کاشت تا گلدهی، ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال ۱ درصد و از لحاظ عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر درصد استقرار بوته تفاوتی با یکدیگر نداشتند. بیشترین و کمترین ضریب تغییرات به‌ترتیب مربوط به درصد استقرار و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی بود.

جدول ۲، میانگین عملکرد دانه و سایر صفات یادداشت‌برداری‌شده در طرح بلوک کامل تصادفی را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، لاین‌هایی مانند FLIP 05-55C و FLIP 88-85C به‌طور معنی‌داری بالاتر از

در طول دوره داشت، از صفاتی مانند درصد سبز محصول، تعداد روز از کاشت تا گلدهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و ارتفاع بوته یادداشت‌برداری شد و پس از برداشت، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه هر واحد آزمایشی تعیین و ثبت گردید. اثر طرح آلفا لاتیس از طریق محاسبه مزیت آن نسبت به طرح RCB ارزیابی شد. این کارایی بر اساس خطای معیار میانگین (SEM) عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها برآورد گردید. هر آزمایش یک‌بار بر اساس طرح RCB و یک بار بر اساس طرح α -lattice تجزیه شد و مزیت نسبی^۱ به کمک رابطه زیر به‌دست آمد (Kashif et al., 2011b):

$$RE = \left[\frac{[SE]_{RCB}}{[SE]_{lattice}} \right] \times 100$$

تجزیه واریانس صفات و سایر محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار Genstat نسخه ۹/۱ (Genstat 9.1, 2006) انجام شد.

¹ Relative efficiency (RE)

(Sabaghpour, 2006). در این آزمایشات، تلاش بر این است تا لاین‌های دارای عملکرد و وزن ۱۰۰ داننه بالا گزینش شوند. به وجود رابطه مثبت بین این دو صفت، در برخی از منابع اشاره شده است (Toker, 2008). در این تحقیق، همبستگی بین عملکرد و وزن ۱۰۰ داننه مثبت و معنی‌دار بود ($r = 0.36^{**}$) و لاین دارای بیشترین میزان عملکرد داننه (ژنوتیپ شماره ۶) از وزن ۱۰۰ داننه بالایی (۴۳ گرم) برخوردار بود. لذا این لاین در آزمایشات بعدی بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

شاهد (رقم جم) بوده و عملکرد داننه خوبی را در شرایط دیم تولید کرده‌اند. در شرایط اجرای آزمایش CIEN-LA-2010، بیشترین و کمترین عملکرد داننه به ترتیب مربوط به لاین‌های FLIP 05-55C (۹۹۲ کیلوگرم در هکتار) و FLIP 06-94C (۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) بود.

لاین‌های آزمایشات بین‌المللی با عبارت اختصاری LA (آمریکای لاتین) غالباً دارای وزن ۱۰۰ داننه بالا هستند (ICARDA, 2004)، ولی عملکرد داننه چنین ژنوتیپ‌هایی در شرایط اقلیمی غرب و شمال غرب کشور معمولاً کم است

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد داننه و سایر صفات در آزمایش CIEN-LA-2010

Table 1. Analysis of variance for seed yield and other characteristics in CIEN-LA-2010

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		DF	DM	PHT	ST	100SW	YLD
Rep.(تکرار)	1	65.88	19.60	3.21	0.28	25.07	2595.7
Genotype(ژنوتیپ)	44	9.17 ^{**}	4.81 ^{ns}	16.17 ^{**}	1.14 ^{ns}	21.34 ^{**}	31175 [*]
Error(خطای آزمایشی)	44	2.28	4.42	0.23	1.07	6.65	18894
درصد ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		2.15	1.73	1.75	40.02	6.91	20.66

اختصارات: DF: تعداد روز از کاشت تا گلدهی، DM: تعداد روز از کاشت تا رسیدگی، PHT: ارتفاع بوته، ST: نمره استقرار بوته، 100SW: وزن ۱۰۰ داننه، YLD: عملکرد داننه

Abbreviations: DF: Days to flowering, DM: days to maturity, PHT: Plant height, ST: Stand, 100SW: 100 seeds weight, YLD: Seed yield

* and **: Significant at 5 and 1 percent levels, respectively.

ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛

ns: Non- significant

ns: غیر معنی‌دار

در هر دو حالت، رتبه اول را در این بررسی به دست آورده است.

ترتیب رتبه میانگین‌ها در طرح آلفا (میانگین حداقل مربعات) و طرح بلوک (میانگین‌های معمولی) قدری با یکدیگر متفاوت بود (جدول ۴). رتبه میانگین برای لاین‌هایی مانند ۴ و ۶ و ۱۵ تفاوتی در دو حالت ندارد. در حالی که رقم شماره ۵ که در RCBD در رتبه پنجم قرار داشت، با کاهش عملکرد معادل ۴۴ کیلوگرم در هکتار به رتبه هشتم در آلفا لایس نزول کرد. از طرف دیگر، واریته شماره ۴۳، از رتبه سوم در RCBD به رتبه دوم در آلفا لایس صعود کرد.

نتایج آزمایش CIEN-S-2010

آزمایش CIEN-S-2010 نیز با ۴۵ لاین نخود تیپ کابلی در طرح آلفا لایس ۵×۹ اجرا شد. تجزیه واریانس این آزمایش به صورت طرح بلوک کامل انجام و نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌گردد، تفاوت بین لاین‌ها از لحاظ درصد استقرار بوته در سطح احتمال ۵ درصد و از نظر

تجزیه واریانس عملکرد داننه این آزمایش به صورت طرح آلفا نشان داد که اثر بلوک، غیرمعنی‌دار و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین خطای معیار میانگین و ضریب تغییرات به ترتیب برابر با ۹۴/۴۳ و ۱۹/۰۶ بود که در مقایسه با این مقادیر در تجزیه طرح بلوک کامل، کوچک‌تر بودند. از آنجا که CV به عنوان معیاری برای میزان اعتبار و دقت آزمایشات به کار برده می‌شود، این افزایش دقت در طرح آلفا لایس می‌تواند به نحو بهتری تفاوت‌های معنی‌دار بین لاین‌ها را نسبت به طرح RCBD مشخص نماید (Lafitte et al., 2006).

میانگین معمولی ژنوتیپ‌ها در طرح بلوک‌های کامل تصادفی و میانگین حداقل مربعات^۱ آن‌ها در طرح آلفا-لایس محاسبه و به همراه رتبه لاین‌ها در جدول ۴ درج شدند. مزیت نسبی طرح آلفا نسبت به بلوک، معادل ۲/۳۱۹ برآورد شد. به طوری که ملاحظه می‌گردد، لاین شماره ۶ (FLIP05-55C)

¹ Least Square Means

تعداد روز از کاشت تا گلدهی، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه و کمترین ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به درصد استقرار بوته عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. بیشترین و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی بود.

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی در آزمایش CIEN-LA-2010

Table 2. Mean of seed yield and other agronomic traits for CIEN-LA-2010

ردیف No.	نام لاین Entry name	مبداء Origin	ST	DF	DM	PHT (cm)	100SW (g)	YLD (kg/ha)	%Check
1	FLIP97-706C	ICARDA	3	65	121	29.5	37.5	620.8	87
2	FLIP01-29C	ICARDA	1	72	121	28.0	41.0	689.6	96
3	FLIP03-22C	ICARDA	2	71	123	27.0	42.0	689.6	96
4	FLIP03-27C	ICARDA	2	68	122	28.0	39.0	710.4	99
5	FLIP03-100C	ICARDA	1	71	122	26.0	38.5	791.7	110
6	FLIP05-55C	ICARDA	1	71	123	27.5	43.5	922.9	129
7	FLIP05-60C	ICARDA	3	67	121	23.0	39.5	625.0	87
8	FLIP05-157C	ICARDA	2	68	121	34.5	41.5	681.3	95
9	FLIP06-13C	ICARDA	2	72	116	25.5	37.0	614.6	86
10	FLIP06-15C	ICARDA	3	69	121	27.0	35.0	454.2	63
11	FLIP06-33C	ICARDA	3	66	120	25.5	36.5	621.9	87
12	FLIP06-34C	ICARDA	2	73	124	27.0	36.0	604.2	84
13	FLIP06-39C	ICARDA	3	70	122	32.5	37.5	554.2	77
14	FLIP06-51C	ICARDA	3	71	121	26.0	37.0	575.0	80
15	FLIP06-52C	ICARDA	2	71	121	30.5	36.0	618.8	86
16	FLIP06-59C	ICARDA	3	66	124	27.0	40.0	629.2	88
17	FLIP06-64C	ICARDA	3	71	122	26.0	38.0	585.4	82
18	FLIP06-65C	ICARDA	2	66	123	30.0	37.5	618.8	86
19	FLIP06-69C	ICARDA	3	68	120	30.5	38.5	556.3	77
20	FLIP06-75C	ICARDA	2	66	120	26.5	34.0	564.6	79
21	FLIP06-80C	ICARDA	3	70	121	32.5	36.5	602.1	84
22	FLIP06-86C	ICARDA	2	66	120	25.0	35.0	497.9	69
23	FLIP06-87C	ICARDA	2	68	119	32.0	38.5	593.8	83
24	FLIP06-88C	ICARDA	3	67	122	30.5	34.5	620.8	87
25	FLIP06-90C	ICARDA	2	69	122	31.0	37.5	654.2	91
26	FLIP06-92C	ICARDA	3	68	124	30.5	39.0	597.9	83
27	FLIP06-93C	ICARDA	3	68	125	23.0	35.0	462.5	64
28	FLIP06-94C	ICARDA	3	72	120	25.0	38.0	414.6	58
29	FLIP06-96C	ICARDA	3	67	121	30.0	37.5	720.8	101
30	FLIP06-97C	ICARDA	2	69	121	25.5	38.0	677.1	94
31	FLIP06-102C	ICARDA	2	69	120	27.5	34.5	556.3	77
32	FLIP06-105C	ICARDA	2	72	121	33.0	39.5	612.5	85
33	FLIP06-109C	ICARDA	2	66	123	26.5	33.5	533.3	74
34	FLIP06-110C	ICARDA	3	68	120	30.0	38.5	458.3	64
35	FLIP06-121C	ICARDA	4	65	121	28.5	34.0	495.8	69
36	FLIP06-128C	ICARDA	3	71	121	22.0	32.5	437.5	61
37	FLIP06-133C	ICARDA	3	69	121	25.0	38.0	629.2	88
38	FLIP06-155C	ICARDA	3	69	123	23.5	38.0	658.3	92
39	FLIP06-159C	ICARDA	2	68	122	25.5	40.0	791.7	110
40	FLIP06-160C	ICARDA	1	67	119	27.0	41.0	812.5	113
41	FLIP88-85C	ICARDA	2	69	121	24.0	31.8	845.8	118
42	FLIP93-93C	ICARDA	1	71	122	26.0	31.5	600.0	84
43	FLIP 85-5C	ICARDA	2	71	120	26.5	35.5	835.4	117
44	ILC 464	ICARDA	1	69	121	27.0	46.5	766.7	107
45	Jam(check)	Iran	2	69	123	26.0	28.5	713.5	100
LSD 5%		-	-	-	-	-	-	262.3	-

See table 1 for abbreviations.

برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه لاین‌های نخود در دو آزمایش حالت طرح آلفا لاتیس

Table 3. Analysis of variance for seed yield of two experiments in alpha-lattice

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
			CIEN-LA-2010	CIEN-S-2010
Rep	تکرار	1	33213.12	10135.03
Block(adj.)	بلوک (تصحیح شده)	8	11171.53 ^{ns}	8163.22 ^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	44	4066.23	2943.92
Genotype(adj.)	ژنوتیپ (تصحیح شده)	44	21587.05*	15535.17*
Error	خطا	36	11993.17	8624.28
CV%	درصد ضریب تغییرات	-	19.06	14.11
SEM	خطای معیار میانگین	-	94.43	59.66

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد لاین‌های آزمایشی در تجزیه آزمایش CIEN-LA-2010 به صورت آلفا لاتیس و بلوک کامل

Table 4. Ranks and mean yield values in RCBD and alpha lattice designs for CIEN-LA-2010

ردیف No.	میانگین عملکرد Mean yield (RCBD)	رتبه Rank	میانگین عملکرد Mean yield (α -Lattice)	رتبه Rank
1	620.8	21	640.1	20
2	689.6	12	674.9	13
3	689.6	11	671.4	14
4	710.4	10	709.3	10
5	791.7	5	748.0	8
6	922.9	1	886.5	1
7	625.0	19	645.3	18
8	681.3	13	647.3	17
9	614.6	25	590.7	31
10	454.2	43	467.6	43
11	621.9	20	621.6	22
12	604.2	27	558.1	34
13	554.2	37	546.6	35
14	575.0	33	594.8	29
15	618.8	23	613.0	23
16	629.2	17	592.0	30
17	585.4	32	586.7	32
18	618.8	24	645.0	19
19	556.3	35	534.4	38
20	564.6	34	540.2	36
21	602.1	28	607.9	25
22	497.9	39	502.7	40
23	593.8	31	651.5	15
24	620.8	22	606.7	26
25	654.2	16	647.5	16
26	597.9	30	601.0	28
27	462.5	41	470.8	42
28	414.6	45	438.0	45
29	720.8	8	717.1	9
30	677.1	14	675.6	12
31	556.3	36	584.3	33
32	612.5	26	604.6	27
33	533.3	38	538.7	37
34	458.3	42	527.1	39
35	495.8	40	502.2	41
36	437.5	44	459.7	44
37	629.2	18	608.1	24
38	658.3	15	681.3	11
39	791.7	6	778.1	5
40	812.5	4	785.9	4
41	845.8	2	812.4	3
42	600.0	29	632.3	21
43	835.4	3	855.1	2
44	766.7	7	758.6	6
45	713.5	9	755.6	7

See Table 1 for abbreviations.

برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود

جدول ۵ - تجزیه واریانس عملکرد دانه و سایر صفات در آزمایش CIEN-S-2010
Table 5. Analysis of variance for seed yield and other characteristics in CIEN-S-2010

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		DF	DM	PHT	ST	100SW	YLD
Rep. (تکرار)	1	0.91	0.18	4.91	4.90	10.68	413445
Genotype (ژنوتیپ)	44	17.01**	4.71**	16.11**	1.31*	23.81**	15539**
Error (خطای آزمایشی)	44	2.51	0.29	0.61	0.76	4.75	7104
درصد ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		2.29	0.44	3.43	26.66	6.42	13.79

See Table 1 for abbreviations.

* and **: Significant at 5 and 1 percent levels, respectively.

ns: Non- significant

برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود.

**و* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛

ns: غیرمعنی دار

در رتبه بندی ارقام و لاین‌های آزمایشی ملاحظه می‌گردد (جدول ۷).

رتبه بندی میانگین لاین‌های آزمایشی در دو طرح بلوک و آلفا، تا حدی متفاوت بود. لاین شماره ۳۹ رتبه خود را در هر دو حالت حفظ نمود. لاین شماره ۶ که در RCBD در رتبه چهارم قرار داشت، با تصحیح (افزایش) عملکرد معادل ۱۴ کیلوگرم در هکتار، به رتبه سوم در آلفا لاتیس صعود کرد، در حالی که ژنوتیپ شماره ۵ با تصحیح (کاهش) عملکردی در حدود ۲۲ کیلوگرم در هکتار، از رتبه پنجم در RCBD به رتبه ششم در آلفا لاتیس نزول کرد.

تناقض‌ها در رتبه بندی و کاهش میانگین مربعات خطا در طرح آلفا لاتیس حاکی از آن است که طرح آلفا لاتیس برای پیدا کردن تفاوت‌های ژنوتیپی، از RCBD بهتر عمل کرده و لذا می‌تواند کارایی آزمایشات مزرعه‌ای را بهبود بخشد (Kashif, 2001b).

از آنجا که طرح آلفا لاتیس کنترل مؤثرتری را در تغییرپذیری داخل تکرارها فراهم می‌کند، با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که استفاده از طرح آلفا لاتیس، شانس یافتن تفاوت بین واریته‌ها را تا حد زیادی تقویت می‌کند.

Yau (1996) در بررسی آزمایشات بین‌المللی جو و گندم اعلام کرد وقتی که متوسط واریانس به عنوان معیار مقایسه به کار رفت، طرح‌های آلفا لاتیس به طور متوسط ۱۸ درصد کارایی بیشتری نسبت به طرح‌های بلوک داشت.

در جدول ۶ میانگین عملکرد دانه و سایر صفات یادداشت برداری شده در این آزمایش درج شده است. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به لاین‌های FLIP06-159C (۷۷۳ کیلوگرم در هکتار) و FLIP06-15C (۴۶۴ کیلوگرم در هکتار) بود.

تجزیه واریانس آزمایش CIEN-S-2010 به صورت طرح آلفا لاتیس انجام و در جدول ۳ ارائه شده است. در این حالت نیز تفاوت بین لاین‌های آزمایشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. در این تجزیه، خطای معیار میانگین و ضریب تغییرات به ترتیب برابر با ۵۹/۶۶ و ۱۴/۱۱ بود که تفاوت چندانی با این مقادیر در تجزیه طرح بلوک کامل نداشتند.

Paterson & Williams (1976) اظهار داشتند که چنانچه CV طرح آلفا لاتیس کمتر از طرح بلوک کامل به دست نیاید، احتمالاً به دلیل این است که کارایی طرح آلفا، کمتر از طرح RCBD بوده است. در هر حال، نظر محققان بر این است که در شرایطی که تعداد ژنوتیپ‌های تحت بررسی زیاد است، استفاده از طرح آلفا لاتیس به جای طرح RCBD مناسب‌تر خواهد بود (Yau, 1997).

این به نوبه خود، سودمندی ناشی از بلوک‌های ناقص کوچک را به دنبال دارد که به مقایسه واریته‌ها تحت شرایط بسیار هموزن تر کمک می‌کند (Kashif et al., 2011a).

در این آزمایش، مزیت نسبی آلفا لاتیس به بلوک کامل، برابر با ۱/۱۹ به دست آمد. در این جا نیز تفاوت‌های متعددی

جدول ۶- میانگین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی در آزمایش CIEN-S-2010
Table 6. Mean of seed yield and other agronomic traits for CIEN-S-2010

ردیف No.	نام لاین Entry name	میداء Origin	ST	DF	DM	PHT (cm)	100SW (g)	YLD (kg/ha)	%Check
1	FLIP97-706C	ICARDA	3	70	121	23.5	38.5	622.9	86
2	FLIP98-117C	ICARDA	2	67	119	28.0	41.0	616.7	85
3	FLIP99-66C	ICARDA	3	71	121	23.0	32.0	631.3	87
4	FLIP03-23C	ICARDA	5	70	123	24.5	37.0	477.1	65
5	FLIP03-57C	ICARDA	4	67	122	18.0	32.0	550.0	76
6	FLIP03-98C	ICARDA	2	75	123	24.0	33.5	745.8	103
7	FLIP05-12C	ICARDA	5	67	121	26.0	31.0	487.5	67
8	FLIP05-28C	ICARDA	3	67	121	19.5	38.5	615.6	85
9	FLIP05-80C	ICARDA	2	67	119	25.5	41.5	689.6	95
10	FLIP05-99C	ICARDA	4	75	123	18.5	36.0	464.6	64
11	FLIP05-111C	ICARDA	4	68	121	26.5	32.0	581.3	80
12	FLIP05-145C	ICARDA	3	73	121	19.0	32.0	547.9	75
13	FLIP05-147C	ICARDA	2	69	123	22.5	37.5	670.8	92
14	FLIP05-154C	ICARDA	4	66	120	21.0	32.0	533.3	73
15	FLIP05-156C	ICARDA	4	70	123	22.0	37.0	567.7	78
16	FLIP05-162C	ICARDA	2	70	121	23.5	39.0	741.7	102
17	FLIP05-170C	ICARDA	4	70	121	24.5	32.0	505.2	69
18	FLIP06-3C	ICARDA	3	70	123	24.0	29.0	575.0	79
19	FLIP06-4C	ICARDA	3	68	119	23.5	35.5	482.3	66
20	FLIP06-17C	ICARDA	3	71	121	18.0	31.5	575.0	79
21	FLIP06-19C	ICARDA	3	65	121	25.0	33.0	697.9	96
22	FLIP06-27C	ICARDA	3	71	121	24.5	35.0	610.4	84
23	FLIP06-31C	ICARDA	2	67	119	21.5	35.0	760.4	105
24	FLIP06-42C	ICARDA	2	67	123	17.0	34.8	687.5	95
25	FLIP06-45C	ICARDA	4	70	121	21.5	34.0	508.3	70
26	FLIP06-49C	ICARDA	3	66	123	27.0	36.3	545.8	75
27	FLIP06-54C	ICARDA	4	75	121	24.5	33.0	514.6	71
28	FLIP06-55C	ICARDA	3	72	123	19.0	33.5	681.3	94
29	FLIP06-63C	ICARDA	3	65	121	24.0	33.5	647.9	89
30	FLIP06-72C	ICARDA	3	67	123	26.0	33.5	537.5	74
31	FLIP06-98C	ICARDA	3	70	119	23.0	35.5	633.3	87
32	FLIP06-104C	ICARDA	3	70	123	23.0	34.5	512.5	70
33	FLIP06-106C	ICARDA	3	75	123	24.0	32.0	588.5	81
34	FLIP06-107C	ICARDA	2	67	123	26.0	33.5	622.9	86
35	FLIP06-123C	ICARDA	3	65	121	21.5	32.5	585.4	80
36	FLIP06-125C	ICARDA	3	65	122	21.5	33.0	618.8	85
37	FLIP06-139C	ICARDA	4	67	119	21.5	33.5	471.9	65
38	FLIP06-143C	ICARDA	3	68	121	24.0	35.5	595.8	82
39	FLIP06-157C	ICARDA	2	75	121	20.5	36.0	770.8	106
40	FLIP06-158C	ICARDA	2	70	123	27.5	40.0	704.2	97
41	ILC482	ICARDA	2	70	125	18.0	28.0	664.6	91
42	FLIP 82-150C	ICARDA	3	70	121	20.0	23.5	631.3	87
43	FLIP88-85C	ICARDA	2	66	119	18.0	31.0	739.6	102
44	FLIP93-93C	ICARDA	2	71	119	22.0	31.0	770.8	106
45	Jam(check)	Iran	3	67	123	24.0	29.0	722.9	100
LSD 5%		-	-	-	-	-	-	169	-

See Table 1 for abbreviations.

برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود.

جدول ۷ - مقایسه میانگین عملکرد لاین‌های آزمایشی در تجزیه آزمایش CIEN-S-2010 با طرح‌های آلفا لاتیس و بلوک کامل

Table 7. Ranks and mean yield values in RCBD and alpha lattice designs for CIEN-S-2010

ردیف No.	میانگین عملکرد Mean yield (RCBD)	رتبه Rank	میانگین عملکرد Mean yield (α -Lattice)	رتبه Rank
1	622.9	19	610.5	23
2	616.7	22	666.4	15
3	631.3	17	642.6	19
4	477.1	43	459.9	43
5	550.0	32	590.2	27
6	745.8	4	760.3	3
7	487.5	41	463.1	42
8	615.6	23	609.5	24
9	689.6	10	678.9	14
10	464.6	45	455.1	44
11	581.3	28	599.0	26
12	547.9	33	505.5	39
13	670.8	13	695.9	9
14	533.3	36	512.1	38
15	567.7	31	624.8	22
16	741.7	5	719.3	6
17	505.2	40	536.9	35
18	575.0	29	572.0	29
19	482.3	42	467.8	41
20	575.0	30	571.7	30
21	697.9	9	696.1	8
22	610.4	24	588.6	28
23	760.4	3	747.7	4
24	687.5	11	682.8	12
25	508.3	39	518.0	37
26	545.8	34	525.0	36
27	514.6	37	538.8	34
28	681.3	12	681.1	13
29	647.9	15	651.2	18
30	537.5	35	550.3	33
31	633.3	16	606.4	25
32	512.5	38	476.3	40
33	588.5	26	627.7	21
34	622.9	20	655.8	16
35	585.4	27	556.3	32
36	618.8	21	653.4	17
37	471.9	44	442.0	45
38	595.8	25	569.4	31
39	770.8	1	778.7	1
40	704.2	8	691.9	11
41	664.6	14	694.3	10
42	631.3	18	631.3	20
43	739.6	6	720.8	5
44	770.8	2	777.4	2
45	722.9	7	703.6	7

See Table 1 for abbreviations.

برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود.

از آنجاکه تبدیل و تجزیه نهایی با آلفا لاتیس، نیازمند نهاده‌ای خاص یا تغییر در وضعیت اجرای آزمایش نیست، استفاده از طرح‌های آلفا لاتیس در آزمایشات بین‌المللی توصیه شده است (ICARDA, 2004).

آلفا لاتیس عموماً زمانی که CV آزمایشات بالاست، کارایی بیشتری دارد. همچنین در آزمایشات کم عملکرد قدری کارایی بیشتری نسبت به آزمایشات با عملکرد بالا دارد.

این طرح‌ها در آزمایشات دیم بهتر از آزمایشات آبی عمل می‌کنند (Chaudhary & Ahn, 1997).

سیاسگزاری

این مقاله از نتایج پروژه مصوب مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به شماره ۸۸۰۹۹-۱۵-۱۵-۰ استخراج و تهیه شد. نگارندگان مقاله از مؤسسه مزبور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان بخاطر حمایت‌های مالی و

معنوی در اجرای پروژه فوق صمیمانه تشکر می‌نمایند. همچنین لازم است از آقای مهندس ارسلان بهزادی که اخیراً به افتخار بازنشستگی نایل آمدند، بخاطر همکاری در اجرای این آزمایشات و یادداشت‌برداری‌های دقیق آن‌ها قدردانی گردد.

منابع

1. Ammari, P. 1991. Detailed pedological studies of Saral agricultural research station. Soil and Water Research Institute (SWRI) No. 174.
2. Bagheri, A., Zand, E., and Parsa, M. 1997. Pulses, Constraints and Strategies. Jihad-e- Daneshgahi Publications of Mashhad, Iran. (In Persian).
3. Chaudhary, R.C., and Ahn, S.W. 1996. International network for genetic evaluation of rice (INGER) and its *Modus operandi* for multi-environment testing. In: M. Cooper and G.L. Hammer (Eds.). Plant Adaptation and Crop Improvement. CAB International Wallingford, UK, p. 139-164.
4. Danehlouepour, N., Yan, G., Clarke, H.J., and Siddique, K.H.M. 2007. Diallel analyses reveal the genetic control of resistance to *Ascochyta* blight in diverse chickpea and wild *Cicer* species. *Euphytica* 154: 195-205.
5. Genstat 9.1. 2006. Genstat Release 9.1 Reference Manual. VSN International, Wilkinson House, Oxford, UK.
6. ICARDA. 2004. New chickpea cultivars for CAC. p. 19-20. In: ICARDA Annual Report 2004. Aleppo, Syria.
7. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 1993. Genetic variation and relationships between agronomic traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines at dry conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 5(3): 185-194.
8. Kashif, M., Inayat Khan, M., Arif, M., Ahmad, M., Mahmood, K. 2011b. Experience in use alpha lattice design in Pakistan. *International Journal of Intelligent Technologies and Applied Statistics*, Taiwan 4(1): 133-146.
9. Kashif, M., Inayat Khan, M., Arif, M., Anwer, M., and Ijaz, M. 2011a. Efficiency of Alpha Lattice Design in Rice Field Trials in Pakistan. *J. Sci. Res.* 3(1): 91-95.
10. Lafitte, H.R., Li, Z.K., Vijayakumar, C.H.M., Gao, Y.M., Shi, Y., Xu, J.L., Fu, B.Y., Yu, S.B., Ali, A.J., Domingo, J., Maghirang, R., Torres, R., and Mackill, D. 2006. Improvement of rice drought tolerance through backcross breeding: Evaluation of donors and selection in drought nurseries. *Field Crops Research* 97: 77-86.
11. Lamo, J., Tongoona, P., Okori, P., Derera, D., Bigirwa, G., and Laing, M. 2007. Breeding for drought tolerance and grain threshability in upland rice in Uganda: selection of parents from interspecific and intraspecific lines. 8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October 2007, p. 1885-1891.
12. Majnoun-Hosseini. 2014. Status and role of pulse crops in agriculture of Iran. 5th Iranian Pulse Crops Conference, 26 Feb. 2014, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
13. Patterson, H.D., and Williams, E.R. 1976. A new class of resolvable incomplete block designs. *Biometrika* 63: 83-92.
14. Patterson, H.D., Williams, E.R., and Hunter, E.A. 1978. Block designs for variety trials. *The Journal of Agricultural Science* 90: 395-400.
15. Sababghpour, S.H. 2006. Challenges and solutions for production of pulse crops in Iran. Appendix No. 8, *Iranian Journal of Crop Sciences*. (In Persian).
16. Sandha, G.S., and Chandra, S. 1969. Heritability of some quantitative characters in tow crosses of Bengal gram. *Indian J. Genetics* 29: 216-219.
17. Toker, C. 2008. Evaluation of yield criteria with phenotypic correlations and factor analysis in chickpea. *Soil Plant Sciences* 54: 45-48.

18. Yau, S.K. 1997. Efficiency of alpha-lattice designs in international variety yield trials of barley and wheat. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 128: 5-9.
19. Yazdi-Samadi, B., Rezaei, A., and Valyzadeh, M. 2002. *Statistical designs in agricultural research*. Tehran University Publications, No. 2346.

Relative efficiency of alpha lattice design over randomized complete block design in yield trials of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Kanouni^{1*}, H. & Imtiaz², M.

1. Member of Scientific Board, Food Legume Breeder, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Kurdistan

2. Former: Chickpea breeder, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria; and Present: Plant Breeder, CIMMYT Country Representative for Pakistan, Islamabad, Pakistan

Received: 1 September 2012

Accepted: 9 June 2014

Abstract

Structure of alpha lattice designs makes removing the effects of incomplete blocks from residual effect of plots, and maximizes precision of comparison between genotypes at the same incomplete block. This investigation was conducted to study the international chickpea germplasm, for finding desirable lines regarding seed yield and other traits. Two trials including CIEN-LA-2010 and CIEN-S-2010 carried out at Saral station of Kurdistan province during 2009-2010 cropping season. CIEN-LA and CIEN-S were sown at normal time, early March and as 9×5 alpha lattice designs with two replications. Considering property of each trial, data recording was done and statistical analyses were performed. According to analysis of variance, there were significant differences between genotypes across two trials. The average standard error of difference between genotypes was used to calculate relative efficiency of alpha lattice design. These results revealed that, alpha lattice had more efficiency over traditional randomized complete block design in both experiments, and ranks of entries were changed in trials. In CIEN-LA and CIEN-S, lines FLIP 05-55C and FLIP 06-159C ranked first for seed yield, respectively. It is necessary to have a more precise look to the best entries of these trials at the next studies.

Key words: α -designs, Chickpea (*Cicer arietinum* L.), International yield trials, Seed yield

*Corresponding Author: hkanouni@yahoo.com, Mobile: 09183714315, P.O. Box: 714, Pasdaran Blvd., Sanandaj, Iran

بررسی اثر تلقیح بذر نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر شاخص‌های رشد و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط دیم و فاریاب

وحیده خالق‌نژاد^۱ و فرهاد جبّاری^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان؛ vahideh.khaleghnezhad@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر نژادهای ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر تخصیص مواد فتوسنتزی و برخی پارامترهای مرتبط با رشد گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) رقم آرمان، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان به مرحله اجرا درآمد. در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب در طی فصل رشد و عدم آبیاری در کل دوره رشد) در کرت‌های اصلی و سطوح کودی در ۷ سطح (شاهد یا عدم مصرف کود شیمیایی و بیولوژیکی، مصرف ۵۰ کیلوگرم اوره در موقع کاشت، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-3، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-17، تلقیح بذر با PGPR، تلقیح مشترک با نژادهای ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و تلقیح مشترک با نژادهای (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که تیمارهای SWRI-17 و (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) در شرایط تنش خشکی به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام‌ها و تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به ساقه‌ها و برگ‌ها، عملکرد دانه بیشتری تولید کردند. در شرایط آبیاری مطلوب نیز تیمار (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) با تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به برگ‌ها که احتمالاً باعث جذب بیشتر تشعشع می‌شد، عملکرد دانه بیشتری تولید کردند. بر اساس نتایج این بررسی، تلقیح بذر با ترکیبی از کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم، باعث حصول عملکرد بیشتر نسبت به شاهد کودی یا مصرف کود نیتروژنه اوره می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تخصیص مواد فتوسنتزی، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، عملکرد دانه، نخود زراعی، نژادهای ریزوبیوم

مقدمه

برای کم‌بودن عملکرد نخود در ایران وجود دارد، اما بی‌شک مهم‌ترین آن‌ها تنش خشکی است (Leport et al., 1999). محققان گزارش کردند که مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد نخود در شرایط دیم، میزان و توزیع بارندگی است (Harris et al., 2000). نتایج یک بررسی نشان داد عملکرد دانه نخود در اثر آبیاری، ۷۴ تا ۱۲۴ درصد افزایش یافت. روند مشابهی هم در مورد وزن خشک کل مشاهده شد (Rajin anvar et al., 2003). در بررسی دیگری که در ترکیه انجام شد آبیاری کامل از سبزشدن تا بلوغ نسبت به شرایط دیم، عملکرد دانه را ۵۳ درصد افزایش داد. لگوم‌ها می‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق برقراری ارتباط هم‌زیستی با باکتری‌های ریزوبیوم تأمین نمایند. این باکتری‌ها در گره ریشه‌های گیاهان لگوم وجود دارند و نیتروژن اتمسفری را به فرم قابل‌استفاده برای گیاه تبدیل می‌کنند. استفاده از

نخود (*Cicer arietinum* L.) از لحاظ سطح زیرکشت در بین حبوبات، مقام سوم و در بین کلیه گیاهان زراعی مقام نوزدهم را به خود اختصاص داده است و در ۳۴ کشور دنیا کشت می‌شود (Onyari et al., 2010). ایران از لحاظ سطح زیرکشت نخود بعد از هندوستان، ترکیه و پاکستان چهارمین کشور دنیا محسوب می‌شود. متوسط عملکرد نخود در ایران کمتر از نصف متوسط جهانی آن می‌باشد. بیش از ۹۵ درصد سطح زیرکشت نخود در ایران به صورت دیم می‌باشد. به دلیل فقدان بارندگی طی دوره گل‌دهی، غلاف‌دهی و پُرشدن دانه، تنش خشکی انتهایی، مهم‌ترین عامل بهره‌وری پایین نخود در ایران می‌باشد (Sabaghpour et al., 2006). دلایل زیادی

* نویسنده مسئول: زنجان، دانشگاه زنجان، گروه زراعت و اصلاح نباتات

همراه: ۰۹۱۲۶۴۲۰۰۷۸، Jabbari@znu.ac.ir

2011) و افزایش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) بر اثر تلقیح با PGPR حاوی شیش نژاد باکتریایی (Gholami *et al.*, 2009) از نتایج مطالعات دیگر محققان در رابطه با اثر تلقیح بذر بر عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. اثرات تلقیح با باکتری‌های هم‌زیست لگوم‌ها در شرایط تنش‌زا (تنش خشکی) هم مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمایشات متعدد نشان می‌دهد که این هم‌زیستی منجر به بروز نوعی سازگاری در گیاه نخود با شرایط تنش خشکی شده است (Dazzo *et al.*, 2010). قسمتی از این سازگاری توسط افزایش در سطح تنظیم‌کنندگان اسمزی مانند پرولین در اثر تلقیح ریزوبیومی ایجاد می‌گردد. تلقیح بذور نخود با باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار عدم تلقیح تحت همین شرایط، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Romdhane *et al.*, 2009). بر اساس مرور منابع، تاکنون در مورد تأثیر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR بر تخصیص مواد فتوسنتزی، پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی اثر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاه نخود و عملکرد دانه آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر روی برخی شاخص‌های رشد، عملکرد دانه و نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاهی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان صورت گرفت. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب از سبزشدن تا رسیدگی محصول و عدم آبیاری در کل طول دوره رشد) در کرت‌های اصلی و کودهای زیستی و شیمیایی در هفت سطح (شاهد یا عدم کاربرد کود، مصرف ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در موقع کاشت، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-3، تلقیح با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-17، PGPR، ترکیب نژادهای ریزوبیومی SWRI-3 و SWRI-17، ترکیب SWRI-3، SWRI-17 و PGPR) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ریزوباکتری‌های مورد استفاده تحریک‌کننده رشد گیاه (PGPR)، ترکیبی از

ریزوموجودات خاک، راه‌حلی پایدار برای غلبه بر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تلفات عناصر غذایی و افزایش عملکرد به‌دلیل عدم وجود کودهای شیمیایی در کشت‌بوم‌های فعلی و آینده به‌شمار می‌رود. این موجودات سبب استفاده کارآمدتر از عناصر غذایی و بهبود قابلیت دسترسی آن‌ها می‌شوند. گروه دیگری از باکتری‌های خاک‌زی که اثرات مفیدی بر رشد و نمو گیاه می‌گذارند، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه^۱ (PGPR) می‌باشند. PGPR قادر است رشد و عملکرد محصولات زراعی را از طریق مکانیزم‌های مستقیم و غیرمستقیم افزایش دهد. مکانیزم‌های مستقیم افزایش رشد گیاه توسط PGPR از طریق سنتز مواد توسط باکتری‌ها و یا افزایش جذب مواد غذایی صورت می‌گیرد. از راهکارهای غیرمستقیم افزایش عملکرد گیاه توسط PGPR می‌توان کاهش یا حذف اثرات مضر پاتوژن‌ها، تجزیه، متحرک‌نمودن و افزایش انحلال مواد غذایی و نیز تولید هورمون‌های گیاهی را نام برد (Verma *et al.*, 2010; Oureshi *et al.*, 2009).

اثرات افزایشی این باکتری‌ها بر رشد و عملکرد محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمایشی که اثرات تلقیح ریزوبیومی را بر عملکرد و محتوای پروتئین شیش رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) مورد بررسی قرار داده بود، تعداد کل گره‌های ریزوبیومی هر گیاه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد و محتوای پروتئین دانه‌ها به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Elsheik & Hadi, 1999). در یک مطالعه اثرات تلقیح مشترک *Seudomonas jessenii* PS06 (باکتری حل‌کننده فسفات) و نژاد C-2/2 باکتری (*Mesorhizobium ciceri*) بر رشد و عملکرد نخود در شرایط مزرعه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تلقیح مشترک، میزان عملکرد دانه و وزن‌تر گره‌ها را بیش‌تر از زمانی که تلقیح به تنهایی توسط *P. jessenii* PS06 یا *M. ciceri* C-2/2 صورت گرفته بود، افزایش داد (Valverde *et al.*, 2006). همچنین تلقیح مشترک بذر سویا (*Glycine max* L.) با *Bradyrhizobium japonicum* PGPR، گره‌زایی، تثبیت نیتروژن و عملکرد دانه را افزایش داد. ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه که شامل جنس‌های آزوسپیریلیوم، ازوتوباکتر، مزوریزوبیوم و سودوموناس بود، عملکرد دانه، وزن خشک بوته و جذب نیتروژن و فسفر دانه را افزایش داد (Dashti *et al.*, 1998). افزایش رشد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر اثر تلقیح مشترک بذر با ریزوبیوم، سودوموناس و باسیلوس (Stajkovic *et al.*, 2009).

^۱ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

12	strain	<i>Azotobacter chroococcum</i>	برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک مزرعه محل انجام آزمایش در
of	strain	<i>Azospirillum lipoferum</i>	جدول ۲ نشان داده شده است.
169	strain	<i>Pseudomonas flourescens</i>	بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰

(ویژگی‌های اقلیمی منطقه، در طی دوره رشد گیاه به صورت اعداد برجسته در داخل جدول نشان داده شده‌اند)

Table 1. Some climate traits of experimental field at 2011-2012 agronomic year
(Climatic traits during growth season showed as bold)

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October
1	82.1	1.1	26.5	45.3	21.5	94.3	55	17.7	1.1	0.2	0.2	0.2
بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)												
23.1	9.9	7.4	6.4	2.4	5.6	15.4	22.3	26.7	30.2	32.8	29.1	24.4
روزانه (سلسیوس) Maximum temperature average												
6.4	0.6	-5.9	-4.6	-7.1	-4.9	2.6	7.2	11.1	13.7	15.8	13.4	6.9
روزانه (سلسیوس) Minimum temperature average												

جدول ۲- برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Some soil properties of experimental field

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	درصد ماده آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک
K(ppm)	P (ppm)	N(%)	OC(%)	EC(ds/m)	pH	Soil texture
156	8.4	0.2	1.75	1.2	7.6	لوم شنی (Sandy loam)

بلافاصله کشت شدند. عملیات کاشت در نیمه دوم فروردین ۱۳۹۱ صورت گرفت. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت کپه‌ای صورت گرفت و در هر کپه سه عدد بذر کاشته شد. هر کرت آزمایش شامل پنج خط پنج‌متری بود. گیاهچه‌ها در مرحله پنج‌برگی تنک شدند تا در هر کپه فقط یک بذر باقی بماند و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع به دست آید. عمق کاشت بذر، سه‌سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز در دو نوبت با وجین دستی صورت گرفت. در هر واحد آزمایشی دو ردیف از پنج ردیف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، سه بوته از هر کرت در نظر گرفته شد که در ابتدای مرحله گلدهی (۶۰ روز بعد از کاشت) و یک هفته بعد از آن مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. به این منظور، کلیه بوته‌ها از فاصله یک‌سانتی‌متری سطح زمین قطع شدند. در هر نمونه‌برداری گیاه پس از تفکیک به اجزای

رقم نخود مورد استفاده در این آزمایش، آرمان بود. به منظور تلقیح بذر با کودهای زیستی فوق، ۱۲ ساعت قبل از کاشت بذور در داخل مایع تلقیح فرموله شده خیسانده شدند. به ازای هر ۸۰ کیلوگرم نخود، در حدود یک‌لیتر کود مایع زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارتی برای تلقیح بذور برای هر تیمار که در حدود یک کیلوگرم بذر را شامل می‌شد، ۱۵ میلی‌لیتر از کودهای زیستی استفاده شد. برای تیمارهای ترکیبی (PGPR+SWRI-3 و SWRI-17) و (3+SWRI-17) نیز این مقدار بین کودهای زیستی تقسیم و به نسبت‌های مساوی جهت تلقیح مورد استفاده قرار گرفت. باکتری‌های مورد استفاده، همگی باکتری‌های طبیعی و بومی خاک‌های کشور بود که توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جدا و خالص سازی شده‌اند. مایه تلقیح آن‌ها در هر میلی‌لیتر مایع و هر گرم مایه تلقیح پودری دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود. سپس قبل از کاشت، بذور در بین یک پارچه تمیز قرار گرفتند تا خشک شوند و

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی

شاخص سطح برگ (LAI): در این بررسی، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد (جدول ۳). شاخص سطح برگ در شرایط شاهد (آبیاری مطلوب) و تنش خشکی در ۶۰ روز بعد از کاشت، به ترتیب ۱/۳۵ و ۰/۷ بود. به عبارت دیگر در اثر تنش خشکی، شاخص سطح برگ ۴۸ درصد کاهش یافت. در یک آزمایش، سطح برگ گیاه نخود در شرایط آبیاری مطلوب ۸۵ روز بعد از کاشت، ۰/۸ مترمربع برای هر بوته گزارش شد و شاخص سطح برگ گیاه در زمان گلدهی، حتی کمتر از ۱ بوده است. به‌طور کلی توسعه سطح برگ و تجمع ماده خشک در اغلب حبوبات، به‌ویژه حبوبات سردسیری، برای یک دوره طولانی پس از کاشت آهسته است. بنابراین در مزارع حبوبات بخش عمده‌ای از تشعشع ابتدای فصل به دلیل پوشش گیاهی نامناسب برای جذب آن هدر می‌رود و شاید بخشی از عملکرد کم حبوبات سردسیری در مقایسه با سایر گیاهان، به این موضوع ارتباط داشته باشد (Parsa & Bagheri, 2008). همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم در این آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری مطلوب، از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (PGPR+SWRI-3+SWRI-17) به‌دست آمد (جدول ۴). در ضمن، کمترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری مطلوب، از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). به عبارت دیگر، مصرف کودهای زیستی باعث افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره شد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین شاخص سطح برگ از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار کود نیتروژنه اوره به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی، هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.

سرعت رشد محصول (CGR): در این بررسی سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۲/۵ و ۱/۵۲ گرم در مترمربع در روز بود. به عبارت دیگر، سرعت رشد محصول در شرایط تنش خشکی، ۳۹ درصد کاهش یافت هرچند که این کاهش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی از نظر سرعت رشد محصول

مختلف (برگ و ساقه) به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین گردید. سپس، سرعت رشد محصول (CGR) و شاخص سطح برگ (LAI) از طریق روابط زیر محاسبه شدند:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{GA(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (2)$$

W_1 : وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری اول

W_2 : وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم

t_1 : زمان نمونه‌گیری اول

t_2 : زمان نمونه‌گیری دوم

LA: سطح برگ (سانتی‌مترمربع)

GA: سطح زمین (سانتی‌مترمربع)

اندازه‌گیری تخصیص مواد فتوسنتزی در اواسط مرحله دانه‌بندی (۹۰ روز بعد از کاشت) صورت گرفت. به‌همین منظور سه بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و از فاصله یک‌سانتری متری سطح زمین، کف‌بر و به برگ، ساقه و نیام تفکیک شدند. سپس اندام‌های تفکیک‌شده گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و با ترازوی حساس توزین شدند. آنگاه نسبت وزن ساقه^۱ (SWR)، نسبت وزن برگ^۲ (LWR) و نسبت وزن نیام^۳ (PWR) طبق روابط زیر محاسبه گردید (Jabbari et al., 2010):

$$SWR = \frac{SDW}{TDW} \quad (3)$$

$$LWR = \frac{LDW}{TDW} \quad (4)$$

$$PWR = \frac{PDW}{TDW} \quad (5)$$

SDW، LDW و PDW به ترتیب وزن خشک ساقه، برگ

و نیام و TDW وزن خشک کل بر حسب گرم است.

برای تعیین عملکرد دانه، ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و عملکرد دانه آن تعیین گردید. تجزیه واریانس و سایر محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، MSTAT-C و MINITAB انجام شد و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن ($P \leq 0.05$) صورت گرفت.

¹ Stem Weight Ratio

² Leaf Weight Ratio

³ Pod Weight Ratio

معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب از ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان سرعت رشد محصول از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار کود نیتروژنه اوره حاصل شد (جدول ۴). محققان گزارش کردند که تلقیح بذر نخود در شرایط مزرعه و گلخانه باعث افزایش رشد این گیاه شد و تلقیح مشترک، بیش از هر یک از تلقیح‌های جداگانه رشد گیاه را افزایش داد (Valverde *et al.*, 2006) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

تخصیص مواد فتوسنتزی

وزن خشک ساقه (SDW): در این بررسی تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه گردید (جدول ۳). وزن خشک ساقه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۱/۷۸۶ و ۰/۸۰۱ گرم بود. به عبارت دیگر در اثر تنش خشکی وزن خشک ساقه ۵۵ درصد کاهش یافت. محققان یک کاهش ۵۰ درصدی را در وزن خشک ساقه نخود در اثر تنش خشکی گزارش کردند (Sivaramaiah *et al.*, 2007). اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم در این آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک ساقه و کمترین میزان آن در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیب از تیمارهای SWRI-17 و تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) حاصل شد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین میزان وزن خشک ساقه از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره به‌دست آمد (جدول ۴). سایر محققان نیز گزارش کردند که تلقیح بذر با یک نژاد *Mesorhizobium ciceri* و *Pseudomonas jessinii* (یک باکتری حل‌کننده فسفات) باعث افزایش وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شد، اما تلقیح مشترک با این باکتری وزن خشک ساقه را کاهش داد (Valverde *et al.*, 2006).

وزن خشک برگ (LDW): در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ گردید (جدول ۳). وزن خشک برگ در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۹۲۲ و ۰/۳۳۲ گرم بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۶۴ درصدی وزن خشک برگ شد. همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک برگ در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی

(عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین میزان وزن خشک برگ از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار ترکیب کودهای زیستی SWRI-17 حاصل شد (جدول ۴).

وزن خشک نیام (PDW): در این بررسی وزن خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری با هم نداشت (جدول ۳). وزن خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۱/۰۵۷ و ۱/۲۳۸ گرم بود. ضمناً در این بررسی اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین آن از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به‌دست‌آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان وزن خشک نیام از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان آن هم از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) حاصل شد (جدول ۴).

زیست‌توده: تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک زیست‌توده شد (جدول ۴). در این بررسی زیست‌توده تک‌بوته در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۳/۷۶۵ و ۲/۳۷۱ گرم بود. به عبارت دیگر تنش خشکی موجب کاهش ۳۷ درصدی زیست‌توده گردید. محققان دیگر نیز یک کاهش ۵۰ درصدی را برای وزن خشک زیست‌توده در شرایط تنش خشکی گزارش کردند (Romdhane *et al.*, 2009). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین میزان زیست‌توده از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین میزان زیست‌توده به‌ترتیب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره حاصل شد (جدول ۴). بنابراین می‌توان گفت که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، کودهای زیستی در کاربرد انفرادی یا ترکیبی، وزن خشک بیشتری نسبت به تیمار شاهد کودی یا مصرف کود نیتروژنه اوره تولید کردند.

نسبت وزن ساقه (SWR): در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار نسبت وزن ساقه شد (جدول ۵). نسبت وزن ساقه که از تقسیم وزن خشک ساقه به وزن خشک کل بوته

به‌دست می‌آید، در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۴۸۴ و ۰/۳۵۵ بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۲۶/۵ درصدی نسبت وزن ساقه شد. محققان دیگر نیز اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی، نسبت وزن ساقه کاهش یافت (Jabbari *et al.*, 2010). همچنین اثر متقابل

سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان نسبت وزن ساقه در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان آن از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۳- میانگین مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Table 3. Mean squares for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of biological and chemical fertilizers under irrigated and rainfed conditions

میانگین مربعات (MS)							منابع تغییر S.O.V	تکرار
درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک نیام Pod dry weight	زیست توده Biomass		
3	0.046 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.776 ^{ns}	0.222 ^{ns}	0.467 ^{ns}	4.130 ^{ns}	Rep.	تکرار
1	6.030 ^{**}	13.24 ^{ns}	13.580 ^{**}	4.877 ^{**}	0.457 ^{**}	27.226 ^{**}	Irrigated levels	سطوح آبیاری
3	0.013	4.503	0.078	0.064	0.100	0.336	Main error	خطای اصلی
6	0.290 ^{**}	4.104 [*]	0.446 ^{**}	0.180 ^{**}	0.865 ^{**}	3.714 ^{**}	Fertilizer levels	سطوح کودی
6	0.243 ^{**}	2.852 [*]	0.385 ^{**}	0.165 ^{**}	1.228 ^{**}	2.079 ^{**}	Irrigated levels×Fertilizer levels	سطوح آبیاری×سطوح کودی
36	0.025	1.084	0.038	0.013	0.151	0.290	Total error	خطای کل
	15.47	15.84	15.05	18.48	13.87	17.56	C.V(%)	ضریب تغییرات(%)

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

ns: Non-significant, * and **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در سطوح مختلف کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی اوره و کودهای زیستی)

Table 4. Mean comparisons for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of fertilizer (no application fertilizer, biological and chemical fertilizers) under irrigated and rainfed conditions

شاخص سطح برگ LAI		سرعت رشد محصول (گرم در مترمربع در روز) CGR(g.m-2.day-1)		وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight(g)		وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight(g)		وزن خشک نیام (گرم) Pod dry weight(g)		زیست توده (گرم) Biomass (g)	
تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated
0.747 ^{def}	0.799 ^{de}	1.109 ^{cd}	1.522 ^{bcd}	1.003 ^{cd}	0.7450 ^{def}	0.3933 ^{cd}	0.3325 ^d	0.5017 ^f	0.6483 ^{ef}	1.898 ^f	1.726 ^f
1.058 ^c	0.515 ^f	2.072 ^{bcd}	0.622 ^e	1.807 ^b	0.5850 ^f	0.9442 ^b	0.2733 ^d	1.182 ^{bcd}	0.7833 ^{def}	3.933 ^b	1.642 ^f
1.392 ^b	0.556 ^{ef}	3.133 ^{ab}	0.889 ^{de}	1.875 ^b	0.6500 ^{ef}	0.8533 ^b	0.2417 ^d	1.075 ^{cdef}	1.067 ^{cdef}	3.803 ^{bcd}	1.958 ^f
1.488 ^b	0.608 ^{ef}	2.639 ^{bc}	2.706 ^{bc}	2.352 ^a	0.7050 ^{def}	1.256 ^a	0.2158 ^d	1.332 ^{abcd}	1.891 ^a	4.940 ^a	2.812 ^e
1.512 ^b	0.802 ^{de}	1.617 ^{bcd}	0.886 ^{de}	1.743 ^b	0.9442 ^{cde}	0.9600 ^b	0.3733 ^{cd}	1.158 ^{bcd}	1.661 ^{abc}	3.861 ^{bc}	2.978 ^{de}
1.607 ^b	0.945 ^{cd}	4.289 ^a	1.590 ^{bcd}	1.986 ^b	1.198 ^c	1.153 ^a	0.5250 ^c	1.704 ^{ab}	0.6983 ^{def}	4.842 ^a	2.422 ^{ef}
1.653 ^a	0.635 ^{ef}	2.586 ^{bcd}	2.450 ^{bcd}	1.738 ^b	0.7825 ^{def}	0.8942 ^b	0.3600 ^{cd}	0.4467 ^f	1.915 ^a	3.079 ^{cde}	3.057 ^{cde}

هر ستون میانگین چهار عدد است. میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

ترکیب کودهای (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به‌دست آمد (جدول ۶).

هم‌چنین بیشترین میزان نسبت وزن ساقه در شرایط تنش خشکی در تیمار ترکیب کودهای ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار

کودهای زیستی (به صورت انفرادی یا ترکیبی) باعث تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام در شرایط تنش خشکی می‌شود؛ لذا می‌توان گفت که استفاده از کودهای زیستی به خصوص در شرایط کشت دیم باعث تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام و تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ و ساقه شده و نهایتاً باعث سازگاری بهتر به شرایط کم‌آبی می‌شود. اما در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل تحریک رشد اندام‌های هوایی توسط کودهای زیستی (به صورت انفرادی یا به‌ویژه در حالت ترکیب)، درصد بیشتری از زیست‌توده تولیدی گیاه به برگ و ساقه اختصاص می‌یابد که احتمالاً با افزایش فتوسنتز خالص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد نسبت به شاهد کودی (عدم مصرف کودهای شیمیایی و زیستی) و کود نیتروژنه اوره می‌شود.

عملکرد دانه

عملکرد دانه نخود تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). میانگین عملکرد دانه در شرایط فاریاب و دیم به ترتیب ۱۷۲۳ و ۱۰۸۷ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارت دیگر تنش خشکی باعث کاهش ۳۷ درصد عملکرد دانه نخود شد. در آزمایشی نشان داده شد که عملکرد دانه نخود از ۲۷۶۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کافی به ۹۰۹ کیلوگرم در شرایط دیم کاهش یافت، به عبارت دیگر یک کاهش ۶۷ درصدی رخ داد (Onyari et al., 2003). نتایج یک بررسی هم نشان داد که عملکرد دانه نخود در اثر آبیاری ۷۴ تا ۱۲۴ درصد افزایش یافت (Rajin Anvar et al., 2003). متوسط عملکرد دانه نخود در ایران کمتر از نصف متوسط جهانی آن می‌باشد (Sabaghpour et al., 2006). دلایل زیادی برای کم‌بودن عملکرد نخود در ایران وجود دارد، اما بی‌شک مهم‌ترین آن‌ها تنش خشکی است (Leport et al., 1999). به دلیل فقدان بارندگی طی دوره گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه، تنش خشکی انتهایی مهم‌ترین عامل بهره‌وری پایین نخود در ایران می‌باشد (Sabaghpour et al., 2006). Fallah (2008) عملکرد دانه نخود دیم را در تاریخ‌های کاشت مختلف از ۸۳۲ تا ۱۲۹۳ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های متفاوت از ۹۶۱ تا ۱۰۳۷ کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی از لحاظ عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان عملکرد دانه در همین شرایط از شاهد کودی به دست آمد. در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان عملکرد دانه از ترکیب همه

نسبت وزن برگ (LWR): در این بررسی نسبت وزن برگ در اثر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). نسبت وزن برگ در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۰/۲۴۲ و ۰/۱۴۹ بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۳۸/۵ درصدی نسبت وزن برگ شد. محققان کاهش ۱۱ درصدی را در نسبت وزن برگ در اثر تنش خشکی گزارش کردند (Jabbari et al., 2010). از آنجایی که بخش عمده‌ای از تعرق از راه برگ‌ها صورت می‌گیرد، به نظر می‌رسد تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ که موجب کاهش تعرق می‌شود، باعث اجتناب گیاه از تنش خشکی می‌گردد. ضمناً اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان نسبت وزن برگ در شرایط آبیاری مطلوب به ترتیب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به دست آمد (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین نسبت وزن برگ به ترتیب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و SWRI-17 حاصل شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد کودهای زیستی با بهبود ویژگی‌های رشد گیاه، هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در تنش خشکی، درصد بیشتری از وزن خشک کل را به برگ‌ها نسبت به شاهد کودی (عدم مصرف کود زیستی و شیمیایی) اختصاص داداند.

نسبت وزن نیام (PWR): در این بررسی تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت وزن نیام داشت (جدول ۵). نسبت وزن نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۰/۲۷۴ و ۰/۴۹۶ بود. به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی درصد بیشتری از زیست‌توده گیاه به نیام اختصاص یافت. بنابراین مشاهده می‌شود که گیاه نخود در شرایط تنش خشکی با اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ و ساقه‌ها و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام، تمایل به اجتناب از شرایط تنش‌زا دارد. در عین حال، اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان نسبت وزن نیام و کمترین میزان آن در شرایط آبیاری مطلوب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به دست آمد. در شرایط تنش خشکی بیشترین نسبت وزن نیام از تیمارهای SWRI-17 و کمترین نسبت وزن نیام از تیمار ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) به دست آمد (جدول ۶). بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از

خشکی است که نشان می‌دهد کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR می‌تواند نقش قابل‌توجهی در کاهش اثرات تنش خشکی داشته باشد. همچنین مشاهده می‌شود که در این بررسی ترکیب همه کودهای زیستی به کار رفته در آزمایش، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرده است و استفاده از همه کودهای زیستی به صورت ترکیبی یا انفرادی در مقایسه با شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره عملکرد بیشتری را موجب شده است.

ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در جدول ۷ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه با شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل، نسبت وزن برگ و نسبت وزن نیام، همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، بوته‌های درشت‌تر نخود که سطح برگ بیشتری داشته باشند، در شرایط فاریاب، عملکرد بیشتری تولید می‌کنند. (Parsa & Bagheri 2008) نیز یکی از دلایل عملکرد کم حبوبات نسبت به سایر گیاهان زراعی را کم بودن سطح برگ در این گیاهان عنوان می‌کنند و یکی از استراتژی‌های افزایش عملکرد را افزایش شاخص سطح برگ معرفی می‌نمایند. از بین متغیرهای مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های هوایی، نسبت وزن برگ بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد.

کودهای زیستی و کمترین آن از تیمارهای شاهد کودی و تیمار کود نیتروژنه اوره به دست آمد. همچنین می‌توان گفت که مصرف کودهای زیستی (چه به صورت منفرد و چه به صورت ترکیبی) باعث به دست آوردن عملکرد بیشتر نسبت به تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود) و تیمار کود نیتروژنه اوره در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی گردید. عملکرد دانه در تیمار ترکیب همه کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره در شرایط آبیاری به ترتیب ۵۰ و ۴۰ درصد افزایش یافت. این افزایش در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۷۵ و ۷۶ درصد بود. به نظر می‌رسد کودهای زیستی ریزوبیومی با افزایش مقدار و کارایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، و ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه با افزایش دسترسی گیاه به عناصر مغذی مهمی چون نیتروژن و فسفر و افزایش رشد ریشه، باعث افزایش عملکرد دانه نخود هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی می‌گردند (Sabaghpour *et al.*, 2006; Dashti *et al.*, 1998).

(Elsheik & Hadi 1999) میزان افزایش عملکرد دانه نخود در اثر تلقیح با نژاد TAL 1148 نخود را ۷۲ و ۷۰ درصد گزارش کردند که این میزان افزایش عملکرد دانه با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

در بررسی ما میزان افزایش عملکرد دانه نخود در اثر تلقیح با کودهای زیستی در مقایسه با شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره در شرایط دیم، به مراتب بیش از شرایط تنش

جدول ۵- میانگین مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Table 5. Mean squares for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of biological and chemical fertilizers under irrigated and rainfed conditions

میانگین مربعات MS					
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت وزن ساقه SWR	نسبت وزن برگ LWR	نسبت وزن نیام PWR	عملکرد دانه Seed yield
تکرار	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	61692 ^{ns}
سطوح آبیاری	1	0.232 ^{**}	0.122 ^{**}	0.689 ^{**}	5669938 ^{**}
خطای اصلی	3	0.004	0.001	0.007	134887
سطوح کودی	6	0.012 ^{**}	0.003 [*]	0.024 ^{**}	1983629 ^{**}
سطوح آبیاری × سطوح کودی	6	0.030 ^{**}	0.009 ^{**}	0.068 ^{**}	229732 ^{**}
خطای کل	36	0.003	0.001	0.007	8666
ضریب تغییرات (%)		13.48	16.64	21.12	12.05

ns: Non-significant, * و **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

ns: Non-significant, * و **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد نخود زراعی رقم آرمان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در سطوح مختلف کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی اوره و کودهای زیستی)

Table 6. Mean comparisons for photo assimilate partitioning and grain yield of chickpea Arman cultivar at different levels of fertilizer (no application fertilizer, biological and chemical fertilizers) under irrigated and rainfed conditions

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)		نسبت وزن نیام PWR		نسبت وزن برگ LWR		نسبت وزن ساقه SWR		سطوح کودی Fertilizer levels
تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	
541.7h	1189fg	0.3619cd	0.2664d	0.1962cd	0.2051bcd	0.4419bcd	0.5285ab	شاهد (Control)
435h	1471de	0.4548bc	0.2994d	0.1727de	0.2383bc	0.3725de	0.4624bcd	کود نیتروژن (N)
983.4g	1649cd	0.5323ab	0.2869d	0.1260ef	0.2235bcd	0.3418ef	0.4897abc	SWRI3
1282ef	1965b	0.6580a	0.2692d	0.0819f	0.2534ab	0.2601fg	0.4773abc	SWRI17
1008e	1715bcd	0.5437ab	0.2987d	0.1318ef	0.2489abc	0.3245efg	0.4524bcd	PGPR
951.4e	1736bc	0.2840d	0.3505cd	0.2216bcd	0.2371bc	0.4944abc	0.4124cde	SWRI3+SWRI17
1940b	2335a	0.6341a	0.1442e	0.1139f	0.2902a	0.2520g	0.5656a	PGPR+SWRI3+SWRI17

هر ستون میانگین ۴ عدد است. میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

خشکی از عملکرد دانه بیشتری برخوردار خواهند بود. در ضمن در شرایط تنش خشکی بین نسبت وزن ساقه و نسبت وزن برگ با عملکرد دانه همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده می‌شود (جدول ۷). این یافته‌ها مؤید آن است که ساقه و برگ با نیام‌ها برای مواد فتوسنتزی با هم رقابت می‌کنند و در صورتی که گیاه نخود در این شرایط درصد بیشتری از وزن خشک خود را به نیام و درصد کمتری را به ساقه و برگ اختصاص دهد، عملکرد بالاتری تولید خواهد کرد.

به عبارت دیگر، در صورتی که گیاه نخود درصد بیشتری از وزن خشک تولیدی را به برگ‌ها اختصاص دهد، از عملکرد دانه بالاتری در شرایط فاریاب برخوردار خواهد بود. در شرایط تنش خشکی هم سرعت رشد محصول، وزن خشک نیام، وزن خشک برگ، وزن خشک کل و نسبت وزن نیام همبستگی مثبتی با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۷). به عبارت دیگر، ارقامی که درصد بیشتری از وزن خشک خود را به نیام اختصاص دهند و نیام‌های بیشتر و سنگین‌تری داشته باشند، در شرایط تنش

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری مطلوب (اعداد بالایی) و تنش خشکی (اعداد پایینی)

Table 7. Correlations coefficient of some traits under drought stress (above numbers) and irrigated (under numbers)

Yield	PWR	LWR	SWR	TDW	PDW	LDW	SDW	LAI	CGR	
									1	CGR
									0.483**	LAI
								1	0.305 ^{ns}	SDW
							1	0.502**	0.438*	LDW
								0.028 ^{ns}	0.332 ^{ns}	PDW
						1	0.941**	0.437*	0.510**	TDW
							0.880**	0.007 ^{ns}	0.351 ^{ns}	SWR
				1	0.716**	0.658**	0.461*	0.228 ^{ns}	0.213 ^{ns}	LWR
					-0.035 ^{ns}	0.160 ^{ns}	0.202 ^{ns}	0.213 ^{ns}	0.228 ^{ns}	PWR
					0.952**	0.936**	0.513**	0.437*	0.437*	Yield
					0.877**	0.427*	0.609**	0.176 ^{ns}	0.009 ^{ns}	
			1	0.569**	-0.858**	0.261 ^{ns}	0.261 ^{ns}	0.191 ^{ns}	0.209 ^{ns}	
				0.475*	-0.815**	0.456*	0.380 ^{ns}	0.142 ^{ns}	0.429*	
		1	0.255 ^{ns}	0.254 ^{ns}	0.135 ^{ns}	0.402*	0.402*	0.069 ^{ns}	0.558**	
			0.879**	0.366 ^{ns}	-0.787**	0.564**	0.286 ^{ns}	0.174 ^{ns}	0.387*	
	1	-0.654**	-0.898**	0.329 ^{ns}	0.733**	0.022 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.118 ^{ns}	0.090 ^{ns}	
		-0.948**	-0.948**	0.485**	0.828**	0.509*	0.357 ^{ns}	0.158 ^{ns}	0.426*	
1	0.509*	0.723**	0.231 ^{ns}	0.294 ^{ns}	0.432*	0.449*	0.446*	0.322 ^{ns}	0/800**	
	0.454*	-0.374*	-0.477*	0.482**	0.527**	0.408*	0.085 ^{ns}	0.540**	0.072 ^{ns}	

ns: Non-significant, * and **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

منابع

1. Dashti, N., Zhang, F., Hynes, R., and Smith, D.L. 1998. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under short season conditions. *Plant and Soil* 200: 205-213.
2. Dazzo, F., Asghari, B., and Batool, R. 2010. Adaptation of chickpea to desiccation stress is enhanced by symbiotic rhizobia. *J. Symbiosis* 50: 129-133.
3. Elsheikh, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54: 57-63.
4. Fallah, S. 2008. Effect of sowing date and plant density on yield and yield component on chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Agriculture and Natural Resource Science and Technologies* 45: 123-135.
5. Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 49: 19-24.
6. Harris, H., Oweis, T., Pala, M., and Zhang, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Res.* 51: 295-304.
7. Jabbari, F., Ahmadi, A., and Pouryousef, M. 2010. Evaluation of relative growth rate and matter allocation of drought tolerant and susceptible wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Modern Technologies in Agriculture* 4(1): 41-58.
8. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Dua, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European J. of Agron.* 11: 279-291.
9. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomason, B.D., and Siddique, K.H.M. 1998. Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *European J. of Agron.* 9: 295-303.
10. Onyari, C.A.N., Mc Kenzie, B.A., and Hill, G.H. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions in Kenya. *Journal of Applied Biosci.* 34: 2028-2036.
11. Onyari, C.A.N., Ouma, J.P., and Kibe, A.M. 2010. Effect of tillage method and sowing time on phenology, yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions in Kenya. *Journal of Applied Biosci.* 34: 2156-2165.
12. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. *Jahad Daneshgahi Mashhad Press.* p: 267-290.
13. Qureshi, M.A., Shakir, M.A., Naveed, M., and Ahmad, M.J. 2009. Growth and yield response of chickpea to co-inoculation with *Mesorhizobium ciceri* and *Bacillus megaterium*. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 19(4): 205-211.
14. Rajin Anvar, M., Mc Kenzie, B.A., and Hill, G.H. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Sci.* 141: 259-271.
15. Romdhane, S.B., Trabelsib, M., Elarbi, M., Lajudie, P., and Mhamdia, R. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 2568-2572.
16. Sabaghpour, H., Mahmoudi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malthora, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. *Indian Journal of Crop Sci.* 1: 70-73.
17. Sivaramaiah, N., Malik, D.K., and Sindhu, S.S. 2007. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by co-inoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. *Indian Journal of Microbiology* 47: 51-56.
18. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Kenezevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growth-promoting bacteria. *Romanian Biotechnological Letters* 16(1): 5919-5926.

19. Valverde, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Vela, E., Rodri, C., Emilio Cervantes, B., Chamber, M., and Mariano, J. 2006. Differential effects of co-inoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium ciceri* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. J. Plant and Soil 287(2): 43-50.
20. Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., Lavakush, and Singh, V. 2010. Impact of plant growth rhizobacteria on crop production. International Journal of Agricultural Reaserch 5(11): 954-983.

Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed inoculation with rhizobium strains and plant promoting rhizobacteria (PGPR) on growth indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions

Khaleghnezhad¹, V. & Jabbari^{2*}, F.

1. MSc. Student of Agronomy, College of Agriculture, Zanjan University

2. Contribution from College of Agriculture, Zanjan University

Received: 28 May 2013

Accepted: 3 March 2014

Abstract

This experiment was carried out to evaluate the effect of rhizobium strains and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter partitioning and some growth parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Arman cultivar. This research was conducted as split plot based on complete random block design at Zanjan university research farm. Irrigation levels (optimum irrigation during season growth and no irrigation during growth period) were set as main plots and fertilizer level (control or no application chemical and biological fertilizer, 50kg/ha Urea, seed inoculation with *Mesorhizobium ciceri* strain of SWRI-3, seed inoculation with *Mesorhizobium ciceri* strain SWRI-17, seed inoculation with PGPR, Co-inoculation with rhizobium strains SWRI-3+SWRI-17 and Co-inoculation with all biofertilizers, SWRI-3+SWRI-17+PGPR were sets as subplots. Based on results, SWRI-17 and SWRI-17+SWRI-3+ PGPR caused more allocation of chickpea photoassimilate to pods and less allocation of photoassimilates to stems and leaves under drought stress. Also, because SWRI-17+SWRI-3+PGPR allocated more photoassimilate to leaves under irrigated condition, caused effective solar irradiance absorption, produce maximum seed yield. Finally our data showed that, sees co-inoculation with rhizobium strains and PGPR resulted more seed yield in comparison with control (no fertilizer usage) or Urea fertilizer application under both irrigated and rainfed conditions.

Key words: Chickpea, Rhizobium strains, Plant growth promoting Rhizobacteria, Photoassimilate, Partitioning, Seed yield

*Corresponding Author: Jabbari@znu.ac.ir, Mobile: 09126420078

کارآیی استفاده از علف‌کش پاراکوات برای مدیریت علف‌های هرز لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در قالب رهیافت تهیه بستر کاشت زودهنگام

حمید رحیمیان مشهدی^۱، سیدکریم موسوی^{۲*} و جمشید نظری عالم^۳

۱- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز از دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰

چکیده

کارآیی علف‌کش پاراکوات در کنترل علف‌های هرز لوبیا در چارچوب رهیافت بستر کاشت زودهنگام، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان لرستان طی دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار بذر لوبیا (در سه سطح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به کرت‌های اصلی و مدیریت علف‌های هرز در هفت سطح (تری‌فلورالین، پاراکوات، بنتازون+اسیفلورفن، تری‌فلورالین+بنتازون+اسیفلورفن، پاراکوات+بنتازون+اسیفلورفن، وجین دستی و شاهد بدون کنترل) به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد. در سال اول آزمایش، در بین تیمارهای علف‌کش کمترین سطح تراکم علف‌هرز به تیمار کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پاراکوات به علاوه کاربرد پس‌رویشی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن اختصاص داشت که در مقایسه با شاهد بدون کنترل، سبب کاهش ۶۸ درصد جمعیت علف‌های هرز شد. تیمارهای کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن، کاربرد پیش‌رویشی پاراکوات به علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن و تیمار کاربرد تنه‌ای علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به ترتیب سبب کاهش ۸۳، ۸۲ و ۷۰ درصد زیست‌توده علف‌های هرز شدند. بر اساس نتایج سال دوم آزمایش، همه تیمارهای مدیریت در مقایسه با شاهد بدون کنترل موجبات کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز را فراهم آوردند. تیمارهای مبتنی بر کاربرد تری‌فلورالین با کاهش ۷۷ درصد تراکم علف‌های هرز، برترین تیمارهای علف‌کش از نظر کنترل علف‌های هرز بودند. کاربرد تلفیقی پاراکوات و بنتازون+اسیفلورفن نیز با کاهش ۵۴ درصد تراکم علف‌های هرز با تیمار کاربرد تلفیقی تری‌فلورالین و بنتازون+اسیفلورفن تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: بنتازون+اسیفلورفن، تری‌فلورالین، مدیریت علف‌های هرز

مقدمه

توانایی رقابت‌کنندگی ضعیف لوبیا در مواجهه با علف‌های هرز گویای اهمیت مدیریت علف‌های هرز در فرآیند تولید این محصول است. از سوی دیگر، حضور علف‌های هرز عملیات برداشت محصول را نیز دشوار می‌سازد (Soltani et al., 2007).

علف‌کش‌ها یکی از نهاده‌های مهم و ضروری در نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شوند (Powel et al., 1997). در حال حاضر، تعداد معدودی علف‌کش با طیف کنترلی وسیع برای کنترل علف‌های هرز لوبیا در سطح دنیا در دسترس است (Soltani et al., 2007). این امر سبب تحمیل هزینه زیادی برای کنترل علف‌های هرز از طریق روش‌های مکانیکی یا وجین دستی می‌شود که این امر می‌تواند کاهش رغبت کشاورزان به کشت چنین محصولی را در پی داشته باشد. این در حالی است که کشت حبوبات علاوه بر اهمیت ذاتی خود، از نظر پایداری

سطح زیرکشت لوبیا در کشور ایران برای سال ۸۸-۱۳۸۷ معادل ۹۳۸۸۸ هکتار برآورد شده است که نزدیک به ۲۲ درصد آن به استان‌های لرستان و مرکزی اختصاص دارد (Anonymous, 2010). این دو استان با دارا بودن بیشترین سطح زیرکشت و بالاترین مقدار تولید، مهم‌ترین قطب لوبیاکاری کشور به حساب می‌آیند.

مدیریت علف‌های هرز از جمله مشکلات مهمی است که لوبیاکاران با آن مواجه هستند. علف‌های هرز به شدت با لوبیا بر تصاحب نور، آب و عناصر غذایی به رقابت می‌پردازند. تداخل علف‌های هرز، کاهش عملکرد قابل توجه لوبیا را در پی دارد (Soltani et al., 2007; Blackshaw & Esau, 1991).

* نویسنده مسئول: خرم‌آباد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، تلفن: ۰۶۶۳۳۳۰۱۰۰۵، skmousavi@gmail.com

تولید محصول راهبردی گندم در سطح کشور، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

امروزه مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها به مشکلی جهانی تبدیل شده است. بروز مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز عمدتاً به دلیل مصرف مداوم علف‌کش‌های مشابه یا علف‌کش‌هایی با مکانیسم عمل مشابه است (Heap, 1999). یکی از مهم‌ترین روش‌ها در مدیریت مقاومت به علف‌کش‌ها، به حداقل رساندن مصرف مداوم سمومی است که مکانیسم عمل آنها مشابه است (Dyer, 1997) برای رسیدن به این هدف عمدتاً از تناوب علف‌کش‌ها یا اختلاط آنها استفاده می‌شود (Shanaer et al., 2000). در ایران، هفت علف‌کش تری‌فلورالین، اتال‌فلورالین، لاسو، داکتال، ارادیکان، بازاگران و گالات برای لوبیا به ثبت رسیده است و عمده کنترل شیمیایی علف‌های هرز در سطح مزارع لوبیای کشور با استفاده از علف‌کش تری‌فلورالین صورت می‌گیرد (Zand et al., 2010). عملیات تهیه بستر کاشت زود هنگام^۱، بر این منطق استوار است که با به تأخیر انداختن کاشت گیاه زراعی پس از تهیه بستر کاشت، جمعیت‌های علف‌هرز تحریک به رویش شده و متعاقب آن از بین برده می‌شوند. در صورتی که بتوان با حداقل دست‌ورزی خاک، علف‌های هرز رویش‌یافته را کنترل نمود، در آن صورت، بانک‌بذر علف‌های هرز در رویه سطحی خاک تا حدودی تخلیه شده و بدین ترتیب مشکل علف‌های هرز کاهش خواهد یافت (Caldwell & Mohler, 2001). عمده تحقیقات عملیات تهیه بستر بذر زود هنگام، به نظام‌های کشت سویا مبتنی بر کاربرد علف‌کش‌ها استوار است (Heatherly et al., 1993; Oliver et al., 1993). هرچند این روش به وسیله کشاورزان ارگانیک نیز به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Stopes & Millington, 1991; Wookey, 1985). گزارش شده است که یک مرحله استفاده از شعله‌افکن به فاصله چهار روز بعد از آبیاری و یک‌روز پیش از نشای کاهو، سبب کاهش ۶۲ درصد تراکم علف‌های هرز شد (Balsari et al., 1994). در آزمایش این محققان، تأثیر کاربرد شعله‌افکن در روش تهیه بستر بذر زود هنگام در حد تأثیر کاربرد علف‌کش پرونامید بود. محققان در مقایسه چندین روش عملیات تهیه بستر بذر زود هنگام برای کشت خیار مشاهده کردند که کارآیی خاک‌ورزی سطحی از نظر کنترل علف‌های هرز، بهتر از کاربرد علف‌کش گلیفوسیت بود (Johnson & Mullinix, 1998). برای کاشت سویا در منطقه دلتای رودخانه می‌سی‌سی‌پی عملیات تهیه بستر بذر زود هنگام خاصی معرفی شده است

¹ Stale seedbed

(Tripp et al., 1988; Heatherly & Elmore, 1983). در این ناحیه، بستر کشت در فصل پاییز برای کاشت سویا در فصل بهار آماده می‌شود و پیش از کاشت گیاه زراعی، از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز رویش‌یافته استفاده می‌شود (Johnson & Mullinix, 2000). رهیافت دیگر برای کنترل علف‌های هرز بر اساس عملیات تهیه بستر بذر زود هنگام، استفاده از شخم سطحی پیش از کاشت است. خاک‌ورزی مکرر با تحریک رویش، سبب کاهش جمعیت بذر در لایه شخم‌خورده می‌شود (Chancellor, 1985). گزارش شده است در شرایط بارش مطلوب، ۵۰ درصد بذور علف‌هرز در لایه شخم ظرف شش هفته پس از خاک‌ورزی جوانه زدند (Bond & Baker, 1990). در یک مزرعه آیش، مشاهده شد شخم مکرر طی چهار سال با تحریک رویش علف‌های هرز، سبب کاهش اساسی تراکم علف‌های هرز شد (Egley & Williams, 1990).

بستر کاشت زود هنگام، رهیافتی است که در آن بذور فاقد خواب در ناحیه جوانه‌زنی (لایه سطحی خاکی که علف‌های هرز از آن رویش می‌یابند) پیش از کاشت گیاه زراعی از بین برده می‌شوند. رویش علف‌های هرز از ناحیه جوانه‌زنی، به گونه علف‌هرز، نوع خاک، خاک‌ورزی و خصوصیات فیزیکی خاک وابسته است (Mohler & Galford, 1997; Buhler & Mester, 1991; Yenish et al., 1996). بیشتر علف‌های هرز در اراضی زراعی از لایه شش سانتی‌متر رویی خاک رویش می‌یابند (Cousens & Moss, 1990; Du Croix Sissons, 2000). بنابراین رهیافت تهیه بستر کاشت زود هنگام در صورتی موفق است که بذور علف‌هرز فاقد خواب واقع در لایه سطحی خاک رویش یافته و بر اثر عملیات کنترلی از بین برده شوند. لذا تخلیه بانک‌بذر لایه سطحی خاک، سبب کاهش فشار علف‌های هرز می‌شود (Boyd et al., 2006).

بررسی امکان استفاده از علف‌کش پاراکوات برای کنترل علف‌های هرز پیش از رویش لوبیا و بدین ترتیب معرفی جایگزینی برای علف‌کش تری‌فلورالین از جمله اهداف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

کارآیی علف‌کش پاراکوات برای کنترل علف‌های هرز لوبیا در چارچوب عملیات تهیه بستر کاشت زود هنگام به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان لرستان طی دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به ترتیب در شهرستان‌های خرم‌آباد و سلسله، مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار بذر لوبیا در سه سطح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های اصلی و مدیریت علف‌های هرز در هفت

کرت به طول ۴ متر با حذف اثرات حاشیه‌ای و اجزای عملکرد با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته لوبیا از هر کرت اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که به دلیل کمبود آب ناشی از خشکسالی شدید طی سال اول آزمایش، رشد لوبیا در اواخر دوره با تنش مواجه شد. داده‌های آزمایش با استفاده از آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

سال اول

پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، گونه‌های ارزنی (*Setaria* spp.)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، سلمه تره (*Chenopodium album* L.)، تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.)، عروسک پشت پرده یک‌ساله (*Physalis divaricate* D.)، گوش‌بره (*Chrozophora tinctoria* L.)، کنف وحشی (*Hibiscus trionum* L.) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) مهم‌ترین گونه‌های علف‌هرز شایع در سطح مزرعه آزمایش بودند.

تأثیر مقدار بذر لوبیا بر تراکم، زیست‌توده و سطح کنترل علف‌های هرز از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P>0.05$ ؛ جدول ۱). با این حال، افزایش مقدار بذر از ۱۰۰ به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب سبب کاهش ۱۶ درصد و ۲۴ درصد تراکم علف‌های هرز شد. به دنبال افزایش مقدار بذر لوبیا از ۱۰۰ به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، زیست‌توده علف‌های هرز نیز به ترتیب ۱۰ و ۵۰ درصد کاهش یافت (داده‌ها نشان داده نشده است). لازم به ذکر است که مقدار بذر لوبیا در دامنه‌ای انتخاب شده بود که علاوه بر حصول حداکثر عملکرد، توان رقابت با علف‌های هرز را بالا ببرد.

آنالیز واریانس داده‌های ارزیابی چشمی سطح کنترل علف‌های هرز، گویای عدم تأثیر معنی‌دار مقدار بذر لوبیا بر سطح کنترل علف‌های هرز بود ($P>0.05$ ؛ جدول ۱). تأثیر مدیریت علف‌هرز بر تراکم، زیست‌توده و ارزیابی چشمی سطح کنترل علف‌های هرز، کاملاً معنی‌دار بود ($P<0.01$)، ولی اثر متقابل عوامل آزمایش معنی‌دار نبود ($P>0.05$ ؛ جدول ۱). عدم معنی‌داری اثر متقابل، گویای اثرگذاری یکسان تیمارهای علف‌کش در سطوح مختلف تراکم کاشت لوبیاست.

سطح شامل: ۱) کاربرد پیش‌کاشت آمیخته با خاک علف‌کش تری‌فلورالین (EC48%) به مقدار ۲ لیتر در هکتار؛ ۲) کاربرد پاراکوات (SL20%) به مقدار ۲ لیتر در هکتار پیش از رویش لوبیا؛ ۳) کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن با نام تجاری استورم با فرمولاسیون (SL(29.2+13.4) 42.6% به مقدار ۲ لیتر در هکتار؛ ۴) کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به مقدار ۲ لیتر در هکتار+کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن به مقدار ۲ لیتر در هکتار؛ ۵) کاربرد پاراکوات به مقدار ۲ لیتر در هکتار پیش از رویش لوبیا+کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن به مقدار ۲ لیتر در هکتار؛ ۶) وجین دستی علف‌های هرز و ۷) شاهد بدون کنترل علف‌های هرز، به کرت‌های فرعی اختصاص داده شد.

بعد از عملیات تهیه زمین و پیاده‌نمودن نقشه آزمایش در سطح کرت‌های فرعی مربوط، علف‌کش پیش‌کاشت تری‌فلورالین به مقدار ۲ لیتر در هکتار از ماده تجاری پاشیده شد و بلافاصله با استفاده از دیسک‌زنی، علف‌کش با خاک مخلوط گردید. متعاقب آن با استفاده از جوی‌وپشته‌ساز پشت‌تراکتوری، پشته‌هایی برای کاشت لوبیا ایجاد شد. هر کرت آزمایش شامل ۴ پشته ۶۰ سانتی‌متری به طول ۵ متر بود. خاک مزارع آزمایشی از نوع سیلتی کِلی و آب و هوای مناطق آزمایش، معتدل بود.

بعد از آبیاری پیش‌کاشت برای زمینه‌سازی رویش علف‌های هرز پیش از رویش گیاه‌زراعی، بر اساس تراکم مورد نظر، لوبیا رقم COS16 با تیپ رشد ایستاده و میانگین وزن ۱۰۰ دانه ۲۹/۸۲ گرم، به صورت دستی در دو طرف پشته‌ها در عمق ۵ سانتی‌متری کاشته شد. علف‌کش پاراکوات به مقدار ۲ لیتر در هکتار از ماده تجاری، قبل از رویش گیاه‌زراعی لوبیا در سطح کرت‌های مورد نظر برای کنترل علف‌های هرز رویش‌یافته پاشیده شد. سمپاشی پس‌رویشی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به مقدار ۲ لیتر در هکتار مصادف با توسعه اولین سه‌برگه‌ای لوبیا صورت گرفت. سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش پستی ماتابی با نازل شره‌ای کالیبره‌شده بر اساس پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار انجام شد.

تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز با نمونه‌برداری تصادفی (کادر ۵۰×۶۰ سانتی‌متر) از سطح کرت‌های آزمایش، اندازه‌گیری شد. ارزیابی چشمی اثرات کنترلی بر اساس نمره‌دهی در دامنه صفر (کاملاً بی‌تأثیر) تا ۱۰۰ (کنترل کامل) صورت گرفت (Sandal et al., 1997). در سال دوم آزمایش، عملکرد دانه بر اساس برداشت لوبیا در سطح دو پشته میانی هر

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز و ارزیابی چشمی سطح کنترل علف‌های هرز در شهرستان خرم‌آباد در سال ۱۳۸۸

Table 1. Analysis of variance of weed density and biomass and weed control score in Khorramabad in 2009

Sources of variation	Mean square				
	DF	Weed density ¹	Weed biomass ²	Visual control score	Grain yield ²
Replication	2	4.76 ^{ns}	1.86 ^{ns}	476.25 ^{ns}	0.311
Crop seed rate	2	1.99 ^{ns}	2.24 ^{ns}	72.21 ^{ns}	0.264
Error	4	5.76	1.96	298.02	0.231
Weed control	6	33.32 ^{**}	28.59 ^{**}	9826.68 ^{**}	0.942
Crop seed rate×Weed control	12	0.97 ^{ns}	0.82 ^{ns}	172.76 ^{ns}	0.125
Error	36	1.48	1.23	155.02	0.155
Coefficient of variation%		26.46	30.10	18.05	5.6

^{*}, ^{**}, and ^{ns}: significant at 0.05, 0.01 and non- significant respectively
¹ and ²: data were analyzed after square-root and logarithmic transformation respectively

کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن و تیمارهای کاربرد تنهای علف‌کش‌های تری‌فلورالین و بنتازون+اسیفلورفن نیز با تیمار شیمیایی دارای کمترین سطح تراکم علف‌هرز، تفاوت معنی‌داری نداشتند. تیمارهای کاربرد پیش کاشت علف‌کش تری‌فلورالین+کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن، کاربرد پیش کاشت تری‌فلورالین، کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن و کاربرد پیش‌رویشی پاراکوات در مقایسه با شاهد بدون کنترل به‌ترتیب سبب کاهش ۶۲، ۵۶، ۵۶ و ۴۴ درصد جمعیت علف‌هرز شدند (جدول ۲).

میانگین تراکم علف‌هرز در سطح کرت‌های شاهد بدون کنترل، ۵۶ بوته در مترمربع بود. تمامی تیمارهای علف‌کش در مقایسه با شاهد بدون کنترل سبب کاهش معنی‌دار تراکم علف‌هرز شدند. در بین تیمارهای علف‌کش، کمترین سطح تراکم علف‌هرز (۱۸ بوته در مترمربع) به تیمار کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پاراکوات به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن اختصاص داشت. تیمار یادشده در مقایسه با شاهد بدون کنترل، سبب کاهش ۶۸ درصد جمعیت علف‌هرز شد. تیمار کاربرد پیش کاشت علف‌کش تری‌فلورالین+

جدول ۲- میانگین تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز و ارزیابی چشمی سطح کنترل علف‌های هرز برای تیمارهای مختلف مدیریتی در شهرستان خرم‌آباد در سال ۱۳۸۸

Table 2. Mean density and biomass of weeds and weed control visual assessment of various treatments in Khorramabad in 2009

Weed management treatment	Weed density (Plants.m ⁻²)	Weed biomass (g.m ⁻²)	Visual injury %	Grain yield (kg.ha ⁻¹)
Trifluralin	24.89 bc	162.7 b	66.11 c	1162 a
Paraquat	31.11 b	119.5 b	65.00 c	1481 a
[Bentazon+acifluorfen]*	24.89 bc	116.7 bc	74.44 c	1320 a
Trifluralin+[Bentazon+acifluorfen]	21.33 c	68.52 c	89.56 ab	1261 a
Paraquat+[Bentazon+ acifluorfen]	17.78 c	72.04 bc	87.78 b	1436 a
Weeding	0.00 d	0.00 d	100.0 a	1484 a
Weedy check	56.00 a	393.0 a	0.00 d	610 b

*[Bentazon+acifluorfen] with commercial name of Storm
 In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

مقایسه با شاهد بدون کنترل موجب کاهش ۸۳ درصد زیست‌توده علف‌های هرز شد. تمامی تیمارهای علف‌کش در مقایسه با شاهد بدون کنترل سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز شدند. تیمارهای کاربرد پیش‌رویشی پاراکوات به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن و تیمار کاربرد تنهای علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به‌ترتیب با کاهش ۱۱/۷ و

میانگین زیست‌توده علف‌های هرز برای تیمار شاهد بدون کنترل، ۳۹۳ گرم در مترمربع بود. کمترین سطح تولید زیست‌توده علف‌هرز (۶۸/۵ گرم در مترمربع) به تیمار کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن اختصاص داشت. تیمار کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن در

در نتایج محققان دیگر نیز برای بستر کاشت زود هنگام سویا تیمار شده با علف‌کش یا خاک‌ورزی نیز تراکم کمتر علف‌های هرز و عملکرد بیشتر گیاه زراعی گزارش شده است (Burnside *et al.*, 1980). اشاره شده است که استفاده از کولتیواتور چرخان بعد از جوانه‌زنی علف‌های هرز و به فاصله کوتاهی پیش از رویش، سبب کاهش جمعیت بذر موجود در لایه شخم‌خورده شده است (Gunsolus, 1990).

سال دوم

تراکم علف‌های هرز: عروسک پشت‌پرده یک‌ساله، پیچک صحرایی، ارزن (*Setaria viridis* L.)، قیاق (*Sorghum halpens* L.) و کنف وحشی مهم‌ترین گونه‌های علف‌هرز در سال دوم آزمایش بودند. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، تأثیر مقدار بذر لوبیا بر تراکم علف‌های هرز از نظر آماری معنی‌دار نبود، در حالی که تراکم علف‌های هرز به‌طور کاملاً معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول ۳). همه تیمارهای مدیریت در مقایسه با شاهد بدون کنترل، موجبات کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز را فراهم آوردند. تیمارهای کاربرد تری‌فلورالین و تلفیق آن با کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن به‌ترتیب با کاهش ۷۸ درصد و ۷۵ درصد تراکم علف‌های هرز برترین تیمارهای علف‌کش از نظر کنترل علف‌های هرز بودند. کاربرد تلفیقی پاراکوات و بنتازون+اسیفلورفن نیز با کاهش ۵۴ درصد تراکم علف‌های هرز با تیمار کاربرد تلفیقی تری‌فلورالین و بنتازون+اسیفلورفن تفاوت معنی‌داری نداشت. کاهش تراکم علف‌های هرز برای کاربرد تنهای علف‌کش‌های پاراکوات و بنتازون+اسیفلورفن به‌ترتیب ۳۸ و ۳۶ درصد بود (جدول ۵). بر مبنای تراکم، هیچ‌یک از تیمارهای علف‌کش، توفیق چندانی در کنترل علف‌هرز عروسک‌پشت‌پرده یک‌ساله و علف‌هرز چندساله پیچک‌صحرایی نداشتند.

۷۰/۳ درصد زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با شاهد بدون کنترل با تیمار کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن، تفاوت معنی‌داری نداشتند. کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پاراکوات با کاهش ۹۶ درصد زیست‌توده علف‌های هرز با تیمار کاربرد پیش‌کاشت علف‌کش تری‌فلورالین با کاهش ۵۸/۶ درصد زیست‌توده علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

در بین تیمارهای کنترل شیمیایی کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن بر اساس ارزیابی چشمی از نظر سطح کنترل علف‌های هرز با تیمار وجین دستی علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین سطح کنترل علف‌های هرز برای تیمارهای کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن و کاربرد پیش‌رویشی پاراکوات به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی استوره به‌ترتیب ۹۰ و ۸۸ درصد بود. بین دو تیمار اخیر، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. سطح کنترل علف‌هرز برای تیمارهای کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن، کاربرد پیش‌رویشی پاراکوات و کاربرد پیش‌کاشت تری‌فلورالین به‌ترتیب ۷۴، ۶۶ و ۶۵ درصد بود. بین تیمارهای یادشده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی سطح کنترل آنها به‌طور معنی‌داری کمتر از سطح کنترل ناشی از کاربرد تلفیقی پیش‌کاشت تری‌فلورالین یا پیش‌رویشی پاراکوات به‌علاوه پس‌رویشی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن بود (جدول ۲).

عملکرد دانه لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت ($P < 0.01$; جدول ۱). بین تیمارهای کنترلی و وجین دستی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. عملکرد دانه لوبیا برای همه تیمارهای مدیریتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بدون کنترل بود (جدول ۲).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹
Table 3. Analysis of variance of weed density and biomass and weed control score in Selseh in 2010

Sources of variation	DF	Mean square	
		Weed density ¹	Weed biomass ²
Replication	2	1.74 ^{ns}	0.09 ^{ns}
Crop seed rate	2	0.81 ^{ns}	0.54 *
Error	4	0.28	0.07
Weed control	6	13.68 **	32.11 **
Crop seed rate×Weed control	12	0.24 ^{ns}	0.13 ^{ns}
Error	36	0.62	0.31
Coefficient of variation%		34.16	13.27

*, **, and ^{ns}: significant at 0.05, 0.01 and non-significant respectively
¹ and ²: data were analyzed after square-root and logarithmic transformation respectively

جدول ۴- تأثیر مقدار بذر لوبیا بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 4. Influence of crop seeding rate on weed species density in Selseleh in 2010

Crop seed rate (kg.ha ⁻¹)	Weed density (plants.m ⁻²)	Weed biomass (g.m ⁻²)
100	7.67 a	151.0 a
150	7.33 a	120.6 b
200	6.29 a	136.0 ab

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

جدول ۵- تأثیر تیمارهای مختلف مدیریتی بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 5. Influence of various treatments on weed density and biomass in Selseleh in 2010

Treatment	Weed density (plants.m ⁻²)	Weed biomass (g.m ⁻²)
Trifluralin	3.44 c	87.44 b
Paraquat	9.67 ab	201.1 a
[Bentazon+acifluorfen]*	10.00 ab	185.3 a
Trifluralin+[Bentazon+acifluorfen]	3.89 c	99.78 b
Paraquat+[Bentazon+ acifluorfen]	7.11 b	168.7 ab
Weeding	0.00 d	0.00 c
Weedy check	15.56 a	206.7 a

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

به‌وسیله پاراکوات، تری‌فلورالین، پاراکوات+استورم و استورم کاهش معنی‌داری نشان نداد. جمعیت علف‌های هرز ارزشی به‌خوبی توسط علف‌کش‌های تری‌فلورالین، تری‌فلورالین+استورم و پاراکوات+استورم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. علف‌های هرز قیاق تحت تأثیر علف‌کش تری‌فلورالین تا حدودی کاهش جمعیت نشان داد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۶).

جمعیت علف‌های هرز عروسک‌پشت‌پرده در تیمار شاهد ۴/۰ بوته در مترمربع بود که با بقیه تیمارهای علف‌کش تفاوت معنی‌داری نداشت. پیچک صحرایی نیز در تیمارهای علف‌کشی تفاوت معنی‌داری با شاهد بدون کنترل نداشت. جمعیت علف‌های هرز کنف‌وحشی به‌خوبی به‌وسیله تیمار علف‌کش تری‌فلورالین+استورم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی

جدول ۶- تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش بر تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 6. Influence of various treatments on weed species density in Selseleh in 2010

Treatment	Weed density (plants/m ²)				
	<i>Physalis divaricata</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Hibiscus sp.</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Sorghum halpens</i>
Trifluralin	0.05b	6.4a	0.5bc	0.7c	0b
Paraquat	0.4ab	7.5a	1.2ab	3.7b	0.2ab
Storm	1.3a	3.3ab	0.6bc	5b	1a
Trifluralin+Storm	0.4ab	5.7a	0.4c	0.4c	0.3ab
Paraquat+Storm	0.1ab	6.3a	1.5a	2.6bc	0.6ab
Weeding	0b	0b	0c	0c	0b
Weedy	0.4ab	5.6a	1.2ab	8a	0.6ab

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

به کمترین مقدار بذر مربوط بود (جدول ۴). در بین تیمارهای علف‌کش، کمترین مقدار زیست‌توده علف‌های هرز به تیمارهای مبتنی بر کاربرد تری‌فلورالین اختصاص داشت که به‌طور میانگین در مقایسه با شاهد بدون کنترل سبب کاهش ۵۵ درصد تولید زیست‌توده علف‌های هرز شد.

زیست‌توده علف‌های هرز: بر اساس نتایج آنالیز واریانس مجموع زیست‌توده علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار بذر لوبیا و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت ($P < 0.01$; جدول ۳). کمترین مقدار زیست‌توده علف‌های هرز در سطح متوسط مقدار بذر لوبیا حاصل شد. بیشترین مقدار زیست‌توده علف‌های هرز نیز

به‌وسیله تیمارهای علف‌کش، کاهش معنی‌داری در زیست‌توده پیچک صحرایی به‌وجود نیامد و تفاوت معنی‌داری بین شاهد بدون کنترل و بقیه تیمارها نبود. زیست‌توده علف‌هرز کنف‌وحشی به‌وسیله تیمار علف‌کش تری‌فلورالین+استورم به‌طور معنی‌دار کاهش یافت ولی به‌وسیله پاراکوات، تری‌فلورالین، پاراکوات+استورم و استورم به‌طور معنی‌دار کاهش نیافت. زیست‌توده علف‌هرز ارزنی نیز توسط علف‌کش‌های تری‌فلورالین، تری‌فلورالین+استورم و پاراکوات+استورم به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. (جدول ۷).

در پژوهش (Caldwell & Mohler 2001) استفاده از شعله‌افکن یا کاربرد گلیفوسیت در روش عملیات تهیه بستر بذر زود هنگام به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تراکم و زیست‌توده گونه‌های علف‌هرز پهن‌برگ مهمی مثل خرفه و گندمک شد. این امر گویای کارآیی مناسب این تکنیک‌ها در روش تهیه بستر بذر زود هنگام است. البته هیچ‌یک از تکنیک‌های مورد استفاده در روش تهیه بستر بذر زود هنگام علیه علف‌هرز اوپارسلام (*Cyperus esculentus* L.) مؤثر نبودند.

تیمارهای تری‌فلورالین و تری‌فلورالین+بنتازون+اسیفلورفن در کنترل علف‌هرز عروسک‌پشت‌پرده تا حدودی موفق‌تر از سایر تیمارهای علف‌کش بودند. پیچک صحرایی تحت تأثیر تیمارهای علف‌کش قرار نگرفت. تیمار تری‌فلورالین+بنتازون+اسیفلورفن در کنترل علف‌هرز کنف‌وحشی موفق بود، ولی پاراکوات، تری‌فلورالین، پاراکوات+بنتازون+اسیفلورفن و بنتازون+اسیفلورفن کارآیی لازم برای کنترل این علف‌هرز را نداشتند. علف‌هرز چسبک نیز به‌خوبی به‌وسیله علف‌کش‌های تری‌فلورالین، تری‌فلورالین+بنتازون+اسیفلورفن و بنتازون+اسیفلورفن و پاراکوات+بنتازون+اسیفلورفن کنترل شد. علف‌هرز قیاق تحت تأثیر تری‌فلورالین تا حدودی کنترل شد.

بیوماس علف‌هرز عروسک‌پشت‌پرده در تیمار شاهد بدون کنترل، ۲۸/۶ گرم در مترمربع بود. این علف‌هرز به‌وسیله تیمارهای علف‌کش تری‌فلورالین و تری‌فلورالین+استورم کاهش معنی‌داری از نظر زیست‌توده نشان داد و تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت. بیوماس این علف‌هرز تحت تأثیر تیمارهای علف‌کش پاراکوات، استورم و پاراکوات+استورم قرار نگرفت.

جدول ۷- تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش بر زیست‌توده علف‌های هرز به تفکیک گونه در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹
Table 7. Influence of various treatments on weed species biomass in Selseleh in 2010

Treatment	Weed biomass (g/m ²)				
	<i>Physalis divaricata</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Hibiscus sp.</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Sorghum halpens</i>
Trifluralin	2.7b	22.1ab	25ab	18bc	20ab
Paraquat	18ab	45.6a	16.8abc	38.4ab	36a
Storm	14.7ab	58.2a	11.2bc	27.9bc	35a
Trifluralin+Storm	6ab	38.2ab	9.2bc	13bc	20.8ab
Paraquat+Storm	17ab	34.5ab	30.6a	24.7bc	4.8ab
Weeding	0b	0b	0c	0c	0b
Weedy	28.6a	18.6ab	6.6c	63a	21.5ab

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

لوبیا شدند. کاربرد تلفیقی پاراکوات و بنتازون+اسیفلورفن نیز افزایش ۴۷ درصد تعداد غلاف در بوته لوبیا را در پی داشت (جدول ۱۰).

با افزایش مقدار بذر کاشت لوبیا از ۱۰۰ به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در بوته به‌ترتیب ۱۱ درصد و ۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۹). وجین علف‌های هرز در مقایسه با شاهد بدون کنترل، سبب افزایش ۷۵ درصد تعداد دانه در هر بوته لوبیا شد. این امر گویای توانایی بالای خسارت رسانی علف‌های هرز در کشت لوبیاست. تیمارهای کاربرد تری‌فلورالین به‌تنهایی و در تلفیق با کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن از نظر تعداد دانه در بوته با تیمار وجین دستی در یک گروه قرار داشتند.

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا: نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تأثیر مقدار بذر لوبیا بر تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود ($P < 0.05$). مدیریت علف‌های هرز بر وزن ۱۰۰ دانه تأثیر معنی‌دار نداشت، ولی بر تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشت. اثر متقابل مقدار بذر و مدیریت علف‌های هرز بر صفات زراعی لوبیا، تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۸).

افزایش مقدار بذر لوبیا از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب سبب کاهش ۱۰ درصد و ۲۲ درصد تعداد غلاف در بوته لوبیا شد (جدول ۹). تیمارهای مشتمل بر کاربرد تری‌فلورالین به‌طور میانگین در مقایسه با شاهد بدون کنترل سبب افزایش ۷۳ درصد تعداد غلاف در بوته

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 8. Analysis of variance of number of seeds per plant, number of pods per plant, 1000 seeds weight and grain yield of common bean in Selseleh in 2010

Sources of variation	DF	Mean square			
		No. seeds.plant ⁻¹	No. pods.plant ⁻¹	1000 seeds weight	Grain yield
Replication	2	0.51 ^{ns}	0.20 ^{ns}	6.35 ^{ns}	905.33 ^{ns}
Crop seed rate	2	5.25 [*]	1.18 ^{ns}	6273.02 [*]	6537.00 ^{**}
Error	4	0.26	0.29	806.35	269.62
Weed control	6	6.82 [*]	2.32 [*]	4444.44 ^{ns}	20450.65 ^{**}
Crop seed rate×Weed control	12	0.86 ^{ns}	0.32 ^{ns}	3650.79 ^{ns}	1410.74 ^{ns}
Error	36	0.93	0.58	3080.42	1000.43
Coefficient of variation%		16.33	19.67	12.18	23.62

^{*}, ^{**}, and ^{ns}: significant at 0.05, 0.01 and non- significant respectively

جدول ۹- تأثیر مقدار بذر لوبیا بر تعداد دانه، تعداد غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 9. Influence of crop seeding rate on number of seeds per plant, number of pods per plant, 1000 seeds weight and grain yield of common bean in Selseleh in 2010

Crop seed rate (kg.ha ⁻¹)	No. pods.plant ⁻¹	No. seeds.plant ⁻¹	1000 Seeds weight (g)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)
100	17.6 a	41.6 a	448.6 b	1163 c
150	15.9 ab	37.0 a	475.2 a	1338 b
200	13.8 b	30.1 b	442.9 b	1516 a

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

بنتازون+اسیفلورفن از نظر تعداد دانه در بوته با شاهد بدون کنترل تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۱۰) که این موضوع گویای کارایی ناکافی این تیمارها در کنترل علف‌های هرز است.

کاربرد تلفیقی پاراکوات و بنتازون+اسیفلورفن نیز با تیمار وجین دستی تفاوت معنی داری نداشت. در بین تیمارهای مختلف، کاربرد تنه‌ای پاراکوات و کاربرد تنه‌ای

جدول ۱۰- تأثیر مدیریت علف‌های هرز بر تعداد دانه، تعداد غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا در شهرستان سلسله در سال ۱۳۸۹

Table 10. Influence of various treatments on number of seeds per plant, number of pods per plant, 1000 seeds weight and grain yield of common bean in Selseleh in 2010

Weed management treatment	No. pods.plant ⁻¹	No. seeds.plant ⁻¹	1000 seeds weight (g)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)
Trifluralin	21.6 a	48.9 a	468.9 ab	1517 ab
Paraquat	11.9 b	27.0 c	462.2 ab	849 c
[Bentazon+acifluorfen]*	11.6 b	24.2 c	435.6 b	1168 b
Trifluralin+[Bentazon+acifluorfen]	19.2 a	44.8 ab	460.0 ab	1831 ab
Paraquat+[Bentazon+ acifluorfen]	17.3 ab	36.1 bc	435.6 b	1263 b
Weeding	16.8 ab	45.9 ab	493.3 a	2010 a
Weedy check	11.8 b	26.8 c	433.3 b	736 c

In each column, treatments with similar letters had not significant difference by LSD test at 5% level.

به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم، عملکرد دانه لوبیا به ترتیب به میزان ۱۵ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۹).

با افزایش تراکم لوبیا، اجزای عملکرد و به دنبال آن عملکرد تک بوته کاهش یافت، چون بوته‌ها بر اثر رقابت درون گونه‌ای تضعیف شدند. ولی از سوی دیگر، عملکرد در واحد سطح به دلیل

بیشترین میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه، به مقدار بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. بر اساس آزمون مقایسه میانگین، وزن ۱۰۰۰ دانه برای مقدار بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، به طور معنی داری بیشتر از وزن ۱۰۰۰ دانه مقادیر بذر ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. با افزایش مقدار بذر از ۱۰۰

بر اساس نتایج این آزمایش، به‌نظر می‌رسد با تهیه بستر کاشت زوددهنگام و انجام آبیاری پیش از کاشت به‌منظور فراهم‌سازی زمینه رویش فلاش‌های علف‌های هرز پیش از سبز شدن گیاه‌زراعی و کاربرد علف‌کش پاراکوات پیش از رویش لوبیا می‌توان در تلفیق با کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی نظیر بنتازون+اسیفلورفن موجبات کنترل مناسب علف‌های هرز را فراهم آورد. در این بین، افزایش تراکم کاشت لوبیا با کاربرد مقدار بذری بیشتر در دامنه‌ای منطقی نیز می‌تواند ضمن کاهش خسارت علف‌های هرز، زمینه حصول عملکرد بالاتری را فراهم آورد.

مزیت رهیافت بستر کاشت زوددهنگام، امکان استفاده از علف‌کش‌های غیرانتخابی نظیر پاراکوات و گلیفوسیت برای کنترل علف‌های هرز رویش‌یافته پیش از سبز شدن گیاه زراعی است. باید توجه داشت که در شرایط معمول کشت لوبیا، امکان استفاده از چنین علف‌کش‌های غیرانتخابی وجود ندارد. در صورتی که امکان تهیه بستر کاشت در اوایل فصل بهار فراهم باشد، می‌توان بدون آبیاری و صرفاً با استفاده از بارندگی، زمینه رویش بذور علف‌های هرز واقع در لایه سطحی خاک را فراهم آورد و سپس پیش از کاشت گیاه زراعی یا به فاصله کوتاهی پیش از رویش گیاه زراعی با تیمارهای سراسری از قبیل شعله‌افکن، خاک‌ورزی سطحی یا کاربرد علف‌کش‌های عمومی مانند پاراکوات و گلیفوسیت، علف‌های هرز رویش‌یافته را کنترل نمود. ذکر این نکته ضروری است که عملیات کاشت می‌بایست با حداقل برهم‌زدگی خاک صورت گیرد، چه در غیر این صورت، بر اثر برهم‌زدگی شدید، بذور علف‌های هرز از عمق‌های زیرین به سطح خاک آورده می‌شوند که بدین ترتیب سبب ناکارآمدی عملیات تخلیه بانک‌بذر رویی خواهد شد. رهیافت تهیه بستر کاشت زوددهنگام به‌خصوص از نظر کاهش اتکاء به علف‌کش پرمصرف تری‌فلورالین که از دیرباز در مناطق لوبیاکاری کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد و هرآن، بیم بروز مقاومت علف‌های هرز بر اثر مصرف مکرر این تک‌علف‌کش طی سالیان متمادی می‌رود، می‌تواند امیدبخش و راهگشا باشد.

فراهمی آب برای آبیاری پیش‌کاشت از جمله مسائل مهم رهیافت تهیه بستر کاشت زوددهنگام است. به‌نظر می‌رسد با توجه به بارش‌های مناسب اوایل بهار در عمده مناطق لوبیاکاری کشور، به‌خصوص قطب لوبیاخیز کشور (شهرستان‌های ازنا، دورو، الیگودرز و سلسله در استان لرستان)، می‌توان با عملیات تهیه بستر کاشت زوددهنگام حداقل طی ۱/۵ تا ۲ ماه زمینه رویش علف‌های هرز و تخلیه بانک بذری سطحی خاک را بدون انجام آبیاری و صرفاً با اتکاء به نزولات آسمانی فراهم ساخت.

افزایش تراکم زیاد شد. در پژوهش‌های دیگر مربوط به حبوبات نیز مشخص شده است که با افزایش تراکم بوته، اجزای عملکرد، روند کاهشی ولی عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافته است (Gasemi Gholezani *et al.*, 1994).

تداخل علف‌های هرز در مقایسه با تیمار وجین دستی سبب کاهش ۶۳ درصد عملکرد دانه لوبیا شد. در بین تیمارهای علف‌کش بیشترین عملکرد دانه به تیمار تلفیقی کاربرد تری‌فلورالین به‌علاوه کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن مربوط بود که با تیمار وجین دستی تفاوت معنی‌داری نداشت. البته تیمار کاربرد تنه‌ای تری‌فلورالین نیز از این نظر با تیمار وجین دستی تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌استثنای تیمار کاربرد تنه‌ای پاراکوات، سایر تیمارهای علف‌کش در مقایسه با شاهد بدون کنترل سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیا شدند. کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن به تنهایی در مقایسه با شاهد بدون کنترل، افزایش درصد عملکرد دانه لوبیا را در پی داشت. کاربرد پس‌رویشی بنتازون+اسیفلورفن در تلفیق با تری‌فلورالین و پاراکوات، به‌ترتیب سبب افزایش ۲۱ و ۴۹ درصد عملکرد دانه لوبیا در مقایسه با کاربرد تنه‌ای این علف‌کش‌ها شد (جدول ۱۰). این مسئله گویای اهمیت کنترل پس‌رویشی علف‌های هرز و عدم کفایت تیمارهای پیش‌کاشت و پیش‌رویشی برای دستیابی به سطح کنترل مطلوب و ممانعت از کاهش عملکرد لوبیاست.

نبود راهکارهای جایگزین و اتکای بیش از حد به یک شیوه کنترل به‌خصوص کاربرد یک علف‌کش طی سالیان متمادی، می‌تواند منجر به بروز مقاومت علف‌های هرز و کاهش فرصت‌های کنترل علف‌های هرز شود. با توجه به استفاده مستمر کشاورزان لوبیاکار طی سالیان زیاد از علف‌کش تری‌فلورالین و بیم ظهور علف‌های هرز مقاوم به این علف‌کش، به‌نظر می‌رسد کاربرد علف‌کش پاراکوات در قالب روش تهیه بستر زوددهنگام می‌تواند سبب جلوگیری یا حداقل به‌تأخیراندازی مقاومت در گونه‌های علف‌هرز شود.

عملیات تهیه بستر بذری زوددهنگام یکی از اجزای مدیریت تلفیقی است که فرصتی برای بهبود کنترل علف‌های هرز فراهم می‌آورد. این عملیات را می‌توان به‌صورت تهیه بستر کاشت چندین روز، هفته یا ماه پیش از کاشت گیاه زراعی توصیف کرد. اصل استفاده از برهم‌زدگی خاک برای تحریک جوانه‌زنی و رویش علف‌های هرز و متعاقب آن کنترل سراسری، در مطالعات زیادی مورد اشاره قرار گرفته است. یکی از رهیافت‌ها، تیمار بستر بذری زودتهیه‌شده با علف‌کش غیرانتخابی پیش از کاشت گیاه زراعی به‌منظور کنترل علف‌های هرز رویش‌یافته است (Johnson & Mullinix, 2000).

منابع

1. Anonymous. 2010. Agriculture Statistics, 2008-09. Bureau of Statistics and Information Technology Ministry of Agriculture. <http://www.maj.ir>.
2. Balsari, P., Berruto, R., and Ferrero, A. 1994. Flame weed control in lettuce crop. *Acta Hort.* 372: 213-222.
3. Blackshaw, R.E., and Esau, R. 1991. Control of broadleaf weeds in pinto beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Technol.* 5: 532-538.
4. Bond, W., and Baker, P.J. 1990. Patterns of Weed Emergence Following Soil Cultivation and its Implications for Weed Control in Vegetable Crops. Monograph-British Crop Protection Council 45: 63-68.
5. Boyd, N.S., Brennan, E.B., and Fennimore, S.A. 2006. Stale seedbed techniques for organic vegetable production. *Weed Technol.* 20(4): 1052-1057.
6. Buhler, D.D., and Mester, T.C. 1991. Effect of tillage systems on the emergence depth of giant (*Setaria faberi*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Sci.* 39: 200-203.
7. Burnside, O.C., Wicks, G.A., and Carlson, D.R. 1980. Control of weeds in an oat (*Avena sativa*)-soybean (*Glycine max*) ecofarming rotation. *Weed Sci.* 28: 46-50.
8. Caldwell, B., and Mohler, C.L. 2001. Stale seedbed practices for vegetable production. *Hortscience* 36(4): 703-705.
9. Chancellor, R.J. 1985. Tillage effects of annual weed germination. *World Soybean Res. Conf. III Proc.* 3: 1105-1111.
10. Cousens, R., and Moss, S.R. 1990. A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Res.* 30: 61-70.
11. Du Croix Sissons, M.J., Van Acker, R.C., Derksen, D.A., and Thomas, A.G. 2000. Depth of seedling recruitment of five weed species measured in situ in conventional and zero-tillage fields. *Weed Sci.* 48: 327-332.
12. Dyer, W.E. 1997. Herbicide resistance weed management: Who's resistance? *Weed Sci.* 45: 465.
13. Egley, G.H., and Williams, R.D. 1990. Decline of weed seeds and seedling emergence over five years as affected by soil disturbance. *Weed Sci.* 38: 504-510.
14. Gasemi Gholezani, K., Mohamadi, S., Rahimzade-Khoei, F., and Moghadam, M. 1994. Quantitative relationship between plant density and chickpea seed yield in different sowing dates. *J. Agricultural Sci. University of Tabriz* 7: 59-73. (In Persian with English Summary).
15. Gunsolus, J.L. 1990. Mechanical and cultural weed control in corn and soybeans. *Am. J. Altern. Agric.* 5: 114-119.
16. Heap, I. 1999. International survey of herbicide resistance weeds. Online. www.weedscience.com.
17. Heatherly, L.G., and Elmore, C.D. 1983. Response of soybeans (*Glycine max*) to planting in untilled, weedy seedbed on clay soil. *Weed Sci.* 31: 93-99.
18. Heatherly, L.G., Wesley, R.A., Elmore, C.D., and Spurlock, S.R. 1993. Net returns from stale seedbed plantings of soybean (*Glycine max*) on clay soil. *Weed Technol.* 7: 972-980.
19. Johnson, W.C., and Mullinix, B.G. 1998. Stale seedbed weed control in cucumber. *Weed Sci.* 46: 698-702.
20. Johnson, W.C., and Mullinix, B.G. 2000. Evaluation of tillage implements for stale seedbed tillage in peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Technology* 14(3): 519-523.
21. Mohler, C.L., and Galford, A.E. 1997. Weed seedling emergence and seed survival: separating the effects of seed position and soil modification by tillage. *Weed Res.* 37: 147-155.
22. Oliver, L.R., Klingaman, T.E., McClelland, M., and Bozsa, R.C. 1993. Herbicide systems in stale seedbed soybean (*Glycine max*) production. *Weed Technol.* 7: 816-823.
23. Powel, S.B., Peterson, C., Bryan, I.B., and Jutsum, A.R. 1997. Herbicide resistance: Impact and management. *Adv. in Agron.* 58: 57-93.
24. Sandral, G.A., Dear, B.S., Pratley, J.E., and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. *Aust. J. Exp. Agric.* 37: 67-74.
25. Shanaer, D.L., Howard, S., and Chalmers, I. 2000. Effectiveness of mode of action labeling for resistance management: Survey of Australian farmers. <http://www.plantprotection.org>.
26. Soltani N., Van Eerd, L.L., Vyn, R., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2007. Weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) with dimethenamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. *Crop Protection* 26: 739-745.
27. Stopes, C., and Millington, S. 1991. Weed control in organic farming systems. In: Brighton Crop Protection Conf. Weeds. Brit. p. 185-192. Crop Protection Council, Farnham, U.K.

28. Tripp, T.N., Oliver, L.R., and Baldwin, F.L. 1988. Use of imazaquin and chlorimuron plus metribuzin in stale seedbed soybeans. Proc. South. Weed Sci. Soc. 41: 38.
29. Wookey, C.B. 1985. Weed control practice on an organic farm. In: British Crop Protection Conf. Weeds. Brit. p. 577-582. Crop Protection Council, Croydon, U.K.
30. Yenish, J.P., Fry, T.A., Durgan, B.R., and Wyse, D.L. 1996. Tillage effects on seed distribution and common milkweed (*Asclepias syriaca*) establishment. Weed Sci. 44: 815-820.
31. Zand E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., and Shimi, P. 2010. Application guide of registered herbicides in Iran. Mashhad. Jihade-e-Daneshgahi Press. (In Persian).

Efficacy of paraquat herbicide for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) weed management in stale seedbed practices

Rahimian Mashhadi¹, H., Mousavi^{2*}, S.K. & Nazari Alem³, J.

1. Contribution from College of Agriculture, Tehran University

2. Contribution from Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Lorestan

3. MSc. in Identify and Weed Control from Tehran University

Received: 26 May 2012

Accepted: 11 August 2014

Abstract

Paraquat herbicide weed control efficacy in stale seedbed practices was evaluated by split plots arrangement according to a randomized complete block design with three replications in Lorestan province during 2009 and 2010. The common bean seed rate (in three levels: 100, 150 and 200 kg.ha⁻¹) and weed management in seven levels (1. Trifluralin PPI; 2. Paraquat PRE; 3. Bentazon+acifluorfen POST; 4. Trifluralin PPI+ Bentazon+acifluorfen POST; 5. Paraquat PRE +Bentazon+acifluorfen POST; 6. Hand weeding; 7. Weedy check) were allocated to main plots and sub plots, respectively. In the first year, among the herbicide treatments, the lowest weed density was belonged to the paraquat PRE+Bentazon+acifluorfen POST, that reduced weed density by 68% in comparison to weedy check. Trifluralin PPI+ Bentazon+acifluorfen POST, Paraquat PRE +Bentazon+acifluorfen POST, and Bentazon+acifluorfen POST alone were reduced weed biomass 83, 82 and 70%, respectively. Based on the second year experimental results, all management treatments significantly reduced weed density compared to weedy check. Treatments included Trifluralin PPI, by average were reduced weed density 77% compared to weedy check. Integrated application of Paraquat PRE+Bentazon+acifluorfen POST, also reduced weed density by 55%, and had not significant differences with superior treatment.

Key words: Bentazon+acifluorfen, trifluralin, weed management

* Corresponding Author: skmousavi@gmail.com, Tel: 066-33301005

ارزیابی تأثیر نوع رقم و زمان خیساندن و پخت بر ویژگی‌های بافت، جذب آب و میزان ترکیب لوبیا قرمز ایرانی

لیلا مصفی^{۱*}، نفیسه زمیندار^۲ و مهدی عموحیدری^۳

۱ و ۳- به ترتیب، مربی و کارشناس ارشد گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرضا

۲- استادیار گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

لوبیاها منبع غنی از فیبرهای رژیمی و ترکیبات شیمیایی گیاهی از قبیل فلاونوئید و فنولیک هستند و ویژگی‌های فراسودمند بسیاری نشان داده‌اند. در این مطالعه اثر رقم، زمان خیساندن و پخت بر جذب آب، ترکیب و بافت لوبیا قرمز ایرانی مورد بررسی قرار گرفت تا بهترین رقم و بهترین زمان خیساندن تعیین گردد. رقم D81083، اختر و KS31164 پس از ۲۴ ساعت خیساندن به ترتیب بیشترین میزان جذب آب را نشان دادند، در حالی که رقم‌های اژنا، گلی و ناز کمترین جذب آب را داشتند ($P < 0.05$). رقم اختر و صیاد بالاترین میزان ترکیب و KS31164 پایین‌ترین میزان ترکیب را به خود اختصاص دادند ($P < 0.05$). خیساندن رقم اختر به مدت ۲۴ ساعت باعث بیشترین میزان جذب آب و کمترین میزان ترکیب در این رقم شد. در مورد رقم صیاد، ۲۴ ساعت خیساندن و زمان پخت طولانی‌تر توصیه می‌شود، در حالی که برای رقم KS31164 مدت زمان ۱۲ ساعت برای خیساندن و زمان پخت طولانی‌تر نتایج بهتری در بر داشت. رقم درخشان پس از ۲۴ ساعت خیساندن، ۱۶/۸ درصد جذب آب و ۷/۸ درصد مقدار ترکیب را نشان داد. اثر رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر بافت لوبیا قرمز معنی‌دار بود ($P < 0.01$).

واژه‌های کلیدی: پخت، ترکیب، جذب آب، خیساندن، لوبیا قرمز، مقاومت برشی

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus spp* L.) به عنوان مهم‌ترین حبوبات برای مصرف انسان، سال‌ها است که مورد کشت قرار گرفته و نقش مهمی در رژیم غذایی مردم بسیاری از نقاط جهان دارد (Meng et al., 2001; Oboh et al., 1998; Rehman et al., 2005). اهمیت حبوبات در کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته است. در آسیا مصرف سرانه روزانه لوبیا حدود ۱۱۰ گرم و در آمریکا ۹ گرم می‌باشد (Boateng, 2008). لوبیا منبع غنی از پروتئین (۲۰ تا ۳۰ درصد) و کربوهیدرات (۵۰ تا ۶۰ درصد) و منبع نسبتاً خوبی از مواد معدنی و ویتامین‌ها است (Rehman et al., 2004; Yin et al., 2008). آرد و کنسانتره پروتئین لوبیا قرمز خواص فراسودمند زیادی از خود نشان داده اند (Tang, 2008). طی تخمیر در روده بزرگ نشاسته مقاوم لوبیا به اسیدهای چرب کوتاه زنجیر

تبدیل می‌شود که خواص سلامتی بخش بسیار دارند. حبوبات در مقایسه با غلات و غدد از نشاسته مقاوم بیشتری برخوردار هستند (Yadav et al., 2010).

روش‌های فرایند و پخت زیادی برای کاهش مواد ضد مغذی مانند تریپسین و اسید فیتیک و افزایش تانن‌ها، کاتچین و پلی‌فنول‌ها که دارای خاصیت آنتی‌موتازنی و آنتی‌اکسیدانی هستند، وجود دارد (Boateng et al., 2008). مواد ضد مغذی موجود در غذاهای گیاهی مانند ساپونین‌ها، تانن‌ها و فیتات باعث کاهش دسترسی مواد مغذی همچنین ممانعت از رشد می‌شوند و برخی از آنها باعث نفخ در مصرف‌کنندگان می‌گردند (Oboh et al., 1986). بنابراین تلاش‌های زیادی به منظور کاهش مواد ضد مغذی و افزایش ارزش غذایی صورت گرفته است (Abd El-Hady et al., 2003). خیساندن لوبیا قبل از پخت، یک تجربه عملی است که باعث نرم شدن بافت و تسریع پخت می‌گردد. از سوی دیگر، خیساندن جهت کاهش مواد ضد مغذی و بهبود کیفیت پخت توصیه شده است (Rehman et al., 2005). در پخت سنتی، لوبیا یک شب قبل از پخت در آب خیسانده می‌شود تا میزان آب در دسترس برای انجام واکنش شیمیایی مثل ژلاتینه شدن

* نویسنده مسئول: اصفهان، خیابان آزادی، خیابان فارابی شمالی، کوچه ۲۲، پلاک ۴۰، کد پستی: ۸۱۶۸۹۷۸۳۶۳، همراه: ۰۹۱۳۱۰۲۸۹۶۵، تلفن: ۰۳۲۱-۳۲۹۳۳۲۲، leilamosaffa@yahoo.com

مرک آلمان بودند. همه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شدند و میانگین آن‌ها برای تست LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. میانگین‌ها در جدول شماره ۱ گزارش شدند.

تیمار خیساندن

میزان ۱۰ گرم از هر رقم در ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون یک بشیر و در دمای اتاق (20°C) خیسانده شد. زمان خیساندن ۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. پس از هر دوره زمانی، لوبیاهای از آب خارج شده و به مدت ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه در آب جوش برای پخت قرار گرفتند. نسبت وزن آب پخت به لوبیا ۵:۱ در نظر گرفته شد. سپس لوبیاهای از آب جوش خارج شده و آب سطحی آن‌ها با دستمال کاغذی گرفته شده و در بسته‌های پلاستیکی سربسته، خنک و سپس توزین گردید. برای خنک شدن لوبیاهای تا دمای اتاق، حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه زمان لازم بود. تفاوت وزن ثانویه و اولیه نسبت به وزن اولیه برای هر تیمار به صورت درصد مشخص شد. برای موادی که از لوبیا خارج و در آب خیساندن یا آب پخت وارد شده بود، ضریب تصحیح در نظر گرفته نشد (Taiwo et al., 1998).

لوبیاهای شکسته یا ترک‌خورده نیز از بقیه لوبیاهای جداسازی و توزین شدند و نسبت وزن آن‌ها به وزن لوبیاهای پخته‌شده محاسبه گردید تا برای گزارش درصد ترکیدگی ناشی از خیساندن و پخت مورد استفاده قرار گیرد. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد.

ارزیابی بافت

مقدار ۲۰ گرم بذر رقم‌های لوبیای ازنا، گلی، D81083، اختر، درخشان، صیاد و KS31164 در آب مقطر (با نسبت ۱:۵) به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت خیسانده شد. لوبیاهای خیسانده‌شده به دو دسته تقسیم شدند. یک دسته مستقیماً برای ارزیابی بافت به کار رفته و دسته دوم مدت ۱۰ دقیقه در آب جوش (با نسبت وزنی لوبیا به آب ۱:۵) پخته شدند. آن‌ها نیم‌ساعت در بسته‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفتند تا به دمای اتاق رسیده و سپس برای ارزیابی بافت استفاده شدند. برای این منظور، ۷ عدد لوبیا برای آزمون Puncture در دستگاه اینستران مدل ۱۱۴۰ انتخاب شدند. قطر پروب مورد استفاده برای این آزمون، ۳/۳ میلی‌متر و ابعاد صفحه ۱۰×۱۰ سانتی‌متر و ضخامت آن ۱/۳ سانتی‌متر بود. در مرکز صفحه، سوراخی به قطر ۵ میلی‌متر وجود داشت. پروب با سرعت ۲۰۰ میلی‌متر بر دقیقه پایین آورده شد. پروب از محل هیلوم لوبیا به صورت عمود بر آن حرکت نموده و لوبیا

نشاسته و دنا توره شدن پروتئین در دانه افزایش یابد (Bellido et al., 2006). جذب آب لوبیاهای خشک قبل از پخت یا کنسروسازی به منظور کاهش زمان پخت و افزایش وزن آبکش، ضروری است. از دیگر مزایای این عمل می‌توان به ایجاد بافت نرم‌تر و خروج بخشی از استاکیز و رافینوز که باعث نفخ می‌شوند، اشاره نمود (Taiwo et al., 1998). با پیشرفت زمان خیساندن، آب به داخل پوسته لوبیا و سپس به درون لپه‌ها نفوذ می‌کند تا به مرکز لوبیا برسد و بافت را نرم و یکنواخت کند؛ اما زمان خیساندن طولانی می‌تواند به افزایش تعداد میکروب‌های مضر منجر شود (Gowen et al., 2007). تحقیقات سایر محققان نشان داده است که روش‌های مختلف پخت می‌تواند تا حد زیادی موجب افزایش کیفیت تغذیه‌ای غلات و حبوبات شود (Vasudeva et al., 2010).

با توجه به این که اگر لوبیا قرمز، قبل از پخت به اندازه کافی آب جذب نکند، افت کیفیت در محصول نهایی آن، به ویژه در کنسروسازی ایجاد می‌شود و نیز با توجه به این که اطلاعات کمی در مورد لوبیا قرمز ایرانی در دسترس است، لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر زمان‌های متفاوت خیساندن و پخت بر جذب آب و خصوصیات بافتی لوبیا قرمز ایرانی به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه

لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات خمین (اراک-ایران) تأمین شد. رقم‌های ازنا، گلی، D81083، اختر، صیاد، ناز، KS31164 و درخشان جهت این تحقیق انتخاب شدند. لوبیاهای در کیسه‌های نفوذناپذیر در محل تاریک در دمای اتاق نگهداری شدند. پیش از آزمایش، لوبیاهای شکسته، مواد خارجی و گردوغبار آن‌ها جدا شد و سپس با دست بر اساس اندازه، درجه‌بندی شدند. میزان ۱۰۰ گرم از هر رقم با استفاده از یک آسیاب آشپزخانه‌ای تا سایز ۰/۵ میلی‌متر پودر گردید و برای آنالیز شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت و مابقی آن برای تیمارهای خیساندن قبل از پخت مصرف شد (Rehinan et al., 2004).

آنالیز شیمیایی پروتئین نمونه‌های تهیه‌شده، قبل از خیساندن مورد ارزیابی قرار گرفت. پروتئین نمونه‌ها پس از هضم به وسیله اسیدسولفوریک غلیظ مطابق با روش میکروکدال AOAC اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990). کلیه ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در آزمایش از نوع

۱۲ و ۲۴ ساعت) و زمان پخت (۵ و ۱۰ دقیقه) برای بررسی بافت در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

مقدار پروتئین رقم‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. رقم‌های درخشان و ازنا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پروتئین را داشتند ($P < 0.01$). با توجه به مقدار پروتئین به نظر می‌رسد رقم‌های مختلف لوبیا قرمز منبع مناسب پروتئین برای تغذیه انسان باشند. خیساندن و فرآیند حرارتی، هضم پروتئین را بهبود می‌بخشد، چون با توجه به ماهیت محلول در آب ممانعت‌کننده تریپسین، در اثر خیساندن این ترکیب به داخل آب خیساندن مهاجرت خواهد کرد (Abd El-Hady *et al.*, 2003; Rehman *et al.*, 2004). بنابراین خیساندن رقم‌های مورد نظر قبل از مصرف، ارزش تغذیه‌ای آن‌ها را افزایش می‌دهد.

مطابق جدول ۲، اثر رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر جذب آب و ترکیب‌گی معنی‌دار بود ($P < 0.01$). اثر متقابل رقم و زمان پخت، رقم و زمان خیساندن، زمان خیساندن و زمان پخت، همچنین اثر متقابل رقم و زمان خیساندن و زمان پخت بر جذب آب نیز معنی‌دار بود ($P < 0.01$). اثر رقم ($P < 0.01$) و زمان خیساندن ($P < 0.05$) بر ترکیب‌گی لوبیا معنی‌دار بود، اما سایر فاکتورها و اثر متقابل آن‌ها بر ترکیب‌گی اثر معنی‌داری نداشتند.

را سوراخ کرده و در یک میلی‌متری داخل صفحه متوقف شد. مقدار مقاومت برشی با توجه به رابطه زیر محاسبه شد:

$$S = F/\pi dt$$

که در آن، S مشخص‌کننده مقاومت برشی بر حسب گرم‌نیرو بر سانتی‌مترمربع، F نیرو (بیشترین مقدار نیرو برای برش لوبیا) بر حسب گرم‌نیرو به ازای هر نمونه، d قطر پروب و t ضخامت هر لوبیا بود (Gowen *et al.*, 2007).

طرح آزمایشی

طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل با سه تکرار به منظور بررسی اثر رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر میزان جذب آب و درصد ترکیب‌گی مورد استفاده قرار گرفت. فاکتور اول، هشت رقم مختلف لوبیا قرمز شامل ازنا، گلی، D81083، اختر، صیاد، ناز، KS31164 و درخشان، فاکتور دوم زمان خیساندن شامل ۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت و فاکتور سوم زمان‌های پخت شامل ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه بود.

برای هر تکرار، ۱۰ گرم نمونه و برای مقایسه میانگین‌ها آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد در نظر گرفته شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۸/۰۲، مؤسسه SAS، ۲۰۰۱) تحلیل شدند.

طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل برای تحلیل داده‌های ارزیابی بافت در نظر گرفته شد. طرح در قالب سه فاکتور رقم (ازنا، گلی، D81083، اختر، درخشان، صیاد، KS31164)، زمان خیساندن (در دو سطح

جدول ۱- مقدار پروتئین انواع مختلف لوبیا قرمز خشک

Table 1. Protein content of different raw dry red beans

پروتئین Protein (%)	رقم لوبیا قرمز Red bean line
18.6 ^b ± 0.03	Azna ازنا
19.7 ^g ± 0.16	Goli گلی
20.2 ^f ± 0.06	D81083 D81083
20.8 ^e ± 0.14	Akhtar اختر
23.4 ^b ± 0.13	Sayyad صیاد
21.2 ^d ± 0.16	Naz ناز
21.8 ^e ± 0.04	KS31164 KS31164
23.6 ^a ± 0.13	Derakhshsan درخشان

مقدار میانگین ± SD برای سه تکرار

Mean values ± SD of triplicate determinations.

میانگین‌ها با حروف متفاوت در یک ستون، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

Mean values within a column with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

نشده‌اند، ولی ۳، ۵ یا ۱۰ دقیقه پخته شده‌اند. پس می‌توان گفت این جذب آب ناشی از پخت است. با توجه به این که رقم‌ها و زمان‌های پخت در سایر سطوح زمان خیساندن (۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت) تکرار شده‌اند، این مقایسه فقط تفاوت میانگین‌های زمان خیساندن را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد با طولانی شدن زمان خیساندن و زمان پخت، جذب آب به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد ($P < 0.05$). میزان ۱۰ دقیقه حرارت در آب جوش برای نرم شدن بافت لوبیا قرمز کافی نبود، برای این منظور به زمان بیش از ۲۰ دقیقه احتیاج است. برای تعیین بهترین رقم و مناسب‌ترین زمان خیساندن و پخت برای آنها اثرات متقابل مورد بحث قرار می‌گیرد.

اثرات متقابل زمان خیساندن و پخت بر جذب آب و ترکیدگی در جدول ۳ نشان داده شده است. اثرات متقابل ۶ ساعت خیساندن و ۵ یا ۱۰ دقیقه پخت، بیشترین ترکیدگی را نشان داد. این امر به دلیل آن است که سطح و مرکز لوبیا به یک اندازه آب جذب نکرده‌اند. جدول ۴ اثر متقابل دو گانه رقم و زمان خیساندن و جدول ۵ اثر متقابل سه گانه رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر میزان جذب آب و ترکیدگی را نشان می‌دهند.

اثرات اصلی رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر جذب آب و ترکیدگی در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین‌های ارائه شده برای هر رقم، میانگین همه زمان‌های خیساندن و پخت است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، رقم D81083 بالاترین جذب آب را نشان می‌دهد و رقم‌های اختر و KS31164 پس از آن قرار گرفته‌اند. در حالی که رقم‌های ازنا، گلی و ناز پایین‌ترین سطح جذب آب را نشان دادند ($P < 0.05$). بر اساس جدول ۲ تفاوت معنی‌داری در میزان ترکیدگی رقم‌های مختلف به چشم می‌خورد. رقم KS31164 کمترین میزان ترکیدگی و رقم‌های اختر و صیاد بالاترین میزان ترکیدگی ($P < 0.05$) را نشان دادند. با توجه به سطح جذب آب و ترکیدگی رقم‌های مختلف، D81083 و KS31164 برای مصارف صنعتی توصیه می‌شوند.

نتایج به دست آمده برای میزان جذب آب و ترکیدگی همه رقم‌ها، در زمان‌های مختلف خیساندن و همه زمان‌های پخت در جدول ۲ نشان داده شده است. در زمان صفر ساعت خیساندن، میانگین جذب آب ۳۱/۹ درصد و میانگین ترکیدگی ۸/۳ درصد به دست آمد. این میانگین‌ها معدل جذب آب و ترکیدگی همه رقم‌هایی است که خیسانده

جدول ۲- اثرات اصلی رقم، زمان خیساندن و زمان پخت بر جذب آب و ترکیدگی

Table 2. Effect of red bean lines, soaking time and cooking time on water absorption and splitting (main effects)

فاکتور اصلی Main factors	جذب آب (درصد) Water absorption (%)	ترکیدگی (درصد) Splitting (%)
رقم لوبیا قرمز Red bean lines		
ازنا	56.8 ^c ± 0.379	7.2 ^{cd} ± 0.093
گلی	56.7 ^c ± 0.288	12.2 ^{ab} ± 0.098
D81083	88.6 ^a ± 0.310	7.8 ^{bcd} ± 0.065
اختر	64.9 ^b ± 0.292	13.3 ^a ± 0.133
صیاد	59.0 ^{bc} ± 0.310	13.2 ^a ± 0.130
ناز	55.9 ^c ± 0.324	11.8 ^{abc} ± 0.138
KS31164	64.5 ^b ± 0.373	5.3 ^d ± 0.096
درخشان	60.7 ^{bc} ± 0.390	7.7 ^{bcd} ± 0.089
زمان خیساندن (ساعت) Soaking time (h)		
0	31.9 ^d ± 0.232	8.3 ^b ± 0.111
6	44.8 ^c ± 0.218	12.8 ^a ± 0.139
12	75.7 ^b ± 0.262	9.1 ^b ± 0.089
24	101.2 ^a ± 0.137	9.0 ^b ± 0.090
زمان پخت (دقیقه) Cooking time (min)		
3	53.4 ^c ± 0.366	10.6 ^{ab} ± 0.104
5	61.6 ^b ± 0.349	11.0 ^a ± 0.125
10	75.2 ^a ± 0.286	7.8 ^b ± 0.098

میانگین‌ها با حروف متفاوت در یک ستون برای هر ویژگی، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

Mean having the same letter within each property are not significantly different using LSD test at $P < 0.05$, means are calculated as main effects.

جدول ۳- اثر متقابل زمان خیساندن و زمان پخت بر جذب آب و ترکیدگی

Table 3. Interactive effect of soaking and cooking time on water absorption and splitting

زمان خیساندن × زمان پخت Soaking time × Cooking time	جذب آب (درصد) Water absorption (%)	ترکیدگی (درصد) Splitting (%)
0h × 3 min	13.8 ^h ± 0.110	11.6 ^{ab} ± 0.130
0h × 5 min	27.5 ^g ± 0.157	9.5 ^{abc} ± 0.114
0h × 10 min	54.3 ^c ± 0.203	3.7 ^c ± 0.065
6h × 3 min	29.6 ^g ± 0.201	10.9 ^{ab} ± 0.124
6h × 5 min	44.6 ^f ± 0.189	13.5 ^a ± 0.165
6h × 10 min	60.2 ^e ± 0.148	14.1 ^a ± 0.129
12h × 3min	78.0 ^d ± 0.203	9.8 ^{ab} ± 0.084
12h × 5 min	73.5 ^d ± 0.318	11.0 ^{ab} ± 0.098
12h × 10 min	75.7 ^d ± 0.263	6.4 ^{bc} ± 0.083
24h × 3 min	92.0 ^c ± 0.136	9.9 ^{ab} ± 0.074
24h × 5 min	101.0 ^b ± 0.121	10.1 ^{ab} ± 0.115
24h × 10 min	110.6 ^a ± 0.081	7.1 ^{bc} ± 0.076

میانگین‌ها با حروف متفاوت در یک ستون برای هر ویژگی، اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

Mean values within a column with different letters are significantly different using LSD test at P<0.05.

جدول ۴- اثر متقابل رقم x زمان خیساندن و رقم x زمان پخت بر جذب آب و ترکیدگی

Table 4. Interaction of red bean lines-soaking time and red bean lines-cooking time on water absorption and splitting

رقم × زمان خیساندن Line × Time soaking	جذب آب (درصد) Water absorption (%)	ترکیدگی (درصد) Splitting (%)	رقم × زمان پخت Line × Cooking time	جذب آب (درصد) Water absorption (%)	ترکیدگی (درصد) Splitting (%)
Azna × 24h	97.3 ^{bc} ± 0.128	4.7 ^{gh} ± 0.056	Azna × 10 min	62.1 ^{ghi} ± 0.321	4.7 ^{cd} ± 0.072
Azna × 12h	83.8 ^d ± 0.206	11.9 ^{bcd} ± 0.060	Azna × 5 min	55.8 ^{hijk} ± 0.422	5.2 ^{cde} ± 0.069
Azna × 6h	25.5 ^{mn} ± 0.192	6.0 ^{defgh} ± 0.091	Azna × 3 min	52.7 ^{ijk} ± 0.414	11.7 ^{abcde} ± 0.119
Azna × 0h	20.8 ⁿ ± 0.096	6.3 ^{defgh} ± 0.139			
Goli × 24h	86.6 ^{cd} ± 0.213	6.4 ^{defgh} ± 0.062	Goli × 10 min	71.0 ^{def} ± 0.246	9.0 ^{abcde} ± 0.080
Goli × 12h	62.3 ^{fg} ± 0.229	12.7 ^{bcd} ± 0.120	Goli × 5 min	57.6 ^{ghijk} ± 0.284	13.5 ^{abc} ± 0.104
Goli × 6h	43.4 ^{hij} ± 0.186	14.3 ^{bcd} ± 0.095	Goli × 3 min	41.7 ^l ± 0.257	14.1 ^{ab} ± 0.107
Goli × 0h	34.8 ^{klm} ± 0.229	15.5 ^{bcd} ± 0.094			
D81083 × 24h	114.7 ^a ± 0.050	5.8 ^{defgh} ± 0.024	D81083 × 10 min	97.3 ^a ± 0.233	6.8 ^{bcd} ± 0.037
D81083 × 12h	113.7 ^a ± 0.041	7.7 ^{cdefgh} ± 0.020	D81083 × 5 min	89.3 ^{ab} ± 0.288	9.8 ^{abcde} ± 0.098
D81083 × 6h	76.8 ^{cd} ± 0.092	7.6 ^{cdefgh} ± 0.038	D81083 × 3 min	79.3 ^{bcd} ± 0.388	6.8 ^{bcd} ± 0.044
D81083 × 0h	49.4 ^{hi} ± 0.268	9.9 ^{bcd} ± 0.123			
Akhtar × 24h	97.7 ^{bc} ± 0.063	7.7 ^{cdefgh} ± 0.078	Akhtar × 10 min	78.2 ^{cd} ± 0.219	16.7 ^a ± 0.140
Akhtar × 12h	77.9 ^{ed} ± 0.155	10.2 ^{bcd} ± 0.101	Akhtar × 5 min	59.2 ^{ghij} ± 0.281	13.3 ^{abc} ± 0.135
Akhtar × 6h	49.3 ^{hi} ± 0.161	26.0 ^a ± 0.147	Akhtar × 3 min	57.3 ^{ghijk} ± 0.340	9.8 ^{abcde} ± 0.119
Akhtar × 0h	34.6 ^{klm} ± 0.220	9.1 ^{cdefgh} ± 0.110			
Sayyad × 24h	100.4 ^b ± 0.119	14.6 ^{bcd} ± 0.122	Sayyad × 10 min	65.0 ^{efgh} ± 0.288	9.5 ^{abcde} ± 0.115
Sayyad × 12h	62.8 ^{fg} ± 0.161	10.1 ^{bcd} ± 0.118	Sayyad × 5 min	63.4 ^{fgh} ± 0.350	15.0 ^{ab} ± 0.169
Sayyad × 6h	40.2 ^{ijkl} ± 0.194	19.7 ^{ab} ± 0.156	Sayyad × 3 min	48.5 ^{kl} ± 0.298	15.1 ^{ab} ± 0.097
Sayyad × 0h	32.5 ^{ijklmn} ± 0.174	8.4 ^{cdefgh} ± 0.108			
Naz × 24h	100.3 ^b ± 0.121	11.8 ^{bcd} ± 0.128	Naz × 10 min	70.3 ^{def} ± 0.306	8.8 ^{abcde} ± 0.115
Naz × 12h	52.9 ^{gh} ± 0.177	9.7 ^{cdefgh} ± 0.104	Naz × 5 min	49.5 ^{ijkl} ± 0.318	14.2 ^{ab} ± 0.178
Naz × 6h	42.0 ^{hij} ± 0.203	16.3 ^{abc} ± 0.184	Naz × 3 min	48.0 ^{kl} ± 0.323	12.5 ^{abcd} ± 0.118
Naz × 0h	28.5 ^{lmn} ± 0.206	9.6 ^{cdefgh} ± 0.107			
KS31164 × 24h	104.5 ^{ab} ± 0.089	13.2 ^{bcd} ± 0.109	KS31164 × 10 min	74.7 ^{cde} ± 0.270	3.3 ^e ± 0.077
KS31164 × 12h	82.1 ^{ed} ± 0.226	2.4 ^{gh} ± 0.073	KS31164 × 5 min	67.2 ^{efg} ± 0.391	8.0 ^{bcd} ± 0.122
KS31164 × 6h	41.6 ^{hijk} ± 0.184	5.4 ^{efgh} ± 0.108	KS31164 × 3 min	51.6 ^{ijkl} ± 0.432	4.6 ^{cd} ± 0.084
KS31164 × 0h	29.8 ^{klmn} ± 0.327	0.00 ^h ± 0.000			
Derakhshan × 24h	108.0 ^{ab} ± 0.082	8.0 ^{cdefgh} ± 0.069	Derakhshan × 10 min	83.0 ^{bc} ± 0.321	3.9 ^e ± 0.063
Derakhshan × 12h	70.5 ^{ef} ± 0.326	8.0 ^{cdefgh} ± 0.066	Derakhshan × 5 min	51.1 ^{kl} ± 0.368	9.1 ^{abcde} ± 0.079
Derakhshan × 6h	39.6 ^{ijkl} ± 0.189	7.5 ^{cdefgh} ± 0.132	Derakhshan × 3 min	48.1 ^{kl} ± 0.406	9.9 ^{abcde} ± 0.112
Derakhshan × 0h	24.8 ^{mn} ± 0.246	7.2 ^{cdefgh} ± 0.089			

میانگین‌ها با حروف متفاوت در یک ستون برای هر ویژگی اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

Mean values within a column with different letters are significantly different using LSD test at P<0.05.

جدول ۵- اثر متقابل رقم x زمان خیساندن x زمان پخت بر جذب آب و ترکیدگی
Table 5. Interaction of red bean lines with soaking time and cooking time on water absorption and splitting

رقم × زمان خیساندن × زمان پخت Line × soaking time × cooking time	جذب آب (%) Water absorption (%)	ترکیدگی (%) Splitting (%)	رقم × زمان خیساندن × زمان پخت Line × soaking time × cooking time	جذب آب (%) Water absorption (%)	ترکیدگی (%) Splitting (%)	جذب آب (%) Water absorption (%)	ترکیدگی (%) Splitting (%)
Azna × 24h×10min	107.3±0.079	0.00±0.000	Akhtar × 24h×10min	101.6±0.08	11.1±0.104	113.5±0.022	5.6±0.097
Azna × 24h×5min	89.9±0.183	7.0±0.061	Akhtar × 24h×5min	97.3±0.053	8.0±0.070	104.8±0.063	23.1±0.070
Azna × 24h×3min	94.8±0.037	7.0±0.061	Akhtar × 24h×3min	94.3±0.046	4.0±0.070	95.4±0.055	10.9±0.096
Azna × 12h×10min	63.3±0.243	7.7±0.067	Akhtar × 12h×10min	89.3±0.020	14.1±0.124	60.6±0.139	0.00±0.000
Azna × 12h×5min	99.3±0.047	13.8±0.054	Akhtar × 12h×5min	61.8±0.162	12.4±0.109	97.1±0.275	0.00±0.000
Azna × 12h×3min	88.7±0.083	14.1±0.055	Akhtar × 12h×3min	82.2±0.085	4.1±0.071	88.6±0.026	7.3±0.126
Azna × 6h×10min	48.2±0.048	11.1±0.100	Akhtar × 6h×10min	63.5±0.172	33.2±0.055	59.8±0.080	7.5±0.130
Azna × 6h×5min	14.6±0.137	0.00±0.000	Akhtar × 6h×5min	51.0±0.007	26.4±0.184	43.6±0.096	8.8±0.153
Azna × 6h×3min	13.5±0.093	6.7±0.116	Akhtar × 6h×3min	33.6±0.082	18.3±0.182	21.4±0.094	0.00±0.000
Azna × 0h×10min	29.5±0.068	0.00±0.000	Akhtar × 0h×10min	57.9±0.175	8.2±0.143	65.3±0.276	0.00±0.000
Azna × 0h×5min	19.2±0.099	0.00±0.000	Akhtar × 0h×5min	26.8±0.134	6.4±0.111	23.2±0.176	0.00±0.000
Azna × 0h×3min	13.6±0.057	18.9±0.204	Akhtar × 0h×3min	19.1±0.133	12.7±0.112	0.94±0.006	0.00±0.000
Goli × 24h×10min	107.0±0.066	7.5±0.065	Sayyad × 24h×10min	104.4±0.087	11.8±0.128	116.8±0.056	7.8±0.089
Goli × 24h×5min	86.9±0.170	3.0±0.052	Sayyad × 24h×5min	110.3±0.048	14.5±0.181	107.7±0.036	6.7±0.060
Goli × 24h×3min	65.9±0.147	8.6±0.075	Sayyad × 24h×3min	86.4±0.017	17.5±0.088	99.5±0.003	9.4±0.084
Goli × 12h×10min	55.2±0.249	0.00±0.000	Sayyad × 12h×10min	59.5±0.121	8.9±0.154	105.5±0.219	7.9±0.069
Goli × 12h×5min	66.3±0.320	17.2±0.109	Sayyad × 12h×5min	71.5±0.157	14.4±0.154	36.4±0.098	7.3±0.067
Goli × 12h×3min	65.3±0.182	20.8±0.094	Sayyad × 12h×3min	7.1±0.061	7.1±0.061	69.4±0.105	8.6±0.090
Goli × 6h×10min	59.4±0.016	18.3±0.071	Sayyad × 6h×10min	51.8±0.246	13.8±0.140	54.6±0.077	0.00±0.000
Goli × 6h×5min	48.7±0.126	19.2±0.066	Sayyad × 6h×5min	38.0±0.140	22.7±0.252	46.8±0.062	10.0±0.102
Goli × 6h×3min	22.0±0.103	5.4±0.094	Sayyad × 6h×3min	30.7±0.190	22.5±0.084	17.3±0.129	12.4±0.215
Goli × 0h×10min	62.5±0.058	10.3±0.017	Sayyad × 0h×10min	44.3±0.114	3.3±0.058	55.2±0.155	0.00±0.000
Goli × 0h×5min	28.4±0.127	14.7±0.132	Sayyad × 0h×5min	33.8±0.240	8.6±0.148	13.5±0.045	12.3±0.114
Goli × 0h×3min	13.4±0.013	21.6±0.091	Sayyad × 0h×3min	19.4±0.054	13.2±0.118	5.9±0.074	9.4±0.081
D81083 × 24h×10min	120.5±0.030	6.3±0.028	Naz × 24h×10min	113.9±0.030	6.7±0.062		
D81083 × 24h×5min	112.0±0.036	4.9±0.031	Naz × 24h×5min	98.8±0.054	13.3±0.230		
D81083 × 24h×3min	111.6±0.005	6.2±0.018	Naz × 24h×3min	88.3±0.069	15.3±0.055		
D81083 × 12h×10min	112.4±0.029	8.4±0.019	Naz × 12h×10min	59.6±0.174	4.3±0.075		
D81083 × 12h×5min	117.6±0.024	7.1±0.012	Naz × 12h×5min	37.8±0.137	15.5±0.148		
D81083 × 12h×3min	111.1±0.041	7.6±0.031	Naz × 12h×3min	61.3±0.158	9.1±0.079		
D81083 × 6h×10min	83.2±0.078	9.4±0.014	Naz × 6h×10min	60.9±0.148	19.4±0.183		
D81083 × 6h×5min	75.9±0.106	4.3±0.030	Naz × 6h×5min	37.9±0.164	17.0±0.294		
D81083 × 6h×3min	71.4±0.076	9.2±0.047	Naz × 6h×3min	27.2±0.166	12.4±0.108		
D81083 × 0h×10min	73.1±0.242	3.0±0.052	Naz × 0h×10min	47.0±0.256	4.6±0.079		
D81083 × 0h×5min	51.8±0.089	22.7±0.127	Naz × 0h×5min	23.4±0.041	11.0±0.096		
D81083 × 0h×3min	23.3±0.181	4.0±0.070	Naz × 0h×3min	15.0±0.140	13.3±0.231		

میانگین ها بر حسب درصد ارائه شده اند مقدار LSD برای آب و ترکیدگی به ترتیب ۰.۲۰۹ و ۰.۱۷۱ بود (P<۰/۰۰۵).
Mean values are presented in (%), LSD values are 0.2099 and 0.171 for water absorption and splitting respectively (P<0.05).

۱۲ ساعت خیساندن و زمان پخت طولانی توصیه می‌شود. در رقم درخشان، افزایش زمان خیساندن باعث افزایش جذب آب گردید، ولی اثر معنی‌داری بر میزان ترکیدگی نداشت. همچنین زمان پخت باعث افزایش جذب آب و کاهش ترکیدگی گردید، لذا در این رقم، ۲۴ ساعت خیساندن و زمان پخت طولانی‌تر قابل توصیه است.

بافت لوبیاهای خیسانده‌شده

اثر رقم و زمان پخت و همچنین اثر مدت زمان خیساندن بر بافت لوبیاقرمز معنی‌دار ($P < 0.01$) بود. اثر متقابل این فاکتورها بر بافت لوبیاقرمز در جدول ۶ نشان داده شده است. برای همه ارقام مطالعه‌شده (به‌جز ازنا) با افزایش زمان خیساندن، نیروی لازم برای برش لوبیاها کاهش یافت و این نتایج با تحقیقات سایر پژوهشگران هماهنگی دارد (Abu-Ghannam, 1998). خاک، اقلیم، زمان برداشت و تفاوت‌های گیاهشناسی می‌تواند از جمله دلایل رفتار متفاوت رقم ازنا باشند.

با توجه به جذب آب و ترکیدگی می‌توان نتیجه گرفت در رقم ازنا، ۲۴ ساعت خیساندن و مدت زمان پخت طولانی‌تر مناسب است. رقم گلی به‌دلیل جذب آب پایین (حتی پس از ۲۴ ساعت خیساندن) برای مصارف صنعتی قابل توصیه نیست. جذب آب رقم D81083 پس از ۱۲ ساعت خیساندن و ۲۴ ساعت خیساندن تفاوت معنی‌دار نداشت، ولی با زمان خیساندن طولانی‌تر میزان ترکیدگی پایین‌تری پس از پخت را باعث گردید (جدول ۴). با توجه به این‌که در صنعت، زمان خیساندن کوتاه‌تر از نظر اقتصادی به‌صرفه است و باعث رشد میکروبی پایین‌تری می‌شود، این رقم برای کاربرد صنعتی به‌شدت توصیه می‌شود. در رقم اختر، ۲۴ ساعت خیساندن باعث افزایش جذب آب و کاهش ترکیدگی می‌شود. نتایج مشابه در رقم صیاد به‌چشم می‌خورد. رقم ناز برای مصارف صنعتی قابل توصیه نیست، زیرا پس از خیساندن، رنگ آن به خاکستری تغییر می‌کند. میزان جذب آب KS31164 پس از ۲۴ ساعت خیساندن افزایش معنی‌داری نسبت به ۱۲ ساعت نشان داد، ولی ترکیدگی نیز افزایش یافت (جدول ۴)، بنابراین برای این رقم،

جدول ۶- اثر متقابل رقم-زمان خیساندن، رقم-زمان پخت، زمان خیساندن-زمان پخت بر بافت لوبیاقرمز

Table 6. Interaction of red bean lines×soaking time and red bean lines×cooking time and soaking time×cooking time on texture of red bean

رقم × زمان پخت Line × Cooking time	نیروی برشی (gf/cm ²) Shear strength (gf/cm ²)	رقم × زمان خیساندن Line×Soaking time	نیروی برشی (gf/cm ²) Shear strength (gf/cm ²)	زمان خیساندن×زمان پخت Soaking time × Cooking time	نیروی برشی (gf/cm ²) Shear strength (gf/cm ²)
Azna × uncooked	38041.9 ^a ± 5860.47	Azna× 12h	27148.5 ^{de} ± 7799.86	12h × uncooked	31836.7 ^a ± 5061.85
Azna × cooked	21408.3 ^e ± 2423.09	Azna× 24h	32301.7 ^a ± 10679.86	12h × cooked	23280.0 ^b ± 4512.13
Goli × uncooked	39022.7 ^a ± 2035.15	Goli× 12h	31245.9 ^{ab} ± 9614.00	24h × uncooked	31688.6 ^a ± 6535.33
Goli × cooked	21909.4 ^a ± 4228.57	Goli× 24h	29686.1 ^{bc} ± 9272.58	24h × cooked	20220.8 ^c ± 4236.03
D81083 × uncooked	29827.6 ^b ± 2101.73	D81083 × 12h	26922.3 ^{def} ± 4446.72		
D81083 × cooked	23420.7 ^{de} ± 2620.29	D81083 × 24h	26326.0 ^{ef} ± 3663.56		
Akhtar × uncooked	26390.0 ^c ± 1689.23	Akhtar× 12h	24518.5 ^f ± 4937.69		
Akhtar × cooked	18542.2 ^f ± 5725.47	Akhtar× 24h	20413.8 ^g ± 5945.08		
Sayyad × uncooked	31388.3 ^b ± 4907.03	Sayyad× 12h	28917.2 ^{bcd} ± 5539.72		
Sayyad × cooked	25013.3 ^{cd} ± 5039.25	Sayyad× 24h	27484.4 ^{cde} ± 6289.86		
KS31164 × uncooked	30552.2 ^b ± 2897.54	KS31164 × 12h	28959.3 ^{bcd} ± 3822.55		
KS31164 × cooked	23505.4 ^{de} ± 3487.19	KS31164 × 24h	25098.4 ^{ef} ± 4965.50		
Derakhshan × uncooked	27116.1 ^c ± 3846.02	Derakhshan× 12h	25196.9 ^{ef} ± 5452.11		
Derakhshan × cooked	18453.5 ^f ± 4169.01	Derakhshan× 24h	20372.7 ^g ± 5506.47		

میانگین‌ها با حروف متفاوت در یک ستون برای هر ویژگی اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

Mean values within a column with different letters are significantly different using LSD test at $P < 0.05$.

خیسانده شده است ($P < 0.05$). در رقم ازنا، نیروی لازم برای برش انواعی که ۱۲ ساعت خیسانده شده بودند، نسبت به نمونه‌هایی که ۲۴ ساعت خیسانده شده بودند، پایین‌تر بود، اما با توجه به جدول ۴ که میزان جذب آب ازنا پس از ۱۲ ساعت خیساندن را بسیار پایین نشان می‌دهد، می‌توان نتیجه گرفت این رقم برای معارف صنعتی، نامناسب است. رقم گلی بافت بسیار سختی داشت و نیروی لازم برای برش آن حتی پس از ۲۴ ساعت خیساندن بسیار زیاد بود و این رقم برای مصارف صنعتی قابل توصیه نیست.

در فرایند پخت، مواد پکتیکی تجزیه شده و اتصال بین سلول‌ها ضعیف و مقاومت برشی کم می‌شود. پوشش و ساختمان دانه ممکن است مسئول نرم شدن سریع دانه در اثر خیساندن باشند (Taiwo *et al.*, 1998). نتایج جدول ۶ نشان داد وقتی لوبیاهای خیسانده شده، فرایند پخت دریافت نکرده‌اند، تفاوت معنی‌داری بین ۱۲ ساعت و ۲۴ ساعت خیساندن وجود ندارد، درحالی‌که وقتی عملیات پخت روی لوبیاهای خیسانده شده صورت گیرد، نیروی لازم برای برش انواع ۱۲ ساعت خیسانده شده بسیار بیشتر از انواع ۲۴ ساعت

منابع

1. Abd El-Hady, E.A., and Habiba, R.A. 2003. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. *Lebensm-Wiss U-Technology* 36: 285-293.
2. Abu-Ghannam, N. 1998. Modeling textural changes during the hydration process of red beans. *Journal of Food Engineering* 38: 341-352.
3. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
4. Bellido, G., Arntfield, S.D., Cenkowski, S., and Scanlon, M. 2006. Effects of micronization pretreatments on the physicochemical properties of navy and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *LWT Food Science and Technology* 39: 779-787.
5. Boateng, J., Verghese, M., Walker, L.T., and Ogutu, S. 2008. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus spp.* L.). *LWT Food Science and Technology* 41: 1541-1547.
6. Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., and Oliveira, J. 2007. Modeling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.) the effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics. *Journal of Food Engineering* 78: 810-819.
7. Meng, G.T., and Ma, C.Y. 2001. Thermal properties of *Phaseolus angulgaris* (red bean) globulin. *Food Chemistry* 73: 453-460.
8. Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. 2nd ed. Gordon and Breach Science Publisher.
9. Oboh, H.A., Muzquiz, M., Burbano, C., Cuadrado, C., Pedrosa, M.M., Ayet, G., and Osagie, A.U. 1998. Anti-nutritional constituents of six underutilized legumes grown in Nigeria. *Journal of Chromatography A* 823: 307-312.
10. Rehinan, Z.U., Rashid, M., and Shah, W.H. 2004. Insoluble dietary fiber components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chemistry* 85: 245-249.
11. Rehman, Z.U., and Shah, W.H. 2004. Domestic processing effects on some insoluble dietary fiber components of various food legumes. *Food Chemistry* 87: 613-617.
12. Rehman, Z.U., and Shah, W.H. 2005. Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry* 91: 327-331.
13. Rehman, Z.U., Salariya, A.M., and Zafar, S.I. 2001. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 73: 351-355.
14. Taiwo, K.A., Akanbi, C.T., and Ajibola, O.O. 1998. Regression relationships for the soaking and cooking properties of two cowpea varieties. *Journal of Food Engineering* 37: 331-344.
15. Tang, C.H. 2008. Thermal denaturation and gelation of vicilin-rich protein isolates from three *Phaseolus* legumes: A comparative study. *LWT Food Science and Technology* 41: 1380-1388.

16. Vasudeva, S., and Vishwanathan, Kh. 2010. Hydration behavior of food grains and modeling their moisture pick up as per Peleg's equation: Part II. Legumes. Journal of Food Science and Technology 47: 42-46.
17. Vasudeva, S., Vishwanathan, Kh., Aswathanarayana, K.N., and IndhudharaSwamy, Y.M. 2010. Hydration behavior of food grains and modeling their moisture pick up as per Peleg's equation: Part I. Cereals. Journal of Food Science and Technology 47: 34-41.
18. Yadav, B.S., Sharma, A., and Yadav, R.B. 2010. Resistant starch content of conventionally boiled and pressure-cooked cereals, legumes and tubers. Journal of Food Science and Technology 47: 84-88.
19. Yin, S.W., Tang, C.H., Wen, Q.B., Yang, X.Q., and Li, L. 2008. Functional properties and in vitro trypsin digestibility of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate: Effect of high-pressure treatment. Food Chemistry 110: 938-945.

Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of Iranian red kidney beans

Mosaffa^{1*}, L., Zamindar², N. & Amooheidari³, M.

1&3. Respectively, Instructor and MSc. Expert of Food Science Department, Islamic Azad University, Shahreza Branch
2. Assistant Professor of Food Science Department, Islamic Azad University, Khorasgan Branch

Received: 8 December 2012
Accepted: 3 March 2014

Abstract

Dry beans are rich sources of dietary fiber and phytochemicals such as flavonoids and phenolics that exhibit good functional properties. In current study line, cooking and soaking time effects were investigated on water absorption, splitting and texture properties of different Iranian red kidney beans to determine the best lines and the best soaking time for industrial use. D81083 line showed the highest level of water absorption after 24 h soaking followed by Akhtar and KS31164 lines while Azna, Goli and Naz lines showed the lowest level of water absorption ($p<0.05$). Akhtar and Sayyad showed the highest level of splitting while KS31164 showed the lowest level of splitting ($p<0.05$). Soaking of Akhtar line for 24 h caused the highest level of water absorption accompanied with low splitting level. 24 h soaking and 10 minutes cooking time is recommended for Sayyad, while 12 h soaking and 10 minutes cooking time is recommended for KS31164 line. 24 h soaking and 10 minutes cooking causes 116.8% water absorption and 7.8% splitting in Derakhshan line. The effects of line, cooking and soaking time on red bean texture were significant ($p<0.01$).

Key words: Cooking, Red bean, Shear strength, Soaking, Splitting, Water absorption

*Corresponding Author: leilamosaffa@yahoo.com, Mobile: 09131028965

تأثیر تنش خشکی و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.)

لاله عباسلو^۱، سید عبدالرضا کاظمینی^{۲*} و محسن عدالت^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۲ و ۳- به ترتیب، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اصلی، قطع آبیاری بر اساس مراحل رشدی نخود (دو هفته پس از سبز شدن I_1 ، گلدهی I_2 و آبیاری نرمال I_3) و فاکتور فرعی شامل ترکیبی از دو رقم نخود (آرمان و آزاد) و روش کاشت (کرتی، درون جوی و روی پشته) بود. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان غلاف در بوته، دانه در بوته، درصد غلاف دودانه‌ای، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، و عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمار I_3 و I_1 به دست آمد و در مورد درصد غلاف پوک، روند برعکس بود. از نظر روش کاشت، بیشترین میزان غلاف در بوته، دانه در بوته، درصد غلاف دودانه‌ای، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه، در روش کاشت روی پشته به دست آمد. به طور کلی رقم آزاد به طور معنی داری از عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم آرمان (۱۶۴ در مقابل ۱۱۷ گرم در مترمربع) برخوردار بود و رقم مناسب برای این منطقه می باشد. هرچند تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه در هر دو رقم نخود کاهش یافت، ولی تغییر در روش کاشت از کرتی به کشت روی پشته در تیمارهای قطع زود هنگام آبیاری (I_1) و یا در مرحله گلدهی (I_2)، به عنوان یک روش زراعی می تواند باعث کاهش خسارت ایجاد شده به ترتیب تا میزان ۲۶ و ۳۲ درصد شود.

کلمات کلیدی: تعداد دانه در غلاف، قطع آبیاری، کاشت روی پشته، گلدهی

مقدمه

در سطح جهانی، نخود با سطح زیر کشت بیش از ۱۲ میلیون هکتار و متوسط تولید ۹۳۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان سومین گیاه مهم از گروه حبوبات می باشد (FAO, 2012) که به دلیل دارا بودن هزینه تولید کم، سازگاری وسیع آب و هوایی، استفاده در تناوب گیاهی و توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری، یکی از مهم ترین گیاهان لگوم در سیستم کشاورزی پایدار به شمار می رود (Anonymous, 2001). ایران با سطح زیر کشت حدود ۷۰۰ هزار هکتار، رتبه چهارم این محصول را در جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه به خود اختصاص داده است. ۹۵ درصد کشت نخود در ایران در شرایط دیم صورت می گیرد. متوسط عملکرد در ایران ۵۵۸ کیلوگرم در هکتار است که نسبت به میانگین جهانی آن بسیار پایین است (FAO, 2012; Sabaghpour, 2001). تنش خشکی مهم ترین تنش غیرزنده در نخود گزارش شده است و بسته به منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد،

۳۰ تا ۵۰ درصد عملکرد را کاهش می دهد (Kanouni et al., 2003).

در اقلیم مدیترانه‌ای، نخود به طور سنتی در بهار کاشته می شود که این نواحی دارای بارندگی کم و با توزیع نامناسب می باشد. بنابراین، تولید نخود دیم به رطوبت ذخیره شده در خاک وابسته است که این شرایط به همراه دمای بالا سبب کاهش شدید عملکرد نخود می شود (Oweis et al., 2004). تنش خشکی علاوه بر این که بر صفات کمی اثر می گذارد، بر صفات کیفی نیز تأثیر دارد، به صورتی که تحت تنش خشکی میزان پروتئین دانه لوبیا افزایش یافت (Mohammadei et al., 2011). تنش خشکی در نخود معمولاً از اواخر مرحله رشد رویشی تا مرحله رسیدگی مشاهده می گردد (Soltani et al., 2001). تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد را از طریق افت سطح برگ و فتوسنتز کاهش می دهد و این امر منجر به کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی می گردد و یک رابطه نزدیک بین رشد گیاه و فتوسنتز و وضعیت آب در برگ مشاهده شده است (Kumar, 2010). (Jalilian et al., 2005) با بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود دریافتند که آبیاری تکمیلی باعث افزایش تعداد شاخه فرعی،

* نویسنده مسئول: شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات
kazemin@shirazu.ac.ir

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در باجگاه (۱۴ کیلومتری شمال شرقی شیراز) اجرا شد. بافت خاک مورد آزمایش از نوع لومی سیلت و در دو سال قبل از آن به صورت آیش بود. میانگین دما و بارندگی ماه‌های فروردین تا تیر، از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک باجگاه تهیه شد (جدول ۱). عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح در اوایل فروردین بود و سپس با مرزبند، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲/۴ متر ایجاد شد. کود نیتروژن مورد نیاز بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار به کرت‌ها داده شد که نصف کود نیتروژن و تمام کود فسفات در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن دو هفته پس از سبز شدن به مزرعه داده شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد که فاکتور اصلی، دو رقم نخود (آرمان و آزاد)، فاکتور فرعی شامل ترکیبی از مراحل قطع آبیاری بر اساس مراحل رشدی نخود (دو هفته پس از سبز شدن = I_1 که معادل مرحله ۵ تا عبورگی است، گلدهی = I_2 ، آبیاری در تمام مراحل رشد = I_3 (به عنوان شاهد) و سه روش کشت (کرتی، کشت درون جوی و کشت روی پشته) بود. فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها از یکدیگر حدود ۹ سانتی‌متر بود. تراکم کاشت برای تمام تیمارها ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، بین هر کرت، پشته‌ای به عرض یک متر ایجاد شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز از وجین دستی استفاده شد. برای اندازه‌گیری صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، درصد غلاف یک و دودانه‌ای و درصد غلاف پوک، در انتهای فصل رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیک نخود، چهار بوته از هر کرت به طور تصادفی برداشت شد. برای محاسبه عملکرد دانه، با رعایت حاشیه‌ها از سطح معادل دو مترمربع در انتهای فصل رشد، بوته‌ها را از نزدیک سطح زمین کف‌بر نموده و پس از قراردادن در آون با دمای ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت، دانه‌ها را از سایر قسمت‌ها جدا کرده و با توزین دانه‌ها، عملکرد دانه محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، وزن خشک دانه‌ها با وزن خشک بقایای گیاه جمع شد. جهت محاسبه شاخص برداشت، از فرمول زیر استفاده شد که در آن GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیک گیاه است:

$$HI = (GY/BY) * 100$$

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL، MINITAB و SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

تعداد غلاف در گیاه، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه می‌شود. (Leport *et al*, 2006) دریافتند که تولید غلاف در نخود، بیشتر توسط تنش آبی اوایل غلاف‌بندی نسبت به تنش آبی در اواخر غلاف‌بندی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. (Liu *et al*, 2004) گزارش کردند تنش خشکی شدید در اوایل مرحله توسعه غلاف‌ها در سویا، رشد غلاف‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل‌ملاحظه در مجموع تعداد کل غلاف می‌شود. (Pacucci *et al*, 2006) در آزمایشی نشان دادند که با افزایش دفعات آبیاری، وزن ۱۰۰ دانه افزایش پیدا می‌کند. (Mohammadian *et al*, 2005) گزارش کردند که شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک شاخه و وزن خشک ریشه تحت تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافت. (Soltani *et al*, 2001) نشان دادند که خشکی انتهایی دوره رشد می‌تواند عملکرد دانه را در نخود به شدت و به میزان ۷ درصد کاهش دهد. (Nelson 2001) گزارش کرد که اعمال تنش رطوبتی در مراحل پایانی رشد باعث کاهش عملکرد دانه و بیوماس نخود می‌شود.

روش کاشت مناسب، روشی است که بتوان با مصرف کمترین مقدار بذر و حداقل تردد ماشین‌آلات و همچنین با صرف کمترین انرژی و زمان، بذر را در فواصل و عمق مناسب خاک قرار دهد که به سرعت جوانه زده و در نهایت گیاهچه‌های پایدار ایجاد نماید (Khan, 2000).

(Fahong *et al*, 2004) با مطالعه بر روی دو رقم گندم در خاک لومی دریافتند که سیستم کشت جوی و پشته‌ای در مقایسه با کشت مسطح موجب افزایش جذب نیتروژن همراه با افزایش ۱۰ درصدی در عملکرد گندم گردیده است. در آزمایشی با مقایسه روش کشت کرتی همراه با آبیاری غرقابی و روش کشت روی پشته همراه با آبیاری فارویی مشاهده شد که روش کشت کرتی به واسطه ایجاد سله، کاهش راندمان آبیاری، ناکارآمدی مصرف نیتروژن و تخریب برخی ویژگی‌های خاک قابل توصیه نمی‌باشد. در عوض استفاده از روش کشت روی پشته با آبیاری فارویی باعث کاهش مقدار مصرف و افزایش راندمان آبیاری، بهبود کارایی مصرف نیتروژن، عدم ایجاد سله در سطح خاک و همچنین کاهش شیوع بیماری‌ها می‌شود. استفاده از روش کشت روی پشته باعث ایجاد امکان کنترل بهتر علف‌هرز، کاهش مقدار مصرف نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سموم و آب آبیاری می‌شود (Fahong *et al*, 2004). هدف از انجام این تحقیق تعیین بهترین رقم و روش کاشت در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی است.

جدول ۱- درجه حرارت میانگین، حداقل، حداکثر و روزانه و درجه حرارت مطلق حداقل و حداکثر بر حسب درجه سانتی گراد و بارندگی حداکثر روزانه و جمع کل آن بر حسب میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۰ در منطقه باجگاه

Table 1. Average minimum, maximum and daily temperature and absolute minimum and maximum temperature, and the maximum daily rainfall and in total in crop year 2011 in Bajgah region

بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)		درجه حرارت هوا (سانتی‌گراد) Temperatures (C)					ماه Month
جمع کل Total	حداکثر روزانه Maximum daily	مطلق Absolute		متوسط Average			
		حداقل Minimum	حداکثر Maximum	روزانه Daily	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	
30.5	15.5	-4	24	11.81	3.32	20.31	فروردین April
-	-	2.6	34	17.66	7.83	27.5	اردیبهشت May
-	-	6.8	37.5	23.25	12.39	34.10	خرداد June
-	-	11	38	25.54	15.30	35.77	تیر July
-	-	11.6	37.5	25.51	15.16	35.85	مرداد August

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و برهمکنش آن با رقم بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). با اعمال سطوح آبیاری در مراحل دو هفته پس از سبز شدن (I_1) و گلدهی (I_2) در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال (I_3) تعداد غلاف در بوته به ترتیب به میزان ۶۸ و ۴۰ درصد کاهش یافت. (جدول ۳). در تحقیقات انجام شده توسط Leport (1999) و Soltani *et al.*, (2000) در مورد اثرات تنش خشکی در نخود گزارش شده است که کمبود آب باعث کاهش تعداد غلاف می‌شود. Singh *et al.*, (1987) گزارش کردند که تعداد غلاف در بوته در بین اجزای عملکرد به تنش خشکی حساس‌تر می‌باشد. Liu *et al.*, (2004) گزارش کردند که تنش خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌ها، رشد غلاف‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل‌ملاحظه در تعداد غلاف‌ها می‌شود. هرچه مقدار آب آبیاری بیشتر شود، سایه‌انداز گیاه افزایش می‌یابد که قادر است مخزن زایشی بزرگتری را نیز تغذیه نماید و به میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد، در نتیجه تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (Jalota *et al.*, 2006). وقوع خشکی در انتهای دوره رشد نخود، علاوه بر عدم تکامل غلاف و گل، بر مادگی بیشتر از دانه‌گرده تأثیرگذار بود (Fang *et al.*, 2010).

تعداد غلاف در رقم آزاد (۲۸/۲ عدد) نسبت به رقم آرمان (۲۳/۳ عدد) به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۳). اثر روش کاشت بر تعداد غلاف، معنی‌دار بود. بیشترین تعداد غلاف در روش کاشت روی پشته (۲۷ عدد) و کمترین در روش کاشت کرتی (۲۵ عدد) به دست آمد (جدول ۳). برهمکنش سطوح

آبیاری و رقم نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب مربوط به تیمار I_3 و رقم آزاد (۴۴/۴) و تیمار I_1 و رقم آرمان (۱۲/۵) بود (جدول ۴).

اثر برهمکنش رقم در روش کاشت بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب مربوط به رقم آزاد با روش کشت روی پشته (۳۰) و رقم آرمان با روش کشت کرتی (۲۲/۶) بود (جدول ۵). همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته ($r=0.98^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷) که با نتایج بسیاری از تحقیقات (Calcagno *et al.*, 1988; Geletu Bejiga *et al.*, 1991) (Rezvani Moghaddam & Sadeghi Samarjan 2008) مطابقت دارد.

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته ارتباط نزدیکی با تعداد غلاف در بوته دارد اثر سطوح مختلف آبیاری و برهمکنش آن با رقم بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین تعداد دانه به ترتیب مربوط به تیمار I_3 (۴۵) و تیمار I_1 (۱۲) بود (جدول ۳). رقم آزاد نسبت به رقم آرمان به طور معنی‌داری به میزان ۲۲ درصد دارای تعداد دانه در بوته بیشتری بود (جدول ۳). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و رقم نشان داد که بیشینه تعداد دانه در برهمکنش تیمار آبی نرمال و رقم آزاد (۵۱/۶) و کمینه آن در سطح آبیاری I_1 و رقم آرمان (۱۱) به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد در شرایط فراهم‌بودن رطوبت قابل‌دسترس، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل‌آذین می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه نخود

Table 2. Analysis of variance for yield and yield components of chickpea

منابع تغییرات (S. O. V.)	درجه آزادی d.f	تعداد غلاف در بوته No. pod plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته No. seed plant ⁻¹	درصد غلاف یک‌دانه‌ای One seeded pod percent	درصد غلاف دو دانه‌ای Two seeded pod percent	درصد غلاف پوک Hollow pod percent plant ⁻¹	وزن ۱۰۰ دانه 100- Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	3	7.29 ^{ns}	11.96 ^{ns}	31.35 ^{ns}	11.62 ^{ns}	31.36 ^{ns}	0.84 ^{ns}	21652.62 ^{ns}	23493.27 ^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation levels (A)	2	4441.79 ^{**}	6885.67 ^{**}	637.74 ^{**}	540.68 ^{**}	1140.54 ^{**}	18.15 ^{**}	20558182.91 ^{**}	26279634.90 ^{**}
خطای کرت اصلی Error (a)	6	3.61	4.39	25.95	7.02	12.39	0.66	9723.21	10135.41
رقم Cultivars (B)	1	441.29 ^{**}	795.00 ^{**}	62.79 ^{ns}	179.77 ^{**}	30.07 [*]	59.29 ^{**}	3885301.13 ^{**}	7045682.40 ^{**}
روش کاشت Planting method (C)	2	21.10 ^{**}	59.98 ^{**}	17.58 ^{ns}	90.53 ^{**}	61.34 ^{**}	7.23 ^{**}	313309.39 ^{**}	331559.99 ^{**}
A×B	2	89.04 ^{**}	198.40 ^{**}	116.93 ^{**}	40.65 ^{**}	53.13 ^{**}	8.19 ^{**}	1125691.13 ^{**}	1922672.15 ^{**}
A×C	4	1.94 ^{ns}	13.17 [*]	42.98 ^{ns}	72.39 ^{**}	19.55 [*]	8.02 ^{**}	146037/47 ^{**}	145694.60 ^{**}
B×C	2	20.89 ^{**}	45.21 ^{**}	14.39 ^{ns}	5.72 ^{ns}	32.57 ^{**}	12.45 ^{**}	101991.83 ^{**}	108602.86 ^{**}
(b) Error	45	4.82	4.58	18.42	7.91	6.77	0.36	11878.33	12293.97
CV (%)									
ضریب تغییرات (%)		8.52	7.86	7.15	13.71	13.34	2.39	7.75	4.28

ns, * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪
ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1%, respectively

جدول ۳- اثر سطوح آبیاری، رقم و روش کاشت بر برخی از صفات نخود

Table 3. Effects of irrigation levels, cultivars and planting method on some traits of chickpea

تیمار Treatments		تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	غلاف یک‌دانه‌ای در بوته (درصد) One seeded pod per plant (%)	غلاف دو دانه‌ای در بوته (درصد) Two seeded pod per plant (%)	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pod per plant (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)
سطوح آبیاری Irrigation levels	I ₁	13.0c	12.0c	55.0c	18.0	27.2a	24.9b	59.2c	175.8c
	I ₂	24.2b	24.4b	65.0a	17.6b	17.3b	24.8b	121.4b	223.9b
	I ₃	40.0a	45.0a	60.0b	26.0a	13.9c	26.4a	241.3a	376.2a
رقم Cultivar	Arman	23.3b	23.9b	61.0a	19.0 b	20.1a	24.4b	1174b	227.4b
	آزاد	28.2a	30.5a	59.0a	22.1a	18.8b	26.3a	163.9a	289.9a
	Azad								
روش کاشت Planting method	جوی Furrow	25.8ab	27.b	60.8a	20.4b	18.8b	24.9b	136.5b	254.7b
	پشته Ridge	27.0a	29.0a	60.0a	22.5a	18.4b	26.0a	153.5a	272.0a
	کرت Flat	25.0b	26.0c	60.0a	18.6c	21.3a	25.2b	132.0b	249.0b

I₁: قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن؛ I₂: قطع آبیاری در مرحله گلدهی؛ I₃: آبیاری نرمال
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون برای هر پارامتر اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD ۵ درصد)

I₁: Stop irrigation two weeks after emergence; I₂: Stop irrigation at flowering stage; I₃ Normal irrigation
Means with similar letters in each column have no significant difference (LSD 5%)

با افزایش آب آبیاری، رشد غلاف‌ها و بلوغ آنها در یک دوره طولانی‌تر انجام می‌شود و برگ‌ها با سرعتی آهسته‌تر پیر می‌شوند در نتیجه تعداد دانه در بوته افزایش می‌یابد و از طرفی کاهش میزان آب آبیاری و همچنین افزایش ناگهانی درجه حرارت سبب پیری زودرس گیاه می‌شود (Khanna-Chopra *et al.*, 1987). تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف و درصد پوکی ارقام است، لذا بدیهی است که بیشترین تعداد دانه در بوته را رقمی داشته باشد که از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشتر و میزان پوکی کمتری برخوردار باشد.

اثر روش کاشت و برهمکنش آن با رقم بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). با تغییر روش کاشت، تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تغییر یافت، به‌گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه (۲۹) در روش کاشت روی پشته و کمترین (۲۶) در روش کاشت کرتی به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج برهمکنش رقم و روش کاشت نشان داد که بیشینه و کمینه تعداد دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به رقم آزاد با روش کاشت روی پشته (۳۳) و رقم آرمان با روش کاشت کرتی (۲۲) بود (جدول ۵). برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته (۴۷/۴) در تیمار آبیاری نرمال و روش کاشت روی پشته و کمینه آن (۱۰) در سطح آبیاری I₁ و روش کاشت کرتی به‌دست آمد (جدول ۶). همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود ($r=0.99^{**}$) (جدول ۷)، به‌طوری‌که هرچه تعداد دانه در گیاه افزایش یابد، عملکرد کل افزایش می‌یابد. صفت تعداد دانه در بوته به‌عنوان مهم‌ترین جزء در تعیین عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در مرحله ۵ تا ۶ برگی می‌باشد (Eivazi *et al.*, 2012).

درصد غلاف یک‌دانه‌ای

اثر سطوح آبیاری و برهمکنش آن با رقم بر درصد غلاف یک‌دانه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین درصد غلاف یک‌دانه‌ای به‌ترتیب مربوط به تیمار I₂ (۶۵) و I₁ (۵۵) بود (جدول ۳). یکی از دلایل مؤثر بر کاهش تعداد غلاف‌های یک‌دانه‌ای در رژیم‌های کم‌آبیاری و یا دیم، کوتاه‌شدن دوره گرده‌افشانی و در نتیجه کاهش تعداد غلاف می‌باشد (Pala *et al.*, 1992). بین دو رقم از نظر درصد غلاف یک‌دانه‌ای اختلاف معنی‌داری دیده نشد، ولی رقم آرمان نسبت به رقم آزاد دارای درصد غلاف یک‌دانه‌ای بیشتری بود (جدول ۳). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و رقم نشان داد که در تیمار I₂ و رقم

آزاد بیشترین درصد غلاف یک‌دانه‌ای (۶۶/۷) و در تیمار I₁ و رقم آزاد کمترین میزان (۵۳) به‌دست آمد (جدول ۴).

درصد غلاف دودانه‌ای در بوته

اثر سطوح مختلف آبیاری و رقم و برهمکنش آنها بر درصد غلاف دودانه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد غلاف دودانه‌ای مربوط به تیمار I₃ (۲۶) و کمترین مربوط به تیمار I₂ (۱۷/۶) بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار I₁ نشان نداد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد قابل‌دسترس‌بودن آب در پیش از گلدهی و دوره پُرشدن دانه ارتباط مثبتی با رشد و دودانه‌ای‌شدن غلاف‌ها دارد، در صورتی‌که تنش در دوره پُرشدن دانه رخ دهد، رشد دانه متوقف می‌شود (Begum *et al.*, 1992). مواجه‌شدن گیاه با تنش رطوبتی در طول دوره گرده‌افشانی یا حتی قبل از گلدهی منجر به کاهش تعداد دانه‌ها در غلاف می‌شود و با تداوم تنش رطوبتی، چرخه زندگی گیاه کوتاه‌تر شده و گیاه فرصت کافی برای پُرشدن غلاف‌ها و تولید کافی مواد پرورده نخواهد داشت که ضمن تأثیر بر وزن دانه می‌تواند باعث کاهش تولید غلاف‌های دودانه‌ای شود، درحالی‌که تحت شرایط بدون تنش رطوبتی، ضمن افزایش درصد تولید تعداد غلاف‌های دودانه‌ای امکان و فرصت کافی برای تولید مواد فتوسنتزی فراهم شده و حتی وزن دانه هم افزایش می‌یابد که این نتایج با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد (Rezvani Moghaddam & Sadeghi Samarjan, 2008).

رقم آزاد نسبت به رقم آرمان به‌طور معنی‌داری به‌میزان ۱۴/۵ درصد دارای غلاف دودانه‌ای بیشتری بود (جدول ۳). تغییر در روش کاشت به‌طور معنی‌داری تعداد غلاف دودانه‌ای را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب مربوط به روش کاشت روی پشته (۲۲/۵) و روش کاشت کرتی (۱۸/۶) بود (جدول ۳). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و رقم نشان داد که در هر دو رقم با اعمال تنش آبی، درصد غلاف دودانه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین و کمترین درصد غلاف دودانه‌ای به‌ترتیب در سطح تنش I₃ و رقم آزاد (۲۹) و تنش I₁ و رقم آرمان (۱۷) دیده شد (جدول ۴).

نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر درصد غلاف یک‌دانه‌ای در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد در تیمار I₃ و روش کاشت روی پشته (۲۸) و تیمار I₁ و روش کاشت کرتی (۱۳) به‌دست آمد (جدول ۶). همبستگی عملکرد دانه با درصد غلاف دودانه‌ای در بوته، مثبت و معنی‌دار بود ($r=0.73^{**}$) (جدول ۷). هرچه تعداد غلاف‌های دودانه‌ای در گیاه بیشتر شود، عملکرد کل افزایش می‌یابد.

درصد غلاف پوک در بوته

اثر سطوح مختلف آبیاری و روش کاشت بر درصد غلاف پوک معنی‌دار بود (جدول ۲). با اعمال تنش خشکی درصد غلاف پوک در بوته افزایش یافت و بیشترین درصد پوکی مربوط به اعمال تنش خشکی در مرحله دو هفته پس از سبز شدن (I_1) بود به گونه‌ای که در مقایسه با تیمار شاهد (I_3) به میزان ۴۸/۷ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳).

نتایج نشان داد که بین روش‌های کاشت، روش کاشت کرتی نسبت به دو روش کاشت دیگر دارای درصد تعداد غلاف پوک بیشتری در بوته بود (جدول ۳). نتایج برهمکنش سطوح مختلف تنش و رقم نشان داد که در هر دو رقم با اعمال تنش آبی درصد غلاف پوک به طور معنی‌داری افزایش یافت و اعمال زودهنگام تنش آبی درصد پوکی را افزایش داد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر برهمکنش سطوح آبیاری و رقم بر برخی از صفات مورد مطالعه در نخود
Table 4. Interaction effects of irrigation levels and cultivar on some traits of chickpea

سطوح آبیاری irrigation levels	رقم Cultivar	تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	غلاف یک‌دانه‌ای در بوته (درصد) One seeded pod per plant (%)	غلاف دودانه‌ای در بوته (درصد) Two seeded pod per plant (%)	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pod per plant (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)
I_1	آرمان Arman	12.5e	11.0e	56.6c	17.0c	26.4a	24.0d	54.7f	170.0f
I_2		21.6d	21.0d	63.50b	17.0c	19.5b	24.5d	103.0d	198.0d
I_3		35.8b	39.2b	62.6b	23.0b	14.5c	24.8c	194.3b	314.0b
I_1	آزاد Azad	13.5e	12.3e	53.0d	19.0c	28.0a	25.8b	63.6e	181.0e
I_2		26.8c	27.7c	66.7a	18.2c	15.1c	25.2c	139.6c	249.6c
I_3		44.4a	51.6a	57.5c	29.0a	13.4c	27.9a	288.2a	438.0a

I_1 : قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن؛ I_2 : قطع آبیاری در مرحله گلدهی؛ I_3 : آبیاری نرمال

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون برای هر پارامتر اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD ۵ درصد)

I_1 : Stop irrigation two weeks after emergence; I_2 : Stop irrigation at flowering stage; I_3 : Normal irrigation

Means with similar letters in each column have no significant difference (LSD 5%)

پُرشدن دانه می‌تواند موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه‌ها گردد. (Pacucci *et al*, 2006) در آزمایشی نشان دادند که با افزایش دفعات آبیاری، وزن ۱۰۰ دانه افزایش پیدا می‌کند. همبستگی عملکرد دانه با وزن ۱۰۰ دانه ($r=0.60^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷). در شرایط کشت آبی، وجود همبستگی مثبت بین عملکرد و وزن دانه نخود بیانگر این واقعیت است که نخود در شرایط مساعد از نظر دما و رطوبت از طریق تشکیل دانه‌های بزرگ‌تر، عملکرد را بهبود می‌بخشد (Silim & Saxena, 1993). وزن ۱۰۰ دانه رقم آزاد (۲۶/۳ گرم) نسبت به رقم آرمان (۲۴/۴ گرم) به طور معنی‌داری بیشتر بود و با کاشت بذر روی پشته (۲۶ گرم) نسبت به دو روش دیگر کاشت، وزن ۱۰۰ دانه بیشتری داشت (جدول ۳ و ۵). با اعمال سطوح مختلف آبیاری، وزن ۱۰۰ دانه در دو رقم کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین وزن ۱۰۰ دانه در برهمکنش رقم آرمان و سطح آبیاری I_1 به دست آمد (جدول ۴). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه در تیمار I_3 و روش کاشت روی پشته (۲۷/۳) و تیمار I_2 و روش کاشت کرتی (۲۳/۴) به دست آمد (جدول ۶).

نتایج نشان داد که درصد پوکی در رقم آزاد به طور معنی‌داری کمتر از رقم آرمان بود و تغییر روش کاشت از روش کرتی به کشت روی پشته‌ای باعث کاهش درصد پوکی غلاف شد (جدول‌های ۳ و ۵). به عبارت دیگر هر چند رقم آرمان تعداد غلاف کمتری در بوته دارد، ولی درصد پوکی آن بیشتر است. نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر درصد غلاف پوک در بوته معنی‌دار بود. به طور مشخص تغییر روش کاشت از کشت کرتی به سمت کشت روی پشته‌ای به عنوان یک راهکار زراعی مناسب جهت کاهش درصد غلاف پوک در بوته می‌باشد (جدول ۶). همبستگی عملکرد دانه با درصد غلاف پوک در بوته منفی و معنی‌دار بود ($r=-0.78^{**}$) (جدول ۷).

وزن ۱۰۰ دانه

اثر سطوح مختلف آبیاری و روش کاشت و برهمکنش آنها با رقم بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با اعمال سطوح آبیاری وزن ۱۰۰ دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت، به گونه‌ای که در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال، وزن ۱۰۰ دانه به ترتیب به میزان ۵/۵ و ۵/۹ درصد در تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 کاهش یافت (جدول ۳). محدودیت رطوبت در زمان غلاف‌بندی و

جدول ۵- اثر برهمکنش رقم و روش کاشت بر برخی از صفات نخود

Table 5. Interaction effect of cultivar and planting methods on some of traits chickpea

رقم Cultivar	روش کاشت Planting method	تعداد غلاف در بوته Pod no. plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Seed no. plant ⁻¹	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pod plant ⁻¹ (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)
آرمان Arman	Furrow جوی	24.1c	25.2c	18.3b	23.4d	117.7cd	227.7cd
	Ridge پشته	23.2	24.3c	19.0b	25.0c	122.8c	232.0c
	Flat کرت	22.6c	22.0d	23.1a	25.0c	111.7d	222.0d
آزاد Azad	Furrow جوی	27.5b	28.9b	19.3b	26.5b	155.0b	281.8b
	Ridge پشته	30.0a	33.0a	17.7b	27.0a	184.3a	311.0a
	Flat کرت	27.0b	29.2b	19.5b	25.3c	152.1b	277.0b

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون هستند، برای هر فاکتور مطابق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.
Means with similar letters in each column have no significant difference (LSD 5%)

جدول ۶- اثر برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر برخی از صفات نخود

Table 6. Interaction effects of irrigation levels and planting methods on some traits of chickpea

سطوح آبیاری Irrigation levels	روش کاشت Planting method	تعداد دانه در بوته Seed no. plant ⁻¹	غلاف دودانه‌ای در بوته (درصد) Two seeded pod Plant ⁻¹ (%)	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pod plant ⁻¹ (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)
I1	Furrow جوی	12.6e	20.1bc	26.0b	24.4c	61.7fg	179.3f
	Ridge پشته	12.8e	20.6bc	26.1b	25.1b	64.0f	182.0f
	Flat کرتی	10.0f	13.0d	29.5a	25.2b	51.3g	166.0g
I2	Furrow جوی	24.9c	18.5c	15.9d	25.4b	127.d	229.5d
	Ridge پشته	26.3c	18.5c	15.4d	25.6b	135.0d	237.6d
	Flat کرتی	21.9d	15.6d	20.6c	23.4d	102.0e	204.6e
I3	Furrow جوی	43.7b	22.4b	14.5d	25.1b	220.5c	355.5c
	Ridge پشته	47.4a	28.0a	13.5d	27.3a	261.0a	396.0a
	Flat کرتی	45.0b	27.0a	13.8d	26.8a	242.2b	377.2b

I₁: قطع آبیاری دو هفته پس از سبز شدن؛ I₂: قطع آبیاری در مرحله گلدهی؛ I₃: آبیاری نرمال

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

I₁: Stop irrigation two weeks after emergence; I₂: Stop irrigation at flowering stage; I₃: Normal irrigation

Means with similar letters in each column have no significant difference (LSD 5%)

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثرات اصلی فاکتورها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). با اعمال تنش آبی از I₃ به I₂ و I₁ عملکرد دانه به میزان ۵۰ و ۷۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳) که این نتایج با یافته‌های Goldani & Rezvani Moghaddam (2004) و Jalilian *et al.*, (2005) مشابه است. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد عدم مواجه شدن دوره پُرشدن غلاف‌ها با تنش خشکی، از طریق طولانی‌تر

شدن دوره پُرشدن دانه با تأثیر بر اندازه دانه‌ها بر عملکرد دانه موثر است. مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد نخود تحت شرایط فاریاب حاصل می‌شود و در این ارتباط اجتناب از تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی به‌ویژه در مرحله غلاف-دهی تا دانه‌بستن، ضروری است (Jalota *et al.*, 2006). Parsa *et al.*, (2011) نشان دادند که مرحله گلدهی، حساس‌ترین مرحله فنولوژیکی به تنش خشکی است و انجام

یک‌بار آبیاری در این مرحله عملکرد ارقام نخود را افزایش داد.

رقم آزاد به‌طور معنی‌داری به‌میزان ۲۸ درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم آرمان نشان داد (جدول ۳). کاشت روی پشته به‌طور معنی‌داری در مقایسه با دو روش کاشت دیگر عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که روش کاشت روی پشته به‌دلیل مناسب‌تر بودن بستر و عدم ارتباط مستقیم آب با اندام‌های نخود و انجام تهویه بهتر برای ریشه‌های گیاه، عملکرد بهتری نسبت به دو روش دیگر داشت. اثر برهمکنش سطوح مختلف آبیاری در رقم نشان داد که در هر دو رقم، اعمال سطوح آبیاری به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را کاهش داد و درصد این کاهش در هر سطح از تیمار آبیاری در رقم آرمان بیشتر بود (جدول ۴). به‌عبارت دیگر با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، انتخاب رقم آزاد در هر سطحی از تیمار آبیاری در مقایسه با رقم آرمان، دارای عملکرد بیشتری بود. انتخاب رقم و روش کاشت مناسب، هر دو عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه است، به‌گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه در رقم آزاد و در روش کاشت روی پشته (۱۸۴/۳ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۵). Shaikh et al, (1994) گزارش کردند که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه با کشت بر روی پشته به‌دست آمده است.

نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت نشان داد که با تغییر روش کاشت، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت؛ به‌عبارت دیگر به‌نظر می‌رسد هرچند در تمام سطوح آبیاری، کاشت روی پشته در مقایسه با روش کاشت کرتی دارای عملکرد بیشتری می‌باشد، ولی درصد افزایش عملکرد در تیمارهای تنش آبی بیشتر بود، به‌گونه‌ای که در تیمار آبی I₁ و I₂ به‌ترتیب کاشت روی پشته در مقایسه با کاشت کرتی، ۲۵ و ۳۲ درصد افزایش عملکرد نشان داد (جدول ۶). Chaghamirza & Farshadfar (2005) روابط بین عملکرد و اجزای آن را روی ۱۰۳ ژنوتیپ نخود کابلی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و وزن صدانه همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای سطوح آبیاری و روش کاشت قرار گرفت (جدول ۲). اعمال تنش آبی در سطح I₁ و I₂ عملکرد

بیولوژیک را به‌طور معنی‌داری به‌میزان ۵۳ و ۴۰ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال کاهش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد کمبود رطوبت ناشی از تنش آبی با کاهش طول دوره رشد و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول باعث کاهش مقدار بیوماس کل تولیدی می‌شود. کاهش وزن اندام‌های هوایی و تولید فراورده‌های فتوسنتزی در نتیجه کمبود آب توسط Anwar et al, (2003) و Leport et al, (2006) نیز گزارش شده است. بنا بر گزارش Farbodnia (1995) گیاه نخود در شرایط تنش خشکی برای کاهش سطح فتوسنتزی خود از گسترش اندام‌های رویشی کاسته و انرژی و مواد فتوسنتزی خود را جهت حفظ بقاء متوجه رشد زایشی می‌نماید. عملکرد بیولوژیک در رقم آزاد به‌طور معنی‌داری به‌میزان ۲۲ درصد بیشتر از رقم آرمان بود (جدول ۳).

بیشترین عملکرد بیولوژیک در روش کاشت روی پشته (۲۷۲ گرم در مترمربع) و کمترین در روش کاشت کرتی (۲۴۹ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثر برهمکنش تنش و رقم قرار گرفت و هرچند در هر دو رقم، اعمال آبیاری به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک را کاهش داد، لیکن کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار I₁ و رقم آرمان (۱۷۰ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۴). Keatinge & Cooper (1983) سه جزء اصلی عملکرد در نخود را تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف پوک و وزن ۱۰۰ دانه معرفی و عنوان کردند که افزایش پوکی غلاف و کاهش وزن ۱۰۰ دانه در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تأثیر سوء خشکی بر روی تولید بیوماس باشد.

نتایج برهمکنش رقم و روش کاشت نشان داد که در هر دو رقم، کاشت روی پشته به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک را افزایش داد و بیشترین عملکرد بیولوژیک، با کاشت رقم آزاد روی پشته (۳۱۱ گرم در مترمربع) به‌دست آمد و کمترین عملکرد بیولوژیک در رقم آرمان و با روش کاشت کرتی (۲۲۲ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و روش کاشت بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود؛ به‌عبارت دیگر با تغییر روش کاشت در تیمارهای سطوح آبیاری از حالت کرتی به روش کاشت روی پشته، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. بیشترین و کمترین مقدار در تیمار I₃ و روش کاشت روی پشته (۳۹۶ گرم در مترمربع) و تیمار I₁ و روش کاشت کرتی (۱۶۶) به‌دست آمد (جدول ۶). همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($r^2=0.99^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷) که با نتایج (Majnoun Hosseini & Hamzeii, 2011) مطابقت دارد.

جدول ۷- ضریب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در نخود
Table 7. Coefficient Correlation some of Chickpea traits

صفات Traits	تعداد غلاف در بوته Pod no. plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Seed no. plant ⁻¹	درصد غلاف یک‌دانه‌ای در بوته (درصد) One seeded pod plant ⁻¹ (%)	درصد غلاف دودانه‌ای در بوته Two seeded pod plant ⁻¹ (%)	درصد غلاف پوک در بوته Hollow pod plant ⁻¹ (%)	وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تعداد غلاف در بوته Pod no. plant ⁻¹	1							
تعداد دانه در بوته Seed no. plant ⁻¹	0.99**	1						
درصد غلاف یک‌دانه‌ای One seeded pod plant ⁻¹ (%)	0.29**	0.23*	1					
درصد غلاف دودانه‌ای Two seeded pod plant ⁻¹ (%)	0.64**	0.69**	-0.40**	1				
درصد غلاف پوک Hollow pod plant ⁻¹ (%)	-0.83**	-0.82**	-0.62**	-0.45**	1			
وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight	0.48**	0.51**	-0.22 ^{ns}	0.57**	-0.26*	1		
عملکرد دانه Seed yield	0.98**	0.99**	0.17 ^{ns}	0.73**	-0.78**	0.60**	1	
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.96**	0.97**	0.09 ^{ns}	0.75**	-0.73**	0.63**	0.99**	1

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که اعمال زود هنگام قطع آبیاری (I₁) در مقایسه با تیمار آبیاری نرمال (I₃) ۷۵ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشت. کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته تا ۶۷ درصد، تعداد دانه در غلاف به‌میزان ۷۴ درصد و همچنین وزن ۱۰۰ دانه از یک‌سو و افزایش درصد پوکی غلاف‌ها تا ۴۹ درصد از عوامل اصلی کاهش‌دهنده عملکرد دانه نخود در تحت شرایط تنش شدید بوده است. تغییر در روش کاشت (از کشت کرتی به سمت کاشت روی پشته) به‌تنهایی به‌میزان ۱۶ درصد (۱۳۱/۹ در مقابل ۱۵۳/۵ گرم در

منابع

1. Anonymous. 2001. Nitrogen fixing organisms (Diazotrophs). <http://www.asahi-et.or.ir/it61-wtnb/BNF.html>.
2. Anwar, M.R., McKenzie, B.A., and Hill, G.D. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield component of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agriculture Science* 141: 259-271.
3. Begum, N., Husain, M., and Chowdury, S.I. 1992. Effect of sowing date and plant density on pod borer incidence and grain yield of chickpea in Bangladesh. *International Chickpea Newsletter* 27: 19-21.
4. Calcagno, F., Gallo, G., Iaian, M., and Raimondo, I. 1988. Effects of plant density on seed yield and its components for ten chickpea genotypes grown in Sicily, Italy. *International Chickpea Newsletter* 18: 29-31.
5. Chaghamirza, K., and Farshadfar, E.A. 2005. Study of relationships between yield and yield components in chickpea. Abstract of 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Tehran. Karaj, Iran.

6. Eivazi, A., Taghikhani, H., Shiralizadeh, Sh., Rezaei, M., and Mousavi Anzabi, S.H. 2012. Evaluation of response of chickpea genotypes to water deficit at different growth stages by using drought tolerance indices. *Iranian Journal of Pulses Research* 3(1): 81-92. (In Persian with English Summary).
7. Fahong, W., Xoging, W., and Sayre, K. 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crop Research* 87: 35-42.
8. Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., Li, F., and Siddique, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. *Journal of Experimental Botany* 61: 335-345.
9. FAO. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.Faostate.fao.org>.
10. Farbodnia, T. 1995. Effect of drought stress on germination, growth and some biochemical changes induced by stress in Iranian chickpea lines. MSc. Thesis in Biology, Plant Sciences. Tehran University of Teacher Education, p. 125.
11. Geletu Bejiga, H.A., Van Rheenen, C.A., Jagadish, C.A., and Singh, O. 1991. Correlation between yield and its components in segregation population of different generations of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Legume Research* 14: 87-91.
12. Goldani, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2004. Effect of planting date on yield and yield components of rainfed and irrigated chickpea cultivars in Mashhad. *Journal of Agricultural Research* 2: 229-239. (In Persian with English Summary).
13. Jalilian, J., Modares Sanavi, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and irrigation on yield, yield components and protein content of four varieties of chickpea in rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 12: 1-9.
14. Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. *Agricultural Water Management* 79: 312-320.
15. Kanouni, H., Ahmadi, M.K., Sabaghpour, S.H., Malhotra, R.S., and Ketata, H. 2003. Evaluation of spring sowed chickpea varieties for drought tolerance. International Chickpea Conference. Raipur, Chhattisgarh, India.
16. Keating, J.D.H., and Cooper, P.J.M. 1983. Kabuli chickpea as a winter-sown crop in northern Syria: moisture relations and crop productivity. *Journal of Agricultural Science* 100: 667-680.
17. Khan, M.J., and Khatkhat, R.A. 2000. Influence of sowing methods on the productivity of canola grown in saline soil. *Pakistan Journal Biological Science* 3: 687-691.
18. Khanna-Chopra, R., and Sinha, S.K. 1987. Chickpea: physiological aspects of growth and yield. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). *The Chickpea*. p. 163-189. C.A.B. International, UK.
19. Kumar, A.M. 2010. Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype subjected to drought. *Turkish Journal Agriculture Forestry* 34: 257-264.
20. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy* 24: 236-246.
21. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy* 11: 279-291.
22. Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86: 1-13.
23. Majnoun Hosseini, N., and Hamzeii, R. 2011. Effect of winter and spring planting time on yield and yield components of chickpea at dry land conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2): 59-68. (In Persian with English Summary).
24. Mohammadi, A., Bihamta, M.R., and Dorri, H. 2011. Effects of factors affecting cooking characteristics and protein content in 15 red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under normal irrigation and drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 143-152. (In Persian with English Summary).
25. Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., and Sadeghian, S.Y. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turkish Journal of Agriculture* 29: 357-368.
26. Nelson, C. 2001. Untapped Potential: Irrigated Chickpea Production. p. 43-55. Proc. Southern Alberta Conserv. Assoc. Dryland and Irrigated Reduced Tillage Conf., 1-2 Dec. 2001, Lethbridge, Canada.
27. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agriculture Water Management* 66: 163-179.
28. Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Effects of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. *Agricultural Engineering International; The CIGRE Journal* 3: 1-9.

29. Pala, M., and Mazid, A. 1992. On farm assessment of improved crop production practices in North West Syria. I. Chickpea. *Experimental of Agriculture* 28: 175-184.
30. Parsa, M., Ganjali, A., Rezaeanzadeh, A., and Nezami, A. 2011. Effect of supplemental irrigation on yield and growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(3): 310-321. (In Persian with English Summary).
31. Rezvani Moghaddam, P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of different planting dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) ILC3279 cultivars in the climatic conditions Neyshabur. *Journal of Agricultural Research* 2: 315-325.
32. Sabaghpour, S.H. 2001. Major diseases of chickpea in Iran. In *Proceeding of Symposium on Grain Legumes in the Mediterranean. Agriculture, (LEGUMED)*, 25-27 October 2001. Rabat, Morocco.
33. Shaikh, A.A., Jadhav, B.D., and Wattam War, M.J. 1994. Effects of planting layouts, mulching and fertilizers on dry matter accumulation and energy relationship in rainfall pearl millet. *Journal Maharashtra Agriculture University* 19: 421-423.
34. Silim, S.N., Saxana, M.C., and Singh, K.B. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. *Field Crops Research* 34: 137-141.
35. Singh, D.P., Singh, P., Sharma, H.C., and Turner, N.C. 1987. Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum*). *Field Crops Research* 16: 231-241.
36. Soltani, A., Khoorie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., and Moghaddam, M. 2000. Thresholds for chickpea leaf expansion and transpiration response to soil water deficit. *Field Crops Research* 68: 205-210.
37. Soltani, A., Khoorie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. *Agriculture Water Management* 49: 225-237.

Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars

Abasluo¹, L., Kazemeini^{2*}, S.A. & Edalat³, M.

1. MSc. Student of Crop Production and Plant Breeding, Shiraz University, College of Agriculture, Shiraz, Iran
2&3. Respectively, Associate Professor and Assistant Professor of Crop Production and Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 2 February 2013

Accepted: 3 March 2014

Abstract

In order to evaluate the effects of drought stress and planting method on yield and yield components of two chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.), an experiment was carried out at the research field of Faculty of Agriculture; Shiraz University, using a split factorial randomized complete block design with four replications. The main factor was irrigation stop at different growth stages of chickpea (two weeks after emergence= I_1 , flowering= I_2 and normal irrigation= I_3) and sub-factor involved a combination of two varieties of pea (Arman and Azad) and sowing methods (ridges, furrow and flat planting), respectively. Results showed that the highest and lowest pod number per plant, seeds per plant, two seeded pod percent, grain weight, grain yield and biological yield were obtained from I_3 and I_1 treatments, respectively, and the trend was contrary in the case of hollow pods. Most of pods per plant, seed per plant, two seeded pod percent, seed weight and seed yield were obtained from planting on ridges. Azad cultivar seed yield was more than (Arman 164 vs 117 g.m⁻²) and could be recommended in the Bajgah region. Although under drought stress condition seed yield was reduced in both cultivars but, it modification by changing the planting method from flat to ridge in the I_1 and I_2 treatments, and it can be used as a way of reducing seed yield loss by 26 and 32 percent, respectively.

Key words: Flowering, Ridge planting, Seed number per plant, Stop irrigation

* Corresponding Author: kazemin@shirazu.ac.ir

واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی در مزرعه

علی گنجعلی^{۱*}، راهله رهباریان^۲، عبدالرضا باقری^۳ و سعید ملک‌زاده شفارودی^۳

۱- عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور، ra_rahbarian@yahoo.com

۳- اعضای هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی، و گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی،

دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۲۳

چکیده

آزمایشی با هدف بررسی واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی نخود در شرایط تنش خشکی با ۱۴ ژنوتیپ، شامل دو رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) و کرج (MCC۳۵۸)، سه ژنوتیپ کابلی و سه ژنوتیپ دسی متحمل به خشکی به‌ترتیب شامل MCC۳۹۲، MCC۵۳۷، MCC۶۹۶ و MCC۸۷۳، MCC۸۷۰، MCC۱۰ و همچنین سه ژنوتیپ کابلی و سه ژنوتیپ دسی حساس به خشکی به‌ترتیب شامل MCC۷۵۹، MCC۵۸۸، MCC۷۷۴ و MCC۳۹، MCC۴۵، MCC۱۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط دیم انجام شد. ژنوتیپ‌های فوق در مرحله گلدهی، از نظر صفات وزن خشک اندام هوایی، طول ساقه، مقدار نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، پتانسیل آب برگ، سطح برگ، کارایی فتوسنتز (Fv/Fm)، میزان پروتئین کل محلول برگ، پرولین و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان پرولین و پروتئین کل محلول برگ وجود دارد. وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نشان دادند. فعالیت آنزیم کاتالاز، مقدار پرولین، پتانسیل آب برگ و کارایی فتوسنتز II در ژنوتیپ‌های حساس به خشکی کمتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی و به‌ویژه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بود که به‌نظر می‌رسد می‌توان از این صفات به‌عنوان شاخص‌های مناسبی جهت ارزیابی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود استفاده کرد. برخلاف رقم تجاری جم (MCC۳۶۱)، در رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) مقادیر بالایی از فعالیت آنزیم کاتالاز، مقدار پرولین، پتانسیل آب برگ و کارایی فتوسنتز II مشاهده شد که این نتایج نشان از تحمل بالاتر این رقم به تنش خشکی دارد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، کاتالاز، کارایی فتوسنتز II، نخود

مقدمه

خشکی و کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در اکثر نقاط دنیا از جمله ایران به‌شمار می‌آید. پاسخ گیاه در واکنش به تنش خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و فرایندهای متابولیکی است که نمود آن در گیاه ظاهر می‌شود (Ahmed et al., 2002). یکی از اثرات تنش خشکی، کاهش صفات رشد گیاه از جمله کاهش طول ساقه، وزن خشک، سطح برگ و میزان نسبی آب برگ است (Kiani et al., 2008). در بررسی مقایسه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی مشخص شده است که در ژنوتیپ‌های متحمل به‌دلیل وجود مکانیسم‌های مقاومت به خشکی، کاهش کمتری در رشد اندام هوایی و به‌تبع آن تولید زیست‌توده و محصول رخ می‌دهد (2008 Parameshwarappa & Salimath, 2008). حفظ آب برگ و

نخود (*Cicer arietinum* L.)، یکی از حبوبات سرمادوست است که در طیف وسیعی از شرایط محیطی از مناطق مدیترانه‌ای غرب آسیا تا نواحی نیمه‌گرمسیری شمال استرالیا کشت می‌شود (Gunes et al., 2006). در ایران، کشت نخود به‌صورت پاییزه، انتظاری و در مناطق سردسیر مرتفع به‌صورت بهاره و عمدتاً به‌صورت دیم (۹۲ درصد) و با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک انجام می‌شود (Bagheri et al., 1997).

* نویسنده مسئول: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی، همراه: ۰۹۱۵۳۰۵۷۶۴۵، ganjeali@um.ac.ir

عدم مداخله در واکنش‌های عادی متابولیکی گیاه به‌عنوان متابولیت‌های سازگار شناخته می‌شوند که در گیاهان متحمل به تنش به‌طور طبیعی تجمع می‌یابند. ترکیبات ذکر شده علاوه بر مشارکت در حفظ تورم سلولی، در پایداری شکل فعال آنزیم‌ها نیز اهمیت دارند (Evazi et al., 2007). پرولین نقش مهمی در تحمل به شوری و خشکی گیاهان برعهده دارد (Amini & Ehsanpour, 2005). تجمع پرولین در شرایط تنش، یکی از ویژگی‌های معمول در بسیاری از گیاهان است. همچنین مشخص شده است که همبستگی قوی بین افزایش سطح پرولین و درصد بقا در شرایط کمبود آب وجود دارد (Bayoumi et al., 2008).

از دیگر پیامدهای تنش خشکی، افزایش میزان گونه‌های اکسیژن فعال و مواد تخریب‌کننده غشاء می‌باشد. تنش خشکی از طریق افزایش تولید مواد تخریب‌کننده غشاء و گونه‌های اکسیژن فعال از جمله پراکسید هیدروژن، سبب تخریب غشاء سلولی شده و در نتیجه، ضریب پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. گیاهان متحمل به خشکی برای مقابله با تخریب غشاء، مکانیسم‌هایی را فعال می‌کنند که یکی از این مکانیسم‌ها تجزیه پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز است. بالاتر بودن میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی سبب کاهش میزان تخریب غشاء در این ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های حساس شده است. بنابراین میزان تخریب غشاء در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معمولاً کمتر از ژنوتیپ‌های حساس است (Fu & Hang, 2001). کاهش ضریب پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی در گیاهان دیگر از جمله گندم، زیتون و *Medicago truncatula* نیز گزارش شده است (Bayoumi et al., 2008; Nunes et al., 2008; Guerfel et al., 2008).

شناسایی و درک مکانیسم‌های مؤثر در بهبود تحمل به خشکی، می‌تواند نقش مؤثری در گزینش ژنوتیپ‌ها ایجاد نماید (Parameshwarappa & Salimath, 2008). در این تحقیق سعی شده است با ارزیابی و سنجش واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی نخود و همچنین بررسی روابط موجود بین صفات، خصوصیت‌های) مطرح در تحمل و یا حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌ها مورد بررسی قرار گیرد و مجموعه صفات احتمالی مؤثر در تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه معرفی گردند.

کاهش تبخیر و تعرق، مکانیسم‌های مهم اجتناب از خشکی هستند. در شرایط تنش خشکی، قدرت حفظ آب برگ در ژنوتیپ‌های حساس به خشکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین آب موجود در برگ از طریق تبخیر سطحی و یا تعرق، کاهش یافته و در نتیجه گیاه دچار کم‌آبی می‌شود (Beck et al., 2007). بنابراین می‌توان گفت که تفاوت ژنوتیپ‌های مختلف از نظر میزان نسبی آب برگ، به تفاوت آن‌ها در میزان جذب آب از خاک و همچنین توانایی آن‌ها در افزایش کارایی سیستم ریشه‌ای و قدرت کنترل هدرروی آب از طریق روزه‌ها مربوط می‌شود (Farooq et al., 2009). در گیاهان ذرت، سویا و گندم، میزان نسبی آب برگ به‌عنوان نشانگر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی شده است (Helal Figueiredo et al., 2001, Galle et Samir, 2008 & al., 2002). در این گیاهان، همبستگی مثبتی میان میزان نسبی آب برگ و میزان مواد محلول و متابولیت‌ها وجود داشته است. بنابراین بالاتر بودن میزان نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی، به‌همراه بیشتر بودن مواد محلول و متابولیت‌ها سبب افزایش تحمل این گیاهان به تنش خشکی شده است (Guerfel et al., 2008).

افزایش فلوئورسانس کلروفیل و کاهش کارایی فتوسیستم II یکی دیگر از پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی است (Ahmed et al., 2002). کاهش کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده کاهش میزان انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I است (Zlatev & Yordanov, 2004). نتایج حاصل از چندین بررسی نشان داده است که کمپلکس آزادکننده اکسیژن و مراکز واکنش فتوسیستم II تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و تخریب می‌شود. برخی از این تخریب‌ها به پروتئین D1 برمی‌گردد که در ساختمان فتوسیستم II قرار دارد (Ahmed et al., 2002). کاهش کارایی فتوسیستم II در شرایط تنش خشکی، در لوبیا و آفتاب‌گردان نیز گزارش شده است (Kiani et al., 2008; Zlatev & Yordanov, 2004, Dulai et al., 2006 & al.). کمبود آب و بسته شدن روزه‌ها منجر به ممانعت فتوسنتز می‌شود. در این شرایط، حفظ توان فتوسنتزی گیاه، اهمیت زیادی در مقاومت به تنش خشکی دارد. استفاده از ظرفیت فتوسنتزی و فلوئورسانس کلروفیل به‌عنوان روشی ساده برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی ذرت، معرفی شده است (Ashraf et al., 2007).

تنظیم اسمزی در گیاهان در پاسخ به تنش به‌واسطه تجمع متابولیت‌هایی مانند گلیسین‌بتائین، پرولین و مانیتول حاصل می‌شود (Evazi et al., 2007). این متابولیت‌ها به‌دلیل

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی نخود در شرایط تنش خشکی با ۱۴ ژنوتیپ، شامل دو رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) و کرج (MCC۳۵۸)، سه ژنوتیپ کابلی و دسی متحمل به خشکی به ترتیب شامل MCC۳۹۲، MCC۵۳۷، MCC۶۹۶ و MCC۸۷۳، MCC۸۷۰، MCC۱۰ و MCC۴۵، MCC۳۹ و MCC۷۷۴، MCC۵۸۸، MCC۷۵۹ و MCC۱۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در شرایط دیم انجام شد. عملیات کاشت در نیمه اول فروردین ماه ۱۳۸۸ در زمینی که از قبل برای این منظور آماده شده بود انجام شد.

در مرحله گلدهی، میزان کارایی فتوسیستم II ژنوتیپ‌ها به وسیله دستگاه کلروفیل فلورومتر اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری میزان کارایی فتوسیستم II، ابتدا سطح برگ‌های جوان توسعه‌یافته با قرار گرفتن گیره بر روی آن‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط تاریکی قرار گرفت و سپس با اتصال رابط دستگاه به برگ و تنظیم دستگاه، کارایی فتوسیستم II، به وسیله دستگاه کلروفیل فلورومتر مدل OS5-FI اندازه‌گیری شد. برای سنجش کارایی فتوسیستم II، نسبت F_v (تفاوت حداکثر فلئورسانس با حداقل فلئورسانس $[F_m - F_0]$) به F_m (حداکثر فلئورسانس) توسط دستگاه اندازه‌گیری شد. کارایی فلئورسانس در غیاب نور فتوسنتزی است که همان حداقل فلئورسانس است که با استفاده از یک نور ضعیف ($0.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) اندازه‌گیری شد. F_m (حداکثر فلئورسانس) با استفاده از یک نور اشباع ($8000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) به مدت ۰/۸ ثانیه اندازه‌گیری شد (Maxwell et al., 2000).

پتانسیل آب برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ (ARIMAD 3000) سنجش گردید. برای سنجش شاخص پایداری غشاء، از روش Permachandra et al. (1990) استفاده شد. ابتدا لوله‌های آزمایش که حاوی ۱۰ سی‌سی آب دیونیزه و ۰/۱ گرم برگ بودند، به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سری دوم لوله‌های آزمایش که حاوی ۱۰ سی‌سی آب دیونیزه و ۰/۱ گرم برگ بودند، به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از آن، همه لوله‌های آزمایش جهت کاهش دما و رسیدن به دمای محیط در یخچال گذاشته شدند و پس از تعدیل دما، میزان نشت الکترولیت آن‌ها با

دستگاه EC متر خوانده شده و طبق معادله مقابل میزان MSI آن‌ها سنجیده شد.

معادله (۱):

$$MSI = 1 - \frac{EC_{40}}{EC_{100}}$$

جهت سنجش میزان آب نسبی برگ طبق روش Barr & Weatherley (1962)، ابتدا یک برگ از هر گیاه جدا و وزن تر آن اندازه‌گیری شد. سپس همان برگ در پتری‌دیش حاوی آب مقطر غوطه‌ور شد. پس از ۱۶ ساعت، برگ‌ها از آب خارج شده و به وسیله دستمال کاغذی خشک شده و توزین شدند. سپس برای تعیین وزن خشک، برگ‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و پس از آن، توزین شدند. مقدار نسبی آب برگ طبق معادله (۲) محاسبه گردید.

معادله (۲):

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

که در آن، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت آماس کامل است.

سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی گیاهان جهت اندازه‌گیری وزن خشک گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از آن با ترازوی دیجیتال توزین شد. جهت انجام سنجش‌های بیوشیمیایی، وزن تر هر برگ اندازه‌گیری شد و سپس برگ‌ها در بسته‌بندی‌های مشخص در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مراحل بعدی، برگ‌ها جهت سنجش میزان پروتئین، پروتئین کل محلول برگی و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، از فریزر خارج شده و مورد استفاده قرار گرفتند.

برای استخراج و سنجش پروتئین از روش Bates et al. (1973) استفاده شد. بدین منظور ۰/۲ گرم از بافت برگ در ۴ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک آبدار (W/V) ۳ درصد کاملاً سائیده شد تا همگن شود. سپس همگنای حاصل توسط کاغذ صافی واتمن نمرة ۲، صاف و از محلول حاصل برای سنجش پروتئین استفاده گردید. میزان ۲ میلی‌لیتر از همگن با ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لوله آزمایش مخلوط شدند. لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس بلافاصله نمونه‌ها به ظرف حاوی یخ منتقل شدند تا واکنش خاتمه یابد و سپس به دمای اتاق منتقل شدند. سپس به محتویات داخل لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولون افزوده و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط شدند. این عمل موجب دوفاز شدن

فاز تولوئن رنگی حاوی پرولین در بالا و فاز آبی شفاف در پایین) محتویات لوله شد. پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری محلول فوقانی در ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن به عنوان شاهد خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت

پرولین در محلول محاسبه شد. در نهایت مقدار پرولین بر اساس میکرومول در گرم وزن تر نمونه گیاهی مطابق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{معادله (۳)} = \left(\frac{\mu\text{g prolin}}{\text{ml}} \times \frac{\text{ml toloen}}{115.5 \left(\frac{\mu\text{g}}{\mu\text{mol}} \right)} \right) \div \frac{\text{gr sample}}{5} = \text{میکرومول پرولین در گرم وزن تر برگ}$$

جهت سنجش میزان کل پروتئین محلول برگ، ابتدا عصاره‌گیری برگ‌ها به وسیله بافر فسفات پتاسیم انجام و سپس میزان کل پروتئین محلول برگ به روش (Lowry 1951) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش (Chandlee & Scandalios 1984) استفاده شد. ابتدا ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۰۵ مولار (با pH = ۷) و ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد در حمام یخ با یکدیگر مخلوط شدند و بلافاصله ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳ تا ۴ دقیقه بررسی شد. فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی، مشاهدات به وسیله نرم‌افزار JMP تجزیه واریانس شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن به وسیله نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

دامنه ارتفاع گیاه از ۱۷/۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ متحمل دسی (MCC۸۷۰) تا ۵/۰ سانتی‌متر در ژنوتیپ حساس کابلی (MCC۵۸۸) متغیر بود. ژنوتیپ‌های MCC۸۷۰ و MCC۴۵ در گروه ژنوتیپ‌های پابند و ژنوتیپ‌های MCC۸۷۳، MCC۷۵۹، MCC۵۸۸ و MCC۱۰۱ که کمتر از ۱۰ سانتی‌متر ارتفاع داشتند در گروه ژنوتیپ‌های پاکوتاه قرار گرفتند. در این ارتباط، تفاوت‌های معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه بین این دو گروه وجود داشت، ولی اختلاف ژنوتیپ‌های فوق با سایر ژنوتیپ‌ها (MCC۳۶۱، MCC۳۵۸، MCC۳۹۲، MCC۵۳۷، MCC۶۹۶، MCC۱۰، MCC۷۷۴ و MCC۳۹) از این حیث معنی‌دار نبود (جدول ۱). ارتفاع گیاه، یک صفت ژنتیکی است،

سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی

به‌طور کلی، ژنوتیپ‌ها از نظر سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مشابه نتایج ارتفاع گیاه، در مورد سطح برگ، بیشترین (۱۵/۸۳ مترمربع) و کمترین میزان (۵/۶۳ مترمربع)، به ترتیب به ژنوتیپ متحمل دسی (MCC۸۷۰) و ژنوتیپ حساس کابلی (MCC۵۸۸) که از این حیث تفاوت معنی‌داری داشتند، تعلق داشت. بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی نیز به ترتیب به ژنوتیپ‌های متحمل کابلی (MCC۵۳۷) و حساس کابلی (MCC۵۸۸) اختصاص یافت. ژنوتیپ‌های متحمل MCC۳۹۲، MCC۸۷۳، MCC۷۰ و ژنوتیپ حساس MCC۴۵، از سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها

مقدار نسبی آب برگ

حفظ آب برگ و کاهش میزان تبخیر و تعرق یکی از مکانیسم‌های مهم اجتناب از خشکی است (Beck *et al.*, 2007). ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مکانیسم‌هایی برای حفظ آب برگ و جلوگیری از هدر رفتن آن دارند. یکی از این مکانیسم‌ها کاهش سطح برگ، جهت کاهش میزان تبخیر سطحی و تعرق و همچنین بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی است (Bray, 1997).

در بررسی حاضر، تفاوت معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار نسبی آب برگ وجود نداشت (جدول ۱). با این حال ژنوتیپ‌های MCC۸۷۳، MCC۵۸۸ و MCC۶۹۶ و رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) مقدار نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. کمترین مقدار نسبی آب برگ به ژنوتیپ حساس دسی (MCC۱۰۱) اختصاص یافت (جدول ۱). نتایج این بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی هر دو تیپ دسی و کابلی تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار نسبی آب برگ با یکدیگر نداشتند، بنابراین به نظر می‌رسد مقدار نسبی آب برگ نیز نمی‌تواند معیار مناسبی برای پاسخ گیاهان نخود به تنش در شرایط مزرعه باشد و لذا نمی‌توان از آن به عنوان شاخص مناسبی جهت تعیین میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود استفاده نمود. از طرفی همبستگی معنی‌داری بین سطح برگ و مقدار نسبی آب برگ نیز در ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود نداشت. بنابراین براساس نتایج حاصل می‌توان گفت که در ژنوتیپ‌های نخود، کاهش سطح برگ، نقش چندانی در حفظ آب درون برگ در شرایط خشکی نداشته و بنابراین نمی‌تواند به عنوان مکانیسم مهمی در پاسخ به تنش خشکی مطرح باشد.

پتانسیل آب برگ

پتانسیل آب برگ در ژنوتیپ‌های متحمل دسی MCC۸۷۳ و MCC۸۷۰ به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس دسی MCC۴۵ و MCC۳۹ بود. سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر پتانسیل آب برگ با یکدیگر نداشتند (جدول ۱). با این حال، پتانسیل آب برگ در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بالاتر از ژنوتیپ‌های حساس بود. رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) نیز از پتانسیل آب برگ بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برخوردار بود، در حالی که رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) همانند ژنوتیپ‌های حساس به خشکی رفتار نموده و پتانسیل آب برگ پایین‌تری را نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل به خود اختصاص داد (جدول ۱). بالاتر بودن پتانسیل آب برگ در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی، دلیلی بر توانایی

برخوردار بودن، ولی تفاوت‌های موجود معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج فوق مؤید این است که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی هر دو تیپ دسی و کابلی، هم در گروه ژنوتیپ‌های با سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی بالا و هم در گروه ژنوتیپ‌های با سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی پایین قرار می‌گیرند و در این ارتباط، روند مناسبی قابل مشاهده نیست. این موضوع برای ژنوتیپ‌های حساس به خشکی نیز صادق است؛ بنابراین به نظر می‌رسد معیارهای سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی و تغییرات آن‌ها در گیاه نمی‌توانند معیارهای مناسبی برای پاسخ گیاهان به تنش باشند و لذا نمی‌توان از آن‌ها به عنوان معیارهای مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و یا حساس به خشکی استفاده نمود. در یک آزمایش، (Ganjeali *et al.*, 2011) تفاوت‌های معنی‌داری را میان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از نظر تغییرات سطح برگ در واکنش به تنش خشکی گزارش کردند. این نتایج، ناکارآمد بودن معیار سطح برگ را برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مجدداً تأیید می‌کند.

ضریب پایداری غشاء

در این بررسی، تفاوت معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها از نظر ضریب پایداری غشاء وجود نداشت (جدول ۱). با این حال بیشترین ضریب پایداری غشاء به رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) و کمترین آن نیز به ژنوتیپ‌های حساس دسی (MCC۳۹ و MCC۱۰۱) اختصاص یافت (جدول ۱). نتایج این بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی هر دو تیپ دسی و کابلی، تفاوت معنی‌داری از نظر ضریب پایداری غشاء با یکدیگر نداشتند، بنابراین به نظر می‌رسد ضریب پایداری غشاء نیز نمی‌تواند معیار مناسبی برای پاسخ گیاهان نخود به تنش در شرایط مزرعه باشد و لذا نمی‌توان از این صفت برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و یا حساس به خشکی نخود استفاده نمود.

افزایش تولید مواد تخریب‌کننده غشاء از جمله پراکسید هیدروژن در شرایط تنش خشکی، سبب کاهش پایداری غشاء می‌گردد. بنابراین گیاهانی که قادر به حذف یا کاهش میزان تولید این ترکیبات در شرایط تنش خشکی باشند، می‌توانند میزان پایداری غشاء خود را در حد مطلوبی حفظ و از تخریب آن جلوگیری نمایند. بنابراین انتظار می‌رود میزان تخریب غشاء در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی کمتر از ژنوتیپ‌های حساس باشد (Fu & Hang, 2001).

مناسبی جهت به‌گزینی ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش خشکی است.

پروتئین کل محلول برگ

در بررسی حاضر، تعدادی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میزان پروتئین کل محلول برگ، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. بیشترین میزان پروتئین کل محلول برگ به رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) و ژنوتیپ متحمل دسی (MCC۸۷۰) و کمترین آن به رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) و ژنوتیپ حساس دسی (MCC۴۵) اختصاص داشت. تفاوت معنی‌داری میان این دو گروه از این حیث وجود داشت، درحالی‌که سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از این لحاظ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۱).

در تنش‌های غیرزنده از قبیل تنش خشکی، شوری، گرما و سرما، بیان بعضی از پروتئین‌ها در گیاه افزایش می‌یابد. این پروتئین‌ها در ایجاد سازگاری با شرایط تنش، ایفای نقش می‌کنند. علاوه بر آن، پروتئین‌ها در شرایط تنش شوری و خشکی در سازگاری اسمزی گیاه نیز نقش مهمی ایفا می‌نمایند (Ashraf & Harris, 2004). افزایش میزان پروتئین‌های محلول در شرایط تنش در گیاه (*Lycopersicon esculentum* Mill) توسط (Amini & Ehsanpour, 2005) نیز گزارش شده است. ایشان گزارش نمودند که میزان پروتئین‌های محلول برگ در ارقام متحمل به تنش، بالاتر از میزان آن در ارقام حساس به تنش بود. (Najaphy et al., 2010) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی، افزایش ۴۳ درصدی میزان پروتئین در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش را گزارش نمودند.

پرویلین

در این بررسی میزان پرویلین در ژنوتیپ متحمل کابلی MCC۳۹۲ به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشتر بود. کمترین میزان پرویلین نیز به ژنوتیپ حساس کابلی MCC۷۷۴ و ژنوتیپ‌های حساس دسی MCC۴۵ و MCC۳۹ اختصاص داشت. رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) و ژنوتیپ متحمل کابلی MCC۵۳۷ پس از ژنوتیپ MCC۳۹۲ بیشترین میزان پرویلین را به‌خود اختصاص داده و میزان پرویلین آن‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC۷۷۴، MCC۳۹ و MCC۴۵ بود. سایر ژنوتیپ‌ها از نظر میزان پرویلین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۱). با این حال، نتایج حاصل از این بررسی نشان‌دهنده بالاتر بودن میزان پرویلین در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بود. بنابراین احتمالاً بتوان پرویلین را نیز

حفظ آب و کاهش از دست‌دادن آب در این گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌باشد. تغییر پتانسیل آب برگ در شرایط تنش خشکی در گیاهان دیگر از جمله گندم، نخود و *Arachis hypogaea* نیز گزارش شده است (Bayoumi et al., 2008; Gunes et al., 2006).

کارایی فتوسیستم II

بیشترین میزان کارایی فتوسیستم II به ژنوتیپ کابلی متحمل MCC۳۹۲ و کمترین میزان آن به ژنوتیپ کابلی حساس MCC۵۸۸ اختصاص داشت. سایر ژنوتیپ‌های متحمل کابلی (MCC۶۹۶ و MCC۵۳۷) و ژنوتیپ‌های متحمل دسی MCC۸۷۳ و MCC۱۰ و همچنین رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) نیز از میزان کارایی فتوسیستم II بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برخوردار بودند (جدول ۱).

کاهش نسبت Fv/Fm که نشان‌دهنده کاهش کارایی فتوسیستم II است، به‌دلیل کاهش انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Lu & Zhang, 1998). نتایج حاصل از بررسی‌ها، مؤید این مطلب است که کمپلکس آزادکننده اکسیژن فتوسیستم II و مراکز واکنش فتوسیستم II تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و تخریب می‌شوند. اثر تخریبی تنش خشکی بر پروتئین D1 که در ساختمان فتوسیستم II قرار دارد نیز گزارش شده است (Zlatev & Yordanov, 2004; Redy et al., 2003). سایر محققان نیز گزارش نمودند که همبستگی معنی‌داری بین میزان فلئوئورسانس کلروفیل و پتانسیل رشد ریشه و اندام هوایی گیاه، میزان تبادل گازهای تنفسی، ضریب ثبات غشاء و پتانسیل آب برگ وجود دارد و در نتیجه، افزایش میزان فلئوئورسانس کلروفیل و متعاقباً کاهش میزان کارایی فتوسیستم II در شرایط تنش، سبب کاهش اسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن و همچنین کاهش رشد گیاه می‌گردد (Zlatev & Yordanov, 2004). با توجه به تفاوت آشکار ژنوتیپ‌های متحمل و حساس از نظر میزان کارایی فتوسیستم II، می‌توان کارایی فتوسیستم II را معیاری مناسب جهت تعیین میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل دانست. در بررسی‌های قبلی نیز که بر روی ژنوتیپ‌های نخود انجام شده است، استفاده از کارایی فتوسیستم II به‌عنوان شاخصی مؤثر در تعیین میزان تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (et al., 2011; Rahbarian, 2007). Ashraf et al., (2007) نیز در بررسی اثرات تنش خشکی بر روی ژنوتیپ‌های ذرت به این نتیجه رسیدند که استفاده از نسبت Fv/Fm و ظرفیت فتوسنتزی، معیار

به‌عنوان معیار مناسبی جهت ارزیابی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود معرفی نمود.

افزایش پرولین در شرایط تنش خشکی، به‌عنوان یکی از پاسخ‌های دفاعی گیاه به تنش خشکی مطرح است. تجمع زیاد پرولین در سلول‌های تحت تنش، سبب محافظت از سلول در شرایط تنش و همچنین جلوگیری از ایجاد سمیت در سلول می‌شود (Tawfik et al., 2008). پرولین همچنین در حفظ ساختار غشاء، ایجاد سازگاری اسمزی و حفظ ساختار آنزیم‌ها در سلول، ایفای نقش می‌کند (Ashraf & Iram, 2005). تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی در بقولات نیز گزارش شده است (Ashraf & Iram, 2005). بالاتر بودن میزان پرولین در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی ذرت نسبت به ژنوتیپ‌های حساس نیز گزارش شده است (Helal & Samir, 2008). نتایج یک تحقیق در ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط تنش خشکی، مؤید افزایش میزان پرولین بود (Najaphy et al., 2010).

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ متحمل کابلی MCC۵۳۷ و ژنوتیپ متحمل دسی MCC۸۷۰ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. ژنوتیپ‌های حساس کابلی MCC۵۸۸، MCC۷۵۹، MCC۷۷۴ و حساس دسی MCC۳۹، MCC۴۵ و MCC۱۰۱ نیز کمترین میزان فعالیت کاتالازی را به‌خود اختصاص دادند. به‌طور کلی در این بررسی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ‌های متحمل کابلی و دسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس بود (جدول ۱). رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) نیز از فعالیت کاتالازی بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برخوردار بود، درحالی‌که رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) همانند ژنوتیپ‌های حساس به خشکی رفتار نموده و فعالیت کاتالازی پایین‌تری را نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل به خود اختصاص داد (جدول ۱).

کاتالاز به‌عنوان یک آنزیم آنتی‌اکسیدانی عمل کرده و در حذف و روبندگی پراکسید هیدروژن تولیدشده در پراکسیزوم‌ها و کاهش اثرات تخریبی گونه‌های اکسیژن فعال نقش مهمی برعهده دارد (Simova Stoilova et al., 2008; Niknam et al., 2006). در یک آزمایش که اثرات تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دو واریته کنجد (*Sesamum indicum*) مورد بررسی قرار گرفت، بررسی‌ها حاکی از افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در هر دو واریته در شرایط تنش بود، با این تفاوت که واریته متحمل به تنش، از فعالیت کاتالازی بیشتری

در شرایط تنش نسبت به واریته حساس برخوردار بود. ایشان فعالیت بیشتر کاتالاز در شرایط تنش و در واریته متحمل را دلیلی بر توانایی بیشتر این واریته در روبندگی گونه‌های اکسیژن فعال و توانایی آن در تحمل شرایط تنش ذکر نمودند (Koca et al., 2007). Hallal & Samir (2008) نیز گزارش نمودند که افزایش فعالیت کاتالاز، سبب افزایش پتانسیل دفاعی گیاه ذرت در مقابل تنش خشکی شده و میزان تحمل این گیاه به شرایط تنش خشکی را بهبود می‌بخشد. کاهش اثرات تخریبی تنش خشکی از طریق افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه لوبیا نیز گزارش شده است (Ahmed et al., 2002).

بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، انتظار می‌رود با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیکی پتانسیل آب برگ، کارایی فتوسیستم II و همچنین شاخص‌های بیوشیمیایی پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز، بتوان به‌گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود پرداخت. بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده، احتمالاً رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی برخوردار است، زیرا این رقم در حفظ آب درون‌برگی در شرایط تنش خشکی موفقیت چندانی نداشت و لذا میزان پتانسیل آب برگ و مقدار نسبی آب برگ آن در شرایط تنش خشکی به‌شدت کاهش یافت. تولید پرولین نیز که به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر خشکی محسوب می‌شود، در این ژنوتیپ افزایش چندانی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نداشت. با توجه به فعالیت بسیار کم آنزیم کاتالاز در این ژنوتیپ، عملکرد ضعیف سیستم آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به خشکی در این ژنوتیپ، کاملاً محسوس است. با توجه به نتایج فوق و این‌که شاخص‌های تحمل تنش از قبیل میزان پرولین، کارایی فتوسیستم II، پتانسیل آب برگ و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم تجاری جم (MCC۳۶۱) نسبت به ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در سطح پایین‌تری قرار دارند، این رقم برای کشت در مناطقی که در معرض تنش خشکی قرار دارند، مناسب نیست. البته برای اطمینان بیشتر از نتایج ارزیابی‌های فوق، بررسی عملکرد این رقم در شرایط تنش خشکی و مقایسه آن با سایر ژنوتیپ‌های متحمل، ضروری به‌نظر می‌رسد.

رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) در شرایط تنش خشکی با استفاده از مکانیسم‌های تحمل خشکی از قبیل افزایش میزان پرولین و پروتئین محلول برگ‌ها جهت تنظیم اسمزی سلول‌ها، مقدار نسبی آب برگ خود را در حد مناسبی حفظ نمود. این رقم با استفاده از سیستم آنتی‌اکسیدانی (آنزیم کاتالاز و سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) اثرات تخریبی گونه‌های فعال اکسیژن را به حداقل رسانده و در نتیجه کارایی فتوسیستم II بالایی در

شرایط تنش خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های حساس مورد بررسی داشت. بنابراین رقم تجاری کرج (MCC۳۵۸) را می‌توان به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی نمود. در یک آزمایش بر روی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه، رقم کرج به‌عنوان یک رقم متحمل به تنش معرفی شده است (Ganjeali *et al.*, 2009). نتایج بررسی حاضر نیز مؤید نتایج فوق می‌باشد.

در بررسی میزان همبستگی صفات با یکدیگر مشخص شد که میزان پروتئین کل محلول برگی همبستگی مثبت و معنی‌داری با میزان پرولین داشت ($r=0/41$) (جدول ۲). وجود این همبستگی مثبت و معنی‌دار، نشان‌دهنده نقش مشترک این دو شاخص در ایجاد و حفظ سازگاری اسمزی در سلول‌ها در

شرایط تنش خشکی می‌باشد. همچنین در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نیز همبستگی معنی‌داری با میزان وزن خشک اندام هوایی ($r=0/39$) و سطح برگ ($r=0/41$) داشت (جدول ۲). بنابراین می‌توان گفت که رشد بهتر گیاه در شرایط تنش خشکی مستلزم وجود مکانیسم‌های دفاعی از جمله سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی و اسمولیت‌هایی نظیر پرولین جهت به‌حداقل‌رساندن اثرات تخریبی ناشی از تنش می‌باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و شاخص‌های مورفولوژیکی رشد (وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ) مؤید این مطلب می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین کاتالاز، پتانسیل آب برگ، ضریب پایداری غشاء، مقدار نسبی آب برگ، پروتئین، پرولین، طول ساقه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و کارآیی فتوسنتز II در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی در مزرعه

Table 1. Mean of Catalase, leaf water potential, MSI, RWC, protein, prolin, shoot height, plant dry weight, leaf area and Fv/Fm in chickpea genotypes under drought stress in field conditions

ژنوتیپ نخود Chickpea genotype	کارآیی فتوسنتز II Fv/Fm	سطح برگ Leaf area (m ²)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	طول ساقه Shoot height (cm)	پرولین Prolin (μ mol g FW ⁻¹)	پروتئین Protein (mg.g DW ⁻¹)	مقدار نسبی آب برگ (درصد) RWC	ضریب پایداری غشاء (درصد) MSI (%)	پتانسیل آب برگ (بار) Leaf water potential (Bar)	کاتالاز Catalase $\Delta A \text{ min}^{-1} \cdot \text{mg}$ protein^{-1}
MCC361	0.49cd	6.22ab	3.1ab	10cde	1.3bc	0.8c	0.61a	59a	-19.96 ab	0.39e
MCC358	0.63abc	7.72ab	3.17ab	13bcd	4.5b	1.4a	0.79a	72a	-17.76ab	2.0d
MCC392	0.82a	15.17ab	5.1ab	11.6bcde	8.5a	1.2abc	0.69a	55a	-16.25ab	2.39cd
MCC537	0.65abc	8.20ab	6.3a	13.0bcd	3.9bc	1.2abc	0.7a	68a	-17.31ab	9.58a
MCC696	0.65abc	6.22ab	3.7ab	11.7bcde	2.0bc	1.0abc	0.79a	63a	-17.51ab	3.09cd
MCC873	0.63abc	10.75ab	5.1ab	7.3de	1.9bc	1.0abc	0.74a	54a	-16.66b	3.92c
MCC870	0.54bc	15.83a	4.89ab	17.8ab	1.9bc	1.4a	0.61a	67a	-16.00b	8.15b
MCC10	0.7ab	6.47ab	3.17ab	11.6bcde	3.0bc	1.1abc	0.62a	62a	-17.96ab	3.5cd
MCC759	0.52c	8.66ab	3.27ab	7.8cde	1.2bc	1.2abc	0.61a	67a	-20.11ab	0.5e
MCC588	0.21d	5.63b	2.35b	5.0e	1.1bc	1.3ab	0.72a	69a	-18.33ab	0.28e
MCC774	0.42cd	9.45ab	4.06ab	12.9bcd	0.8c	1.2abc	0.69a	56a	-19.23ab	0.49e
MCC39	0.44cd	9.07ab	3.67ab	11.3bcde	0.6c	1.3ab	0.63a	48a	-22.41a	0.55e
MCC45	0.23d	11.61ab	4.72ab	14.5bc	0.7c	0.9bc	0.64a	56a	-21.11a	0.007e
MCC101	0.47cd	9.59ab	3.83ab	9.6cde	1.3bc	1.3ab	0.58a	45a	-19.86ab	0.003e

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

Values with the same letter within a column are not significantly different ($p \leq 0.05$).

جدول ۲- ضریب همبستگی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی در مزرعه

Table 2. Correlation of traits in chickpea genotypes under drought stress in the field condition

Catalase ($\Delta A \text{ min}^{-1} \text{mg protein}^{-1}$)	Fresh weight (g)	Water potential (Bar)	RWC (%)	Leaf area (m^2)	High shoot (cm)	Prolin ($\mu \text{mol g FW}^{-1}$)	Dry weight (g)	MSI (%)	Protein (mg g DW^{-1})	Fv/Fm
										1.00 Fv/Fm
									1.00	0.25 Protein
								1.00	0.23	0.07 MSI
							1.00	0.10	0.05	0.28 Dry weight
						1.00	0.17	0.06	0.41**	0.14 Prolin
					1.00	0.21	0.34*	0.05	0.10	0.44* High shoot
				1.00	0.28	0.17	0.94**	0.10	0.06	0.30 Leaf area
			1.00	0.20	0.05	0.01	0.2	0.17	0.05	0.13 RWC
		1.00	0.14	0.20	0.02	0.24	0.14	0.14	0.08	0.08 Water potential
	1.00	0.24	0.20	0.30*	0.49**	0.12	0.2	0.24	0.04	0.23 Fresh weight
1.00	0.14	0.28	0.08	0.41**	0.10	0.22	0.39**	0.08	0.03	0.04 Catalase

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده وجود همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

*,** show significance in 5% and 1% level respectively.

منابع

- 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.
- Amini, F., and Ehsanpour, A. 2005. Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na^+ / K^+ changes in two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under in vitro salt stress. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 1: 212-216.
- Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, *Plant Sci.* 166: 3-16.
- Ashraf, M., and Iram, A. 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora* 200: 535-546.
- Ashraf, M., Nawazish, S.H., and Athar, H. 2007. Are chlorophyll fluorescence and photosynthetic capacity potential physiological determinants of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.)? *Pak. J. Bot.* 39: 1123-1131.
- Auld, D.L., Bettis, B.L. Crock, J.E., and Kephart, K.D. 1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence, and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agron. J.* 80: 909-914.
- Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Mashhad Jahad Daneshgahi Publishers (In Persian).
- Barr, H.D., and Weatherley, P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biological Science* 15: 413-428.
- Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil Environ.* 39: 205-207.
- Bayoumi, T.Y., Eid, M., & 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.

11. Beck, E., Fetting, S., Knake, C., Hartig, K., and Bhattarai, T. 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. *J. Biosci.* 32: 501-510.
12. Bray, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science* 2: 48-54.
13. Chandlee, J.M., and Scandalios, J.G. 1984. Analysis of variants affecting the catalase development program in Maize *scutellum*. *Theor. Appl. Genet.* 69: 71-77.
14. Dulai, S., Molnar, I., Pronay, J., Csernak, A., Tarnai, R., and Molnar-Lang, 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.
15. Eivazi, A., Talat, F., Saeed, A., and Ranji, H. 2007. Selection for osmoregulation gene to improve grain yield of wheat genotype under osmotic stress. *Pakistan Journal of Biological Science* 10: 3703-3707.
16. 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.
17. Figueiredo, M., Bezerra, E., and Burity, H. 2001. Water stress response on the enzymatic activity in cowpea nodules. *Braz. J. Microbiol.* 32: 1-9.
18. Fu, J., and Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environ. Exp. Bot.* 45: 05-114.
19. Galle, A., Csiszar, J., Tari, I., and Erdei, L. 2002. Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. *Acta Biologica Szegedieniensis* 46: 85-86.
20. Ganjeali, A., and Kafi, M. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak. J. Bot.* 39: 1523-1531.
21. 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).
22. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. *Agricultural Water Management* 98: 1477-1484.
23. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., and Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 1: 1-7.
24. Helal, R.M., and Samir, M.A. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Aust. J. Crop Sci.* 1: 31-36.
25. Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, P., Tester, M., and Schnurbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two south Australian bread wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany* 59: 3327-3346.
26. 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.
27. Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F., and Turkan, I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 60: 344-351.
28. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randapp, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 191: 265-275.
29. Maxwell, K., and Giles, N.J. 2000. Chlorophyll fluorescence, a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51: 659-668.
30. Najaphy, A., Niari Khamssi, N., Mostafaie, A., and Mirzaee, H. 2010. Effect of progressive water deficit stress on proline accumulation and protein profiles of leaves in chickpea. *African Journal of Biotechnology* 9: 7033-7036.
31. Niknam, V., Razavi, N., Ebrahimzadeh, H., and Sharifzadeh, B. 2006. Effect of NaCl on biomass proline and protein contents and antioxidant enzymes in seedling and calli of two *Triginella species*. *Biologia Plantarum* 50: 591-596.
32. 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.
33. Parameshwarappa, S.G., and Salimath, P.M. 2008. Field screening of chickpea genotypes for drought resistance. *Karnataka Journal of Agriculture Science* 21: 113-114.
34. Premachandra, G.S., Saneoka, H., and Ogata, S. 1990. Cell membrane stability an indicator of drought tolerance as affected by applied nitrogen in soybean. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 115: 63-66.

35. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri, A., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations, in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Acta abaiologica Cracoviensia 53: 2-9.
36. Simova-Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., Tsenov, N., and Feller, U. 2008. Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. Plant Soil Environment 54: 529-536.
37. Tawfik, K.M. 2008. Effect of water stress in addition to potassiomag application on mungbean. Aust. J. Basic Appl. Sci. 2: 42-52.
38. 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.

Study on drought stress effects on morphological, physiological and biochemical characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under field condition

Ganjeali^{1*}, A., Rahbarian², R., Bagheri³, A. & Malekzadeh-Shafaroudi³, S.

1. Contribution from Department of Biology, College of Sciences, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

2. Contribution from Payame Noor University, ra_rahbarian@yahoo.com

3. Contributions from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

Received: 13 December 2011

Accepted: 13 May 2013

Abstract

In order to evaluate of morphological, physiological and biochemical traits, related to drought tolerance, an experiment was carried out in field condition. In this study two commercial cultivars (MCC361, MCC358), three Kabuli and three Deci type of tolerant genotypes (MCC392, MCC537, MCC696, MCC873, MCC870, MCC10,) and three Kabuli and three Deci type of susceptible genotypes (MCC759, MCC588, MCC774, MCC45, MCC39, MCC101) were grown in Ferdowsi University of Mashhad research field. These genotypes were compared in shoot length, dry weight, leaf area, Fv/Fm, leaf water potential, prolin and protein content and catalase activity in the flowering stage. There was a significant positive correlation between prolin and protein content. Catalase activity also had significant positive correlation with dry weight and leaf area. Susceptible genotypes had lower Fv/Fm, leaf water potential, prolin content and catalase activity than tolerant genotypes. Accordingly, Fv/Fm, leaf water potential, prolin content and catalase activity were introduced as suitable markers for identification of drought tolerant genotypes. Commercial cultivar (MCC358) was introduced as a tolerant genotype because of higher Fv/Fm, leaf water potential, prolin content and catalase activity as compared to susceptible genotypes under drought stress.

Key words: Catalase, Chickpea, Drought stress, Fv/Fm, Prolin

*Corresponding Author: ganjeali@um.ac.ir, Mobile: 09153057645

بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و فلونورسانس کلروفیل گیاهچه‌های لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

معصومه سادات راستی ثانی^{۱*}، مهرداد لاهوتی^۲ و علی گنجعلی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی (استاد) گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی (دانشیار) گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۰۴

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا است. به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا، آزمایشی با دو رقم لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) (درخشان و گلی) در چهار تیمار تنش خشکی شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و شاهد ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که صفات مورفولوژیک مورد بررسی از قبیل ارتفاع گیاه، سطح برگ، سطح ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و نیز وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت ($p \leq 0.01$). همچنین نتایج نشان داد که صفات فیزیولوژیک بررسی‌شده از قبیل محتوای آب نسبی برگ (RWC)، شاخص پایداری غشاء (MSI)، میزان کارایی فتوسنتسم II (Fv/Fm) و عملکرد کوانتومی فتوسنتز (Y) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافتند ($p \leq 0.01$)؛ ولی مقاومت روزه‌ای و شاخص کلروفیل (SPAD) در گیاهچه‌های لوبیا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p \leq 0.01$). میزان افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی رقم درخشان در تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد بیشتر از گلی بود. مقادیر RWC، MSI و Fv/Fm در تنش شدید نسبت به شاهد در رقم گلی کاهش بیشتری از درخشان نشان داد. نتایج این بررسی نشان داد که رقم درخشان احتمالاً از طریق بکارگیری مکانیسم‌های مختلف تحمل به خشکی نسبت به رقم گلی تا حدی کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. اغلب صفات فیزیولوژیک رقم درخشان، در سطح خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، صفات مورفولوژی و فیزیولوژی، فلونورسانس کلروفیل، لوبیا

مقدمه

حبوبات با داشتن حدود ۲۵ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان دارند. حبوبات در ایران پس از گندم و برنج، مهم‌ترین محصولات هستند. از آنجا که حدود دوسوم زمین‌های زیرکشت ایران در مناطق نیمه‌خشک و نیم‌خشک قرار دارند، لذا تهیه ارقام با مقاومت بالا به تنش‌های خشکی، یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی است. از طرف دیگر، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌عنوان تأمین‌کننده پروتئین گیاهی در کشورهای در حال رشد و نیز در کشورهای پیشرفته به‌عنوان مکمل غذایی، مصرف زیادی دارد (Ebrahimi et al., 2010; Majnon Hoseini, 1996). تنش خشکی، از عوامل اصلی کاهش محصول در سراسر جهان است و میانگین کاهش محصول ناشی از تنش خشکی در نقاط

مختلف دنیا بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است (Zlatev & Yordanov, 2004). کشور ما دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است و کمبود آب، یکی از مشکلات اساسی کشاورزی ایران است؛ لذا وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. واکنش گیاهان مختلف و حتی رقم‌های مختلف نسبت به تنش خشکی متفاوت است (Zabet et al., 2003).

تنش خشکی از طریق کاهش محتوای آب، فشار آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی و بسته‌شدن روزه‌ها بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان مؤثر واقع می‌شود. رشد گیاه وابسته به تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن آن است و تمام این حوادث تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. در شرایط تنش خشکی، کاهش ارتفاع بوته ممکن است به کاهش بزرگ‌شدن سلول مربوط بوده و کاهش رشد سلول به پایین‌بودن فشار آماس و همچنین پیری برگ مربوط باشد. سیستم ریشه‌ای گسترده که

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۵۱-۳۸۶۸۶۳۷۰، همراه: ۰۹۳۵۲۳۸۱۳۰۹

m.rastisani@yahoo.com

فیزیولوژی گیاهی گروه زیست‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. هر واحد آزمایشی از یک گلدان به حجم دو لیتر که با نسبت ۳:۱ به ترتیب از ماسه و خاک زراعی پر شده بودند، تشکیل شد. درصد رطوبت خاک از طریق اندازه‌گیری روزانه درصد وزنی رطوبت خاک هر گلدان و اضافه‌نمودن آب مصرفی به آن، تنظیم شد. مدت ۱۰ روز پس از کاشت، سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شد. حدود چهارهفته پس از کاشت، گلدان‌ها تخریب شده و گیاهان به دو بخش ریشه و اندام هوایی تفکیک شدند. تمامی ریشه‌های هر گیاه به‌طور کامل و با حداقل آسیب‌دیدگی، شسته و به‌منظور جلوگیری از پلاسیدگی، بلافاصله به یخچال منتقل شدند. صفاتی مانند مجموع طول ریشه‌ها (TRL)^۲، سطح ریشه (RA)^۳ و وزن خشک ریشه (RDW)^۴، اندازه‌گیری و محاسبه شدند. اندام‌های هوایی و ریشه‌ها نیز پس از اندازه‌گیری سطح برگ (LA)^۵، به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه با ترازوی AND مدل GT-300 با دقت ± 0.01 گرم تعیین شد. اندازه ارتفاع بوته با خط‌کش و سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد. طول و سطح ریشه‌ها نیز برای هر گیاه با یک اسکنر متصل به کامپیوتر، پس از رنگ‌آمیزی، اسکن و با استفاده از نرم‌افزار ROOT EDGE (Root Edge, 1999) تعیین شد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC)^۶ مقدار توزین شده‌ای از برگ دوم هر گیاه قبل از برداشت گیاهان، به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد. پس از خروج از آب، سطح برگ‌ها با دستمال کاغذی خشک و سپس وزن شدند. برگ‌ها در آون ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. محتوای آب نسبی با استفاده از معادله زیر (Bian & Jiang, 2009) محاسبه شد:

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW)$$

در این معادله، RWC محتوای آب نسبی، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است.

برای تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی، ۱/۰ گرم از برگ دوم هر گیاه داخل دو سری لوله آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک سری از لوله‌ها در بن‌ماری

توانایی گیاه را برای مصرف آب افزایش می‌دهد، مکانیزم اساسی سازگاری به خشکی است (Jaleel *et al.*, 2008). یکی از اثرات تنش خشکی، کاهش صفاتی مانند طول ساقه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی است (Ahmed *et al.*, 2002). کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی در لوبیا نیز گزارش شده است (Ashraf & Iram,

خشکی اثرات عمیقی بر رشد، محصول و کیفیت گیاه دارد. اولین اثر ناشی از تنش، ازدست‌دادن آماس است که بر سرعت انبساط سلول و اندازه نهایی سلول اثر می‌گذارد. آماس، فرآیندی بسیار حساس به تنش خشکی است و فقدان آن در اثر تنش، کاهش سرعت رشد، کاهش طول‌شدن ساقه، کاهش گسترش برگ و کاستی از گشودگی روزنه را در پی دارد (Kumar & Purohit, 2001). از پیامدهای دیگر تنش خشکی، تغییر میزان فعالیت فتوسیستم II و همچنین تخریب ساختمان پروتئین D₁ موجود در فتوسیستم II و در نتیجه افزایش فلوئورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی است (Ahmed *et al.*, 2002). اندازه‌گیری فلوئورسانس کلروفیل روشی سریع، دقیق و غیرمخرب است که به‌طور گسترده‌ای در بررسی آسیب ایجادشده در سیستم فتوسنتز گیاه در واکنش به تنش‌های محیطی استفاده می‌شود (Netto *et al.*, 2005). کارایی فتوسیستم II، به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی میزان تحمل گونه‌های مختلف گیاهی به تنش خشکی مطرح است. 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).

با توجه به موارد اشاره شده، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام لوبیا و چگونگی واکنش این ارقام به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام لوبیاقرمز گلی و درخشان، آزمایشی با چهار سطح رطوبتی شامل، شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)^۱، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با دو رقم لوبیاقرمز مذکور انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه

² Total root length (TRL)

³ Root area (RA)

⁴ Root dry weight (RDW)

⁵ Leaf area (LA)

⁶ Relative water content (RWC)

¹ Field capacity (FC)

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.01$) استفاده شد. نمودارهای مربوطه به وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

در این آزمایش ارتفاع گیاه لوبیا به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی ارتفاع گیاه در هر دو رقم نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۱a). بیشترین ارتفاع گیاه در رقم گلی و درخشان مربوط به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۸/۴ و ۲۵/۸ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در هر دو رقم مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود. میزان کاهش ارتفاع گیاه در رقم درخشان در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد ۱۶/۳ و در رقم گلی ۲۶/۲ سانتی‌متر بود. تنش خشکی یک فاکتور محدودکننده و مهم در فاز ابتدایی رشد و استقرار گیاه است. فرایند رشدونمو شامل تقسیم سلول، طول‌شدن سلول‌ها و تمایز است و این مراحل به علت وابستگی آن‌ها به فشار آماش به کمبود آب بسیار حساس هستند (Sikuku *et al.*, 2010). در گیاه سویا طول ساقه در شرایط تنش خشکی کاهش یافت (Jaleel *et al.*, 2009). در تحقیقی بر روی ماش، بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی را مربوط به ارتفاع گیاه و کمترین آسیب را به عملکرد اقتصادی و تعداد دانه در غلاف اعلام کردند. آنها نیز علت کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه تحت تنش خشکی را کاهش تقسیم سلولی و کاهش رشد رویشی گیاه و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه در طی تنش اعلام کردند (Zabet *et al.*, 2003).

۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و سری دیگر لوله‌ها در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از رسیدن دمای لوله‌ها به دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد و سپس شاخص پایداری غشاء از معادله زیر به‌دست آمد (Shanahan *et al.*, 1990).

معادله (۲):

$$MSI = [1 - (C_1/C_2)] \cdot 100$$

در این معادله، C_1 هدایت الکتریکی آب در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و C_2 هدایت الکتریکی آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

برای اندازه‌گیری میزان فلئوئورسانس کلروفیل و میزان کارایی فتوسیستم II، ابتدا سطح برگ‌های جوان توسعه یافته قبل از مرحله برداشت گیاهان با قرار گرفتن گیره بر روی آن‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط تاریکی قرار گرفتند و سپس عملکرد فتوسیستم II، سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز با دستگاه کلروفیل فلورومتر مدل OS5-FI اندازه‌گیری شد. برای سنجش عملکرد فتوسیستم II، نسبت F_v (تفاوت حداکثر فلئوئورسانس با حداقل فلئوئورسانس [$F_m - F_o$]) به F_m (حداکثر فلئوئورسانس) اندازه‌گیری شد. F_o ، عملکرد فلئوئورسانس در غیاب نور فتوسنتزی است که همان حداقل فلئوئورسانس است (Maxwell & Johnson, 2000).

مقاومت روزنه‌ای توسط دستگاه POROMETER AP4 و شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) مدل OPTI-SCIENCES CCM-200 در سومین برگ گیاه اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- منابع تغییر، درجات آزادی و میانگین مربعات برای برخی صفات مورفولوژیک گیاهچه‌های لوبیاقرمز

Table 1. Source of variances, degree of freedom and mean of squares for some morphological characteristics of Red bean seedlings

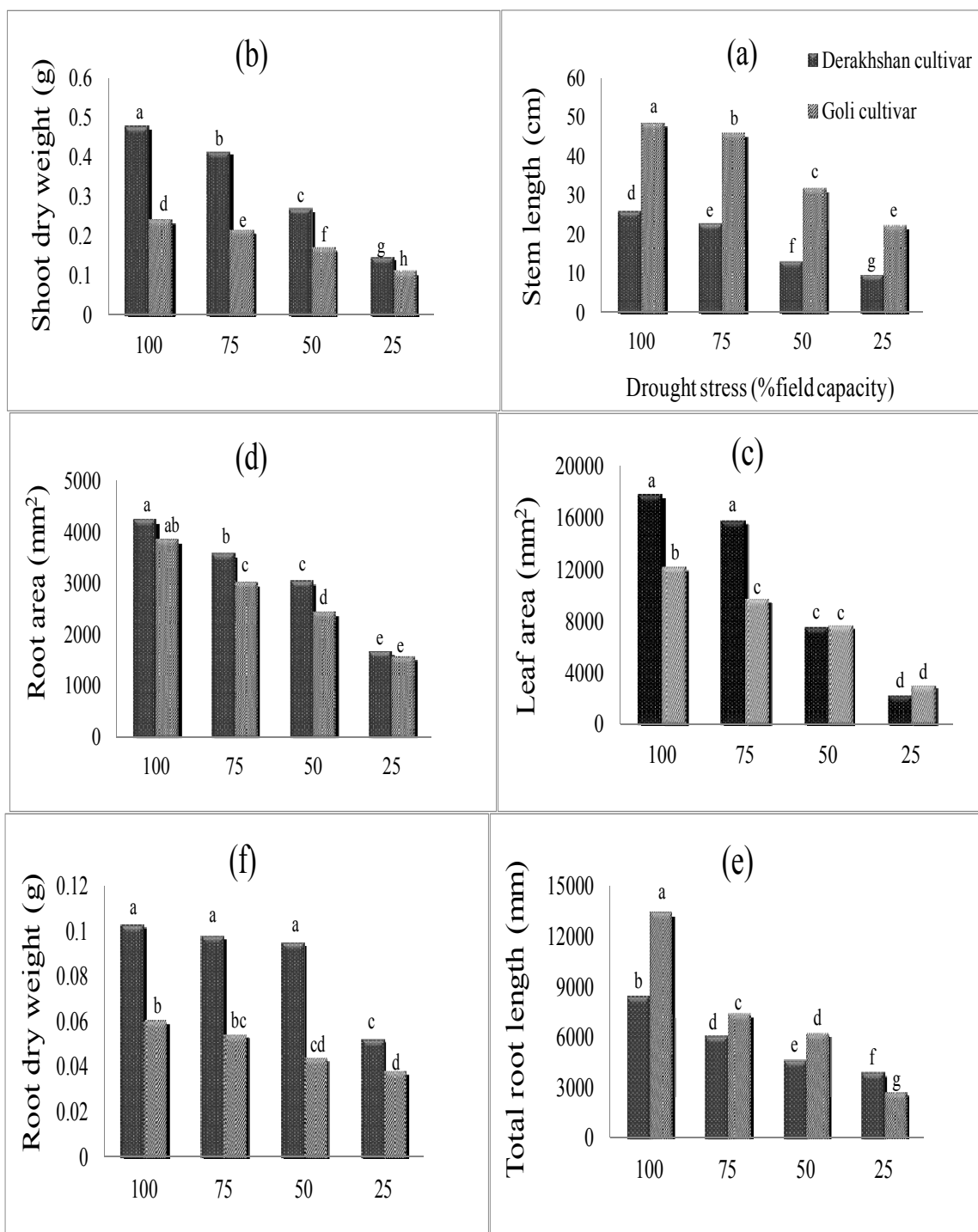
منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Stem length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	سطح برگ Leaf area	سطح ریشه Root area	مجموع طول ریشه Total root length	وزن خشک ریشه Root dry weight	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه Root/Shoot
خشکی Drought	3	**	**	**	**	**	**	**
رقم Cultivar	1	**	**	**	**	**	**	**
خشکی×رقم Drought×Cultivar	3	**	**	**	ns	**	**	**

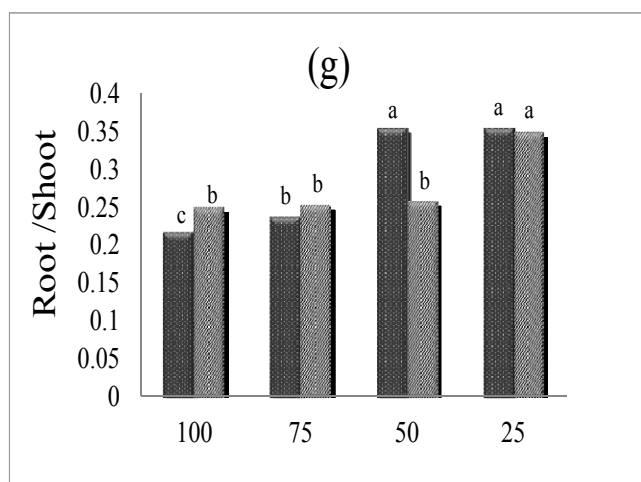
ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ درصد
ns and **: non-significant & significant at 0.01, respectively

وزن خشک اندام هوایی

با افزایش تنش خشکی وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های لوبیا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱) و در این ارتباط تفاوت‌های معنی‌داری بین سطوح مختلف تیماری مشاهده شد (شکل ۱b). بیشترین میزان وزن خشک

اندام هوایی به تیمار شاهد و رقم درخشان و کمترین وزن خشک به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم گلی اختصاص داشت.





شکل ۱- اثرات تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک ارقام لوبیا قرمز: a: ارتفاع گیاه، b: وزن خشک اندام هوایی، c: سطح برگ،

d: سطح ریشه ($p \leq 0.05$); e: مجموع طول ریشه‌ها، f: وزن خشک ریشه، g: نسبت وزن ریشه به ساقه حروف مشترک، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن ($p \leq 0.01$) می‌باشد.

Fig. 1. Effects of drought stress on some morphological characteristics of Red bean cultivars. a: Stem length; b: Shoot dry weight; c: Leaf area; d: Root area ($p \leq 0.05$); e: Total root length; f: Root dry weight; g: Root/Shoot Common letters indicate no significant difference among the means based on Duncan test ($p \leq 0.01$).

سطح برگ

سطح برگ در هر دو رقم در اثر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بین ارقام لوبیا در سطح رطوبتی شاهد و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری از نظر سطح برگ وجود داشت، ولی در سطح رطوبتی ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، این اختلاف، معنی‌دار نبود (شکل ۱c). میزان کاهش سطح برگ با افزایش تیمار خشکی، در رقم درخشان محسوس‌تر بود و بیشترین و کمترین میزان سطح برگ به‌ترتیب به تیمار شاهد و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم درخشان اختصاص داشت. کاهش سطح برگ در رقم درخشان در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد حدود ۸۷ درصد و در رقم گلی در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد حدود ۷۵ درصد بود. مهار رشد برگ در اثر تنش خشکی می‌تواند به‌عنوان یک پاسخ سازشی در نظر گرفته شود. بنابراین تنش خشکی، تولید سطح برگ و در نهایت میزان تعرق گیاهان را محدود می‌کند (Sikuku *et al.*, 2010). تنش خشکی عمدتاً رشد برگ و به‌نوبه خود، سطح برگ را در بسیاری از گونه‌های گیاهی کاهش می‌دهد (Farooq *et al.*, 2009). در مطالعه روی گیاه عدس مشخص شد که با کمبود آب، سطح برگ به‌شدت کاهش یافت. تولید و توسعه برگ به کمبود آب بسیار حساس می‌باشد و علت آن، نیاز مبرم فرآیندهای تقسیم سلولی و رشد به فشار تورژسانس سلولی است که آب، نیروی محرکه آن است (Pagter *et al.*, 2005).

کاهش وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد، حدود ۶۹ و ۵۵ درصد به‌ترتیب برای ارقام درخشان و گلی مشاهده شد. احتمالاً کاهش فتوسنتز، افزایش مواد بازدارنده رشد و کاهش هورمون‌ها (اکسین و سیتوکینین) در تنش خشکی از جمله عواملی است که رشد و وزن خشک اندام هوایی را کاهش می‌دهد (Hayat & Ahmad, 2007).

کاهش وزن ماده خشک به‌دلیل کاهش رشد گیاه و ریزش برگ‌ها می‌باشد (Bhatt & Srinivasa Rao, 2005). کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی در لوبیا نیز گزارش شده است (Ashraf & Iram, 2005). در تحقیقی روی برنج، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه با افزایش کمبود آب، کاهش یافت. کاهش وزن خشک ساقه می‌تواند با نرخ کاهش تولید برگ و کاهش تعداد برگ‌ها همراه باشد (Sikuku *et al.*, 2010). خسارت رایج تنش خشکی بر گیاهان زراعی، کاهش تولید بیوماس تر و خشک است (Farooq *et al.*, 2009). در یک آزمایش، وزن خشک اندام هوایی گیاهان نخود تحت تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. بیشتر بودن وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی ممکن است به رشد بیشتر ریشه‌ها مربوط باشد. توسعه بیشتر ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی به جذب بیشتر آب و مواد غذایی و افزایش رشد در شرایط تنش کمک می‌کند (Rahbarian *et al.*, 2011).

سطح ریشه

سطح ریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش تیمار خشکی، سطح ریشه در ارقام لوبیا کاهش نشان داد (جدول ۱). از نظر سطح ریشه بین ارقام در سطوح رطوبتی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۱d). در تمام تیمارها میزان سطح ریشه در رقم درخشان بیشتر از گلی بود، ولی میزان آن تنها در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار بود. میزان کاهش سطح ریشه در هر دو رقم در سطح رطوبتی ۲۵ درصد نسبت به شاهد حدود ۶۰ درصد بود.

مجموع طول ریشه‌ها

نتایج، حاکی از تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر مجموع طول ریشه بود ($p \leq 0.01$). با افزایش سطح خشکی، مجموع طول ریشه در دو رقم به‌طور کاملاً مشخصی کاهش یافت. میزان کاهش مجموع طول ریشه با افزایش خشکی، در رقم گلی محسوس‌تر بود (شکل ۱e) و بیشترین مجموع طول ریشه به رقم گلی در تیمار شاهد و کمترین آن نیز به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به همین رقم تعلق داشت. تغییرات مجموع طول ریشه در سطح ۲۵ درصد خشکی نسبت به شاهد، حدود ۵۴ و ۸۰ درصد به‌ترتیب برای ارقام درخشان و گلی مشاهده شد.

وزن خشک ریشه

با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه لوبیا کاهش یافت. نتایج نشان داد که تغییرات وزن خشک ریشه در رقم درخشان در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار نبود و تنها در سطح خشکی ۲۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد. در رقم گلی، کاهش وزن خشک ریشه در تمام تیمارها (به جز ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد معنی‌دار بود. وزن خشک ریشه در رقم گلی در سطوح تیماری ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشتند. در این آزمایش وزن خشک ریشه در رقم درخشان در تمام سطوح خشکی بیشتر از رقم گلی بود (شکل ۱f).

محققان در بررسی اثرات کمبود آب بر مورفولوژی و فیزیولوژی سه واریته برنج تحت شرایط دیم دریافتند که ارتفاع، بیومس گیاه و اندازه ریشه با کاهش آب خاک کاهش یافتند. آنها مشاهده کردند که با افزایش کمبود آب وزن خشک ریشه و طول ریشه کاهش یافت و گیاهان شاهد، طول ریشه بیشتری نسبت به گیاهان تحت تیمارهای خشکی داشتند. مهار رشد ریشه ممکن است به کاهش توسعه‌پذیری بافت نوک ریشه به علت سخت‌شدن دیواره‌های سلولی مربوط باشد. کاهش رشد

ریشه روی رشد گیاه تأثیر منفی داشته است. احتمالاً این موضوع به سطح تماس کم ریشه برای جذب آب و نمک‌های معدنی مربوط می‌شود (Sikuku *et al.*, 2010). طی تنش خشکی تعداد روزنه‌ها کاهش می‌یابد. احتمالاً این امر منجر به سنتز ماده خشک بخش هوایی و انتقال آن به ریشه شده و متعاقب آن وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (Yadav & Bhushan, 2001). گیاهانی که طول ریشه اصلی و تعداد ریشه‌های جانبی بالاتری دارند، نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارا هستند، مقاومت و تحمل بیشتری به تنش خشکی دارند (Singh *et al.*, 2000). تنظیم اسمزی و مجموع طول ریشه‌ها به میزان رطوبت خاک وابسته است. این صفات مهم‌ترین عوامل در خصوص حفظ آماس و رشد گیاه تحت شرایط خشکی در طی مرحله گیاهچه‌ای است. اعتقاد بر این است که استفاده از آب در دسترس توسط سیستم‌های ریشه‌ای یا تنظیم اسمزی در شرایط کمبود آب می‌تواند رشد گیاه یا آماس سلول را برای بقا حفظ کند (Kusaka *et al.*, 2005).

محققان در مطالعه ژنوتیپ‌های باقلا مقادیر متفاوتی را برای طول ریشه و گستردگی آن هنگام قرارگرفتن در شرایط متفاوت رطوبتی خاک ثبت کردند. این محققان اظهار داشتند که طول مجموع ریشه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم در گزینش ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد. تفاوت‌های ژنوتیپی ویژگی‌های ریشه و اندام‌های هوایی، اغلب در مراحل اولیه رشد آشکار می‌شود و این حقیقت را می‌توان به‌عنوان یک روش مناسب و آسان در گزینش ارقام یا ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار داد (Elshazly & Warboys, 1989).

نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی

با افزایش سطح خشکی، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی در هر دو رقم افزایش یافت (شکل ۱g). در رقم درخشان بین سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم گلی نیز بین تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمارهای ۷۵ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری بین دو رقم در نسبت ریشه به اندام هوایی مشاهده نشد. تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی رقم گلی و تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی رقم درخشان دارای نسبت ریشه به اندام هوایی بیشتری بود. تغییرات نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد در رقم درخشان نسبت به گلی بیشتر بود.

از آنجایی که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی (اندام‌های جذب‌کننده آب نسبت به اندام‌های مصرف‌کننده) توان گیاه را برای افزایش تحمل به خشکی بهبود می‌بخشد، لذا اغلب متخصصان فیزیولوژی این نسبت را به‌عنوان یک معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی کرده‌اند. در یک آزمایش، تنش خشکی، نسبت ریشه به اندام هوایی را در ژنوتیپ‌های نخود افزایش داد (Ganjeali & Bagheri, 2011). در آزمایش دیگری نسبت ریشه به اندام هوایی در سه رقم برنج با افزایش تنش خشکی افزایش یافت، در این آزمایش، افزایشی در نسبت ریشه به ساقه در طول دوره تنش خشکی مشاهده شد. حساسیت متفاوت ریشه‌ها و ساقه‌ها به کمبود آب منجر به تغییر در نسبت ریشه به اندام هوایی در شرایط خشکی می‌شود. کاهش در رشد ساقه همراه با ادامه رشد ریشه منجر به بهبود در وضعیت آب گیاه تحت شرایط کمبود شدید آب می‌شود (Sikuku et al., 2010).

محتوای نسبی آب

در این آزمایش، محتوای نسبی آب برگ لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش سطح خشکی محتوای نسبی آب برگ گیاهچه‌های لوبیا کاهش یافت (شکل ۲a). محتوای نسبی آب در رقم گلی در تمام تیمارهای خشکی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت، در حالی که در رقم درخشان، کاهش محتوای نسبی آب فقط در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. در تمام تیمارها رقم گلی از نظر محتوای نسبی آب از سطح بالاتری برخوردار بود، ولی فقط تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بین دو رقم تفاوت معنی‌داری

داشت. در یک آزمایش در گیاه برنج، تنش خشکی باعث کاهش میزان نسبی آب برگ شد. مقدار نسبی آب برگ به‌طور مستقیم با آماس یاخته و پتانسیل آبی گیاه ارتباط دارد. از طرف دیگر تورم، در ارتباط با توسعه و تقسیم سلولی است و بدین ترتیب ارتباطی بین میزان نسبی آب برگ و عملکرد بیولوژیک وجود دارد (Yadav & Bhushan, 2001). در یک آزمایش با افزایش تنش خشکی در گندم، RWC کاهش یافت. در بررسی‌های انجام‌شده مشخص شده است که معمولاً، ولی نه همیشه، ارقام مقاوم به خشکی از RWC بالاتری در شرایط تنش خشکی برخوردار هستند (Schonfeld et al., 1988). محققان بیان کردند که کمبود آب به‌طور آشکاری محتوای نسبی آب را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد (Turkan et al., 2005). در مطالعه اثر تنش کمبود آب بر گیاه عدس، کاهش محتوای نسبی آب برگ به دنبال کمبود آب تأیید شد (Salehpour et al., 2009).

شاخص پایداری غشاء

با افزایش تنش خشکی میزان شاخص پایداری غشاء در ارقام لوبیا کاهش یافت. میزان کاهش MSI در طی تنش خشکی در رقم گلی لوبیا در تمام تیمارها نسبت به شاهد معنی‌دار بود، ولی در رقم درخشان فقط در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۲b). همچنین تفاوت معنی‌داری در میزان شاخص پایداری غشاء در تیمارهای ۷۵ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بین دو رقم وجود داشت و رقم درخشان نسبت به گلی از سطح شاخص پایداری غشاء بالاتری برخوردار بود.

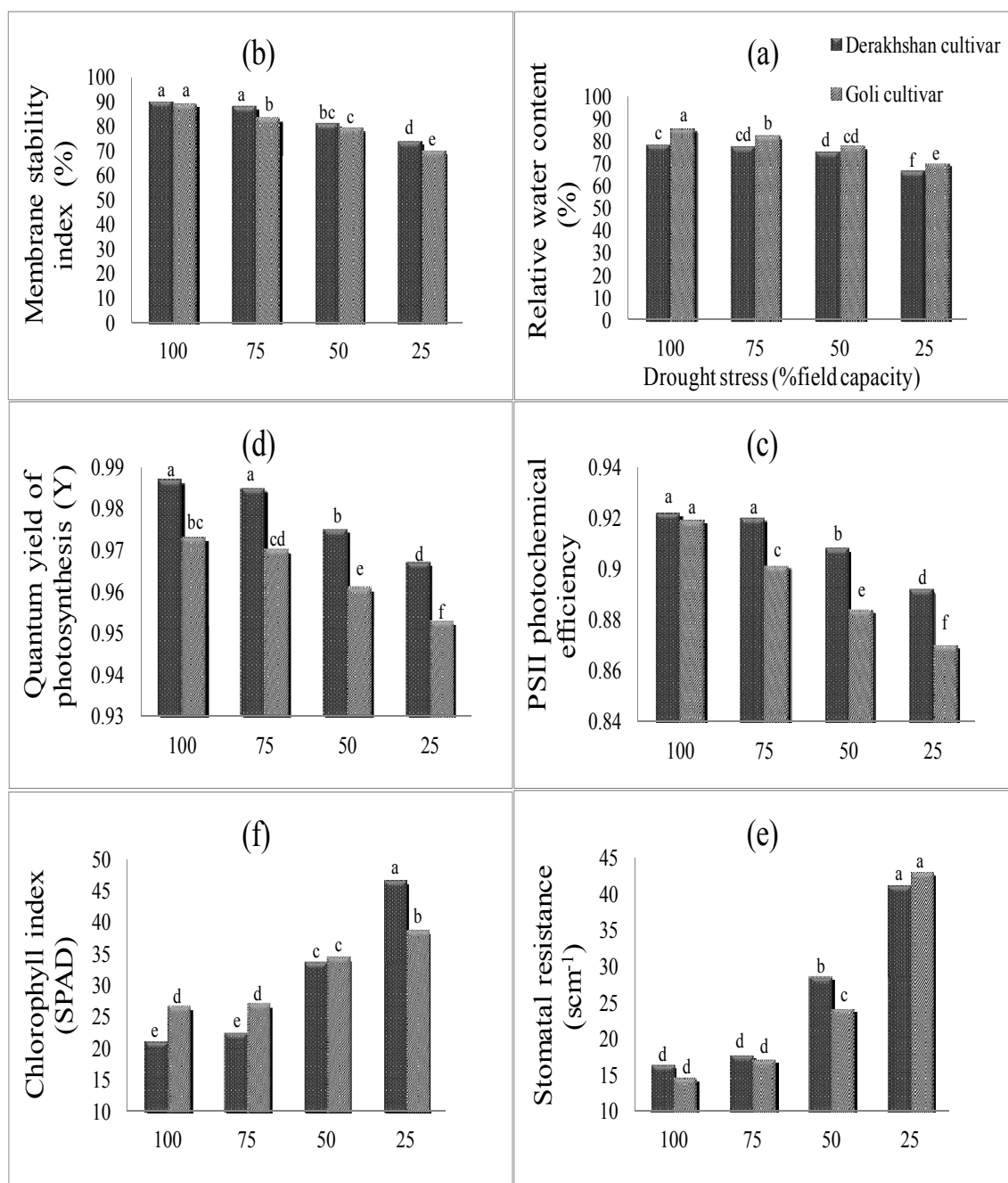
جدول ۲- منابع تغییر، درجات آزادی و میانگین مربعات برای برخی صفات فیزیولوژیک گیاهچه‌های لوبیا قرمز

Table 2. Source of variances, degree of freedom and mean of squares for some physiological characteristics of Red bean seedlings

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب Relative water content	شاخص پایداری غشاء Membrane stability index	مقاومت روزنه Stomatal resistance	شاخص کلروفیل Chlorophyll index (SPAD)	کارایی فتوسنتز PSII Photochemical efficiency	عملکرد کوانتومی فتوسنتز Quantum yield of photosynthesis
خشکی Drought	3	**	**	**	**	**	**
رقم Cultivar	1	**	**	*	ns	**	**
خشکی×رقم Drought×Cultivar	3	ns	ns	**	**	**	ns

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

ns, *, **: non-significant & significant at 0.05 & 0.01, respectively



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیک ارقام لوبیا قرمز: a: محتوای نسبی آب (p ≤ 0.05)؛ b: شاخص پایداری غشاء (p ≤ 0.05)؛ c: کارایی فتوسیستم II؛ d: عملکرد کوانتومی فتوسنتز (p ≤ 0.05)؛ e: مقاومت روزنه؛ f: شاخص کلروفیل حروف مشترک، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن (p ≤ 0.01) می‌باشد.

Fig. 2. Effects of drought stress on some physiological characteristics of Red bean cultivars.
a: Relative water content (p ≤ 0.05); b: Membrane stability index (p ≤ 0.05); c: PSII photochemical efficiency;
d: Quantum yield of photosynthesis (p ≤ 0.05); e: Stomatal resistance; f: Chlorophyll index
 Common letters indicate no significant difference among the means based on Duncan test (p ≤ 0.01).

میزان کاهش MSI در گیاهچه‌های ارقام لوبیا در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی محسوس بود. در تمام تیمارها میزان شاخص پایداری غشاء در رقم درخشان از سطح بالاتری نسبت به رقم گلی برخوردار بود. درجه آسیب به غشاء سلول ناشی از تنش خشکی یا تنش گرما به راحتی ممکن است از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از سلول‌ها برآورد شود (Ghobadi *et al.*, 2011). تنش خشکی از طریق افزایش تولید مواد تخریب‌کننده غشاء از جمله پراکسید هیدروژن، سبب تخریب غشاء سلولی شده و در نتیجه، ضریب پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. افزایش پراکسیداسیون چربی و به دنبال آن کاهش شاخص پایداری غشاء سلول در گیاهان گندم (Sairam & Saxena, 2000) و لوبیا (Turkan *et al.*, 2005) و عدس (Salehpour *et al.*, 2009) نیز گزارش شده است.

کارایی فتوسیستم II و عملکرد کوانتومی فتوسنتز

با افزایش تنش خشکی کارایی فتوسیستم II در ارقام لوبیا به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) کاهش یافت (جدول ۲). همچنین رقم و اثر متقابل خشکی و رقم تأثیر معنی‌داری بر کارایی فتوسیستم II داشتند. در رقم گلی تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف رطوبتی از نظر کارایی فتوسیستم II وجود داشت، درحالی‌که در رقم درخشان میزان کارایی فتوسیستم II تنها در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۲c). در تمام ترکیبات تیماری مقدار Fv/Fm در رقم درخشان بیشتر از رقم گلی بود. میزان کاهش نسبت Fv/Fm در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد در رقم گلی بیشتر از رقم درخشان بود. با افزایش تنش خشکی عملکرد کوانتومی فتوسنتز (Y) ارقام لوبیا کاهش نشان یافت. کاهش عملکرد کوانتومی فتوسنتز در هر دو رقم لوبیا قرمز در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار بود و کاهش Y در سطح خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد کوانتومی فتوسنتز بین ارقام لوبیا در سطوح مختلف رطوبتی وجود داشت و در سطوح مختلف تیماری عملکرد کوانتومی فتوسنتز در رقم درخشان از میزان بیشتری برخوردار بود (شکل ۲d).

در شرایط تنش خشکی تجمع Q_B غیراحیاء افزایش می‌یابد که این امر نشان‌دهنده 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 آسیمیلاسیون CO_2 در اثر بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی منجر به مصرف نشدن محصولات حاصل از زنجیره انتقال الکترون (ATP، NADPH) شده و از این طریق میزان فرودوکسین احیاء افزایش یافته و به دنبال افزایش فرودوکسین احیاء شده، 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 پذیرنده فتوسیستم II می‌گردد و این امر موجب کاهش سرعت انتقال الکترون، افزایش فلئورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد فتوسیستم II می‌شود (Piper *et al.*, 2007; Tilahun & Sven, 2003).

تغییر میزان فعالیت فتوسیستم II و همچنین تخریب ساختمان پروتئین D_1 موجود در فتوسیستم II در نتیجه افزایش فلئورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی است (Ahmed *et al.*, 2002). نتایج حاصل از بررسی‌ها مؤید این است که کمپلکس آزادکننده اکسیژن فتوسیستم II و مراکز واکنش فتوسیستم II تحت تأثیر تنش خشکی تخریب می‌شوند. اثر تخریبی تنش خشکی بر پروتئین D_1 که در ساختمان فتوسیستم II قرار دارد نیز گزارش شده است (Lu & Zhang, 1998; Zlatev & Yordanov, 2004).

کاهش سرعت انتقال الکترون و عملکرد کوانتومی فتوسنتز گیاه در شرایط تنش خشکی ممکن است به دلیل تخریب سیکل کالوین، به تأخیر افتادن احیاء کوئینون‌ها و همچنین تخریب زنجیره انتقال الکترون غشاء تیلاکوئید باشد (Tilahun & Sven, 2003). کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط تنش خشکی می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد که انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش می‌یابد (Lu & Zhang, 1998). در یک آزمایش، تنش خشکی نسبت Fv/Fm ژنوتیپ‌های نخود را به صورت معنی‌داری کاهش داد. در این آزمایش، ژنوتیپ‌های نخود حساس به خشکی، Fv/Fm کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در مراحل گیاهچه‌ای و غلاف‌دهی داشتند (Rahbarian *et al.*, 2011). کارایی فتوسیستم II، به عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی میزان تحمل گونه‌های مختلف گیاهی به تنش خشکی مطرح است. نتایج حاصل از بررسی‌ها مؤید این است که عملکرد کوانتومی فتوسنتز (Y) تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Zlatev & Yordanov, 2004).

مقاومت روزنه

با افزایش خشکی، مقاومت روزنه به‌طور معنی‌داری در گیاهچه‌های ارقام لوبیاقرمز افزایش یافت (جدول ۲). در ارقام لوبیا افزایش میزان مقاومت روزنه تنها در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود. میزان مقاومت روزنه در تمام تیمارها (به جز تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بین دو رقم تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲۴). در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین و کمترین مقاومت روزنه $28/5$ و $24/1 \text{ scm}^{-1}$ ، به‌ترتیب به ارقام درخشان و گلی اختصاص داشت. حرکت آب در سیستم اتمسفر-گیاه-خاک در پاسخ به تفاوت پتانسیل رخ می‌دهد و در جهت کاهش انرژی از خاک به ریشه گیاه و از طریق آوند چوبی به برگ‌ها است. با کاهش محتوای آب خاک، پتانسیل آب برگ و خاک نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه کمبود آب در برگ‌ها ایجاد می‌شود و فشار آماس سلول‌های محافظ روزنه کاهش یافته و باعث بسته شدن روزنه می‌شود. بنابراین مقاومت برای انتقال بخار آب از برگ‌ها افزایش می‌یابد. فشار تورگر سلول‌های محافظ روزنه نه تنها توسط پتانسیل آب برگ، بلکه توسط دما، نور و غلظت CO_2 هوای پیرامون تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Kanemasu & Tanner, 1969). تغییرات فیزیولوژیک سریع مانند کاهش سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای جزء مکانیسم‌های اجتناب از تنش خشکی معرفی شده‌اند (Machado & Paulsen, 2001). در شرایط تنش خشکی در گیاه ذرت خوشه‌ای، افزایش زیادی در مقاومت روزنه مشاهده شد که با کاهشی در فتوسنتز این گیاهان همراه بود (Kanemasu et al., 1973). کاهش رطوبت خاک ممکن است منجر به کاهش محتوای آب برگ‌ها شود که نتیجه آن، کاهش فشار تورگر سلول‌های محافظ روزنه، کاهش قطر منافذ روزنه و کاهش تعرق می‌باشد. علاوه بر این، افزایش مقاومت روزنه ممکن است منجر به کاهش انتقال آب در برگ‌ها شده و نهایتاً کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش تعرق و محدود شدن فتوسنتز را به دنبال دارد (Tezara et al., 2002).

شاخص کلروفیل

با افزایش تنش خشکی، شاخص کلروفیل در برگ ارقام لوبیاقرمز افزایش یافت. افزایش شاخص کلروفیل در هر دو رقم در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد معنی‌دار بود. همچنین تفاوت مقدار شاخص کلروفیل در تمام سطوح خشکی (به جز تیمار ۵۰ درصد ظرفیت

زراعی) بین دو رقم معنی‌دار بود (شکل ۲۴). دامنه تغییر عدد SPAD لوبیا در رقم درخشان در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد ۲۵/۴ و در رقم گلی ۱۱/۹ بود. بیشترین و کمترین میزان شاخص کلروفیل به‌ترتیب به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و تیمار شاهد و به رقم درخشان اختصاص داشت. کلروفیل‌متر ابزار تشخیصی ساده و قابل حمل است که سبزی یا غلظت کلروفیل نسبی برگ را اندازه‌گیری می‌کند. در مقایسه با روش‌های سنتی مخرب، استفاده از این تجهیزات موجب صرفه‌جویی در زمان، فضا و منابع است (Netto et al., 2005). افزایش عدد SPAD در شرایط تنش نیز احتمالاً به‌علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها می‌باشد. در واقع، گیاه با کمتر کردن سطح برگ در شرایط تنش، سطح تعرق‌کننده را جهت جلوگیری از اتلاف آب کم کرده و در نتیجه با کاهش سطح برگ، میزان کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (Salehi et al., 2003).

با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد، ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. قابل‌ذکر است که برخی محققان افزایش نسبت کلروفیل a/b را موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌دانند (Antolin et al., 1995; Salehi et al., 2003). بنابراین افزایش عدد SPAD در شرایط تنش نیز احتمالاً به‌علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد که گیاهان مقاوم، با کاهش سطح اندام هوایی و افزایش نسبت ریشه به کل گیاه، شرایط خشکی را بهتر تحمل می‌کنند. وقتی آب مورد نیاز گیاه در خاک کاهش یابد، نسبت وزن ریشه به ساقه افزایش می‌یابد، زیرا ریشه در مقایسه با ساقه حساسیت کمتری نسبت به کاهش پتانسیل آب دارد. از طرفی افزایش رشد بخش ریشه‌ای در شرایط تنش خشکی به‌عنوان یک پاسخ دفاعی جهت جذب بیشتر آب و کاهش اثرات تنش خشکی محسوب می‌شود. این تحقیق نشان داد که ارتفاع گیاه، سطح برگ، سطح ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و نیز وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط تنش خشکی در هر دو رقم لوبیاقرمز کاهش یافت. میزان کاهش ارتفاع گیاه لوبیا، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در لوبیاقرمز رقم درخشان در تنش خشکی شدید (تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد بیشتر از رقم گلی بود. در تمام تیمارها وزن خشک

میزان شاخص کلروفیل رقم درخشان نسبت به رقم گلی افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. نتایج این بررسی نشان داد که رقم درخشان احتمالاً از طریق به‌کارگیری مکانیسم‌های مختلف تحمل به خشکی نسبت به رقم گلی تا حدی کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. همچنین در مورد تمام ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد بررسی، در رقم درخشان بین سطح خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

سپاسگزاری

از گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی به خاطر فراهم آوردن حمایت‌های علمی و آزمایشگاهی جهت انجام این پروژه تحقیقی سپاسگزاری می‌نماییم.

ریشه رقم درخشان بیشتر از رقم گلی بود و میزان افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی رقم درخشان در تنش شدید نسبت به شاهد بیشتر از گلی بود.

در بررسی صفات فیزیولوژیک مشاهده شد که با افزایش تنش خشکی F_v/F_m ، MSI ، RWC ، عملکرد کوانتومی فتوسنتز (Y) در ارقام لوبیا کاهش یافت؛ ولی مقاومت روزه‌ای و شاخص کلروفیل در گیاهچه‌های لوبیا تحت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

مقادیر F_v/F_m و MSI ، RWC در تنش شدید نسبت به شاهد در رقم گلی کاهش بیشتری از درخشان نشان داد. در تنش‌های خشکی شدید، شدت افزایش مقاومت روزه نسبت به شاهد در رقم گلی بیشتر از درخشان بود، ولی شدت افزایش عدد کلروفیل‌متر در رقم درخشان بیشتر از گلی بود که ممکن است به این علت باشد که رقم درخشان با کاهش بیشتر سطح برگ مانع از دست‌رفتن آب از طریق تعرق می‌شود و به‌دنبال آن با کاهش بیشتر سطح برگ،

منابع

- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mung bean subjected to water logging. *Plant Science* 163: 117-123.
- Antolin, M.C., Yoller, J., and Sanchez-Diaz, M. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Science* 107: 159-165.
- Ashraf, M., and Iram, A. 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora* 200: 446-535.
- Bhatt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian J. Plant Physiol.* 10: 54-59.
- Bian, Sh., and Jiang, Y. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of *Kentucky bluegrass* in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae* 120: 264-270.
- Ebrahimi, M., Bihanta, M., Hosein zade, A.A., Khialparast, F., and Golbashi, M. 2010. Evaluation reaction yield and yield components of white bean genotypes under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 347-358. (In Persian).
- Elshazly, M.S., and Warboys, I.B. 1989. The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans (*Vicia faba*). *J. Experimental. Agriculture* 25: 35-37.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 185-212.
- Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 101-110. (In Persian with English Summary).
- Ghobadi, M., Khosravi, S., Kahrizi, D., and Shirvani, F. 2011. Study of water relations, chlorophyll and their correlations with grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 78: 582-585.
- Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. *Salicylic Acid a Plant Hormone*. Springer. P. 97-99.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., and Lakshmanan, G.M.A. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 61: 298-303.

13. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol.* 11: 100-105.
14. Kanemasu, E.T., and Tanner, C.B. 1969. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf-water potential. *Plant Physiol.* 44: 1547-1552.
15. Kanemasu, E.T., An-Jen Chen, Powers, W.L., and Teare, I.D. 1973. Stomatal resistance as an indicator of water stress. *Transcation of the Kansas Academy of Science* 76: 159-163.
16. Kumar, A., and Purohit, S.S. 2001. *Plant Physiology Fundamentals and Applications*. Second Enlarged Edition. Agrobios (India).
17. Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. *Plant Sci.* 168: 1-14.
18. Lu, C., and Zhang, J. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 883.
19. Machado, S., and Paulsen, G.M. 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil* 223: 179-187.
20. Majnon Hoseini, N. 1996. *Grains in Iran*. Jahad Publisher Institute Affiliated to University Jahad. Tehran. p. 240. (In Persian).
21. Netto, A.T., Campostrini, E., Oliveira, J.G., and Bressan-Smith, R.E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a florescence and SPAD readings in coffee leaves. *Scientia Horticulture* 104: 199-209.
22. Pagter, M., Bragato, C., and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites Australia to water deficit. *Aquatic Bot.* 81: 285-299.
23. 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. *Science* 64: 447-452.
24. Rahbarian, R., Khavari-nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri A.R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *ACTA Biological Cracoviensia Series Botanica* 53: 47-56.
25. Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agronomy and Crop Sci.* 184: 55-61.
26. Salehi, M., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2003. Leaf nitrogen and chlorophyll as indicators for salt stress. *Iranian Journal of Field Crops Research* 1: 199-205. (In Persian with English Summary).
27. Salehpour, M., Ebadi, A., Izadi, M., and Jamaati-e-Somarin Sh. 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. *Research Journal of Environmental Sciences* 3: 103-109.
28. Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., and Mornhinweg, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci.* 28: 526-531.
29. Shanahan, J.F., Edwards, I.B., Quick, J.S., and Fenwick, J.R. 1990. Membrane thermostability and heat tolerance of spring wheat. *Crop Science* 30: 247-251.
30. Sikuku P.A., Netondo, G.W., Onyango, J.C., and Musyimi, D.M. 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of NERICA rainfed rice (*Oryza sativa* L.). *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science* 5: 23-28.
31. Singh. D.N., Massod Ali R.I., and Basu, P.S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influnces of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress.
32. Tezara, W., Mitchel, V., Driscul, S.P., and Lawlor, D.W. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *Exp. Bot.* 53: 1781-1791.
33. 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.
34. Turkan, I., Melike, B., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci.* 168: 223-231.
35. Yadav, R.S., and Bhushan, C. 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotype. *Indian J. of Agric. Res.* 2: 104-107.

36. Zabet, M., Hosein zade, A.H., Ahmadi, A., and Khialparast, F. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). Iranian, J. Agric. Sci. 34: 889-898. (In Persian with English Summary).
37. Zlatev, Z.S., and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulg. J. Plant Physiol. 30: 3-18.

Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.)

Sadat Rasti Sani^{1*}, M., Lahouti², M. & Ganjeali³, A.

1. Young Researchers Club, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2. Professor, Biology Department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

3. Associate Professor, Biology Department, Faculty of Sciences & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 11 April 2012

Accepted: 30 December 2012

Abstract

Drought is one of the most important factors limiting growth and yield in many parts of the world. In order to evaluate the effects of drought stress on some morphological and physiological traits of two cultivars of bean, two red beans (Derakhshan and Goli) in four drought treatments including 25%, 50%, 75%, control 100% field capacity were studied in a factorial experiment based on complete randomized design with three replications. Results showed that morphological traits inducing plant height, leaf area, root area, total root length and shoot and root dry weight were significantly ($p \leq 0.01$) decreased under drought stress. So, results showed that physiological traits such as leaf relative water content (RWC), membrane stability index (MSI), PSII photochemical efficiency (F_v/F_m), and quantum yield of photosynthesis (Y) were significantly declined under drought stress ($p \leq 0.01$). But, stomatal resistance and chlorophyll index (SPAD) significantly increased in bean seedlings under drought stress ($p \leq 0.01$). The root to shoot ratio was increased further in Derakhshan cultivar in severe stress than control. RWC, MSI, and F_v/F_m showed a greater reduction in severe stress than control in Goli cultivar. Results showed that probably Derakhshan cultivar was affected fewer by drought stress, by means of applying drought tolerance different mechanisms than that of Goli cultivar. The Derakhshan cultivar in most physiological traits, was not represent significant differences between 75% of field capacity and control.

Key words: Bean, Chlorophyll fluorescence, Drought stress, Morphological and Physiological traits

*Corresponding Author: m.rastisani@yahoo.com, Mobile: 09352381309

روند تغییرات صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

در پاسخ به تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

محمد عارفیان^{۱*}، سعیدرضا وصال^۲، عبدالرضا باقری^۳ و علی گنجعلی^۴

*۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- عضو هیئت علمی دانشکده علوم و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۰۱

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در حال گسترش بوده که علاوه بر اثرات سمی و تغذیه‌ای، توانایی گیاه برای جذب آب را کاهش می‌دهد. در مواجهه با تنش شوری، مجموعه‌ای از واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک در گیاهان ایجاد می‌شود. عملکرد نخود به دلیل حساسیت بالا به این تنش و به دنبال برخی پاسخ‌های قابل توجه در خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، به شدت کاهش می‌یابد. در این تحقیق، پیامدهای غلظت‌های مختلف تنش شوری شامل صفر، ۸ و 12 dS.m^{-1} بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های حساس و متحمل نخود در مراحل اولیه رشد و نمو گیاه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار نمونه برداری با فاصله زمانی یک هفته مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس داده‌های حاصل، با افزایش غلظت کلرید سدیم و گذشت زمان (هفته چهارم)، ژنوتیپ‌های MCC760 و MCC806 به ترتیب از کمترین و بیشترین آسیب بر اساس شاخص‌های وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی ($0.8/$ و $2/$ برابر کاهش) و وزن خشک ریشه ($1/7$ و $4/$ برابر کاهش) برخوردار بودند. در شدت بالای تنش (12 dS.m^{-1})، ژنوتیپ MCC760 نه تنها مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی (شامل کلروفیل‌های a ، b و کارتنوئیدها) بیشتری داشت، بلکه شدت کاهش رنگدانه‌های این ژنوتیپ، کمتر و در مقابل، ضریب پایداری کلروفیل آن (75% درصد) به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، به طوری که تفاوت آن با ژنوتیپ MCC806 بیش از 30% درصد بود. درصد رطوبت نسبی در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت و در هفته سوم، این دو ژنوتیپ به ترتیب با کاهش $1/8$ و $3/4$ برابر نسبت به شاهد، کمترین و بیشترین تغییرات را نشان دادند. بنابراین در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ MCC760 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری معرفی شد و زمان مناسب جهت ارزیابی تحمل به این صفت بر مبنای خصوصیات مورفولوژیک، هفته چهارم و بر مبنای صفات فیزیولوژیک، هفته سوم تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: اندام هوایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، ریشه، شوری، محتوای آب نسبی، نخود

مقدمه

تنش شوری که در زمره مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی قرار می‌گیرد. به دلیل پاره‌ای از عوامل، آثار سوئی بر رشد و نمو گیاهان دارد که می‌توان به تنش آبی (کاهش پتانسیل اسمزی خاک^۱)، عدم تعادل یونی^۲، افزایش غلظت یون‌ها (شوری) و ترکیبی از این موارد اشاره کرد (Ashraf & Harris, 2004; Toker et al., 2007). بنابراین فرآیندهای گیاه را در برابر تنش شوری می‌توان به دو دسته فرآیندهای کاهش‌دهنده اثرات تنش اسمزی و فرآیندهای حفظ تعادل یونی سلول و

حذف اثرات سمیت یون‌ها تقسیم کرد (Yokoi et al., 2002). با این حال، شوری علاوه بر تأخیر در جوانه‌زنی و اختلال در بافت‌ها و اندام‌های تولیدمثلی، نکرده شدن حاشیه برگ‌ها به ویژه برگ‌های پیرتر و کاهش توانایی تثبیت نیتروژن (Toker et al., 2007; Jaiwal & Mehta, 1983) می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول را حتی در ارقام نخود متحمل، کاهش دهد (Dhingra, 2007).

متوسط عملکرد نخود (حدوداً 800 Kg.ha^{-1}) بسیار کمتر از توان بالقوه تولید آن (4000 Kg.ha^{-1}) (Millan et al., 2006; Singh, 1987) بوده و ضریب تغییرات^۳ آن پایدار نیست (بیش از 10% درصد) که از مهم‌ترین عوامل آن می‌توان به

* نویسنده مسئول: arefian.m@gmail.com

¹ Low osmotic potential of soil solution

² Nutrient ion imbalance

³ Coefficient of variation

گلدان‌های یک‌لیتری حاوی ماسه و خاک مزرعه (با نسبت ۲:۱، w/w) کشت و در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 5 درصد تحت شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی (شدت نور $270 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-2}$) در اتاقک رشد، نگهداری و یک‌روز در میان به صورت کاملاً یکسان آبیاری شدند. در هر گلدان، دو بوته رشد یافتند که پس از گذشت دوهفته از کاشت، ارقام در سه سطح NaCl (صفر، ۸ و 12 dS.m^{-1}) تیمار شدند و در طول چهار هفته متوالی، نمونه‌برداری‌ها انجام شد. در این آزمایش تأثیر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم به صورت آبی بر پارامترهای مورفوفیزیولوژیک پنج ژنوتیپ نخود تا چهار هفته متوالی (گیاهچه‌های دو تا شش هفته) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تیمارها با سه تکرار بررسی شد.

کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج و توسط اسپکتروفتومتر OPTIMA مدل sp-3000 plus در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر قرائت و به کمک فرمول زیر مقدار آن‌ها تعیین شد (Lichtenthaler & Buschmann, 2001). ضریب پایداری کلروفیل نیز از نسبت میزان کلروفیل کل در شرایط تنش به میزان کلروفیل کل در شرایط بدون تنش محاسبه گردید (Terzi & Kadioglu, 2006).

$$c_a (\mu\text{g/ml}) = 12.25 A_{663.2} - 2.79 A_{646.8}$$

$$c_b (\mu\text{g/ml}) = 21.50 A_{646.8} - 5.10 A_{663.2}$$

$$c_{(x+c)} (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1.82 c_a - 85.02 c_b) / 198$$

درصد آب نسبی برگ (RWC) طبق معادله زیر به دست آمد که در آن FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ (۴۸ ساعت در آون ۸۰ درجه سلسیوس) و TW وزن تورم برگ (۲۴ ساعت شناور در آب مقطر) است (de Silva *et al.*, 1996). $RWC(\%) = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$

به منظور تعیین معیاری جهت رشد گیاه، ارتفاع آن یعنی فاصله بین طوقه و رأس ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها، در هر نمونه‌برداری، چهار گیاه به طور جداگانه در آون ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس با ترازوی دیجیتالی توزین شد. جهت محاسبات آماری و رسم نمودارها در این مطالعه از نرم‌افزارهای SAS 6.12 و Excel 2013 استفاده شد. داده‌های درصدی به آرک‌سینوس و داده‌های نسبتی به روش جذری تبدیل شد. میانگین‌ها به روش دانکن مقایسه و سطح احتمال به کاررفته در کلیه تجزیه تحلیل‌ها ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

یکی از اثرات بارز تنش شوری و خشکی بر گیاهان، کاهش ارتفاع و رشد اندام هوایی است که از دلایل اصلی آن

تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی اشاره کرد که از لحاظ اقتصادی خسارت قابل توجهی را بدنبال دارد (Singh, 1993). شناسایی ارقامی که در شرایط شوری از رشد مناسبی برخوردار بوده و آستانه کاهش عملکرد آن‌ها بالا باشد، می‌تواند علاوه بر افزایش کلی تولید محصول، در زمینه‌سازی برای برنامه‌های به‌نژادی و همچنین کمک به تبیین مکانیزم تحمل به شوری بسیار مؤثر باشد (Munns & Tester, 2008). اگرچه دامنه تنوع ژنتیکی بین ارقام نخود کم است (Dhingra, 2007)، اما مطالعات نشان داده است که گزینش ارقام مختلف نخود به شوری با موفقیت خوبی همراه بوده است (Chauhan, 1987; Vadez *et al.*, 2007; Maliro *et al.*, 2004). از سوی دیگر مؤثرترین روش مقابله با تنش‌هایی مانند خشکی و شوری دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد. لذا بکارگیری معیارهای مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به این تنش ضروری است (Ganjeali & Kafi, 2007).

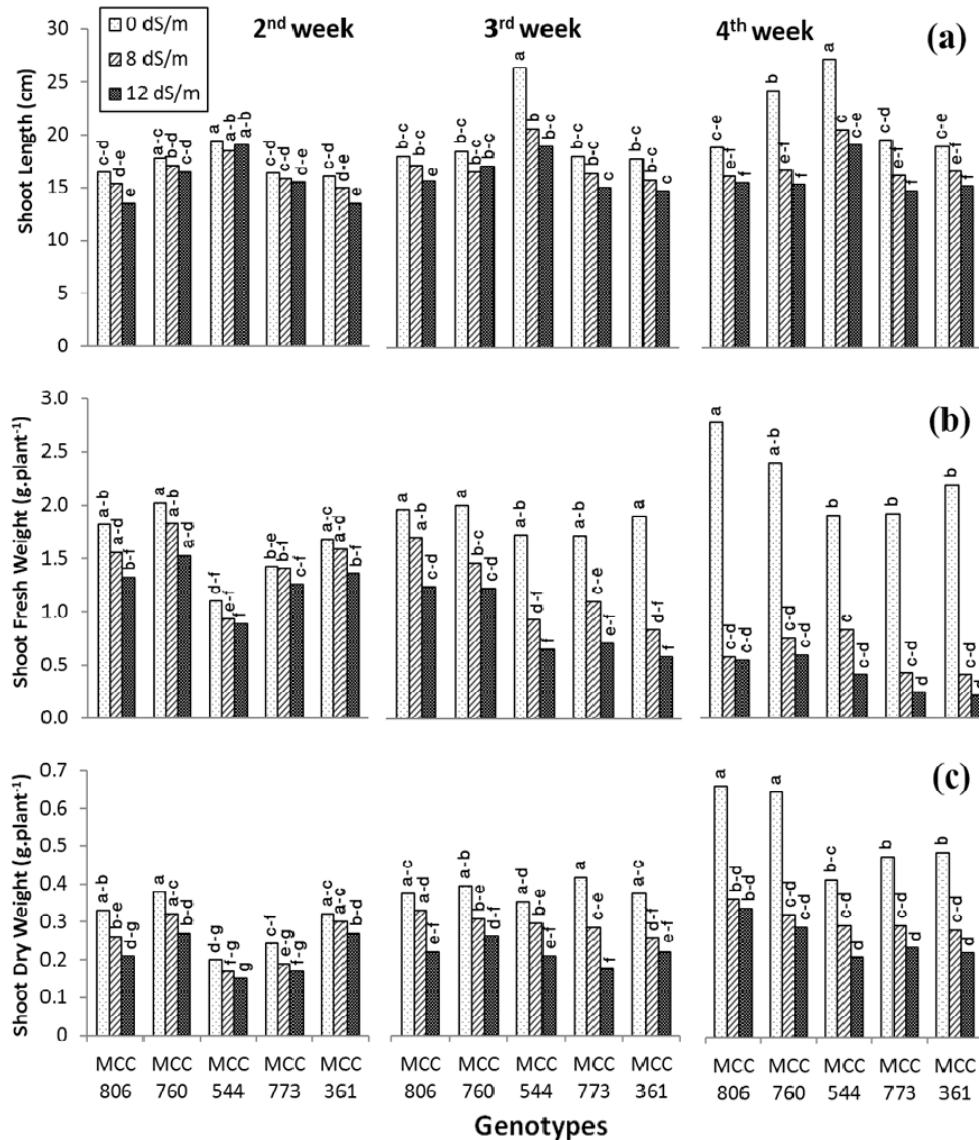
علاوه بر این که بیش از ۱۰ درصد از زمین‌های کشور دچار شوری است (Szabolcs, 1989)، کمبودهای روزافزون آب مناسب برای آبیاری نیز از مهم‌ترین دلایل ایجاد و گسترش تنش شوری می‌باشد. با این حال، مطالعات اندکی در زمینه غربالگری ژنوتیپ‌های نخود در مقابل تنش شوری انجام شده است. مطالعه انجام‌شده در این زمینه مربوط به (Kafi *et al.*, 2011) می‌باشد. آن‌ها در مطالعه خود که در شرایط کنترل‌شده به صورت هیدروپونیک انجام شده است، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را براساس عکس‌العمل آن‌ها به شوری به ژنوتیپ‌های حساس و متحمل تقسیم کردند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی دقیق‌تر ژنوتیپ‌های نخود کاندید حساس و متحمل به شوری قبلی، تحت شرایط کاملاً کنترل‌شده صورت گرفت تا با تعیین دقیق متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به غلظت‌های مختلف شوری بتوان با ارزیابی بیشتر ژنوتیپ‌ها در سطح بیوشیمیایی و تعیین مناسب‌ترین شرایط آزمایشی، از نتایج به دست آمده جهت مطالعات دقیق‌تر مولکولی چون پروتئومیکس استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

بر اساس نتایج مطالعات شوری و خشکی انجام‌شده (Saxena *et al.*, 2011; Ganjeali *et al.*, 2011; al., 1993) ژنوتیپ‌های MCC544، MCC760، MCC806 و MCC773 انتخاب و بذور آن‌ها از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی تهیه گردید. ابتدا بذور با هیپوکلرید سدیم ۳ درصد و اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی و در پتری‌دیش به مدت ۲۴ ساعت جوانه‌دار شدند. سپس در

می‌توان به کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد در شرایط تنش اشاره کرد (Bayoumi *et al.*, 2010).

مشابه با دیگر تحقیقات انجام‌شده (Ahmed *et al.*, 2010; Bray, 1997; Gunes, 2002; Bayoumi *et al.*, 2010;



شکل ۱- مقایسه برخی پارامترهای مورفولوژیک نخود تحت تنش شوری NaCl در غلظت‌های صفر، ۸ و ۱۲ dS.m⁻¹ در هفته دوم، سوم و چهارم. a: طول گیاهچه؛ b: وزن تر اندام هوایی؛ c: وزن خشک اندام هوایی، (p ≤ 0.05)

Fig. 1. Comparison of some morphological parameters of chickpea under NaCl salinity stress (0, 8 and 12 dS.m⁻¹) in 2nd, 3rd and 4th weeks after sowing. a: Shoot length; b: Shoot fresh weight; c: Shoot dry weight, (p ≤ 0.05)

نشده است. در ژنوتیپ‌های MCC544 و MCC760 کاهش معنی‌داری در هفته چهارم نمونه‌گیری (۹/۲ و ۸/۱ سانتی متر کاهش) به‌ویژه در غلظت ۱۲ dS.m⁻¹ مشاهده شد.

از آن‌جا که نمونه‌گیری اول همزمان با اعمال تنش بود و در ژنوتیپ‌های مختلف قبل از تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (به‌جز این که ذکر شده باشد)، داده‌های آن ارائه

از هفته دوم به بعد، در شرایط تنش، رشد ریشه تقریباً در همه ژنوتیپ‌ها متوقف شد، اما بیشترین شدت کاهش نسبت به شاهد مربوط به ژنوتیپ MCC806 بود و کمترین مقدار کاهش در ژنوتیپ MCC760 مشاهده شد (شکل ۲-ب).

از آنجاکه یکی از پاسخ‌های ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، افزایش نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی است (Kumaga et al., Ganjeali & Kafi, 2007; 2003)، بنابراین با توجه به این پارامتر می‌توان ژنوتیپ MCC760 را متحمل‌ترین و ژنوتیپ MCC806 را حساس‌ترین ژنوتیپ به شوری در بین ارقام مورد مطالعه به شوری در نظر گرفت.

در هفته چهارم و در غلظت متوسط (8 dS.m^{-1})، اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف تنش در ژنوتیپ MCC544 مشاهده نشد و این ژنوتیپ با ۱/۵ برابر کاهش نسبت به شاهد در وزن خشک اندام هوایی، کمترین آسیب‌دیدگی را داشت. از سوی دیگر، میانگین وزن خشک ریشه آن با افزایش شدت تنش، زیادتر نیز شد (شکل ۲-ب)، براین اساس، همانند ژنوتیپ MCC760، این ژنوتیپ نیز از تحمل بهتری به تنش شوری برخوردار بود. در گیاهان دیگر مانند لوبیا و گندم کاهش وزن خشک اندام هوایی در اثر تنش‌های شوری و خشکی گزارش شده است (Bayoumi et al., 2010; Tawfik, 2008).

سیستم ریشه‌ای به دلیل تماس مستقیم با محلول خاک، به عنوان اولین حسگر تنش آبی محسوب می‌شود، لذا در ایجاد مقاومت نسبت به تنش شوری و خشکی نقش مهمی دارد (Okçu et al., 2005). در بررسی وزن خشک ریشه‌ها مشخص شد که ژنوتیپ‌های MCC806 و MCC760 سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تری داشته و وزن تر و وزن خشک آن‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر موارد بود (شکل‌های ۲-ا، b و ۵-ب و c).

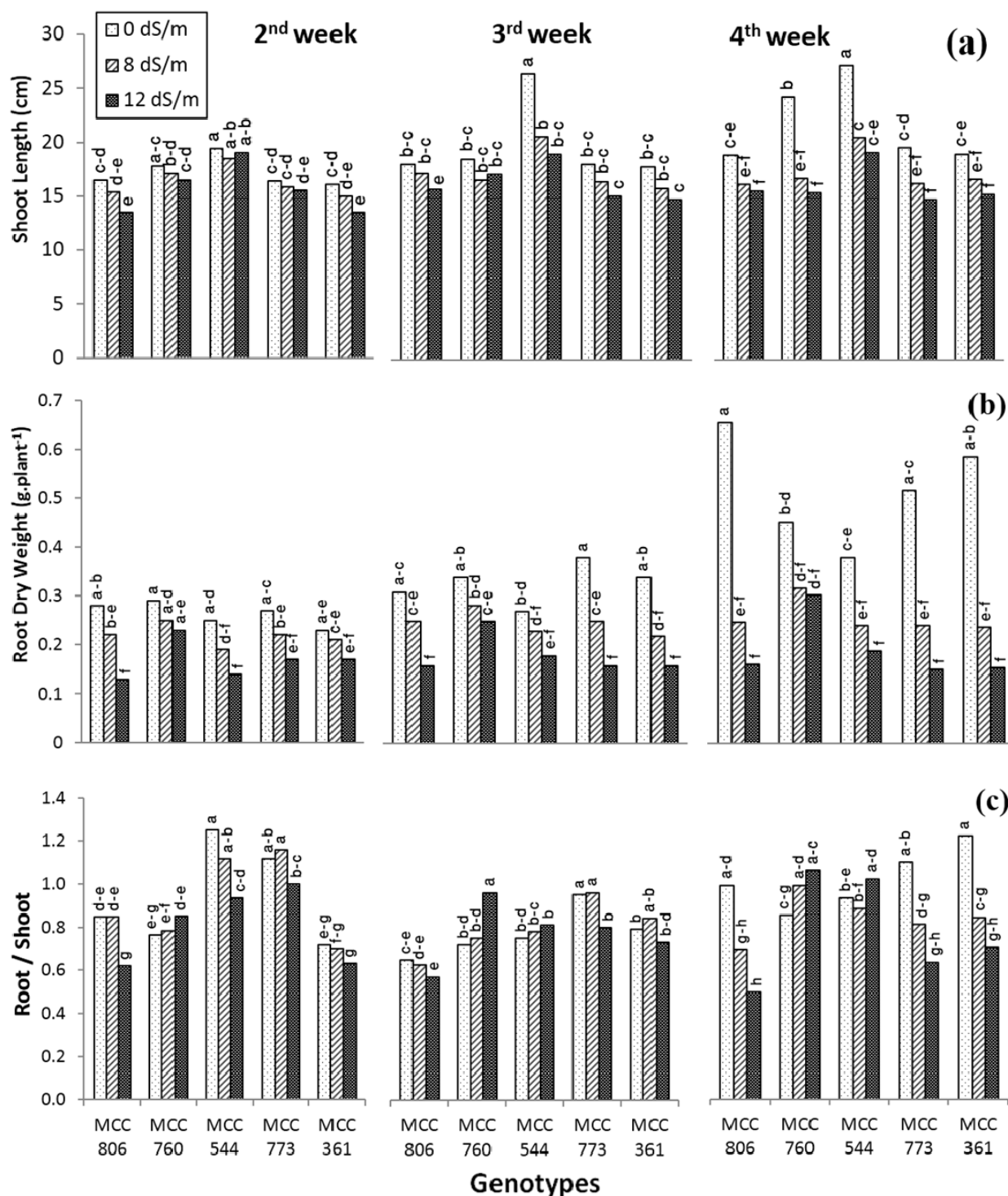
با افزایش زمان و غلظت نمک، به‌ویژه در هفته چهارم، کاهش معنی‌دار چهاربرابر نسبت به شاهد در ژنوتیپ MCC806 مشاهده شد، اما ژنوتیپ MCC760 کمترین میزان کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد (۱/۷ برابر) را داشت و تفاوتی در غلظت‌های 12 dS.m^{-1} و 8 dS.m^{-1} مشاهده نشد که بنظر می‌رسد به حد آستانه خود رسیده باشد. از طرفی در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها، این حد آستانه بیشترین وزن تر و خشک ریشه را به خود اختصاص داده است.

ژنوتیپ MCC544 که یک ژنوتیپ بومی ایرانی است، از نظر سرعت جوانه‌زنی بهتر و از لحاظ رشد طولی ساقه اصلی، برتری معنی‌داری (با اختلاف ۱۰ سانتی‌متری در هفته سوم) نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشت که تا حدی به عادت رشدی گیاه بازمی‌گردد.

این ژنوتیپ در چهار زمان نمونه‌گیری (هفته اول نشان داده نشده است) و در هر سه غلظت، بیشترین ارتفاع گیاه را به خود اختصاص داد، اما وزن تر و خشک آن به خصوص در هفته دوم نمونه‌گیری، کمتر از بقیه بود (شکل‌های ۱-ب و ۵-ا)؛ چراکه جوانه‌های جانبی نداشت، اما با توسعه بافت‌های هوایی از قبل تولید شده، این کاهش وزن را در هفته‌های سوم و چهارم جبران کرد. ارتفاع بیشتر این ژنوتیپ و گنجایش بیشتر ساقه آن را می‌توان به عنوان منبع ثانویه ذخیره مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در نظر گرفت که خود می‌تواند به عنوان یک راهکار در راستای مقاومت به تنش مطرح باشد (Ganjeali & Kafi, 2007).

با افزایش شدت تنش، وزن تر همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت و با افزایش مدت زمان تنش، شدت کاهش وزن، بیشتر نیز شد، به طوری که در هفته سوم در ژنوتیپ‌های MCC544 و MCC361 و هفته چهارم در دیگر ژنوتیپ‌ها کاهش معنی‌داری در وزن تر اندام هوایی مشاهده شد. ژنوتیپ MCC806 اگرچه بیشترین وزن تر در هفته سوم را داشت، اما به همراه ژنوتیپ MCC361 بیشترین درصد (بیش از ۵ برابر) افت وزن تر نسبت به شاهد را در هفته چهارم به خود اختصاص داد که حساسیت این ژنوتیپ نسبت به شوری را نشان می‌دهد. در هفته چهارم و در غلظت 8 dS.m^{-1} از نظر وزن تر، ژنوتیپ‌های MCC544 و MCC760 کمترین درصد افت (به ترتیب ۲ و ۳ برابر) و بیشترین میانگین این پارامتر را نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشتند که بیانگر جذب آب بیشتر و سازگاری بهتر با تنش بود.

اگرچه با افزایش سن، وزن تر گیاهچه‌های تحت تنش کاهش یافت، اما بر وزن خشک آن‌ها افزوده شد (شکل ۱-ب و c). با این که ژنوتیپ MCC760 افت شدیدی (تقریباً ۲ برابر) در وزن خشک هفته چهارم داشت، اما با بررسی وزن خشک ریشه (شکل‌های ۲-ب و ۵-ب) مشخص می‌شود با افزایش نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه، مکانیزم مقاومت این ژنوتیپ نسبت به تنش شوری همچنان ادامه دارد. این روند به‌ویژه در هفته سوم و چهارم و در غلظت‌های بالاتر برای این ژنوتیپ بیشتر مشاهده می‌شود.



شکل ۲- برخی تغییرات پارامترهای مورفولوژیک ریشه نخود تحت تنش شوری NaCl در سطوح صفر، ۸ و ۱۲ dS.m⁻¹ طی سه هفته متوالی.

a: وزن تر ریشه؛ b: وزن خشک ریشه؛ c: نسبت وزن خشک ریشه به نسبت وزن خشک اندام هوایی، ($p \leq 0.05$)

Fig. 2. Some changes in morphological parameters of chickpea roots under NaCl salinity (0, 8 and 12 dS.m⁻¹) during three consecutive weeks. a: Root fresh weight; b: Root dry weight; c: Root dry weight to shoot dry weight ratio, ($p \leq 0.05$)

از آن‌جا که یکی از پاسخ‌های گیاهان متحمل به تنش شوری و خشکی، افزایش رشد ریشه جهت ذخیره ماده خشک و یا انتقال از اندام هوایی به ریشه (Bibi *et al.*, 2009) و جذب آب بیشتر است (Ganjeali & Kafi, 2007)، ژنوتیپ MCC760 تحمل بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها به‌ویژه MCC806 در برابر تنش شوری دارد.

جدول ۱- تغییرات میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید (mg/gFW) تحت تنش شوری (صفر، ۸ و ۱۲ dS.m⁻¹) در هفته‌های دوم و سوم پس از تنش

Table 1. Changes of chlorophyll a, b and carotenoid (mg/gFW) under salinity (0, 8 and 12 dS.m⁻¹) during two weeks

ژنوتیپ‌ها Genotypes	نوع کلروفیل Chlorophyll type	شدت‌های تنش شوری در هفته دوم Levels of salinity in 2 nd week			شدت‌های تنش شوری در هفته سوم Levels of salinity in 3 rd week		
		0 dS/m	8 dS/m	12 dS/m	0 dS/m	8 dS/m	12 dS/m
MCC 806	Chlorophyll a	26.58±0.4	24.21±1.2	18.39±0.5	23.63±0.8	16.56±0.7	10.91±1.3
	Chlorophyll b	09.74±0.3	08.62±0.4	07.66±0.2	09.27±0.0	06.59±0.3	03.72±0.2
	Carotenoid	05.11±0.7	04.86±0.2	05.31±0.3	04.94±0.3	04.45±0.5	03.61±0.4
MCC 760	Chlorophyll a	24.75±1.3	23.14±0.8	19.78±1.1	20.23±0.2	14.28±1.5	15.37±1.7
	Chlorophyll b	09.28±0.4	09.48±0.4	08.84±0.4	08.04±0.9	05.44±0.4	05.93±0.6
	Carotenoid	05.60±0.4	05.56±0.3	05.24±0.4	04.60±0.3	04.11±0.5	04.11±0.5
MCC 544	Chlorophyll a	27.39±1.2	22.34±1.1	20.08±1.1	26.43±1.5	18.26±1.1	10.61±0.7
	Chlorophyll b	09.47±0.4	08.79±0.4	08.04±0.4	09.74±0.4	07.78±0.2	04.79±0.5
	Carotenoid	05.83±0.3	04.72±0.1	05.36±0.2	05.35±0.5	04.62±0.3	03.19±0.2
MCC 733	Chlorophyll a	25.35±0.5	23.24±0.6	19.27±1.0	19.13±1.7	13.78±0.6	10.13±0.5
	Chlorophyll b	09.37±0.5	08.69±0.3	07.77±0.3	07.35±0.7	05.37±0.3	04.93±0.3
	Carotenoid	05.42±0.3	04.91±0.3	05.10±0.1	04.47±0.5	03.91±0.3	03.02±0.2
MCC 361	Chlorophyll a	24.66±0.6	21.20±0.4	18.59±0.5	23.49±1.1	15.87±0.6	11.49±0.8
	Chlorophyll b	09.39±0.4	08.66±0.2	07.64±0.4	09.13±0.2	06.54±0.5	05.44±0.7
	Carotenoid	04.78±0.4	04.52±0.2	04.93±0.4	05.02±0.3	04.11±0.2	03.34±0.3

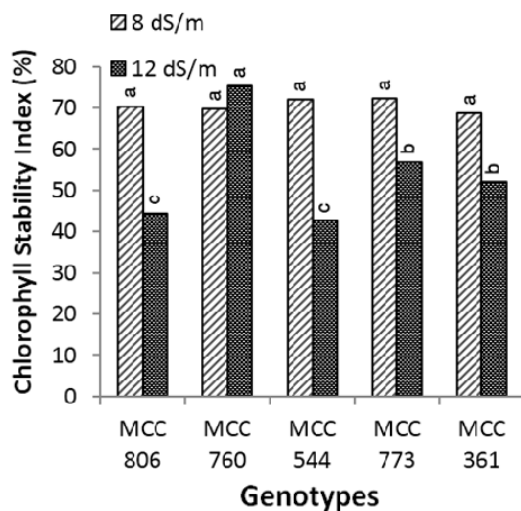
ژنوتیپ‌های MCC544 و MCC760 بر خلاف سه ژنوتیپ دیگر، در هفته‌های سوم و چهارم نه تنها نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه آن‌ها کاهش نیافت (شکل ۲)، بلکه با افزایش شدت تنش، بیشتر نیز شد. در گیاهان متحمل به تنش شوری و خشکی، کاهش رشد بخش ساقه‌ای و در مواردی افزایش رشد ریشه‌ای مشاهده شده است (Mensah *et al.*, 2009 ; Kalefetoglu Macar *et al.*, 2009). نتایج حاصل از این تحقیق نیز افزایش نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی در ژنوتیپ‌های متحمل یعنی MCC760 و MCC544 را در شرایط تنش شوری تأیید می‌کند.

(Data are mean ± s.e.).

(داده‌ها شامل میانگین ± خطای معیار).

افزایش غلظت کلریسدیم باعث کاهش میزان کلروفیل‌های a و b در ژنوتیپ‌های نخود شد و با افزایش مدت زمان، شدت کاهش نیز زیادتر شد (جدول ۱). ژنوتیپ MCC760 در هفته سوم دارای بیشترین مقادیر کلروفیل‌های a و b در بالاترین سطح تنش بوده و بر خلاف دیگر ژنوتیپ‌ها با افزایش شدت تنش از ۸ dS.m⁻¹ به ۱۲ dS.m⁻¹ نه تنها میانگین آن کاهش نیافت، بلکه افزایش نیز داشت و دارای بیشترین میانگین کلروفیل کل بود. علاوه بر این، این

مقدار کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند، چراکه به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده مؤثر هستند (Kafi *et al.*, 2011). تأثیر تنش شوری و خشکی بر میزان کلروفیل‌ها وابسته به شدت و مدت تنش و نوع گونه گیاهی می‌باشد (Guerfel *et al.*, 2009). منطبق با دیگر گزارش‌های ارائه شده (Mudgal *et al.*, 1999; Soussi *et al.*, 2009)، در آزمایش حاضر نیز



شکل ۳- اثر شوری (NaCl) بر درصد ضریب پایداری کلروفیل ژنوتیپ‌های نخود در هفته سوم، ($p \leq 0.05$)

Fig. 3. Impact of salinity (NaCl) on chlorophyll stability Index (%) of chickpea genotypes in 3rd week, ($p \leq 0.05$)

حفظ آب برگ و کاهش تبخیر و تعرق، یک مکانیسم مهم اجتناب از تنش شوری است و محتوای آب نسبی برگ به‌عنوان نشانگر جهت تعیین میزان تحمل ژنوتیپ‌های گیاهی نسبت به تنش شوری و خشکی معرفی شده است (Terzi & Kadioglu, 2006). در این آزمایش در همه مراحل نمونه‌گیری، میزان آب نسبی برگ تمام ژنوتیپ‌ها در اثر تنش شوری کاهش داشت و این روند به مرور زمان بیشتر نیز شد و نهایتاً در هفته چهارم تا حد آستانه کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش غلظت، کاهش معنی‌داری مشاهده نشد. در غلظت 12 dS.m^{-1} کمترین و بیشترین میزان کاهش نسبت به شاهد در هفته دوم به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MCC544 (۱/۱۸ برابر کاهش) و MCC806 (۱/۹۲ برابر کاهش) بود. در هفته سوم و چهارم ژنوتیپ‌های MCC760 (۱/۸۵ و ۳/۱ برابر) و MCC806 (۳/۴۱ و ۴/۶ برابر) به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان کاهش نسبت به شاهد را داشتند. بنابراین ژنوتیپ‌های MCC760 و MCC544 (برخلاف ژنوتیپ MCC806) به‌دنبال توانایی بیشتر در حفظ آب تحت شرایط شوری، بیشترین تحمل را به تنش داشتند (شکل‌های ۴ و ۵).

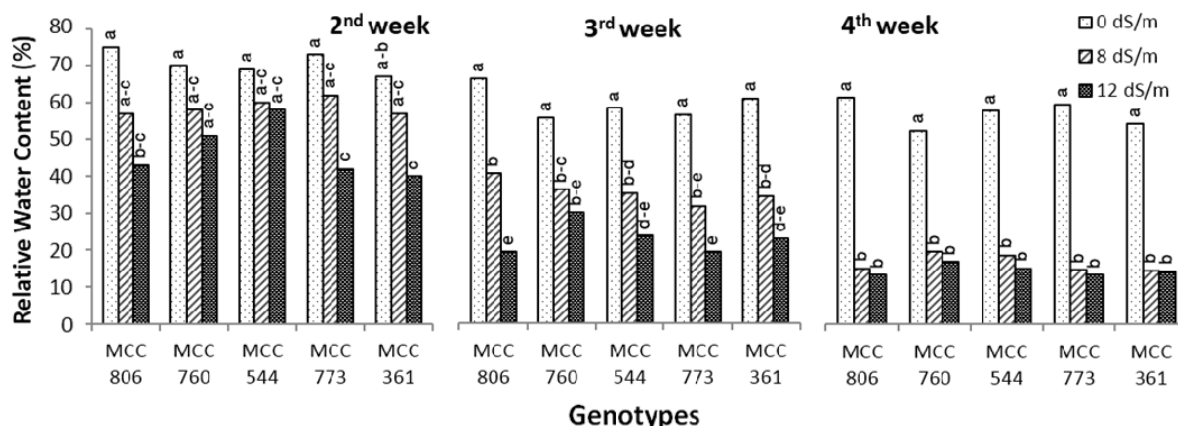
تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر میزان نسبی آب برگ به تفاوت آنها در میزان جذب آب از خاک و نیز توانایی آنها در افزایش کارایی سیستم ریشه‌ای و قدرت کنترل هدرروی آب از طریق روزنه‌ها و تبخیر سطحی یا تعرق کمتر مربوط می‌شود (Farooq et al., 2009; Beck et al., 2007).

ژنوتیپ بیشترین ضریب پایداری کلروفیل (CSI) را به‌خود اختصاص داد (شکل ۳).

ژنوتیپ MCC544 در شدت متوسط تنش (8 dS.m^{-1}) و هفته سوم، دارای بیشترین میزان کلروفیل‌های a و b بود ($26/05$ میلی‌گرم کلروفیل کل در یک گرم بافت تر برگ)، اما در شدت تنش بالاتر (12 dS.m^{-1}) افت شدیدی در رنگدانه‌های این ژنوتیپ مشاهده شد، به‌طوری‌که در غلظت 12 dS.m^{-1} به‌همراه ژنوتیپ MCC806 بیشترین آسیب در رنگدانه‌ها را داشتند ($15/4$ و $14/6$ میلی‌گرم کلروفیل کل در یک گرم بافت تر برگ و ضریب پایداری کلروفیل 42% و 44% به‌ترتیب برای ژنوتیپ‌های MCC544 و MCC806؛ شکل ۳). از آنجا که کاهش میزان کلروفیل گیاهچه‌های تحت تنش، با پیری برگ در ارتباط است (Guerfel et al., 2008; Lage-Pinto et al., 2009)، یکی از دلایل احتمالی کاهش شدید رنگدانه‌های فتوسنتزی این ژنوتیپ را می‌توان به عادت رشدی آن نسبت داد، چراکه از یک سو وزن خشک و زیست‌توده کمتری داشت و از سوی دیگر، شاخه‌های جانبی و در نتیجه برگ‌های جوان تولید نکرد و در نتیجه ضریب پایداری این ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ژنوتیپ MCC806 علاوه بر کاهش شدید در ضریب پایداری کلروفیل، دارای کمترین کلروفیل b در هفته سوم بود و در شدت تنش بالا (12 dS.m^{-1}) اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ MCC760 داشت.

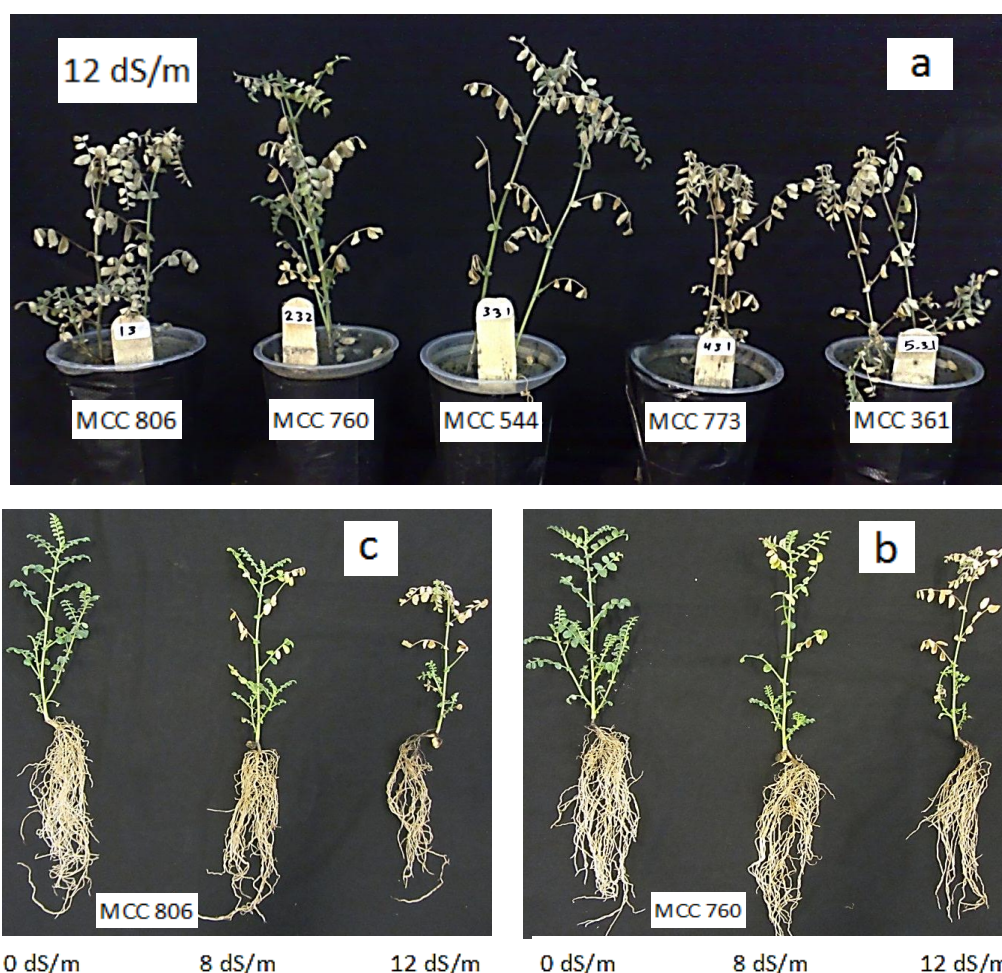
کاروتنوئیدها یکی از رنگرزه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان می‌باشند که گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرنوئید را تشکیل می‌دهند و به تخریب اکسیداتیو نیز حساس می‌باشند (Simkin et al., 2008). در مطالعه حاضر، با افزایش شدت تنش، میزان کاروتنوئید نیز کاهش یافت (جدول ۱). کمترین کاهش، مربوط به ژنوتیپ MCC760 بود، به‌طوری‌که در سطوح تنش متوسط (8 dS.m^{-1}) و بالا (12 dS.m^{-1}) تغییری در میانگین آن مشاهده نشد. بنابراین ممکن است این ژنوتیپ توانایی بیشتری در کاهش تنش اکسیداتیو ایجادشده در اثر شوری به کمک کاروتنوئیدها داشته (Prochazkova et al., 2001) و لذا موجب تحمل بیشتر آن نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها شده است.

کاهش میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید نخود در اثر تنش شوری در مطالعات دیگران نیز (Mudgal et al., 1999; Soussi et al., 2009) تأیید شده است.



شکل ۴- تأثیر سه غلظت NaCl (صفر، ۸ و 12 dS.m^{-1}) بر درصد تغییرات مقدار آب نسبی در ژنوتیپ‌های نخود در طول سه هفته متوالی، ($p \leq 0.05$)

Fig. 4. Effects of NaCl levels ($0, 8, 12 \text{ dS.m}^{-1}$) on relative water content in chickpea genotypes during three consecutive weeks, ($p \leq 0.05$)



شکل ۵- تأثیر کلرید سدیم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و رشد و نمو ژنوتیپ‌های نخود. (a) اثر غلظت شوری 12 dS.m^{-1} بر پنج ژنوتیپ نخود در هفته چهارم. اثر غلظت‌های مختلف NaCl بر ژنوتیپ MCC760 (b) و ژنوتیپ MCC806 (c) در هفته دوم

Fig. 5. NaCl impact on morphology and growth of chickpea genotypes. (a) Effect of 12 dS.m^{-1} salinity level on five genotypes of chickpea in 4th week. Effect of NaCl salinity levels on MCC760 (b) and MCC806 (c) in 2nd week

مشابه با نتایج آزمایش حاضر، در مطالعات دیگر که روی گندم، سویا و ذرت انجام شده است، ژنوتیپ‌های متحمل میزان نسبی آب برگ بالاتری داشتند (Bayoumi *et al.*, 2010; Figueiredo *et al.*, 2001; Galle *et al.*, 2002; Moussa & Abdel-Aziz, 2008; Sairam *et al.*, 2005). به‌طور کلی، نتایج مبین آن بود که ارزیابی تحمل به تنش شوری بر اساس خصوصیات فیزیولوژیک در هفته سوم و بر مبنای ویژگی‌های مورفولوژیک در هفته چهارم مناسب‌تر می‌باشد، اما جهت تشخیص دقیق‌تر، بررسی نشانگرهای بیوشیمیایی به‌ویژه در گیاهچه‌های دو یا سه هفتگی ضروری به‌نظر می‌رسد، چراکه طبق گزارش‌های مختلف، نخود در مرحله گلدهی حساسیت بیشتری داشته و اختلافات بین ژنوتیپ‌ها بیشتر نمایان خواهد شد (Ganjeali & Kafi, 2007).

ژنوتیپ‌های MCC760 و MCC544 علاوه بر توانایی بیشتر در جذب و حفظ آب، متابولیت‌های تولیدی و ذخیره‌ای بیشتری داشته و احتمالاً از سازگاری اسمزی بالاتر و تحمل بیشتری نسبت به شوری (Bayoumi *et al.*, 2010) برخوردار بودند. از سوی دیگر ژنوتیپ MCC806 به‌دلیل بیشترین آسیب، حساس‌تر از چهار ژنوتیپ دیگر ارزیابی شد. از سوی دیگر اگرچه مطالعات (Kafi *et al.*, 2011) و Mehrjerdi *et al.*, (2011) در محیط هیدروپونیک و با حذف اثر خاک انجام گرفته است، اما با نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش تا حدودی مطابقت دارد.

منابع

- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. *Plant Science* 163: 117-123.
- Ashraf, M., and Harris, P. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science* 166: 3-16.
- Bayoumi, T., Eid, M.H., and Metwali, E. 2010. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 7: 2341-2352.
- Beck, E.H., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K., and Bhattarai, T. 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. *Journal of Biosciences* 32: 501-510.
- Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., Haq, M., Atta, B., Shah, T., and Alam, S. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpea genotypes. *Pakistan Journal of Botany* 41: 731-736.
- Bray, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science* 2: 48-54.
- Chauhan, Y. 1987. Screening for tolerance to salinity and waterlogging: case studies with pigeonpea and chickpea. In: Consultants' Workshop: Adaptation of Chickpea and Pigeonpea to Abiotic Stresses, 19-21 Dec 1984, ICRISAT, India.
- de Silva, M., Purcell, L.C., and King, C.A. 1996. Soybean petiole ureide response to water deficits and decreased transpiration. *Crop Science* 36: 611-616.
- Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Indian Journal of Plant Physiology* 12: 271-275.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture* 29(1): 153-188.
- Figueiredo, M.V.B., Bezerra-Neto, E., and Burity, H.A. 2001. Water stress response on the enzymatic activity in cowpea nodules. *Brazilian Journal of Microbiology* 32: 195-200.
- Galle, A., Csiszár, J., Tari, I., and Erdei, L. 2002. Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. *Acta Biologica Szegediensis* 46: 85-86.
- Ganjeali, A., and Kafi, M. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 39: 1523-1531.
- Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. *Agricultural Water Management* 98: 1477-1484.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., and Zarrouk, M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 119: 257-263.

16. 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 and Environment* 52: 368-376.
17. Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., and Masomi, A. 2011. Effect of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology* 1: 55-70.
18. Kalefetoglu Macar, T., Turan, O., and Ekmekci, Y. 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar and lines at early seedling stage. *Gazi University Journal of Science* 22: 5-14.
19. Kumaga, F., Adiku, S., and Ofori, K. 2003. Effect of post-flowering water stress on dry matter and yield of three tropical grain legumes. *International Journal of Agriculture and Biology* 4: 405-407.
20. Lage-Pinto, F., Oliveira, J.G., Da Cunha, M., Souza, C.M.M., Rezende, C.E., Azevedo, R.A., and Vitória, A.P. 2008. Chlorophyll *a* fluorescence and ultrastructural changes in chloroplast of water hyacinth as indicators of environmental stress. *Environmental and Experimental Botany* 64: 307-313.
21. Lichtenthaler, H.K., and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. pp. F4.3.1-F4.3.8). New York John Wiley and Sons.
22. Maliro, M.F.A., McNeil, D., Kollmorgen, J., Pittock, C., and Redden, R. 2004. Screening chickpea (*Cicer arietinum* L.) and wild relatives germplasm from diverse country sources for salt tolerance. The 4th International Crop, Science Congress, Brisbane, Queensland, Australia.
23. Mehrjerdi, M.Z., Nabati, J., Masomi, A., Bagheri, A., and Kafi, M. 2011. Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 2: 83-96.
24. Mensah, J., Obadoni, B., Eruotor, P., and Onome-Irieguna, F. 2009. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). *African Journal of Biotechnology* 5: 1249-1253.
25. Millan, T., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., Buhariwalla, H.K., Gaur, P.M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G., and Winter, P. 2006. Chickpea molecular breeding: New tools and concepts. *Euphytica* 147: 81-103.
26. Moussa, H.R., and Abdel-Aziz, S.M. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Australian Journal of Crop Science* 1: 31-36.
27. Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., and Mishra, S. 2009. Changes in growth and metabolic profile of chickpea under salt stress. *Journal of Applied Biosciences* 23: 1436-1446.
28. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59: 651-681.
29. Okçu, G., Kaya, M.D., and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 237-242.
30. Prochazkova, D., Sairam, R., Srivastava, G., and Singh, D. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Science* 161: 765-771.
31. Sairam, R., Srivastava, G., Agarwal, S., and Meena, R. 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49: 85-91.
32. Saxena, N.P., Krishnamurthy, L., and Johansen, C. 1993. Registration of a drought-resistant chickpea germplasm. *Crop Science* 33: 1424-1424.
33. Simkin, A.J., Moreau, H., Kuntz, M., Pagny, G., Lin, C., Tanksley, S., and McCarthy, J. 2008. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. *Journal of Plant Physiology* 165: 1087-1106.
34. Singh, K. 1987. Chickpea Breeding, In: M.C. Saxena and K.B Singh (Eds). *The Chickpea*. CAB International, Wallingford, UK. p. 127-162.
35. Singh, K. 1993. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research* 53: 161-170.
36. Soussi, M., Lluch, C., Ocana, A., and Norero, A. 1999. Comparative study of nitrogen fixation and carbon metabolism in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under salt stress. *Journal of Experimental Botany* 50: 1701-1708.
37. Szabolcs, I. 1989. Salt-affected Soils. CRC Press (Boca Raton, Fla.). p. 274.
38. Tawfik, K. 2008. Effect of water stress in addition to potassiomag application on mungbean. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2: 42-52.
39. Terzi, R., and Kadioglu, A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 48: 89-96.

40. Toker, C., Lluch, C., Tejera, N.A., Serraj, R., and Siddique, K.H.M. 2007. Abiotic stresses. In: S.S. Yadav, R. Redden, W. Chen, and B. Sharma (Eds.). Chickpea Breeding and Management pp. 474-496. CABI, Wallingford, UK.
41. Vadez, V., Krishnamurthy, L., Serraj, R., Gaur, P., Upadhyaya, H., Hoisington, D., Varshney, R., Turner, N., and Siddique, K. 2007. Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. Field Crops Research 104: 123-129.
42. Yokoi, S., Bressan, R.A., and Hasegawa, P.M. 2002. Salt stress tolerance of plants. JIRCAS Working Report 23: 25-33.

Trend of changes for morpho-physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress (NaCl) condition

Arefian^{1*}, M., Vessal², S., Bagheri³, A. and Ganjeali⁴, A.

1. MSc. Department of Biotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2. Contribution from Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3. Department of Biotechnology, College of Agriculture, & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4. Department of Biology, College of Sciences, & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 29 December 2012

Accepted: 23 August 2013

Abstract

Salinity is one of the most important widespread abiotic stresses which causes toxic and nutritional effects as well as loss of water absorption ability by plants. Plants respond to salinity with morphological changes. Due to high susceptibility of chickpea to salt stress, some physiological and morphological responses occur following the stress in this plant. Thus, different concentrations of salt stress (0, 8, 12 dS.m⁻¹) impacts on morphophysiological characteristics were studied in candidate chickpea genotypes; a factorial experiment in a completely randomized design was performed with three replications and four sampling times of one week interval. The results indicated that the most tolerant and susceptible genotype to salinity were MCC760 and MCC806, respectively. By increasing the concentration of sodium chloride at week 4, root dry weight to shoot dry weight ratio increased 0.8 and 2 folds in these genotypes but root dry weight decreased 1.7 and 4 folds. At high stress level (12 dS.m⁻¹), MCC760 genotype had not only the more photosynthetic pigments (including chlorophyll a, b and carotenoids) but also the rate was less in which its chlorophyll stability index (75%) was significantly higher than the others, indicating more than 30% significant differences compared with MCC806. The third week determined as more appropriate time to compare the physiological parameters in which MCC760 and MCC806 genotypes with 1.8 and 3.4 folds had significant difference and lowest relative water content. Overall, the data showed that MCC760 was the most tolerant genotype in response to salinity in this study and also the appropriate time for tolerant assessment were 4th and 3rd weeks after sowing based on Morphological and physiological parameters, respectively.

Key words: Chickpea, Pigments, Relative water content, Root, Salinity, Shoot

*Corresponding Author: arefian.m@gmail.com

آزمون‌های زیستی و مولکولی گیاه نخود تراریخته (*Cicer arietinum* L.) مقاوم به آفت پيله‌خوار (*Helicoverpa armigera* Hub.)

پرویز عبادی باباجان^۱، نسرين مشتاقی^{۲*}، عبدالرضا باقری^۲، حسن مرعشی^۳ و سعید ملک‌زاده شفارودی^۲

۱- کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی، پژوهشکده فناوری زیستی

و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده فناوری زیستی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۱

چکیده

آفت پيله‌خوار یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود محسوب می‌شود و انتقال ژن با هدف افزایش مقاومت به این آفت، از اهداف اصلاحی در این گیاه زراعی می‌باشد. یکی از راهبردهای مؤثر برای تولید نخود تراریخته مقاوم به آفت پيله‌خوار، استفاده از سموم طبیعی Cry از باکتری باسیلوس تورینجینسینس است. این سموم قادرند در معده حشرات فعال شده و سیستم گوارشی حشره را مختل نمایند. در مطالعه حاضر بررسی ثبات حضور ژن *cryIac* و بیان آن در نسل‌های سوم (T3) و چهارم (T4) حاصل از نسل دوم نخود تراریخته با ژن *cryIac* و ژن گزینشگر *nptII* انجام شد تا بتوان به لایینی دست یافت که تنها حاوی ژن *cryIac* بوده و ژن *nptII* بر اثر نوترکیبی بین دو T-DNA از آن تفکیک شود. آزمون PCR از بین ۲۵ نمونه مشکوک در نسل سوم به وجود ژن *cryIac*، در ۶ مورد باند مربوط به ژن *cryIac* و باند مربوط به ژن *nptII* را در تمامی نمونه‌ها نشان داد، ولی از بین این نمونه‌ها، در آزمون RT-PCR تنها در ۵ مورد ژن *cryIac* در سطح RNA بیان شد. نتایج PCR در طی نسل چهارم حاکی از وجود باند مربوط به ژن *cryIac* در ۷۳ مورد و باند مربوط به ژن *nptII* در ۸۱ نمونه از ۹۴ مورد بود. در ۱۰ نمونه از گیاهان تراریخته که حاوی ژن *cryIac* بودند، باند مربوط به ژن *nptII* مشاهده نگردید که این نشان‌دهنده آن بود که ژن *cryIac* از ژن *nptII* تفکیک شده است. نتایج آزمون RT-PCR نیز نشان داد که ژن موردنظر در همه گیاهان تراریخته، در سطح RNA بیان شده است. همچنین نتایج آزمون الایزا نشان داد که در تمام نمونه‌های مورد آزمون، پروتئین CryIac در لاین‌های مختلف در غلظت‌های متفاوتی بیان شده است. در آزمون زیست‌سنجی، لاروهایی که با برگ گیاهان غیرتراریخته تغذیه شدند، همگی زنده ماندند، اما در مقابل لاروهایی که با برگ گیاهان تراریخته نسل T4 تغذیه شدند، همگی به‌طور کامل از بین رفتند که این امر نشان‌دهنده بروز موفقیت‌آمیز فنوتیپ مورد انتظار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آفت پيله‌خوار، نخود تراریخته، *cryIac*، Bt

مقدمه

تنش‌های زیستی نظیر آفت پيله‌خوار، از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود محسوب می‌شوند. اصلاح نخود از طریق روش‌های مرسوم مشابه با سایر گیاهان با صرف هزینه و زمان زیادی انجام می‌شود و در برخی مواقع به دلیل فقدان ژن‌های مطلوب در خزانه ژرم‌پلاسما و عدم تلاقی بین‌گونه‌ای، با محدودیت‌هایی مواجه است. لذا به نظر می‌رسد بتوان با استفاده از تلفیق روش‌های نوین کشت این‌ویتر و مهندسی ژنتیک، موانع موجود در روش‌های اصلاحی کلاسیک را از میان برداشته و فرایندهای اصلاحی را سرعت بخشید (Bajaj, 1990).

میزان خسارت آفت پيله‌خوار نخود در سطح جهانی سالانه بالغ بر ۳۲۵ میلیون دلار تخمین زده شده است (Popelka & Higgins, 2007)، لذا افزایش مقاومت در برابر این آفت می‌تواند سبب بهبود عملکرد این گیاه در نواحی کاشت آن شود. یکی از راهبردهای مؤثر برای تولید نخود تراریخته مقاوم به آفت پيله‌خوار، استفاده از سموم طبیعی Cry از باکتری *Bacillus thuringiensis* است. این سموم قادرند در معده حشرات، فعال شده و سیستم گوارشی حشره را مختل نمایند. تلاش‌های متعددی برای انتقال انواع ژن‌های *cry* به گیاهان زراعی جهت ایجاد مقاومت به انواع آفات حشره‌ای انجام شده است و تعدادی از گیاهان Bt هم‌اکنون در سطح وسیعی در کشورهای مختلف نظیر هند، چین، ایالات متحده، اسپانیا، کانادا، استرالیا، پرتغال، چک، لهستان، اسلواکی، رومانی و برزیل

* نویسنده مسئول: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی،

گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، moshtaghi@um.ac.ir

انجام شد. جوانه‌زنی بذور در داخل پتری‌دیش در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت. بعد از جوانه‌زنی، بذور به گلدان‌های کوچک انتقال داده شدند. بعد از ۲۰ روز، نمونه برگ‌ها از هر کدام از بوته‌ها برای استخراج DNA و RNA و پروتئین تهیه شدند و درون میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری قرار داده شده و در فریزر با دمای ۸۰- نگهداری شدند.

استخراج DNA و انجام PCR

استخراج DNA با استفاده از کیت استخراج DNA (Fermentas #K0512) طبق دستورالعمل شرکت سازنده از بافت برگ‌ها فریز شده صورت گرفت. پس از هر استخراج، کمیت و کیفیت DNA ژنومی با نانودراپ و الکتروفورز بر روی ژل آگارز تعیین شد. جهت تأیید وجود ژن *nptII* و *cryIAC* در گیاه، واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراس با استفاده از آغازگرهای ژن *nptII* و *cryIAC* انجام شد (جدول ۱). تعداد چرخه‌های انجام گرفته برای ژن *cryIAC* ۳۵ چرخه و حجم نهایی واکنش ۲۵ میکرولیتر در نظر گرفته شد. واسرشت‌سازی اولیه برای هر دو ژن، در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و در ۳۵ چرخه بعدی به مدت یک دقیقه انجام شد. دمای اتصال برای آغازگر *cryIAC* ۵۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۹۰ ثانیه و برای ژن *nptII* ۵۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد. مرحله پلیمریزاسیون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲۰ ثانیه برای ژن *cryIAC* و ۹۰ ثانیه برای ژن *nptII* برای تمام چرخه‌ها و ۱۰ دقیقه برای چرخه نهایی انتخاب شد. در ضمن برای تأیید نسبت تفکیک ژن *cryIAC* از آزمون کای‌مربع در نسل چهارم استفاده گردید.

استخراج RNA و انجام RT-PCR

برای استخراج RNA از کیت Fast Pure™ RNA (TaKaRa) در نسل سوم و کیت استخراج RNA دنازیست (#S1020) در نسل چهارم استفاده شد. مقدار ۵۰ میلی‌گرم از بافت برگ فریز شده توسط هاون عاری از RNase (اتوکلاو شده و شستشو با آب دی‌پسی) به خوبی ساییده شد و بقیه مراحل طبق دستورالعمل کیت شرکت سازنده انجام گرفت. پس از هر استخراج، کمیت و کیفیت RNA استخراج شده با نانودراپ و الکتروفورز بر روی ژل آگارز تعیین شد. نمونه‌های RNA برای اطمینان از عدم آلودگی، DNA زدایی شدند و PCR نمونه‌های RNA هیچ بانندی را تکثیر ننمود. سپس نسخه‌برداری معکوس با استفاده از کیت Quantitect Reverse Transcription (Takara) طی نسل سوم و کیت Revert Aid First Strand (Takara) طی نسل چهارم در حجم نهایی ۲۰ میکرولیتر انجام پذیرفت. حجم مذکور حاوی یک

کشت می‌شوند (James, 2011). این گیاهان میزان مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش داده و مزایای فراوانی را برای تولیدکننده و مصرف‌کننده به همراه دارند، ضمن این‌که باعث صرفه‌جویی اقتصادی نیز خواهند شد.

محققان با استفاده از آگروباکتریوم تومی‌فاشینس توانسته‌اند انتقال چندین ژن نشانگر و گزارشگر از جمله *bar*, *gfp* و *nptII* را در نخود ردیابی کنند (Fontana et al., 1993; Krishnamurthy et al., 2000; Chandra & Pental, 2003; Somers et al., 2003; Polowick et al., 2004). Fontana et al., (1993) اولین کسانی بودند که توانستند گیاه نخود تراریخته با ژن *gus* را تولید نمایند. آن‌ها در تحقیق خود از محورهای جنینی به‌عنوان ریزنمونه و از آگروباکتریوم تومی‌فاشینس جهت تراریزش استفاده کردند. علاوه بر این، تلاش‌هایی نیز در جهت تولید نخود مقاوم به آفت کرم پیله‌خوار انجام گرفته و با موفقیت همراه بوده است (Moshtaghi, 2008; Moshtaghi et al., 2010; Sanyal et al., 2005; Indurker et al., 2007; Acharjee et al., 2010; Mehrotra et al., 2011).

در مطالعه Moshtaghi et al., (2010) سعی شد تا با انتقال ژن *cryIAC* به لاینی از نخود Bt دست یابند که بتواند به‌طور مؤثری باعث کنترل آفت پیله‌خوار در نخود شود و این مطالعات تا نسل دوم گیاهان تراریخته پیش رفته است. نکته متمایز در بررسی آن‌ها، استفاده از دو ژن گزینشگر *nptII* و ژن عامل تولید پروتئین کریستالی در دو T-DNA جدای از هم روی پلاسمید آگروباکتریوم می‌باشد. به‌این ترتیب، علاوه بر انتقال ژن *cryIAC* می‌توان انتظار داشت که در نسل‌های بعد به لاینی دست یافت که تنها حاوی ژن *cryIAC* بوده و ژن گزینشگر مقاوم به آنتی‌بیوتیک (*nptII*) بر اثر نوترکیبی بین این دو T-DNA حذف شود.

بنابراین می‌توان در نسل‌های بعد که هدف این بررسی نیز می‌باشد به یک لاین مطلوب هموزیگوس از ژن *cryIAC* دست یافت که مشکل ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک را دارا نیست و نیز باعث کنترل مؤثر آفت پیله‌خوار خواهد شد. لذا در مطالعه حاضر سعی شد ضمن بررسی ثبات حضور ژن *cryIAC* و بیان آن در نسل‌های T3 و T4 بتوان به لاینی دست یافت که تنها حاوی ژن *cryIAC* بوده و ژن *nptII* بر اثر نوترکیبی بین دو T-DNA از آن تفکیک شود.

مواد و روش‌ها

کشت گیاهان و تهیه نمونه

ضد عفونی بذور نخود تراریخته مقاوم به آفت پیله‌خوار در طی نسل سوم و چهارم، در وایتکس ۰/۵ درصد به مدت ۴ دقیقه

به‌عنوان الگو در واکنش PCR مشابه با قسمت قبل استفاده شد.

میکروگرم rRNA الگو است. به‌منظور بررسی بیان ژن در سطح rRNA، آزمون RT-PCR با استفاده از cDNA‌های سنتز شده صورت گرفت. بدین‌منظور cDNA‌های سنتز شده

جدول ۱- توالی آغازگر ژن‌های *cryIac* و *nptII*

Table 1. Primer sequences of *cryIac* and *nptII* genes

اندازه محصولات Product size	برگشت Reverse	رفت Forward	آغازگر Primer
1473 bp	5'-TCACTGCAGGGATTGAGTAATA-3'	5'-GACACAATGGACAACAACCCAAA-3'	<i>cryIac</i>
887 bp	5'-GGCTATTCGGCTATGACTG-3'	5'-ATCGGGAGCGGCGATACCGTA-3'	<i>nptII</i>

نخود تراریخته در داخل پتری‌دیش در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به مدت یک هفته تغذیه شدند. در این آزمون، یک برگ به همراه یک لارو در هر پتری‌دیش قرار داده شدند. بعد از این مدت میزان مرگومیر لاروها ثبت گردید.

نتایج و بحث

نتایج کشت گیاهان

در نسل سوم گیاهان تراریخته، تعداد کل بذور جوانه زده ۲۵ عدد بود که ارزیابی PCR و RT-PCR در نسل سوم بر روی آن‌ها صورت گرفت. نمونه‌های شاهد نیز برای تکثیر و به دست آوردن بذور کشت شدند. در نسل چهارم، ۱۰۸ عدد بذر حاصل از لاین‌های تراریخته حاوی ژن *cryIac* و چند گیاه شاهد غیر تراریخته نیز کشت شدند. از این تعداد بذور تراریخته ۹۴ گیاه به مرحله گلدهی رسیدند، ولی ۶۸ گیاه قادر به تولید بذر برای نسل بعدی شدند.

نتایج آزمون PCR

از گیاهان حاصل از کشت بذور در نسل سوم، در آزمون PCR، در مورد باند مربوط به ژن *cryIac* مشاهده گردید و باند مربوط به ژن *nptII* در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد.

PCR با آغازگرهای *cryIac* منجر به تکثیر یک قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی (شکل ۱) و با آغازگرهای *nptII* منجر به تکثیر قطعه ۸۸۷ جفت بازی (شکل ۲) شد.

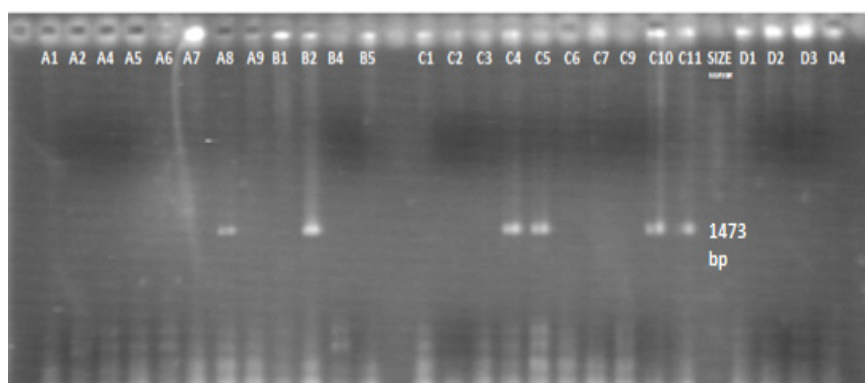
نتایج PCR در طی نسل چهارم حاکی از وجود باند مربوط به ژن *cryIac* در ۷۳ مورد از ۹۴ مورد (شکل ۳)، و باند مربوط به ژن *nptII* در ۸۱ نمونه از ۹۴ مورد (شکل ۴) بود. در ۱۰ نمونه از گیاهان تراریخته که حاوی ژن *cryIac* بودند، باند مربوط به ژن *nptII* مشاهده نگردید که این، نشان‌دهنده این مطلب بود که ژن *cryIac* از ژن *nptII* تفکیک شده است.

آزمون ELISA

آزمایش الایزا با استفاده از کیت Krishgene Biosystem (KBA005D #) صورت گرفت. بدین‌منظور، از محلول استخراج پروتئین کیت برای استخراج پروتئین از بافت برگ استفاده شد. بافر استخراج پروتئین به مقدار ۵۰۰ میکرولیتر به همراه بافت برگ در درون میکروتیوب قرار گرفت. سپس با استفاده از یک پستل، بافت برگ به صورت دستی کاملاً له شد. سپس محلول حاصل در دستگاه سانتریفیوژ در ۱۲۰۰ دور و به مدت ۲ دقیقه قرار گرفت. بعد از آن، محلول رویی که حاوی پروتئین کل بود برداشته شد. بعد از استخراج پروتئین، انجام آزمون الایزا با استفاده از آنتی‌بادی‌های اختصاصی *CryIac* طبق دستورالعمل کیت شرکت سازنده انجام گرفت. در نهایت چگالی نوری (جذب نوری) چاهک‌ها در ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ارزیابی نتایج با مشاهده تغییر رنگ چاهک از بی‌رنگ به رنگ زرد و یا اندازه‌گیری میزان جذب در محدوده طول موج ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الایزاخوان (Stat Fax 2100, Awareness Tech. Inc, USA) صورت گرفت.

ارزیابی زیستی

برای تأیید تأثیر بیان پروتئین Bt بر رشد لارو آفت پيله‌خوار در گیاهان تراریخته نسل چهارم و بروز فنوتیپ مورد نظر، از آزمون زیست‌سنجی استفاده شد. بدین‌منظور از برگ گیاهان شاهد (غیرتراریخته‌های نسل چهارم که حاصل از تفریق یافتن لاین‌های تراریخته نسل سوم بودند) و تراریخته‌های نسل چهارم استفاده گردید. لاین‌های تراریخته‌ای که مورد این آزمون قرار گرفتند شامل 4E15، 4E11، 4D7 و 4E30 بودند. برای این آزمون، از لاروهای یک تا دوازده که از مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری شده بودند، استفاده شد. لاروها، بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه انتقال داده شدند. لاروها توسط برگ‌های تازه نخود غیرتراریخته به‌عنوان شاهد و برگ‌های تازه

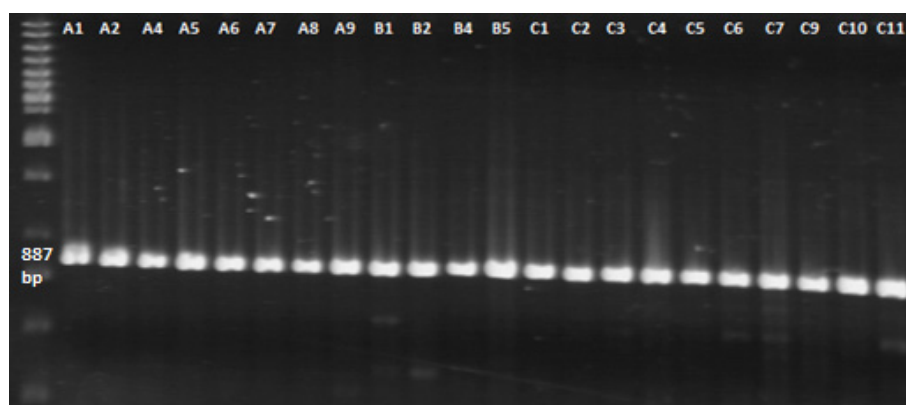


شکل ۱- تکثیر قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی مربوط به ژن *cryIac* در نسل سوم گیاهان تراریخته

(چاهک‌های مختلف، لاین‌های تراریخته هستند که بذور به‌دست‌آمده از یک گیاه با حرف لاتین مشترک نشان داده شده‌اند).

Fig. 1. Amplified 1473 bp *cryIac* gene by PCR in T3 generation of transgenic plants

(Different wells show the transgenic lines which the common alphabet indicated the all seeds from one plant)



شکل ۲- تکثیر قطعه ۸۸۷ جفت بازی مربوط به ژن *nptII* در نسل سوم گیاهان تراریخته

(چاهک‌های مختلف، لاین‌های تراریخته هستند که بذور به‌دست‌آمده از یک گیاه با حرف لاتین مشترک نشان داده شده‌اند).

Fig. 2. Amplified 887 bp *cryIac nptII* by PCR in T3 generation of transgenic plants

(Different wells show the transgenic lines which the common alphabet indicated the all seeds from one plant)

مشاهده گردید؛ و به بیان دیگر در همه گیاهان تراریخته، ژن موردنظر در سطح RNA بیان شده است (شکل ۵-ب).

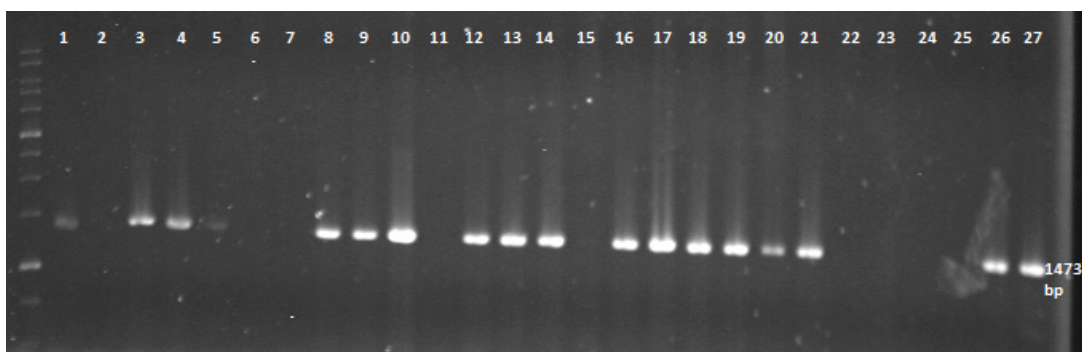
نتایج آزمون ELISA

آزمون ELISA به‌منظور تأیید بیان پروتئین Cry1Ac در گیاهانی که دارای ژن این پروتئین بودند، صورت گرفت. پس از انتقال میزان برابر از پروتئین کل به درون چاهک‌ها، انتظار می‌رفت که تغییر رنگ ناشی از وجود پروتئین مربوطه، و با اندازه‌گیری میزان جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الایزاخوان میزان بیان پروتئین Cry1Ac در گیاهان تراریخته را مشخص کند. همان‌طوری‌که انتظار می‌رفت، تغییر رنگ متمایل به زرد در چاهک‌ها مشاهده شد (شکل ۶).

نتایج حاصل از PCR نشان داد که تفکیک ژن *cryIac* با نسبت ۳:۱ در نسل چهارم صورت گرفته است. آزمون کای‌مربع این نسبت را تأیید نمود (جدول ۲).

نتایج RT-PCR

از بین ۶ نمونه موجود در نسل سوم که دارای ژن *cryIac* بودند، در آزمون RT-PCR معمولی، در ۵ مورد قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی مربوط به ژن *cryIac* تکثیر شد و بر روی ژل آگارز ۱ درصد باند مربوطه مشاهده گردید (شکل ۵-ا). در طی نسل چهارم از ۷۳ نمونه‌ای که در آزمون PCR دارای ژن *cryIac* بودند، استخراج RNA صورت گرفت. پس از ساخت cDNA، آزمون RT-PCR با استفاده از آغازگر ژن *cryIac* به‌عمل آمد. نتایج آزمون RT-PCR نشان داد که در همه نمونه‌ها باند مربوطه مشاهده شد و قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی

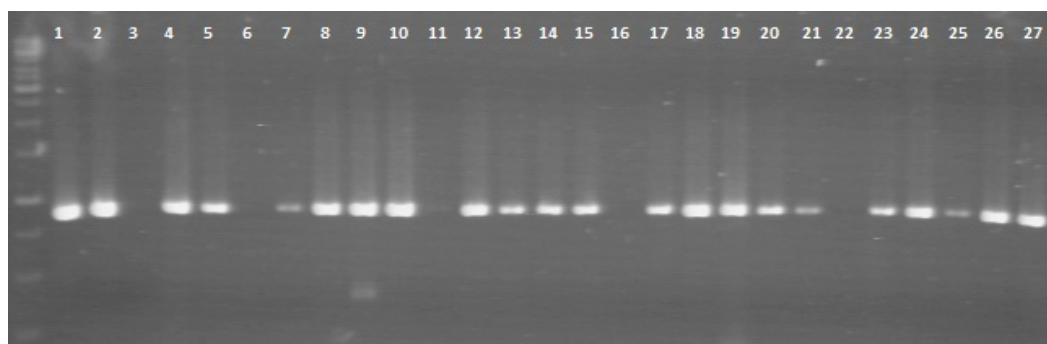


شکل ۳- تکثیر قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی مربوط به ژن *cryIAC* در نسل چهارم گیاهان تراریخته

Fig. 3. Amplified 1473 bp *cryIAC* gene by PCR in T4 generation of transgenic plants

The number well from left to right are, respectively:

4A1-4A2-4A3-4A4-4A5-4A6-4A7-4A8-4A9-4A10-4A11-4A12-4A13-4A14-4A15-4A16-4A17-4A18-4A19-4B1-4B2-4B3-4B4-4C1-4C2-4C3-4C4



شکل ۴- تکثیر قطعه ۸۸۷ جفت بازی مربوط به ژن *nptII* در نسل چهارم گیاهان تراریخته

Fig. 4. Amplified 1473 bp *nptII* gene in PCR in T4 generation of transgenic plants

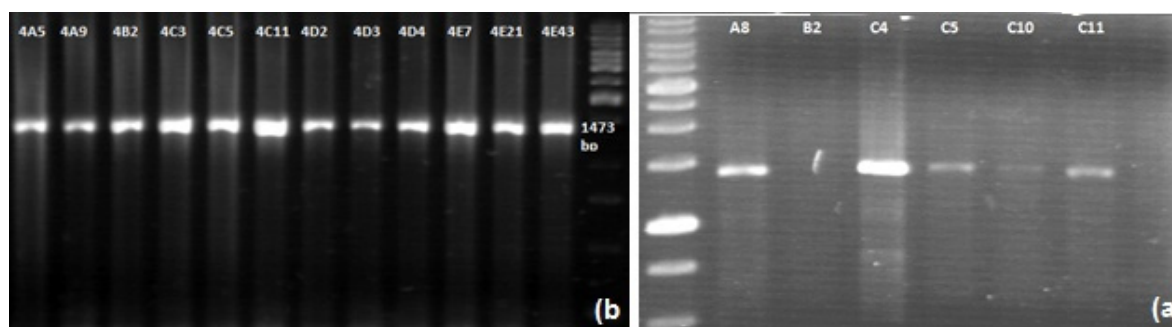
The number well from left to right are, respectively:

4A1-4A2-4A3-4A4-4A5-4A6-4A7-4A8-4A9-4A10-4A11-4A12-4A13-4A14-4A15-4A16-4A17-4A18-4A19-4C1-4C2-4C3-4C4-4C5-4C6-4C7-4C8

جدول ۲- برآورد نسبت حضور ژن *cryIAC* در نسل چهارم

Table 2. The estimation of the presence ratio of *cryIAC* gene in the T4 transgenic plants

نسل Generation	تعداد کل گیاهان Total plants	مدل Model	فراوانی مشاهدات و مورد انتظار Frequency of observed and expected		χ^2
			حضور ژن <i>cryIAC</i> Presence of <i>cryIAC</i>	عدم حضور ژن <i>cryIAC</i> Absence of <i>cryIAC</i>	
T4	94	مشاهدات Obs.	73	21	0.184 ^{ns}
		مورد انتظار Exp.	70.5	23.5	

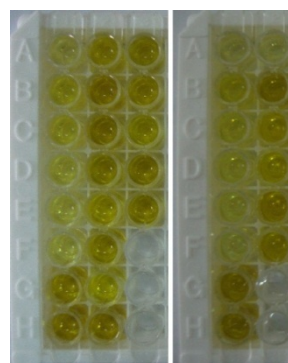


شکل ۵- a: تکثیر قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی ژن *cryIac* در آزمون RT-PCR در نسل سوم گیاهان تراریخته؛ b: تکثیر قطعه ۱۴۷۳ جفت بازی ژن *cryIac* در آزمون RT-PCR در نسل چهارم گیاهان تراریخته
Fig. 5. a: Amplified 1473 bp *cryIac* gene by RT-PCR in T3 generation of transgenic plants;
b: T4 generation of transgenic plants

لاین‌های مختلف گیاهان تراریخته از ۲۴ نانوگرم بر گرم بافت تا تقریباً ۱۰۰ نانوگرم بر گرم بافت متفاوت بوده است.

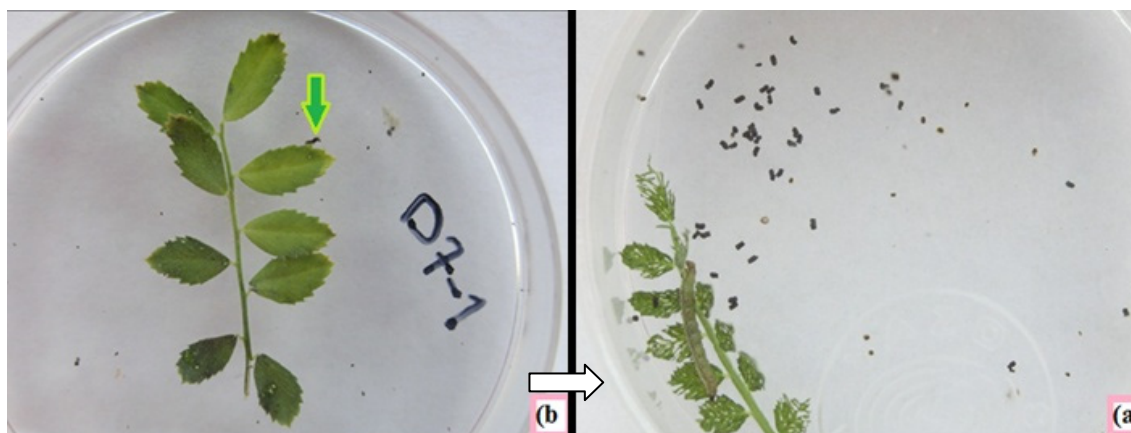
نتایج ارزیابی زیستی

طی نسل چهارم گیاهان تراریخته، ارزیابی زیستی با لارو یک تا دوازده روز از آفت پيله‌خوار در سه تکرار در مقایسه با گیاهان غیرتراریخته حاصل از تفرق گیاهان تراریخته نسل سوم انجام گرفت. نتایج آزمون زیست‌سنجی حاکی از آن بود که تمام لاروهایی که با برگ گیاهان غیرتراریخته به‌عنوان نمونه شاهد تغذیه شدند، زنده ماندند (شکل ۷-ا) اما در مقابل ۱۰۰ درصد لاروهایی که با برگ گیاهان تراریخته تغذیه شدند، از بین رفتند (شکل ۷-ب) که این امر، نشان‌دهنده بروز موفقیت‌آمیز فنوتیپ مورد انتظار بوده است.



شکل ۶- رنگ متمایل به زرد در چاهک‌های مربوط به آزمون الایزا
Fig. 6. Yellow color of the well associated with the ELISA test

بر اساس نتایج الایزا، در تمام نمونه‌های مورد آزمون، پروتئین Cry1Ac بیان شده است. مقدار بیان این پروتئین در



شکل ۷- تغذیه لارو آفت پيله‌خوار از a: برگ گیاهان غیرتراریخته و زنده ماندن لارو (فلش، محل لارو رشد یافته را بر روی برگ نشان می‌دهد)؛ b: برگ گیاهان تراریخته و مرگ لارو (فلش، محل لارو مرده را نشان می‌دهد)
Fig. 7. Feeding pod borer larvae of: a) leaf of non-transgenic plant and survived larvae (Arrow shows the survived larvae);
b) leaf of transgenic plant and dead larvae (Arrow shows the dead larvae)

در این بررسی، نتایج حاصل از PCR نشان داد که ژن *cryIac* در گیاه نخود تراریخته به ثبات و پایداری رسیده است. همچنین تفکیک ژن *cryIac* در نسل چهارم نسبت ۳:۱ را نشان داد. میزان انتقال ژن *cryIac* در حدود ۷۷/۶۶ درصد بود. در بررسی‌های انجام‌شده در نخود، تفکیک ۳:۱ در نسل دوم گیاه تراریخته با ژن *cryIac* مقاوم به آفت پيله‌خوار نیز گزارش شده است (Acharjee et al., 2010). نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که دو ژن *cryIac* و *nptII* در چندین نمونه از هم تفکیک شده‌اند، به‌طوری‌که در ۱۰ نمونه که دارای ژن *cryIac* بودند، ژن *nptII* منتقل نشده است. اما از این تعداد، تنها سه گیاه تولید بذور (متوسط ۵ عدد) نمودند و بذور T5 آن‌ها در اختیار است.

در این تحقیق مشخص شد که گیاه نخود تراریخته، فنوتیپ مورد نظر را آشکار کرد و نشان داد که ژن *cryIac* اثر کشندگی بالایی بر روی لاروهای آفت پيله‌خوار دارد و باعث مرگومیر ۱۰۰ درصدی لاروهای این آفت شد. مطالعه بر روی تأثیر سموم Bt و گیاهان تراریخته Bt نشان می‌دهد که هر کدام از سموم خانواده Bt تأثیرات متفاوتی بر روی لاروهای مختلف آفات دارند. از میان توکسین‌های Bt، سم Cry1Ac در برابر پيله‌خوار بسیار مؤثر شناخته شده است. پس از آن سموم Cry2Aa، Cry2Ab و Cry1Aa تأثیر بیشتری بر روی این آفت دارند (Perlak et al., 1990). ارزیابی زیستی نخود تراریخته با ژن *cry2Aa* برای مقاومت به آفت پيله‌خوار نخود، داده‌های متفاوتی را نشان داده است، اما در همه لاین‌هایی که بیان پروتئین بالایی داشتند، همه لاروها از بین رفتند (Acharjee et al., 2010). ارزیابی زیستی نخود تراریخته با ژن *cryIac* علیه آفت پيله‌خوار، نشان‌دهنده مرگومیر ۷۶ درصدی لارو این آفت بود (Indurker et al., 2010).

در مطالعه حاضر نیز گیاهان نسل سوم، از رشد بسیارخوبی برخوردار بودند، اما میزان بذور تولیدی این گیاهان در مقایسه با گیاهان غیرتراریخته پایین بود. با این حال، اندازه ظاهری بذور تولیدی گیاهان تراریخته با بذور تولیدی گیاهان غیرتراریخته تفاوتی را نشان نمی‌داد. تفاوت فاحشی بین ارتفاع بوته، تعداد غوزه، تعداد روز تا بلوغ، میزان خسارت غوزه و عملکرد متوسط بین خطوط تراریخته و کنترل در گیاه پنبه تراریخته نیز به دو ژن *cryIac* و *cry2A* مشاهده شد. همچنین رسیدگی سریع‌تر لاین‌های تراریخته نسبت به لاین‌های غیرتراریخته مشاهده شد و همه ویژگی‌ها در نسل‌های پیشرفته به توارث پایدار رسیده بودند (Bakhsh et al., 2009). رشد گیاهان نخود تراریخته دارای ژن *cry2Aa* طی دو هفته اول، تفاوتی با لاین‌های مادری نشان نمی‌داد که این امر نشان می‌دهد که بیان بالای پروتئین بر سبزشدن و استقرار گیاهان تأثیر ندارد، درحالی‌که از هفته سوم به بعد کاهش رشد گیاهان تراریخته در مقایسه با گیاهان

غیرتراریخته مشاهده شد. همگام با کاهش رشد، تولید دانه نیز کاهش یافت. اما در لاین‌های با بیان پروتئینی کم، کاهش رشد دانه در مقایسه با لاین‌های مادری، تفاوت زیاد قابل‌توجهی نداشت. اندازه دانه‌ها در بین لاین‌ها تفاوت زیاد معنی‌داری را نشان نمی‌داد (Acharjee et al., 2010). البته مطالعات دیگر نشان داده است که لاین‌های تراریخته می‌توانند افزایش تولید داشته باشند. در مطالعه مربوط به لاین‌های تراریخته برنج با ژن‌های *cryIac* و *cry2A* نشان داده شده است که این گیاهان در نسل‌های پیشرفته در مقایسه با گیاهان غیرتراریخته بیش از ۴۰ درصد بذور تولید کردند و همه این ویژگی‌ها در نسل‌های پیشرفته به ارث رسیده بودند (Rahman et al., 2007).

علت تفاوت در میزان خسارت در آزمایشات مربوط به آزمایشگاه و مزرعه شاید به دلیل سن گیاه و همچنین قسمت‌های مختلف گیاه باشد (Kranthi et al., 2005). گزارش‌ها نشان می‌دهد تراریختگی موجب رسیدگی زودتر و یا دیرتر می‌شود (Jiang et al., 2000). علت این تنوع مورفولوژیکی احتمالاً به دلایلی از قبیل بروز تنوع سوماکلونی (Larkin & Scowcroft, 1981)، تفکیک ژن‌های گیاهی به دلیل واردشدن ژن جدید یا جهش (Lijsebettens et al., 1991)، پلیوتروپی و یا خاموشی ژن القایی (Metzke et al., 2000) و یا بیان بالای پروتئین Cry (Gahakwa et al., 2000) نسبت داد که از بین این‌ها تنوع سوماکلونی محتمل‌تر به نظر می‌رسد، چون زمان بیشتری برای تولید گیاهان تراریخته در روش کشت بافت صرف می‌شود و طولانی‌شدن زمان کشت بافت فراوانی تنوع سوماکلونی را در پی دارد (Kaepler et al., 2000).

افزایش تعداد کپی‌های ترانسژن ممکن است باعث ناپایداری یا بی‌ثباتی شده و خاموش کردن ژن وابسته به همسانی را ایجاد کند. اما با طراحی دقیق، ممکن است به سطوح بالایی از بیان پروتئین از طریق رونویسی دست یافت (Butaye et al., 2005). برنج تراریخته بیان‌کننده سطح بالای (بیش از ۱ درصد پروتئین محلول) پروتئین *Cry1Ac* و *Cry2A*، نواقص رشدی و مورفولوژیکی از جمله توقف رشد و عقیمی را نشان داد (Gahakwa et al., 2000). بیان سطوح بالای پروتئین Bt در گیاهان، برای محافظت کامل، همیشه مورد نیاز نیست، مقدار کم (کمتر از ۰/۱ درصد کل پروتئین محلول) پروتئین *Cry1Ab* مرگ ۱۰۰ درصدی لارو ساقه‌خوار برنج را باعث می‌شود (Wunn et al., 1996). در مطالعه حاضر نیز، با توجه به این‌که بیان پروتئین *Cry1Ac* به میزان حدود ۳۲ نانوگرم بر گرم بافت (۹/۲۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر پروتئین محلول) باعث کنترل ۱۰۰ درصدی آفت پيله‌خوار شد، به نظر می‌رسد بتوان با بیان پایین این پروتئین نیز آفت را کنترل کرد.

منابع

1. Acharjee, S., Sarmah, B.K., Kumar, P.A., Olsen, K., Mahon, R., Moar, W.J., Moore, A., and Higgins, T. J.V. 2010. Transgenic chickpeas (*Cicer arietinum* L.) expressing a sequence-modified *cry2Aa* gene. *Plant Science* 178: 333-339.
2. Bajaj, Y.P.S. 1990. *Biotechnology in Agriculture and Forestry 10: Legumes and Oilseed Crops*. New Delhi, India. p. 100-113.
3. Bakhsh, A., Rao, A.Q., Shahid, A.A., Husnain, T., and Riazuddin, S. 2009. Insect resistance and risk assessment studies in advance lines of Bt cotton harboring *cry1Ac* and *cry2A* genes. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 6: 1-11.
4. Butaye, K.M.J., Cammue, B.P.A., Delaure, S.L., and De Bolle, M.F.C. 2005. Approaches to minimize variation of transgene expression in plants. *Molecular Breeding* 16: 79-91.
5. Chandra, A., and Pental, D. 2003. Regeneration and genetic transformation of grain legumes: An overview. *Current Science* 84: 381-387.
6. Fontana, G.S., Santini, L., Caretto, S., Frugis, G., and Mariotti, D. 1993. Genetic transformation in the grain legume *Cicer arietinum* L. (chickpea). *Plant Cell Reports*, 12: 194-198.
7. Gahakwa, D., Maqbool, S.B., Fu, X., Sudhakar, D., Christou, P., and Kohli, A. 2000. Transgenic rice as a system to study the stability of transgene expression: multiple heterologous transgenes show similar behaviour in diverse genetic backgrounds. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 101: 388-399.
8. Indurker, S., Misra, H.S., and Eapen, S. 2007. Genetic transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with insecticidal crystal protein gene using particle gun bombardment. *Plant Cell Reports* 26: 755-763.
9. Indurker, S., Misra, H., and Eapen, S. 2010. *Agrobacterium*-mediated transformation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) with an insecticidal protein gene: optimisation of different factors. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 16: 273-284.
10. James, C. 2011. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Brief No. 43. ISAAA: Ithaca, NY.
11. Jiang, J., Linscombe, S.D., Wang, J., and Oard, J.H. 2000. Field evaluation of transgenic rice (*Oryza sativa* L.) produced by *Agrobacterium* and particle bombardment methods. In: *Plant and Animal Genome VIII Conference* (9-12 January, 2000, San Diego, CA, USA). Available from Internet: <http://www.intl-pag.org/8/abstracts/pag8695.html>.
12. Kaeppler, S.M., Kaeppler, H.F., and Rhee, Y. 2000. Epigenetic aspects of somaclonal variation in plants. *Plant Molecular Biology* 43: 179-188.
13. Kranthi, K.R., Naidu, S., Dhawad, C., Tatwawadi, A., Mate, K., Patil, E., Bharose, A., Behere, G., Wadaskar, R., and Kranthi, S. 2005. Temporal and intra-plant variability of *Cry1Ac* expression in Bt-cotton and its influence on the survival of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Noctuidae: Lepidoptera). *Current Science-Bangalore* 89: 291.
14. Krishnamurthy, K., Suhasini, K., Sagare, A., Meixner, M., De Kather, A., Pickardt, T., and Schieder, O. 2000. *Agrobacterium* mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) embryo axes. *Plant Cell Reports* 19: 235-240.
15. Larkin, P.J., and Scowcroft, W. 1981. Somaclonal variation-a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 60: 197-214.
16. Lijsebettens, M., Vanderhaeghen, R., and Montagu, M. 1991. Insertional mutagenesis in *Arabidopsis thaliana*: isolation of a T-DNA-linked mutation that alters leaf morphology. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 81: 277-284.
17. Matzke, M.A., Mette, M., and Matzke, A. 2000. Transgene silencing by the host genome defense: implications for the evolution of epigenetic control mechanisms in plants and vertebrates. *Plant Molecular Biology* 43: 401-415.
18. Mehrotra, M., Singh, A.K., Sanyal, I., Altosaar, I., and Amla, D. 2011. Pyramiding of modified *cry1Ab* and *cry1Ac* genes of *Bacillus thuringiensis* in transgenic chickpea (*Cicer arietinum* L.) for improved resistance to pod borer insect *Helicoverpa armigera*. *Euphytica* 182: 87-102.
19. Moshtaghi, N. 2008. Genetic engineering for increasing resistance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to pod borer and freezing stress. Ph.D Dissertation, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
20. Moshtaghi, N., Bagheri, A., Higgins, T.J., Jalali Javaran, M., and Ghareyazie, B. 2010. Genetic engineering for increasing resistance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to pod borer (*Helicoverpa armigera*). *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 65-75. (In Persian with English Summary).
21. Perlak, F.J., Deaton, R.W., Armstrong, T.A., Fuchs, R.L., Sims, S.R., Greenplate, J.T., and Fischhoff, D.A. 1990. Insect resistant cotton plants. *Nature Biotechnology* 8: 939-943.

22. Polowick, P., Baliski, D., and Mahon, J. 2004. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.): gene integration, expression and inheritance. Plant Cell Reports 23: 485-491.
23. Popelka, J.C., and Higgins, T.J.V. 2007. Chickpea. In: E.C. Pua and M.R. Davey (Eds.). Biotechnology in Agriculture and Forestry Vol. 59: Transgenic Crops IV. Springer- Verlag berlin Heridelberg.
24. Rahman, M., Rashid, H., Shahid, A.A., Bashir, K., Husnain, T., and Riazuddin, S. 2007. Insect resistance and risk assessment studies of advanced generations of basmati rice expressing two genes of *Bacillus thuringiensis*. Electronic Journal of Biotechnology 10: 241-251.
25. Sanyal, I., Singh, A.K., Kaushik, M., and Amla, D.V. 2005. *Agrobacterium*-mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with *Bacillus thuringiensis cryIAc* gene for resistance against pod borer insect *Helicoverpa armigera*. Plant Science 168: 1135-1146.
26. Schuh, W., Nelson, M.R., Bigelow, D.M., Orum, T.V., Orth, C.E., Lynch, P.T., Eyles, P.S., Blackhall, N.W., Jones, J., Cocking, E.C., and Davey, M.R. 1993. The phenotypic characterisation of R2 generation transgenic rice plants under field conditions. Plant Science 89: 69-79.
27. Somers, D.A., Samac, D.A., and Olhoft, P.M. 2003. Recent advances in legume transformation. Plant Physiology 131: 892-899.
28. Wunn, J., Kloti, A., Burkhardt, P.K., Biswas, G.C.G., Launis, K., Iglesias, V.A., and Potrykus, I. 1996. Transgenic indica rice breeding line IR58 expressing a synthetic *cryIA (b)* gene from *Bacillus thuringiensis* provides effective insect pest control. Nature Biotechnology 14: 171-176.

Bioassay and molecular tests of transgenic chickpea (*Cicer arietinum* L.) resistant to *Helicoverpa armigera* Hub.

Ebadi Babajan¹, P., Moshtaghi^{2*}, N., Bagheri², A., Marashi², H. & Malekzadeh-Shafaroudi², S.

1. MSc. of Agricultural Biotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Contributions from Biotechnology and Plant Breeding Department, College of Agriculture and Biotechnology Research Center, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 1 May 2012

Accepted: 11 May 2014

Abstract

Pod borer is one of the main causes for yield loss of chickpea. Therefore, breeding of chickpea for resistance to this pest is important. The use of Cry toxin from *Bacillus thuringiensis* is an effective strategy for producing of transgenic resistant chickpea to this pest. These toxins are able to become active in the midgut of larvae and disrupt the insect's digestive system. We studied the stability and expression of cry1Ac gene obtained as T2 transgenic chickpea with cry1Ac gene and nptII gene with binary T-DNA in T3 and T4 generations of transgenic plants and observed the transgenic lines with cry1Ac gene and no nptII gene suggesting that separation between cry1Ac and nptII genes was occurred by recombination between two T-DNAs. In T3, PCR results showed that 6 of 25 putative transgenic plants had cry1Ac gene but all of them showed the nptII gene. From six samples with positive PCR in cry1Ac gene, five of them had positive results in RT-PCR reaction, confirming the expression of cry1Ac gene in transgenic lines. PCR results in T4 plants showed that 73 of 94 plants had cry1Ac gene and 81 of 94 samples included the nptII gene. In 10 samples cry1Ac gene separated from nptII gene. According ELISA results, in all samples tested, Cry1Ac protein was expressed in different concentrations. Bioassay tests showed that all pod borer larvae fed by leaves of transgenic plants, were dead, but all survived when the larvae were fed with leaves of non-transgenic plants. So, expected phenotype was observed successfully.

Key words: Bt, Chickpea, cry1Ac, Pod borer, Transgenic

*Corresponding Author: moshtaghi@um.ac.ir

بررسی مقاومت ژنوتیپ‌های باقلا به بیماری لکه‌شکلاتی (*Botrytis fabae* Sard.) در منطقه گرگان

فاطمه شیخ^۱ و حمید دهقانی^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تهران، ایران، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۵

چکیده

بیماری‌های قارچی نظیر بیماری لکه‌شکلاتی (*Botrytis fabae* sard) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) در مناطق مرطوب می‌باشد که منجر به کاهش عملکرد باقلا می‌شود. این تحقیق با هدف بررسی مقاومت مزرع‌ای ژنوتیپ‌های باقلا شامل ۳۵ لاین به همراه رقم شاهد حساس ILB 365 و شاهد محلی (برکت) در برابر بیماری لکه‌شکلاتی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان انجام شد. نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با مقاومت به بیماری در سطح احتمال یک درصد بود. بالاترین عملکرد دانه، ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه به رقم برکت تعلق داشت و ژنوتیپ‌های FLIP03-58FB، FLIP03-35FB و FLIP03-33FB در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. به منظور بررسی واکنش ارقام نسبت به لکه‌شکلاتی، میزان وقوع و شدت بیماری در فاصله‌های زمانی مشخص از ظهور علایم پیشرفت بیماری تا زمان برداشت اندازه‌گیری و بر این اساس، منحنی پیشرفت بیماری رسم و با استفاده از آن، متغیرهای AUDPC، rAUDPC و SAUDPC محاسبه شدند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و تجزیه کلاستر بر اساس مقادیر AUDPC و rAUDPC، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و عکس‌العمل آن‌ها نسبت به بیماری وجود داشت. ژنوتیپ‌های ILB 365، FLIP03-57FB، FLIP03-43FB و FLIP03-59FB حساس و ژنوتیپ‌های Icarus، FLIP03-29FB، FLIP03-30FB، FLIP03-34FB و FLIP03-52FB با دارا بودن کمترین مقادیر AUDPC مقاوم تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه کلاستر، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، شدت بیماری، عملکرد

مقدمه

باقلا (*Vicia faba* L.) متعلق به تیره بقولات است. گیاه باقلا با داشتن ۲۵ تا ۳۸ درصد پروتئین همانند سایر حبوبات دارای ارزش غذایی بالایی است (Jelenic et al., 2000). باقلا با توجه به داشتن توانایی تثبیت نیتروژن دارای اثر تناوبی بسیار خوبی بوده (Dahmarde et al., 2010) و باعث تقویت و حاصلخیزی شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردد. لکه‌شکلاتی یکی از مهم‌ترین بیماری‌های باقلا در سراسر دنیا محسوب می‌شود که در اکثر مناطق کشت این محصول در دنیا دیده شده است. قارچ عامل این بیماری *Botrytis fabae* از خانواده اسکروتیناسه (Sclerotiniaceae) و شاخه آسکومیست (Ascomycota, Fungi) می‌باشد (Staats et al., 2012) و از طریق خسارت به برگ و کاهش فتوسنتز، عملکرد جهانی باقلا را کاهش می‌دهد (Torres et al., 2003). درصد خسارت

این بیماری در ارقام حساس به ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد (Bouhassan et al., 2004). بیماری لکه‌شکلاتی نخستین بار توسط Berkely (1983) گزارش شد. این بیماری طی سال‌های ۹۸-۱۹۹۷ در جنوب استرالیا حالت همه‌گیر پیدا کرد و به دنبال آن سطح زیرکشت باقلا کاهش یافت (Paull & White, 2004). در سال ۲۰۰۵، این بیماری از ۳۶ کشور دنیا گزارش شده است، ولی بیشتر در مناطق مرطوب دنیا نظیر اروپا و کشورهای حوزه مدیترانه، دارای اهمیت می‌باشد (Jamali, 2009) و در ایران از استان‌های شمالی و استان خوزستان گزارش شده است (Aghajani et al., 2009).

علایم لکه‌شکلاتی به صورت لکه‌های گرد و بیضی‌شکل متمایل به رنگ قرمز و شکلاتی، به صورت منفرد، فراوان و با قطری کمتر از یک میلی‌متر قابل مشاهده روی پهنک برگ بوده که در شرایط مساعد، روی ساقه‌ها و گل‌ها نیز دیده می‌شود و در شدت‌های بالاتر بیماری، نشانه‌های بیماری روی غلاف و بذر مشاهده می‌شوند (MacLeod & Sweetingham, 1999; Tivoli et al., 2006) شدت بیماری با توجه به شرایط

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۱-۴۸۲۹۲۰۴۰، همراه: ۰۹۱۲۵۱۴۴۸۲۰

dehghanr@modares.ac.ir

به لکه‌شکلاتی شناسایی شدند (Juan, 1993). در ارزیابی مقاومت ۱۸ لاین باقلا نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی، لاین‌های ILB 2026-A، ILB 4726 و ILB 5322 نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی مقاوم بودند (Sarparast, 2008). در مصر، مقاومت ۴۰۰۰ لاین نسبت به این بیماری ارزیابی گردید و مشاهده شد که ۳۰ لاین با مقاومت متوسط وجود داشت که آلودگی آنها کمتر از ۱۰ درصد بود. در صورتی که در رقم محلی حساس Roba Ya40 (ILB365) حدود ۹۲ درصد آلودگی مشاهده شد (Jamali, 2009). ترسیم منحنی پیشرفت بیماری و محاسبه سطح زیر منحنی (AUDPC^۱) و مقایسه ارقام بر این اساس، از روش‌های بررسی مقاومت ارقام می‌باشد (Rossi, 1999). کاربرد AUDPC در مقایسه ژنوتیپ‌ها به دلیل این که یک معیار کمی از کل مقاومت بوده و تمام مؤلفه‌های مقاومت نظیر فراوانی آلودگی، زمان ظهور آلودگی، دوره زمانی آلودگی و مقدار اسپورزایی را مشخص می‌سازد، مورد تأکید است (Milus & Line, 1986). ژنوتیپ‌های دارای AUDPC، sAUDPC و rAUDPC کمتر، از مقاومت پایدارتری برخوردارند. AUDPC ابزار کارآمدی در تمایز واکنش ارقام نسبت به بیماری می‌باشد (Singh & Rao, 1989). هدف از تحقیق حاضر شناسایی منابع جدید مقاومت به بیماری لکه‌شکلاتی دارای صفات مطلوب زراعی در بین مواد دریافتی از ایکاردا (ICARDA^۲) بود تا لاین جدید را بتوان در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۵ ژنوتیپ به همراه شاهد حساس لاین ILB365 (Rhaiemi et al., 2002) و شاهد محلی رقم برکت، جمعاً ۳۷ ژنوتیپ و رقم (جدول ۱) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان ارزیابی شدند. مواد ژنتیکی مورد بررسی از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تأمین شد. هر ژنوتیپ در دو خط دومتری (۲۰ بوته در خط) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شد. جهت کمک به گسترش و توزیع یکنواخت بیماری در خزانه ارزیابی بیماری، بعد از هر چهار خط، دو خط ژنوتیپ حساس کشت گردید (Tivoli et al., 2006). ضمناً، بهترین نتیجه زمانی حاصل می‌گردد که آلودگی مصنوعی در روزهای ابری یا هنگام غروب آفتاب در مزرعه انجام شود.

در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۸۹، برگ‌های آلوده به بیماری لکه‌شکلاتی جمع‌آوری و با هیپوکلرید سدیم ۵ درصد ضدعفونی

محیطی، از سالی به سال دیگر متغیر می‌باشد. رطوبت نسبی ۷۰ درصد، دامنه دمایی ۱۵ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد، پاتوژن بیماری‌زا، حساسیت رقم، تراکم زادمایه، سن گیاه و نوع عملیات زراعی از عوامل مؤثر در توسعه بیماری محسوب می‌شوند (Sahile et al., 2008). تناوب زراعی، تنظیم تاریخ کاشت، زهکشی مناسب، استفاده از پتاس و قارچ‌کش، شیوع بیماری را کاهش می‌دهد (Liang, 1996). کنترل بیماری لکه‌شکلاتی از طریق بذر عاری از بیماری، استفاده از قارچ‌کش (مانکوزب و کاربندازیم)، اقدامات زراعی و استفاده از ارقام متحمل، امکان‌پذیر است (Stoddard et al., 2010; Hawthorne, 2004). تغییر تاریخ کاشت، تناوب، شخم زدن، سوزاندن بقایای محصول، کاهش تراکم بوته و کشت مخلوط از عوامل به‌زراعی مؤثر در کاهش شدت بیماری محسوب می‌شوند (Fininsa & Yuen, 2002). با توجه به نسبی بودن کنترل بیماری از طریق مبارزه شیمیایی (Bouhassan et al., 2004)، افزایش هزینه‌های تولید در واحد سطح و آسیب به محیط‌زیست، استفاده از ارقام مقاوم، ارزان‌ترین و بهترین روش کنترل بیماری لکه‌شکلاتی می‌باشد (Makkouk & Hanounik, 1993). مقاومت به لکه‌شکلاتی یک صفت کمی است و منابع مقاومت اغلب منشأ یکسانی دارند. پایداری ژنوتیپ‌های مقاوم در چند کشور اثبات شده است؛ با وجود این، اصلاح‌گران باقلا نباید به یک منبع مقاومت تکیه کنند، تا تولید باقلا تثبیت گردد (Rhaiemi et al., 2002). نتایج برخی از آزمایشات نشان داده است که بیماری‌زایی جدایه‌های مختلف *B. fabae* روی لاین‌های مختلف باقلا متفاوت می‌باشد (Hosni et al., 1981). بررسی ۱۹ لاین مقاوم باقلا در سوریه، انگلیس، مصر و نیوزیلند نسبت به سه ایزوله قارچ عامل بیماری لکه‌شکلاتی نشان داد که لاین‌های BPL710، BPL1169 و BPL1179-1 دارای مقاومت پایدار و افقی بوده و لاین‌های BPL1763، BPL1821 و ILB1814 مقاومت عمودی دارند (Maliha, 1986 & Hanounik).

در آزمایشی (Kamel & Malila, 1990) اظهار کردند که ۹۱ درصد از مزارع باقلا حداقل به یکی از سه بیماری شایع (لکه‌شکلاتی، برق‌زدگی و زنگ) آلوده شده‌اند که مهم‌ترین بیماری، لکه‌شکلاتی بوده است. در ایکاردا ۲۵۳ ژنوتیپ باقلا که از کلمبیا منشأ گرفته بودند، جهت شناسایی منابع مقاومت طی دو سال ارزیابی شدند. در سال اول، ۵۳ ژنوتیپ مقاومت نشان دادند؛ در حالی که در سال دوم ۱۴ ژنوتیپ مقاوم شناسایی شدند و ۳۹ ژنوتیپ حساس بودند (Jamali, 2009). در ارزیابی بیماری لکه‌شکلاتی، ۹۰۰ لاین باقلا که ۵۰۰ لاین آن به استان جی‌جیانگ ژاپن و مابقی به ایکاردا تعلق داشت، ۱۴ لاین مقاوم

¹ Area Under the Disease-Progress Curve

² International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

پس از نگهداری کشت‌های قارچی در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بررسی میکروسکوپی جدایه‌های به‌دست‌آمده انجام شد. خالص‌سازی بر اساس روش تک‌اسپور و شناسایی گونه قارچ با استفاده از کلیدهای قارچ‌شناسی انجام شد.

سطحی شدند. سپس قطعه‌های ضد عفونی‌شده سه تا چهار بار در آب مقطر استریل شستشو داده شدند تا اثر محلول ضد عفونی‌کننده برطرف گردد. سپس قطعه‌ها در کاغذ صافی استریل، آگیری شدند و در محیط PDA کشت شدند (به تعداد چهار قطعه در هر پلیت محتوی محیط کشت). دو تا سه روز

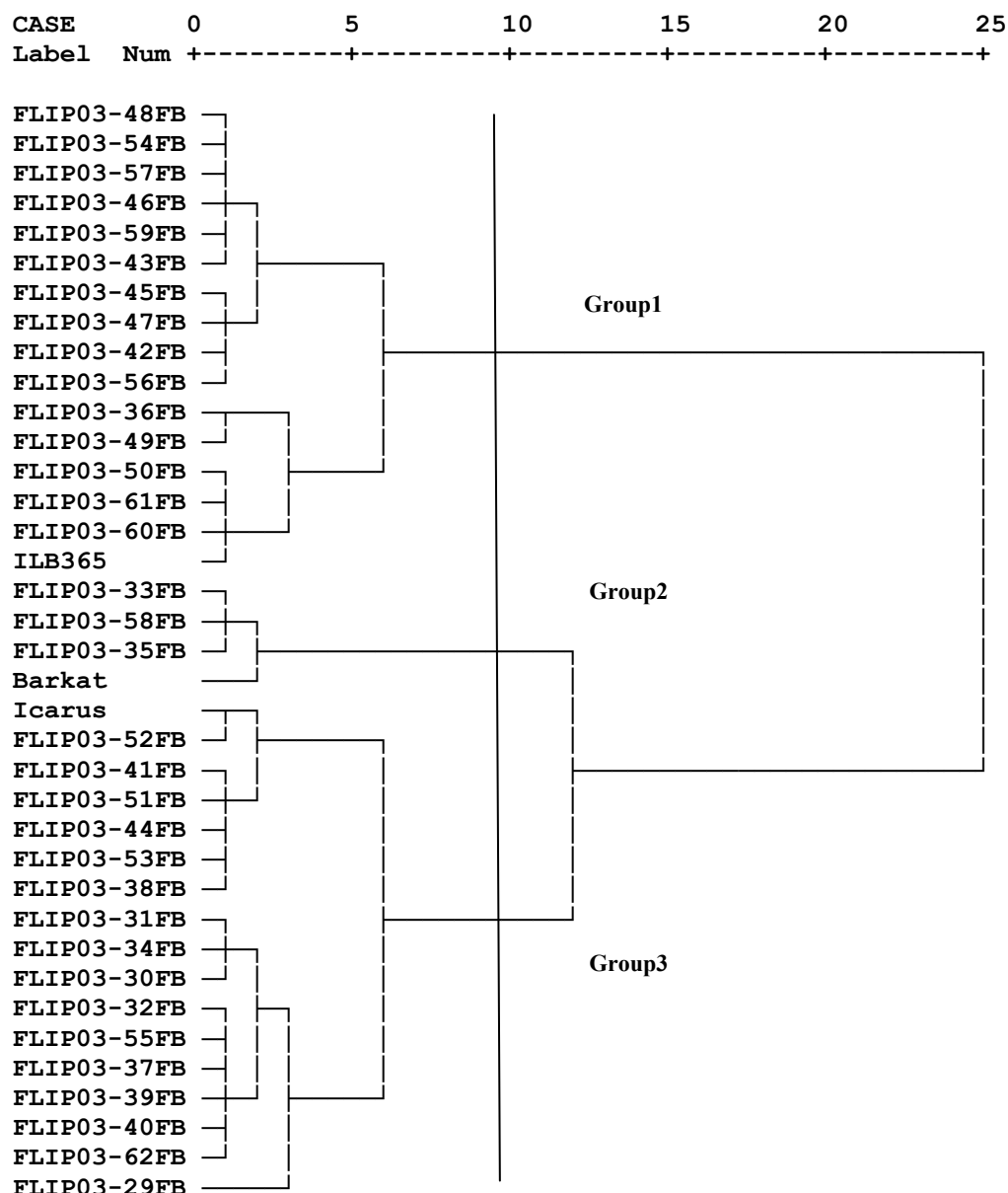
جدول ۱- نام، منشأ و شجره ژنوتیپ‌های باقلا در ارزیابی برای مقاومت به بیماری لکه‌شکلانی

Table 1. Names, pedigree and origin of faba bean genotypes for evaluation of chocolate spot disease resistance

Case No. ردیف	Entry name نام	Pedigree شجره	Origin منشأ	F.A.O. status*
1	ICARUS	BPL710	ICARDA	U
2	FLIP03-29FB	F6/1437/03-2/HBP/Bot×Bot/Fam657-1	Ecuador	D
3	FLIP03-30FB	F6/1438/03-1/HBP/Bot×Bot/Fam657-2	ICARDA	U
4	FLIP03-31FB	F6/1438/03-2/HBP/Bot×Bot/Fam657-2	ICARDA	U
5	FLIP03-32FB	F6/1441/03-1/HBP/Bot×Bot/Fam657-3	ICARDA	U
6	FLIP03-33FB	F6/1441/03-2/HBP/Bot×Bot/Fam657-3	ICARDA	U
7	FLIP03-34FB	F6/1443/03/HBP/Bot×Bot/Fam665-2	ICARDA	U
8	FLIP03-35FB	F6/1444/03-/HBP/Bot×Bot/Fam665-3	ICARDA	U
9	FLIP03-36FB	F6/1454/03/HBP/Bot×Bot/Fam675-3	ICARDA	U
10	FLIP03-37FB	F6/1457/03/HBP/Bot×Bot/Fam675-7	ICARDA	U
11	FLIP03-38FB	F6/1462/03/HBP/Bot×Bot/Fam676-7	ICARDA	U
12	FLIP03-39FB	F6/1551/03/HBP/Bot×Bot/Fam712-2	ICARDA	U
13	FLIP03-40FB	F6/1585/03/HBP/Bot×Ascot/Fam734-5	ICARDA	U
14	FLIP03-41FB	F6/1589/03/HBP/Bot×Ascot/Fam734-9	ICARDA	U
15	FLIP03-42FB	F6/1590/03/HBP/Bot×Ascot/Fam734-1	ICARDA	U
16	FLIP03-43FB	F6/1591/03/HBP/Bot×Ascot/Fam734-3	ICARDA	U
17	FLIP03-44FB	F6/1593/03/HBP/Bot×Ascot/Fam734-7	ICARDA	U
18	FLIP03-45FB	F6/1594/03/HBP/Bot×Ascot/Fam735-1	Egypt	D
19	FLIP03-46FB	F6/1597/03-1/HBP/Bot×Ascot/Fam735-2	ICARDA	U
20	FLIP03-47FB	F6/1597/03-2/HBP/Bot×Ascot/Fam735-2	ICARDA	U
21	FLIP03-48FB	F6/1598/03-2/HBP/Bot×Ascot/Fam735-3	ICARDA	U
22	FLIP03-49FB	F6/1605/03-1/HBP/Bot×Ascot/Fam736-8	ICARDA	U
23	FLIP03-50FB	F6/1605/03-2/HBP/Bot×Ascot/Fam736-8	ICARDA	U
24	FLIP03-51FB	F6/1621/03/HBP/Bot×Ascot/Fam739-2	ICARDA	U
25	FLIP03-52FB	F6/1606/03-2/HBP/Bot×Ascot/Fam737-2	ICARDA	U
26	FLIP03-53FB	F6/1492/03/HBP/Bot×Bot/Fam688-3	ICARDA	U
27	FLIP03-54FB	F6/1549/03/HBP/Bot×Bot/Fam716-1	ICARDA	U
28	FLIP03-55FB	F6/1603/03/HBP/Bot×Ascot/Fam736-1	Egypt	D
29	FLIP03-56FB	F6/1606/03-1/HBP/Bot×Ascot/Fam737-1	ICARDA	U
30	FLIP03-57FB	F6/1748/03-1/HBP/C.Spot×Ascot×Oro/775-2	ICARDA	U
31	FLIP03-58FB	F6/1603/03/HBP/Bot×Ascot/Fam736-1	ICARDA	U
32	FLIP03-59FB	F6/1749/03-2/HBP/C.Spot×Ascot×Oro/775-3	ICARDA	U
33	FLIP03-60FB	F6/1765/03/HBP/C.Spot×Ascot×Oro/776-1	ICARDA	U
34	FLIP03-61FB	F6/1767/03/HBP/C.Spot×Ascot×Oro/776-3	ICARDA	U
35	FLIP03-62FB	F6/1796/03/HBP/C.Spot×Ascot×Oro/784-1	ICARDA	U
36	Local Check (Barkat)	ILB1269	ICARDA	U
37	RobaYa40	ILB365	Egypt	D

D: Designated; U: Undesignated

در این کلیدها، با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی میکروسکوپی قارچ نظیر ابعاد و تعداد دیواره‌های عرضی کنیدی‌ها، اقدام به تعیین گونه قارچ شد (Barnett & Hunter, 1998). سپس، اسپورها به محیط کشت PDA منتقل شدند و درب لوله‌ها با پارافین بسته شد و تا بهمن‌ماه در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به‌منظور تهیه زادمایه، اسپورها در محیط کشت PDB کشت شده و جهت تکثیر اسپور، ظروف حاوی سوسپانسیون در معرض نور متناوب (۱۲ ساعت نور فلورسنت ۴۰ وات و ۱۲ ساعت تاریکی) به‌مدت سه‌روز قرار گرفتند و سپس به‌مدت ۹ روز در تاریکی قرار داده شدند. بعد از این مدت، سوسپانسیون اسپورها با غلظت ۱۰^۶ اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد و بعد از غروب آفتاب روی گیاهانی که ۱۲ هفته قبل کشت شده بودند، به‌میزان ۲۰ میلی‌لیتر در بوته اسپری شدند (Tivoli *et al.*, 2006).



شکل ۱- دندروگرام ژنوتیپ‌های باقلا بر اساس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با مقاومت به بیماری بر اساس روش وارد و معیار فاصله توان دوم اقلیدسی

Fig. 1. Dendrogram generated by cluster analysis (Ward) based on yield, yield component and related traits to disease resistance

می‌شود (حساس)؛ نمره ۹، زخم‌های خیلی بزرگ و ریزش برگ بسیار گسترده است (خیلی حساس).
سپس مقادیر سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC^۱)، سطح زیر منحنی استاندارد شده پیشرفت بیماری AUDPC و مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری rAUDPC به صورت زیر به دست آمد:

علایم بیماری سه هفته بعد از مایه زنی، یادداشت برداری شدند و بر اساس حساسیت و تحمل نسبت به بیماری، نمره دهی بر اساس مقیاس ۹ درجه‌ای (Tivoli *et al.*, 2006) انجام شد: نمره ۱، زخم‌ها قابل مشاهده نیستند (مقاومت بالا)؛ نمره ۳، زخم‌های پراکنده که در صورت بررسی دقیق، قابل مشاهده‌اند (مقاوم)؛ نمره ۵، زخم‌ها مشخص هستند و ریزش برگ مختصر دیده می‌شود (نسبتاً مقاوم)؛ نمره ۷، زخم‌های بزرگ، خیلی مشخص و مقداری ریزش برگ مشاهده

¹ Area Under the Disease-Progress Curve

(Campbell & Modden, 1990):

$$DS (disease severity) = \left(\frac{score}{9} \right) \times 100$$

(Villegas-Fernandez *et al.*, 2011; Campbell & Modden, 1990):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \{ (y_{i+1} + y_i) (x_{i+1} - x_i) \}$$

(Campbell & Modden, 1990):

$$rAUDPC = \left(\frac{AUDPC (genotype)}{AUDPC susceptible genotype} \right)$$

(Campbell & Modden, 1990):

$$sAUDPC = \frac{AUDPC (genotype)}{T}$$

در فرمول فوق، Y_i شدت بیماری در ارزیابی i ام، X_i زمان برحسب روز از کاشت، score نمره بیماری، T طول مدت زمان یادداشت‌برداری و n تعداد مراحل یادداشت‌برداری می‌باشد. همچنین صفاتی نظیر عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه ثبت شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD^1 مورد بررسی قرار گرفتند. با استفاده از تجزیه به روش خوشه‌ای (کلاستر)، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نیز انجام گردید و نمودار درختی (دندروگرام) آن رسم گردید. ماتریس فاصله (بر مبنای مجموع مربعات) تشکیل شد. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از پارامترهای بیماری، صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد به روش وارد^۲ و براساس توان دوم فاصله اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد (SPSS, 2010). برش دندروگرام‌های حاصل براساس مقادیر آماره ویلکس لامبدا^۳، صورت‌گرفت (Moghaddam *et al.*, 1995).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های باقلا از لحاظ صفات مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد داشتند که دلالت بر وجود تنوع مناسب بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارد (جدول ۲). رقم برکت و دو لاین FLIP03-57FB و FLIP03-58FB بیشترین ارتفاع بوته و رقم برکت و لاین FLIP03-58FB بیشترین عملکرد بیولوژیکی به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات برای عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با مقاومت به بیماری لکه‌شکلاتی باقلا
Table 2. Mean of squares of yield, yield component and related traits to faba bean chocolate spot disease resistance

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	طول غلاف	Seed no. per pod	Seed yield	Biomass	Harvest index	100 seed weight	بیماری ۱ شدت	بیماری ۲ شدت	بیماری ۳ شدت	بیماری ۴ شدت	شدت بیماری	سطح زیر منحنی پشرفت بیماری	AUDPC
Replication	تکرار	2	102.86*	34.65**	0.15 ^{ns}	0.14 ^{ns}	19593**	20098 ^{ns}	0.007**	69.66*	103.53 ^{ns}	754.51**	281.15*	554.96**	315793**			
Treatment	تیمار	36	402.65**	19.77**	0.62**	9.80**	140007**	225947**	0.004**	1306.3**	415.52**	382.87**	311.86**	462.98**	238041**			
Error	خطا	72	40.31	6.01	0.06	0.32	4033	8221.79	0.002	20.91	52.99	102.628	74.5891	108.191	39998.5			
CV(%)	ضریب پراکنندگی (%)		6.18	11.11	8.04	6.66	8.66	7.05	5.99	7.20	22.02	24.03	17.26	16.44	14.64			

ns: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪؛ ns, * and **: non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

¹ Least Significant Different

² Ward

³ Wilk's Lamda

ژنوتیپ‌های FLIP03-48FB, FLIP03-49FB و FLIP03-34FB بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشتند و براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال پنج درصد داشتند. رقم برکت و لاین FLIP03-31FB به ترتیب بیشترین و کمترین طول غلاف را داشتند. بالاترین تعداد دانه در غلاف به رقم برکت و لاین FLIP03-62FB تعلق داشت. به گزارش Sarparast (2008) تعداد دانه در غلاف، باثبات‌ترین جزء عملکرد است و لاین‌های مقاوم به بیماری، کمترین تغییرات تعداد غلاف را داشته‌اند. نتایج آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد نشان داد که بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم برکت بود و ژنوتیپ‌های FLIP03-35FB و FLIP03-58FB به ترتیب با عملکرد ۱۱۰۴ و ۱۰۵۰ کیلوگرم در هکتار بعد از رقم برکت قرار گرفتند (جدول ۳). وزن ۱۰۰ دانه یکی از مهم‌ترین اجزای تعیین‌کننده عملکرد دانه است. البته اجزای عملکرد، اثر متقابلی با همدیگر داشته و نمی‌توان یک شاخص معین را به عنوان تأثیرگذار اصلی معرفی کرد. نتایج مقایسه میانگین در سطح احتمال یک درصد نشان داد که بالاترین وزن ۱۰۰ دانه به رقم برکت با ۱۶۲/۸ گرم تعلق داشت و ژنوتیپ‌های FLIP03-62FB, RobaYa40 و FLIP03-45FB در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳).

بعد از آلوده‌سازی، روند پیشرفت بیماری کند بود و در یک بوته، بافت‌های جوان، علایم بیماری کمتری نسبت به بافت‌های مسن‌تر بروز دادند. علایم اولیه بیماری لکه‌شکلاتی از اوایل دوره گلدهی و ابتدا در لاین حساس مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای متغیرهای DS، AUDPC و rAUDPC نشان داد تنوع بالایی برای عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی وجود دارد (جدول ۲). سایر محققان نیز تنوع بالایی در واکنش لاین‌ها نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی گزارش کردند (Rhaيمي et al., 2002; Bouhassan et al., 2004; Jamali, 2009). در ضمن، بارندگی و رطوبت بالای ماه‌های بهمن و اسفند شرایط مناسبی را برای رشد و توسعه بیماری لکه‌شکلاتی ایجاد نمود که با اظهارات سایر محققان مطابقت داشت (Stoddard et al., 2010). بررسی میانگین مقادیر مساحت زیر منحنی پیشرفت شدت بیماری (AUDPC) نشان داد که کمترین مقادیر به ژنوتیپ‌های Icarus, FLIP03-29FB, FLIP03-34FB و FLIP03-52FB و بیشترین مقادیر به ژنوتیپ‌های ILB365, FLIP03-43FB, FLIP03-57FB, FLIP03-59FB تعلق داشت و به ترتیب این دو گروه دربرگیرنده مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. دو لاین FLIP03-29FB و

FLIP03-34FB مقاوم‌تری بالاتر از شاهد مقاوم (Icarus) نشان دادند و کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ مقاومت به بیماری، برتر از شاهد حساس بودند (جدول ۳). سرعت افزایش علایم بیماری در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. لاین‌های FLIP03-32FB, FLIP03-34FB و FLIP03-58FB نسبت به بیماری حساس و نیمه حساس بودند، ولی مقادیر سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری پایینی داشتند، که نشان‌دهنده توانایی این ژنوتیپ‌ها در کند کردن روند پیشرفت بیماری در مراحل ابتدایی توسعه است. این دسته از ژنوتیپ‌ها که در گروه‌های نیمه حساس و نیمه مقاوم قرار دارند، منابع مطمئنی جهت کاهش سرعت انتشار قارچ هستند (Rhaيمي et al., 2002).

برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، عملکرد و اجزای آن و عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها نسبت به بیماری اهمیت دارد، لذا گروه‌بندی بر اساس این صفات انجام شد (شکل ۱). برش دندروگرام مزبور در فاصله ۱۰ واحد منجر به تشکیل سه گروه گردید. در این دندروگرام، گروه اول شامل ۱۶ ژنوتیپ بود که بردار میانگین این گروه بر اساس مقدار آماره T^2 هتلینگ (۲۰۲۹۲) تفاوت معنی‌داری با بردار میانگین کل نداشت. از لحاظ ارتفاع بوته، عملکرد و بیوماس، نزدیک به بردار میانگین کل بودند و بردار میانگین شاخص‌های حساسیت به لکه‌شکلاتی بالاتر از بردار میانگین کل بود. اعضای این گروه دارای عملکرد کم و حساسیت بالا نسبت به لکه‌شکلاتی بودند.

بردار میانگین گروه دوم بر اساس مقدار آماره T^2 هتلینگ (۰/۶۸۴) تفاوت معنی‌داری با بردار میانگین کل داشت. بردار میانگین گروه دوم از لحاظ ارتفاع، عملکرد و بیوماس تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بالاتر از میانگین کل و از لحاظ شاخص‌های حساسیت به بیماری در سطحی پایین‌تر از بردار میانگین کل قرار گرفت. رقم برکت و لاین‌های FLIP03-33FB, FLIP03-35FB و FLIP03-58FB در این گروه قرار داشتند. افراد این گروه دارای مقاومت بالاتر از حد متوسط و عملکرد مطلوب بودند، بنابراین می‌توان این گروه از ژنوتیپ‌ها را وارد آزمایشات مقایسه عملکرد نمود.

وجود تنوع برای صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با بیماری در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، به انتخاب همزمان برای عملکرد و مقاومت کمک خواهد کرد و با یافتن ترکیبات مناسب، به تولید هیبرید به منظور ترکیب این صفات، نیاز نخواهد بود (Anastasios et al., 2004).

جدول ۳ - مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با مقاومت به بیماری لک‌شکلاتی باقلا

Table 3. Mean comparison of yield, yield component and related traits to faba bean chocolate spot disease resistance

ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد گلخانه در بوته	طول غلاف (سانتی‌متر)	تعداد دانه در غلاف	عسلکرد (گرم در گوت)	عسلکرد بیپولونیک گوم (در گوت)	شاخص برداشت (درصد)	وزن صد دانه (گرم)	شدت				مقدار نسبی سلاح زبر منحني	سلاح زیر منحني	استاندارد شده	rAUDPC
									شدت ۱ بیماری	شدت ۲ بیماری	شدت ۳ بیماری	شدت ۴ بیماری				
Genotype	Plant height (cm)	Pod per plant	Pod length	Seed no. per pod	Seed yield (g/pod)	Biomass (g/pod)	Harvest index (%)	100 seed weight (g)	DS1	DS2	DS3	DS4	AUDPC	sAUDPC	rAUDPC	
ICARUS FLIPO3- 29FB	102.33	22.78	8.24	2.83	689.9	880.0	0.80	48.57	11.11	33.33	33.33	33.33	866.67	26.26	0.47	
FLIPO3- 30FB	120.67	21.78	7.73	3.07	973.7	1366.7	0.72	56.03	11.11	18.52	33.33	33.33	725.93	22.00	0.39	
FLIPO3- 30FB	102.33	21.44	8.33	2.77	806.2	1093.3	0.74	48.50	33.33	33.33	33.33	33.33	1077.78	32.66	0.58	
FLIPO3- 31FB	90.33	21.22	7.60	2.87	935.5	1186.7	0.79	49.33	33.33	33.33	40.74	48.15	1114.81	33.78	0.60	
FLIPO3- 32FB	100.00	19.11	8.07	3.07	785.2	1073.3	0.71	48.73	11.11	40.74	55.56	62.96	1307.41	39.62	0.71	
FLIPO3- 33FB	117.00	18.00	7.60	3.07	977.6	1346.7	0.73	44.97	33.33	40.74	40.74	55.56	1222.22	37.04	0.66	
FLIPO3- 34FB	112.33	27.11	8.27	2.87	905.6	1160.0	0.78	49.10	33.33	33.33	33.33	55.56	1077.78	32.66	0.58	
FLIPO3- 35FB	106.33	19.22	8.27	2.97	1049.9	1433.3	0.73	56.50	40.74	48.15	55.56	55.56	1474.07	44.67	0.80	
FLIPO3- 36FB	95.33	24.66	7.77	2.93	405.7	573.3	0.71	63.73	33.33	33.33	55.56	77.78	1411.11	42.76	0.76	
FLIPO3- 37FB	109.67	20.22	7.67	3.13	837.1	1066.7	0.79	64.27	33.33	40.74	48.15	55.56	1296.30	39.28	0.70	
FLIPO3- 38FB	104.33	20.11	7.87	3.10	548.3	706.7	0.78	53.80	25.93	33.33	48.15	70.37	1266.67	38.38	0.68	
FLIPO3- 39FB	104.67	20.33	8.17	3.17	865.5	1066.7	0.79	55.90	33.33	33.33	55.56	70.37	1374.07	41.64	0.74	
FLIPO3- 40FB	106.00	24.33	8.80	2.90	796.6	993.3	0.80	58.43	33.33	48.15	48.15	55.56	1366.67	41.41	0.74	
FLIPO3- 41FB	110.00	23.78	8.10	3.00	745.3	896.0	0.83	55.00	11.11	40.74	40.74	55.56	1122.22	34.01	0.61	
FLIPO3- 42FB	83.33	20.55	8.73	2.87	691.1	940.0	0.73	54.20	33.33	48.15	55.56	62.96	1477.78	44.78	0.80	
FLIPO3- 43FB	82.00	18.33	7.87	2.87	901.5	1190.3	0.76	56.70	40.74	62.96	62.96	70.37	1762.96	53.42	0.95	
FLIPO3- 44FB	89.00	22.93	8.47	3.07	495.4	660.0	0.75	60.23	33.33	33.33	40.74	55.56	1151.85	34.90	0.62	
FLIPO3- 45FB	92.33	20.11	8.50	3.20	600.6	770.0	0.78	81.47	33.33	48.15	55.56	62.96	1477.78	44.78	0.80	
FLIPO3- 46FB	107.33	22.33	9.13	3.17	686.5	866.3	0.77	67.00	40.74	48.15	62.96	85.19	1696.30	51.40	0.91	
FLIPO3- 47FB	101.00	24.44	8.40	2.90	597.9	806.3	0.74	67.90	33.33	40.74	55.56	70.37	1444.44	43.77	0.78	
FLIPO3- 48FB	85.67	27.20	8.23	3.20	758.2	961.3	0.79	55.73	48.15	48.15	55.56	77.78	1618.52	49.05	0.87	
FLIPO3- 49FB	95.00	29.00	8.13	3.20	296.6	426.7	0.70	62.83	33.33	40.74	40.74	62.96	1259.26	38.16	0.68	
FLIPO3- 50FB	92.33	21.00	8.27	3.27	512.0	680.0	0.75	50.17	33.33	55.56	55.56	77.78	1622.22	49.16	0.87	
FLIPO3- 51FB	104.67	20.77	8.10	3.17	663.4	966.7	0.69	60.67	40.74	33.33	40.74	48.15	1148.15	34.79	0.62	
FLIPO3- 52FB	113.67	22.44	8.20	2.80	756.1	866.0	0.87	54.47	11.11	11.11	33.33	55.56	766.67	23.23	0.41	
FLIPO3- 53FB	82.67	26.44	7.97	3.20	573.6	766.7	0.75	67.90	33.33	33.33	40.74	55.56	1151.85	34.90	0.62	
FLIPO3- 54FB	90.00	20.77	8.80	3.03	742.5	990.7	0.75	54.63	33.33	48.15	62.96	77.78	1625.93	49.27	0.88	
FLIPO3- 55FB	110.00	20.55	8.33	3.07	735.4	1030.0	0.71	56.17	33.33	40.74	40.74	62.96	1259.26	38.16	0.68	
FLIPO3- 56FB	93.00	22.22	8.20	3.17	641.9	853.3	0.75	64.00	40.74	55.56	55.56	62.96	1581.48	47.92	0.85	
FLIPO3- 57FB	122.33	22.78	8.50	3.03	764.7	1033.3	0.74	71.80	48.15	55.56	62.96	77.78	1762.96	53.42	0.95	
FLIPO3- 58FB	120.67	20.22	8.93	2.87	1103.7	1426.7	0.77	52.10	11.11	33.33	55.56	70.37	1274.07	38.61	0.69	
FLIPO3- 59FB	113.00	22.44	7.87	3.30	592.8	860.0	0.69	58.43	40.74	55.56	62.96	77.78	1729.63	52.41	0.93	
FLIPO3- 60FB	103.00	19.11	8.70	3.43	533.3	726.7	0.73	60.37	55.56	55.56	55.56	70.37	1685.19	51.07	0.91	
FLIPO3- 61FB	99.00	20.22	8.27	3.27	502.7	653.3	0.77	78.30	48.15	55.56	55.56	77.78	1688.89	51.18	0.91	
FLIPO3- 62FB	119.67	23.66	8.47	5.07	871.8	1173.3	0.74	110.10	40.74	40.74	48.15	55.56	1329.63	40.29	0.72	
Barkat RobaY40	121.00	24.00	19.00	4.73	1398.9	1733.3	0.81	162.77	25.93	40.74	62.96	55.56	1411.11	42.76	0.76	
LSD5%	102.55	20.59	8.05	2.87	426.7	584.6	0.73	85.87	11.85	16.49	14.06	16.93	1900.84	57.60	1.03	
LSD5%	10.33	3.99	0.92	0.41	103.4	147.5	0.07	7.44	11.85	16.49	14.06	16.93	325.53	9.86	0.18	
LSD1%	13.72	5.30	1.23	0.55	137.2	195.9	0.10	9.88	15.73	21.89	18.66	22.47	432.06	13.09	0.23	

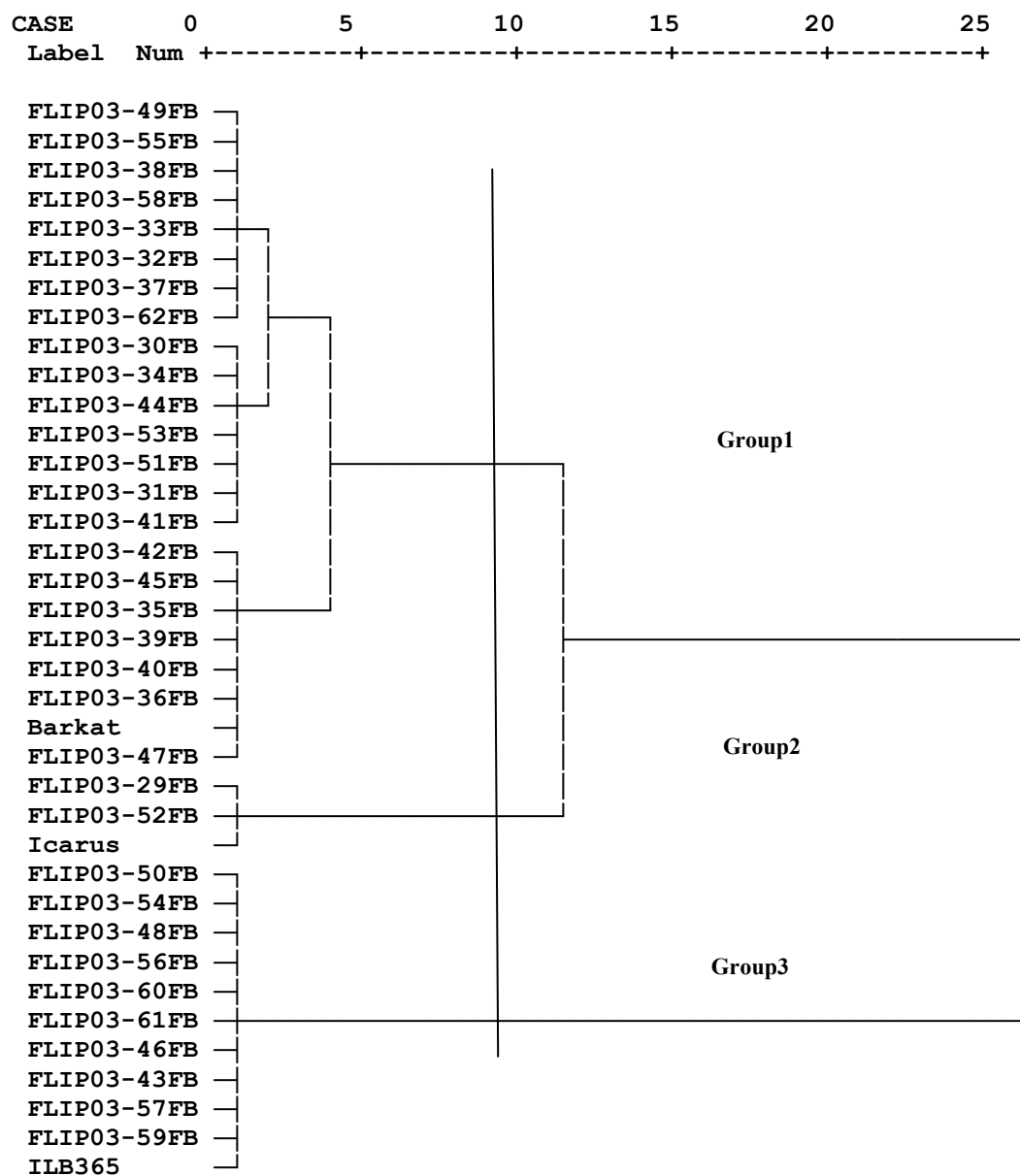
AUDPC، rAUDPC، طول غلاف و وزن ۱۰۰ دانه، پایین‌تر از بردار میانگین کل بود.

در نتیجه، گروه سوم از لحاظ مقاومت به بیماری در سطح بالاتری نسبت به بردارهای میانگین کل و دو گروه دیگر قرار داشت. لاین‌های این گروه، دانه‌ریز هستند. این یافته با نتایج

گروه سوم شامل ۱۷ زنوتیپ بود. بردار میانگین گروه دوم بر اساس مقدار آماره T^2 هتلینگ (۱/۴۹) تفاوت معنی داری با بردار میانگین کل داشت. بردار میانگین ارتفاع بوته، عملکرد، بیوماس و شاخص برداشت نزدیک به بردار میانگین کل و بردار میانگین شدت بیماری $Disease\ Severity$

مختلفی از مقاومت را در باقلا مشاهده نمود و ژنوتیپ‌های دانه‌ریز با رنگ دانه سبز مقاوم‌تر بودند (Liang, 1986).

به‌دست‌آمده توسط Liang (1986) هماهنگی دارد. ایشان پس از بررسی مقاومت به لکه‌شکلاتی در ۱۰۵ لاین باقلا، سطوح



شکل ۲- دندروگرام ژنوتیپ‌های باقلا بر اساس روش وارد و بر مبنای صفات Disease Severity، AUDPC، sAUDPC و rAUDPC
Fig. 2. Dendrogram generated by cluster analysis (Ward) based on Disease Severity, AUDPC, sAUDPC and rAUDPC traits

گروه اول تفاوت معنی‌داری با بردار میانگین کل نداشت. بردار میانگین گروه دوم بر اساس مقادیر آماره T^2 هتلینگ (۰/۳۵۶) تفاوت معنی‌داری با بردار میانگین کل داشت. گروه دوم شامل سه ژنوتیپ بود و اعضای این گروه DS، مساحت زیر منحنی پیشرفت شدت بیماری (AUDPC) کمتر و مقاومت بیشتری

گروه‌بندی بر اساس صفات شدت بیماری Disease Severity، AUDPC و rAUDPC انجام شد (شکل ۲). برش دندروگرام مزبور بر اساس آماره ویلکس لاند در فاصله ۹ واحد انجام شد و سه گروه تشکیل گردید. گروه اول شامل ۲۳ ژنوتیپ بود. با توجه به نتایج آماره T^2 هتلینگ (۰/۳۵) بردار میانگین

۵۲FB نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی مقاوم بودند. بنابراین، کاشت این لاین‌ها با هدف کنترل بیماری لکه‌شکلاتی مناسب‌تر است، اما از نظر عملکرد دانه خشک و نیز وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بیولوژیک در رتبه‌های پایین‌تری قرار دارند. با توجه به عدم وجود تنوع در عامل بیماری‌زا (Tivoli *et al.*, 2006) لاین‌های مذکور به شرط سازگاری با شرایط محیطی، برای سایر مناطق آلوده نیز قابل توصیه هستند. ارقام مقاوم را می‌توان در اصلاح نباتات جهت انتقال مقاومت به ارقام پرمحصول و حساس استفاده نمود. نظر به این‌که ژنوتیپ‌های FLIP03-۵۲FB و ILB365 از نظر صفات مرتبط با مقاومت به لکه‌شکلاتی به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را به خود اختصاص دادند، بنابراین این ارقام می‌توانند به‌عنوان والدین مناسب جهت تهیه جمعیت‌های ژنتیکی مناسب برای ترسیم نقشه ژنتیکی استفاده شوند. به‌این‌ترتیب، امکان شناسایی QTL‌های کنترل‌کننده صفات کمی مؤثر در مقاومت به بیماری فراهم خواهد شد.

در مجموع، از نتایج از این آزمایش حاصل می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد و با ترکیب و انتخاب صفات مطلوب به اهداف موردنظر دست یافت.

سپاسگزاری

از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر به جهت حمایتی که در طول اجرای طرح نمودند و تهیه بذور ژنوتیپ‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

نسبت به بیماری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. رقم Icarus نیز در این گروه قرار داشت. اعضای این گروه منابع ژنتیکی مطلوبی از لحاظ مقاومت به بیماری محسوب می‌شوند. بررسی رقم (BPL710) Icarus در استرالیای غربی نیز نشان داد که این رقم نسبت به لکه‌شکلاتی، مقاوم، ولی عملکرد دانه آن کم است (Bouhassan *et al.*, 2004).

در تحقیقی (Tivoli *et al.*, 1988) نیز پس از انجام تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌های باقلا را در سه گروه ضعیف، قوی و متوسط قرار دادند و لاین‌های ILB938 و Icarus (BPL710) نسبت به *B. fabae* در شرایط فرانسه مقاوم بودند و Giza 402 بیشترین حساسیت را نشان داد. نتایج حاصل از این بررسی، با یافته‌های سایر محققان هماهنگی دارد (Tivoli *et al.*, 1988). بردار میانگین گروه سوم بر اساس مقادیر آماره T^2 هتلینگ (۰/۳۳۹) تفاوت معنی‌داری با بردار میانگین کل داشت. گروه سوم DS، مساحت زیر منحنی پیشرفت شدت بیماری (AUDPC) زیاده‌تری نسبت به میانگین کل داشت که ۱۰ ژنوتیپ حساس به بیماری و ILB365 (شاهد حساس) در این گروه جای گرفتند.

ژنوتیپ‌های FLIP03-58FB، FLIP03-60FB و FLIP03-61FB از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد در سطح مطلوبی قرار داشتند. با توجه به حساسیت لاین ILB 365 نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی به‌خصوص در سال‌های مرطوب، از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در کارهای اصلاحی در ارتباط با ارزیابی مقاومت نسبت به بیماری لکه‌شکلاتی استفاده کرد. از بین لاین‌های مورد بررسی، لاین‌های Icarus، FLIP03-29FB، FLIP03-30FB، FLIP03-34FB و FLIP03-

منابع

1. Aghajani, M., Razinataj, A., and Mohammadi, H. 2009. Identification and Management Guide for Broad Bean Diseases. Rashad Publishers. 87p. (In Persian)
2. Anastasios S.L., Dimitrios G.R., and Christos, A.D. 2004. Evaluation of faba beans for resistance to sclerotinia stem rot caused by *Sclerotinia trifoliorum*. Phytoprotection 85: 89-94.
3. Barnett, H.L., and Hunter, B.B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. American Phytopathological Society Press.
4. Berkely, M.G. 1983. Gardners Chronicle. In: P.D. Hebblethwaite (Ed.). The Faba Bean (*Vicia faba* L.). A Basic for Improvement. Cambridge, UK. 573p.
5. Bouhassan, A., Sadiki, M., and Tivoli, B. 2004. Evaluation of a collection of faba bean (*Vicia fabae* L.) genotypes originating from the Maghreb for resistance to chocolate Spot (*Botrytis fabae*) by assessment in the field and laboratory. Euphytica 135: 55-62.
6. Campbell, C.L., and Modden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons, New York, 532p.
7. Fininsa, C., and Yuen, J. 2002. Temporal progression of bean common bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*). European Journal of Plant Pathology 108: 485-495.

8. Hanounik, S.B., and Maliha, M. 1986. Horizontal and vertical resistance in *Vicia faba* to chocolate spot caused by *Botrytis fabae*. Plant Disease 70: 770-773.
9. Hawthorne, W. 2004. Faba bean disease management strategy for southern region. <http://www.sardi.sa.gov.au/pdfserve/fieldcrops/publications/advicefactsheets/brochure.pdf>
10. Hosni, A.M., Zed, N.A., and Habib, W.F. 1981. Variation within the fungus *Botrytis fabae* sard. FABIS Newsletter 3: 49-50.
11. Jamali, A.R. 2009. Identification of sources of disease resistance in Chinese faba bean germplasm for incorporation in Australian cultivars. MSc. Thesis. University of Adelaide, South Australia.
12. Jelenic, S., Mitrikeski, P.T., Papes, D., and Jelaska, S. 2000. Agrobacterium-mediated transformation of broad bean (*Vicia faba* L). Food Technology and Biotechnology 38: 167-172.
13. Juan, L.L. 1993. Research on breeding and germplasm of autumn sown faba bean. Faba Bean Information Services Newsletter 32:3-22.
14. Kamel, A., and Malila, N.F. 1990. Faba bean diseases in Tanisa. FABIS 10: 20-25.
15. Liang, X.Y. 1986. Faba bean diseases in China. FABIS Newsletter, Faba Bean Information Service, ICARDA 15: 49-51.
16. MacLeod, B., and Sweetingham, M. 1999. Faba bean, Chocolate Spot Disease. In: A.W. Australia (Ed.). Farm Note, Perth Australia. Available at Web site <http://www.agric.wa.gov.au/> (verified 1 August 2012).
17. Makkouk, K.M., and Hanounik, S.B. 1993. Major faba bean disease with special emphasis on viral disease. pp. 123-137. In: M.C. Saxena, S. Weigand and L. Li-Juan (Eds.). Faba bean Production and Research in China. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
18. Milus, E.A., and Line, R.F. 1986. Gene action for inheritance of durable, high-temperature, adult plant resistances to stripe rust in wheat. Phytopathology 76: 435-441.
19. Moghaddam, M., Mohamadi, S.A., and Aghaee-Sarbarzeh, M. 1995. Introduction to Multivariate Statistical Methods. 281pp. (In Persian).
20. Paull, J.G., and White, P. 2004. Breeding for the future-southern and western regions. In: J. Egan, J. Paull, A. Mayfield and Hawthorne (Eds). Faba and broad beans: Delivering a quality product in to the future. Tanunda, South Australia. pp. 66-70. (Pulse Australia).
21. Rhaيمي, A., Cherif, M., Kharrat, M., and Harrabi, M. 2002. New faba bean genotypes resistant to chocolate spot caused by *Botrytis fabae*. Phytopathol. Mediterr 41: 99-108.
22. Rossi, V. 1999. Effect of host resistance and fungicide sprays against *Cercospora leaf Spot* in different sugar beet-growing areas of the Mediterranean basin. Phytopathologia Mediterranea 38(2): 465-470.
23. Sahile, S., Chemed, F., Sakhuja, P.K., and Ahmed, S. 2008. Effect of mixed cropping and fungicides on chocolate Spot (*Botrytis fabae* sard) of faba bean (*Vicia faba* L.) in Ethiopia. Crop Protection 27: 275-282.
24. Sarparast, R. 2008. A Final Report of the International Faba Bean Chocolate Spot Experiment Nursery. Publishing Seed and Plant Improvement Institute of Karaj. (In Persian).
25. Staats, M., Baarlen, P., and van Kan, J.A.L. 2012. Molecular phylogeny of the plant pathogenic genus *Botrytis* and the evolution of host specificity. Molecular Biology and Evolution 22(2).
26. Singh, A., and Rao, M.V. 1989. Area under disease progress curve: its reliability as a measure of slow-rusting resistance. Plant Breeding 103: 319-323.
27. SPSS Inc. 2010. Released IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0.
28. Stoddard, F.L., Nicholas, A.H., Rubiales, D., Thomas, J., and Villegas-Fernandez, A.M. 2010. Integrated pest management in faba bean. Field Crop Research 115: 308-318.
29. Tivoli, B., Baranger, A.C., Avila, M., Banniza, S., Barbetti, M., Chen, W., Davidson, J., Lindeck, K., Tivoli, B., Berthelem, P., Leguen, J., and Onfroy, C. 1988. A study of the performance of certain Faba bean genotypes in relation to *Botrytis fabae* and *Ascochyta fabae* in France. FABIS Newsletter 21: 36-40.
30. Tivoli, B., Baranger, A., Avila, C.M., Banniza, S., Barbetti, M., Chen, W., Davidson, J., Lindeck, K., Kharrat, M., Rubiales, D., Sadiki, M., Sillero, J.C., Sweetingham, M. and Muehlbauer, F.J. 2006. Screening techniques and sources of resistance to foliar diseases caused by major necrotrophic fungi in grain legumes. Euphytica 147: 223-253.

31. Torres, A.M., Roman, B., Avila, C.M., Satovic, Z., Rubiales, D., Sillero, J.C., Cubero, J.I., Ulukan, H., Guler, M., and Keskin, S. 2003. A path analysis some yield and yield components in Faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 1951-1955.
32. Villegas-Fernandez, A.M., Sillero, J.C., and Rubiales, D. 2011. Screening faba bean for chocolate Spot resistance: evaluation methods and effects of age of host tissue and temperature. European Journal of Plant Pathology 132: 443-453.

Investigation of resistance to chocolate spot (*Botrytis fabae* sard) in faba bean (*Vicia faba* L.) in Gorgan region

Sheikh¹, F. & Dehghani^{2*} H.

1 & 2. Respectively, PhD. Student and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, P.O.Box 14115-336, Iran

Received: 3 February 2013

Accepted: 15 May 2014

Abstract

Fungal diseases, chocolate spot (*Botrytis fabae* Sard) is the most destructive diseases of faba bean and causes considerable dramatic damage losses on faba bean yield worldwide. The levels of resistance to chocolate spot were evaluated in 35 faba bean cultivars and one susceptible check (ILB365) and local check (Barkat) at the Gorgan Agricultural Research Station during the 2010 and 2011 cropping seasons. The obtained results showed a significant difference ($P < 0.01$) among genotypes for yield, yield component and related traits to disease resistance. Barkat, FLIP03-35FB and FLIP03-58FB produced the highest plant height, seed yield and 100 seed weight, respectively. In order to determine genotype reaction to chocolate spot, disease symptoms scored in certain intervals until harvest, then AUDPC, rAUDPC and sAUDPC was calculated. A significant variation among the tested genotypes and their reaction to chocolate spot disease was found. Results of variance, comparing the mean and also cluster analysis revealed that ILB 365, FLIP03-57FB, FLIP03-43FB and FLIP03-59FB where susceptible. Whereas, Icarus, FLIP03-29FB, FLIP03-30FB, FLIP03-34FB and FLIP03-52FB introduced as resistance genotypes to chocolate spot judged by the lowest AUDPC.

Key words: Area Under the Disease Progress Curve, Cluster Analysis, Disease Severity, Yield

* Corresponding Author: dehghanr@modares.ac.ir, Tel: 02148292040, Mobile: 09125144820

بررسی الگوی بیان ژن‌های کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز در گیاه نخود آلوده به بیماری برق‌زدگی

رحیم افضل^{۱*}، سیدحسن مرعشی^۲، نسرين مشتاقی^۳ و حمیدرضا کاووسی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی و په‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی و په‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی و په‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی و گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی

دانشگاه فردوسی مشهد

۴- عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۵

چکیده

القای مقاومت نسبت به پاتوژن‌ها از راهکارهایی است که گیاهان برای مقابله با تنش‌های زیستی به‌کار می‌برند. آنزیم‌های کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز جزء پروتئین‌های قابل‌القاء هستند که در پاسخ به عوامل بیماری‌زا توسط گیاه، سنتز می‌شوند. در این تحقیق، بیان ژن ایزوفرم‌های اسیدی و بازی این دو آنزیم در سطح مولکولی در گیاه نخود زراعی مورد مطالعه قرار گرفت. به این ترتیب که سطح تظاهر ژن‌های مذکور در نمونه‌های تیمار شده و شاهد، در ژنوتیپ نخود حساس MCC403 و ژنوتیپ مقاوم MCC496 نسبت به آلودگی با ژن‌های شیش قارچ برق‌زدگی (*Ascochyta rabiei*) در ۰، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آلودگی با استفاده از روش ارزیابی نیمه کمی RT-PCR بررسی شد. نتایج، حاکی از افزایش بیان ایزوفرم اسیدی هر دو ژن کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز پس از آلودگی بود. هردو ژن مذکور در ۲۴ ساعت اولیه پس از تلقیح، حداکثر بیان را در ژنوتیپ مقاوم نشان دادند. این در حالی است که در ژنوتیپ حساس در ساعات اولیه بعد از آلودگی، تظاهر دو ایزوفرم اسیدی به حداکثر می‌رسد و تا ۷۲ ساعت بعد از آلودگی، سطح بیان در هردو ژنوتیپ به کمترین سطح تظاهر می‌رسد. ایزوفرم بازی کیتیناز در ژنوتیپ حساس به‌میزان بیشتری بیان شد و ایزوفرم بازی بتا-۱ و ۳ گلوکاناز تظاهر پیدا نکرد. در کل، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً ایزوفرم‌های اسیدی ژن‌های کیتیناز و گلوکاناز در اعطای مقاومت در برابر بیماری برق‌زدگی نقش دارند.

واژه‌های کلیدی: بتا-۱ و ۳ گلوکاناز، برق‌زدگی نخود، پروتئین‌های مرتبط با پاتوژن، کیتیناز، RT-PCR

مقدمه

که باعث مقاومت گیاه نسبت به پاتوژن می‌شود. واکنش فوق حساسیت، تجمع موضعی فیتوالکسین‌ها، ساخت دیواره سلولی ضخیم از سلولز، پکتین، لیگنین و فعال‌سازی مسیر فنیل پروپانئوئید از جمله این مکانیسم‌ها می‌باشند (Kavousi et al., 2009). در تعداد زیادی از گیاهان، پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی^۱ را به‌عنوان پروتئین‌هایی که بعد از آلودگی گیاهان با پاتوژن‌های مختلف تجمع می‌یابند، می‌شناسند (Bol et al., 1990). این پروتئین‌ها القاء‌پذیر می‌باشند و در طول حمله پاتوژن‌ها و یا شرایط تنش‌زای مشابه، القاء می‌شوند و فعالیت ضدقارچی دارند. به‌علاوه، اکثر این پروتئین‌ها دارای مجموعه‌ای از خصوصیات مشترک می‌باشند که می‌توان به وزن مولکولی پایین، مقاومت به پروتئازها و پایداری در بافرهای با pH پایین اشاره کرد (Van Loon et al., 1999). PR پروتئین‌ها بر اساس تشابه اسیدهای آمینه، روابط سرولوژیک و یا فعالیت‌های آنزیمی بیولوژیکی، به ۱۷ خانواده طبقه‌بندی می‌شوند

بیماری برق‌زدگی نخود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های شایع نخود زراعی (*Cicer arietinum*) است که عامل آن قارچ *Ascochyta rabiei* (Pass) Labrnssse می‌باشد (Maden et al., 1975). این قارچ به اندام‌های هوایی گیاه حمله می‌کند و موجب خسارت شدید به‌خصوص در هوای خنک و بارندگی زیاد در طی فصل رشد می‌گردد (Yonesi, 2003). در حال حاضر این بیماری به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت زمستانه نخود مطرح است (Shokouhifar et al., 2006). این بیماری یکی از مهم‌ترین تنش‌های زیستی است که باعث کاهش عملکرد این گیاه در ایران شده است. بهبود مقاومت ژرم‌پلاسما گیاهی، راهکار مناسبی برای مقابله با بیماری‌های گیاهی است (Kavousi et al., 2009). گیاهان در پاسخ به حمله پاتوژن‌ها مکانیسم‌های دفاعی پیچیده‌ای را فعال می‌کنند

* نویسنده مسئول: استان اردبیل، شهرستان گرمی، بخش انگوت، روستای قباله

همراه: ۰۹۱۴۹۵۵۶۲۴۶، تلفن: ۰۴۵۲۶۳۸۳۲۰۴، afzal64rahim@gmail.com

¹ Pathogen related proteins

گردید. سطح بذور، قبل از کشت توسط هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضد عفونی شد. بذور پس از شستشو با آب مقطر، برای رشد به پتری دیش انتقال داده شدند. بعد از ۳۶ ساعت رشد، بذور جوانه زده، در گلدان‌هایی به قطر ۲۰ سانتی متر حاوی مخلوط خاک، ماسه و کود دامی (به ترتیب با غلظت‌های ۱:۱:۳) در عمق ۲/۵ سانتی متری کاشته شدند. در هر گلدان، پنج بذر کشت گردید. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. برای این منظور دو ژنوتیپ حساس و مقاوم، در بازه‌های زمانی (۰، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آلودگی با قارچ) مورد مطالعه قرار گرفتند.

آماده سازی نمونه قارچ و تهیه سوسپانسیون اسپور: نژاد شماره ۶ قارچ *Ascochyta rabiei* در محیط کشت جامد عصاره نخود^۱ CDA کشت گردید و در شرایط دمایی ۱۸ درجه سانتی گراد و ۱۴ ساعت روشنایی نگهداری و پس از ۷ تا ۱۰ روز، ۵/۰ سانتی متر مربع از نمونه قارچ برای تولید اسپور به داخل ویال حاوی محیط کشت مایع^۲ CDB منتقل شدند. بعد از سه روز، اسپورها آماده تکثیر می‌باشند و تا شش روز بعد نیز اسپورها توانایی بیماری زایی دارند. در این مرحله، سوسپانسیون محیط کشت از پارچه ملامل دولایه عبور داده شد و غلظت محلول عبوری با استفاده از لام گلبول شمار به غلظت $10^6 \times 1/2$ اسپور در هر میلی لیتر رسانده شد.

تلقیح گیاهان نخود: سوسپانسیون اسپور با آب پاش‌های پلاستیکی به طور یکنواخت بر روی گیاهچه‌های ۱۴ روزه نخود اسپری شد. عمل اسپری تا مرحله ریزش اولین قطره از سطح برگ ادامه یافت و گلدان‌ها به مدت ۵ روز در زیر پلاستیک به منظور حفظ رطوبت تا ۹۰ درصد نگهداری شدند و روزانه سه تا پنج بار آب پاشی در زیر پلاستیک انجام شد و پس از آن پوشش پلاستیکی به تدریج برداشته شد و رطوبت گلخانه در سطح ۷۰ درصد تنظیم گردید.

استخراج RNA و ساخت cDNA: RNA ی کل از برگ‌های گیاهان در بازه‌های زمانی ۰، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آلودگی قارچی با استفاده از کیت RNXTM plus (شرکت سیناژن، ایران) مطابق دستورالعمل شرکت تولیدکننده استخراج شد. قبل از استخراج RNA نمونه‌های برگ و ساقه گیاهان هر تیمار باهم مخلوط شدند. RNA ی کل استخراج شده (۳۰ میکروگرم برای هر واکنش) با استفاده از آنزیم DNaseI (Fermentas, USA) تیمار شد تا DNA ژنومی حذف شود و با استفاده از نانودراپ غلظت نمونه‌های

PR (Gorjanovic, 2009). پروتئین‌ها بسته به نقطه ایزوالکتریک خود به دو ایزوفرم اسیدی یا بازی تقسیم بندی می‌شوند. نوع اسیدی غالباً در فضاهای آپوپلاستی تجمع می‌یابد و نوع بازی عمدتاً در درون سلول و در درون واکوئل قرار دارد (Van Loon, 1997). در مکانیسم دفاعی گیاهان، دو خانواده PR-2 و PR-3 نقش مهمی در مقاومت گیاهان به بیماری‌های قارچی دارند. خانواده PR-2 عمدتاً شامل β -۱ و ۳- گلوکاناز می‌باشند و توانایی هیدرولیز پلیمرهای گلوکوزیدی را که واحدهای آن با پیوند بتا ۱ و ۳ گلوکان به یکدیگر متصل شده‌اند، دارند (Simmons, 1994). خانواده PR-3 نیز در بردارنده کیتینازها می‌باشند که پیوندهای گلیکوزیدی کیتین را به واحدهای مونومری، می‌شکنند. کیتین و گلوکان جزء تشکیل دهنده دیواره سلولی بسیاری از پاتوژن‌های قارچی می‌باشند (Saikia et al., 2005). در بسیاری از گیاهان در پاسخ به آلودگی، فعالیت این دو آنزیم، القاء شده و باعث ایجاد مقاومت می‌شود. کیتینازها و گلوکانازها در تخریب دیواره سلولی قارچ‌ها با یکدیگر همکاری دارند (Saikia et al., 2005). در مطالعات انجام شده در مورد بیان این ژن، نشان داده شد که بیان آن‌ها بعد از آلودگی به پاتوژن، چندین برابر افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، در تحقیقی که بر روی تنباکوی آلوده شده به باکتری *Pseudomonas syringae* pv *syringae* انجام شد، تعداد نسخه‌های آنزیم بتا-۱ و ۳ گلوکاناز تا ۲۱ برابر افزایش یافت (Alonso et al., 1995). واریته‌های سویای مقاوم به *Meloidogyne incognita* نیز القای بیان ژن کیتیناز را به میزان سه تا چهار برابر نشان دادند (Cao et al., 1997).

در مطالعه حاضر، تغییرات الگوی بیان ژن ایزوفرم‌های اسیدی و بازی ژن‌های کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز در زمان‌های مختلف پس از آلودگی با قارچ بیماری برق زدگی در دو ژنوتیپ حساس و مقاوم به بیماری برق زدگی در نخود به روش RT-PCR نیمه کمی بررسی شد تا واکنش گیاه به آلودگی قارچی در سطح نسخه برداری، مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط رشد: این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در این تحقیق، از دو ژنوتیپ نخود مقاوم MCC496 و حساس MCC402 به بیماری برق زدگی نخود (Shokouhifar et al., 2006) استفاده شد. بذرها از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه

¹ Chickpea Dextrose Agar

² Chickpea Dextrose Broth

RNA با یکدیگر یکسان شدند و سپس RNAهای با غلظت ۲۵۰ نانوگرم در میکرولیتر برای ساخت cDNA با استفاده از کیت cDNA سنتتاز (Fermentas, USA) مطابق دستورالعمل شرکت تولیدکننده، مورد استفاده قرار گرفت. cDNA سنتز شده در ۲۰-درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. همچنین برای اطمینان، نمونه‌های RNA کل به‌عنوان الگو برای تکثیر ژن یوبی کوئیتین استفاده شدند. تکثیر نشدن ژن یوبی کوئیتین، تأییدکننده عدم آلودگی RNA کل با DNA ژنومی در نمونه‌های مورد مطالعه بود.

بررسی نیمه کمی RT-PCR: برای بررسی نیمه کمی سطوح بیان ژن‌های مورد نظر، ابتدا یک مرحله متوازن کردن مقدار cDNA وارد شده به واکنش‌های PCR انجام گرفت تا بتوان شدت باند تکثیر شده در هر واکنش را ملاک مقایسه بین

نمونه‌ها قرار داد. بدین‌منظور از متوازن کردن باند یوبی کوئیتین استفاده شد. واکنش‌های مکرر PCR برای تکثیر قطعه‌ای از cDNA کدکننده پروتئین عمومی یوبی کوئیتین همراه با رقیق‌سازی مکرر cDNA در هر نمونه در هر سری PCR انجام گرفت. در نهایت، غلظت‌هایی از استوک‌های cDNA ایجاد شد که در صورت وارد نمودن مقادیر مساوی از cDNAی هر نمونه به واکنش‌های PCR، باند تکثیر شده یوبی کوئیتین همه نمونه‌ها از غلظت چشمی یکسانی برخوردار گردیدند. آغازگرهایی براساس توالی ژن‌های اختصاصی با استفاده از نرم‌افزار (Primer Premier V5.0) طراحی شد که در جدول ۱ آورده شده است. در ادامه برای کمی کردن باندهای روی ژل و شاخص‌بندی شدت باندهای DNA تکثیر شده ژن‌ها، از نرم‌افزار Lab Work (version 3.0.2) استفاده گردید.

جدول ۱- توالی آغازگرهای ژن‌های اختصاصی کیتیناز و گلوکاناز و ژن خانگی یوبی کوئیتین

Table 1. The sequence of gene-specific chitinase and glucanase primers and Ubiquitin house keeping

آغازگرهای اختصاصی gene-specific primers	آغازگرهای رفت Forward primers	آغازگرهای برگشت Reverse primers
<i>Basic chitinase</i>	5'-ACAAGCTGGTGGTGC GTTGT-3'	5'-TACCAGCCGCACGATCAGAA-3'
<i>Basic glucanase</i>	5'-GGTGGCTCTTCTTGGCTTGC-3	5'-CCGTAGTTGCATTGAAGTCATCG-3
<i>Acidic chitinase</i>	5'-TGCTGGCCATTGTGATCCAT-3	5'-GCATCAGAAGCAGGCACACC-3
<i>Acidic glucanase</i>	5'-GGTGACAATCTGTTGGTGT-3	5'-ACCACTTGACGCGTCGCTAA-3
<i>Ubiquitin</i>	5'-CGACAACGTCAAGGCGAAGAT-3	5'-CCAAAGCCACGGCACAAGTT-3

نتایج و بحث

استخراج RNA: پس از استخراج RNA کل از ۱۲ نمونه گیاهی و مشاهده دو باند قوی 18S و 28S ریبوزومی که نشان‌دهنده کیفیت خوب RNAهای استخراج شده بود، cDNAی هریک از نمونه‌ها پس از موازنه cDNA استاندارد یوبی کوئیتین ساخته شد.

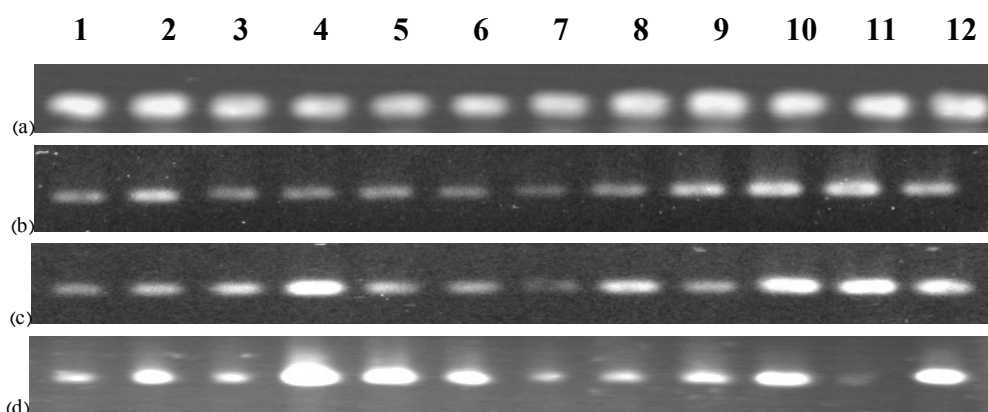
موازنه باند cDNA استاندارد یوبی کوئیتین: شکل ۱- a، باندهای یوبی کوئیتین تکثیر یافته در واکنش‌های PCR با مقادیر مساوی از غلظت‌های نهایی cDNAی همه نمونه‌ها را نشان می‌دهد که پس از ۲۸ چرخه PCR، توازن مقداری آنها مشاهده می‌شود. پروتئین یوبی کوئیتین به‌عنوان یک پروتئین خانگی در سلول‌های گیاهی شناخته شده است که mRNAی کدکننده آن در تمام بافت‌ها و اندام‌های مختلف، تقریباً به یک اندازه نسخه‌برداری می‌شوند. بعد از استاندارد کردن غلظت cDNA، با وارد کردن غلظت‌های cDNAی نمونه‌های مختلف به واکنش‌های PCR، در حقیقت مقادیر یکسانی از cDNA از

نمونه متفاوت به هر واکنش PCR وارد شده است (Zolala et al., 2008).

مقایسه نیمه کمی بیان ژن‌ها: در صورتی که مقادیر مساوی از cDNAی کل نمونه‌های مختلف به واکنش‌های مقایسه‌ای PCR برای تکثیر قطعه‌ای از cDNAی ژن مورد نظر وارد شود، می‌توان غلظت باندهای تکثیر شده در هر نمونه را به‌عنوان شاخص میزان بیان ژن مورد مطالعه در نظر گرفت. نمونه‌هایی که باند تکثیر شده قوی‌تری را نشان دهند، سهم نسبی cDNAی مورد نظر در cDNAی کل آنها بیشتر است که این تناسب را به‌طور مستقیم می‌توان به غلظت mRNA نسبت داد (Salzer et al., 2000). پس از همسانه‌سازی غلظت cDNA کل در نمونه‌ها بر اساس غلظت یوبی کوئیتین و همچنین طی مرحله بهینه‌سازی تعداد چرخه‌های مناسب واکنش PCR برای سنجش کمی و نسبی، تعداد ۲۴ چرخه برای ایزوفرم‌های اسیدی بتا ۱ و ۳ گلوکاناز و ۲۸ چرخه برای ایزوفرم‌های بازی کیتیناز و ۲۴ چرخه برای ژن کیتیناز اسیدی انتخاب شد.

بعد از آلودگی، مقدار آن به بیشترین میزان می‌رسد و بعد از این ساعت از شدت بیان کاسته می‌شود. در ژنوتیپ مقاوم، ۴۸ ساعت بعد از آلودگی، میزان بیان به‌طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند سپس کاهش چشمگیری در سطح تظاهر این ژن رخ می‌دهد. البته بیان این ژن در زمان صفر در دو ژنوتیپ نیز به مقدار کم مشاهده می‌شود.

بررسی بیان ایزوفرم اسیدی ژن کیتیناز: نتایج اندازه‌گیری بیان نیمه کمی ایزوفرم اسیدی ژن کیتیناز (شکل ۲- b) مبین غلظت متفاوت mRNA کیتیناز اسیدی در دو ژنوتیپ MCC496 و MCC403، بعد از آلودگی می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان بیان این ژن در هر دو ژنوتیپ در ساعات بعد از آلودگی روند عکس هم دارند. در ژنوتیپ حساس در ساعات اولیه، بیشترین میزان بیان ژن مشاهده می‌شود و در ۶ ساعت



شکل ۱- a: یوبی کوئیتین یکسان شده در ۲۸ چرخه؛ b: ایزوفرم اسیدی ژن کیتیناز در ۲۴ چرخه؛ c: ایزوفرم اسیدی ژن بتا-۳ا-گلوکاناز در ۲۴ چرخه؛ d: ایزوفرم بازی ژن کیتیناز در ۲۸ چرخه

چاهک‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، نشان‌دهنده بیان ژن‌ها در ژنوتیپ حساس (MCC403) به ترتیب در زمان‌های ۰، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آلودگی با قارچ، و چاهک‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نشان‌دهنده بیان ژن‌ها در ژنوتیپ مقاوم (MCC496) به ترتیب در زمان‌های ۰، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آلودگی با قارچ می‌باشند.

Fig. 2. a: Equilibrated ubiquitin in 28 cycle; b: acidic isoform of chitinasein 24 cycle; c: acidic isoform of β -1,3-glucanasein 24 cycle; d: basic isoform of chitinasein 28 cycle

Lanes 1-6 were load correspond to the expression level in sensitive genotype (MCC403) at times 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after infection with *A. rabiei* and Lanes 7-12 were load correspond to the expression level in resistant genotype (MCC496) at times 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after infection with *A. rabiei*

این ژن افزایش یافت اما مقدار آن در مقایسه با ژنوتیپ MCC403 کمتر بود. به نظر می‌رسد ایزوفرم بازی ژن کیتیناز، رابطه ای با مقاومت به بیماری برق‌زدگی نخود نداشته باشد.

بررسی بیان ایزوفرم بازی ژن بتا-۳ا-گلوکاناز: باوجود این‌که حضور ایزوفرم بازی ژن بتا-۳ا-گلوکاناز در DNA ژنومی نخود با PCR تأیید شد، ولی در هیچ‌کدام از نمونه‌های مورد مطالعه، این ژن بیانی را نشان نداد. (Pozo et al, 1999) در مطالعه‌ای بر روی گوجه‌فرنگی آلوده به *Phytophthora parasitica* مشاهده کردند که ایزوفرم بازی بتا-۳ا-گلوکاناز به مقدار اندکی در نمونه شاهد بیان شده است.

تجزیه و تحلیل بیان این ژن‌ها نشان می‌دهد که دو ژنوتیپ MCC496 و MCC403 پاسخ‌های متفاوتی را نسبت به آلودگی قارچی نشان می‌دهند. ایزوفرم اسیدی ژن کیتیناز در ژنوتیپ MCC496 به میزان بیشتری القاء شده است

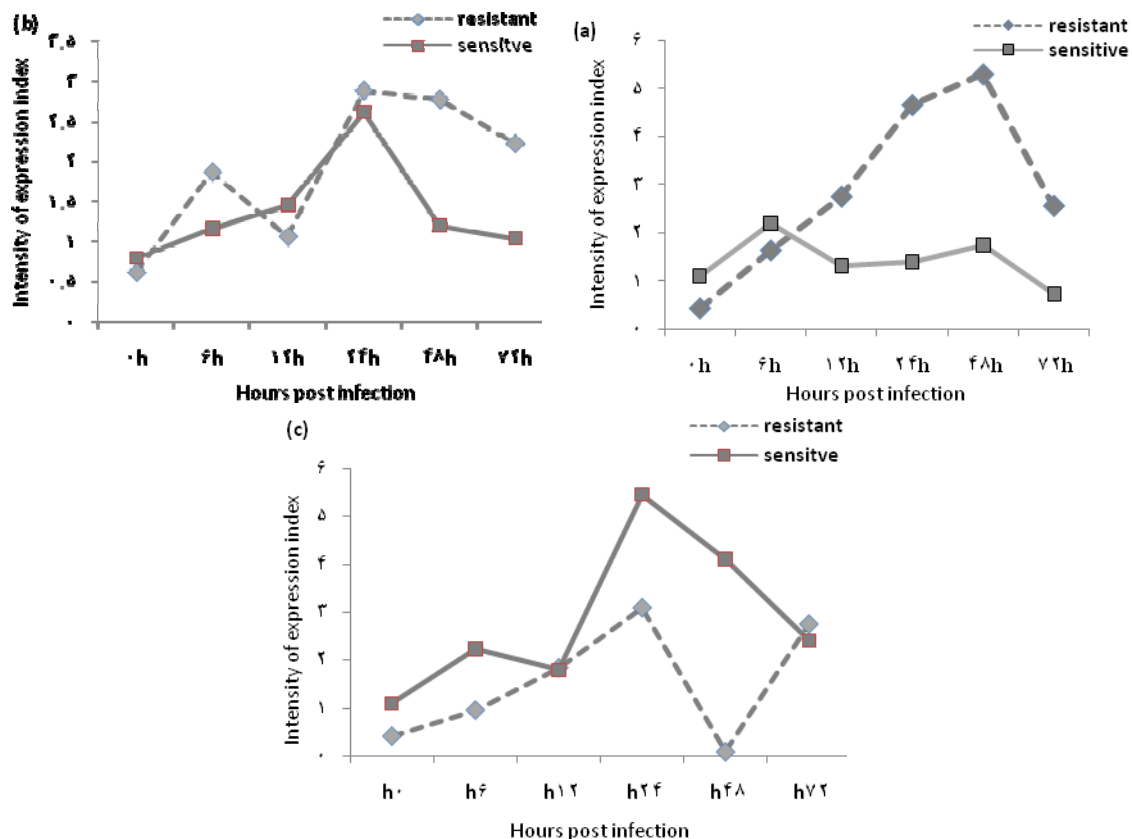
بررسی بیان ایزوفرم اسیدی ژن بتا-۳ا-گلوکاناز: تغییرات بیان ژن بتا-۳ا-گلوکاناز در دو ژنوتیپ MCC496 و MCC403 مشهود بود (شکل ۱- c). بیان این ژن در هر دو ژنوتیپ، در ۲۴ ساعت پس از تلقیح به حداکثر مقدار خود می‌رسد و پس از آن، بیان این ژن تا ۷۲ ساعت بعد از آلودگی در ژنوتیپ مقاوم MCC496 در حد بالا ادامه می‌یابد؛ ولی در ژنوتیپ حساس MCC403، به تدریج از میزان نسخه‌های این ژن کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد بیان این ژن در ژنوتیپ مقاوم روند بهتری نسبت به ژنوتیپ حساس دارد.

بررسی بیان ایزوفرم بازی ژن کیتیناز: بیان این ژن در دو ژنوتیپ مورد مطالعه روندی متفاوت داشت و در ژنوتیپ MCC403 بیان این ژن بیشتر از ژنوتیپ MCC496 بود (شکل ۱- d). در ژنوتیپ MCC403، ۲۴ ساعت بعد از آلودگی بیان ایزوفرم بازی ژن کیتیناز به بیشترین مقدار خود رسید و به تدریج از میزان آن کاسته شد اما در ژنوتیپ MCC496 بیان

ژنوتیپ حساس MCC403 است. این ژن هم احتمالاً در مکانیسم مقاومت به بیماری نقش دارد. با توجه به این که ایزوفرم بازی ژن کیتیناز که در ژنوتیپ حساس MCC403 بیشتر از ژنوتیپ مقاوم MCC496 بیان شده (شکل ۲- c) و عدم بیان ژن بتا ۱ و ۳-گلوکاناز بازی در هیچ کدام از آنها، احتمالاً این دو ژن تأثیری در مقاومت گیاه نخود به بیماری برق‌زدگی نخود ندارند.

با توجه به بیان بالای ژن‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ حساس MCC403 به نظر می‌رسد که این ژن‌ها شاخص مناسبی برای حساسیت نیستند.

(شکل ۲- a) و در ۴۸ ساعت اولیه، این ژن به حداکثر بیان خود رسید و در ۷۲ ساعت بعد از آلودگی کاهش یافت. میزان بیان ژن کیتیناز اسیدی در ژنوتیپ مقاوم MCC496 نسبت به ژنوتیپ حساس MCC403 تقریباً سه برابر شده است. با توجه به بیان این ژن در ژنوتیپ MCC403 که در حد پایینی می‌باشد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً این ژن در ایجاد مقاومت به برق‌زدگی نخود نقش دارد. الگوی بیان ایزوفرم اسیدی بتا ۱ و ۳-گلوکاناز نیز در ژنوتیپ MCC496 به بیشترین مقدار خود در ۲۴ ساعت بعد از آلوده کردن گیاه با قارچ، می‌رسد (شکل ۳- b) و در ادامه نیز این روند مقدار بالای بیان را حفظ می‌کند و مقدار بیان در ژنوتیپ مقاوم MCC496 بیشتر از



شکل ۲- الگوی بیان ژن‌های a: ایزوفرم اسیدی ژن کیتیناز؛ b: ایزوفرم اسیدی ژن بتا-۱ و ۳-گلوکاناز؛ c: ایزوفرم بازی ژن کیتیناز

در ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم نخود بعد از آلودگی با قارچ *A. rabiei*

Fig. 3. Gene expression patterns a: acidic isoform of chitinase; b: acidic isoform of β -1,3-glucanase; c: basic isoform of chitinase in sensitive and resistant chickpea genotype after infection by *A. rabiei*

حمله قرار گیرد، این ژن‌ها را تا حدی در خود بیان می‌کند. در مطالعه‌ای در نیشکر، مشاهده شده است که کیتینازها به‌طور دائمی حضور دارند و توسط محرک‌های زیستی و غیرزیستی به‌طور سیستماتیکی القاء می‌شوند (Viswanathan *et al.*, 2001). در بررسی دیگری گزارش شد که فعالیت ژن

در مورد ژنوتیپ مقاوم MCC496 نیز باید گفت که چون دو ژن ایزوفرم اسیدی در این ژنوتیپ به‌طور معنی‌داری بیان شده‌اند، احتمالاً این ژنوتیپ یک ژنوتیپ مقاوم به بیماری برق‌زدگی نخود است. همچنین بیان این ژن‌ها در گیاه شاهد هم نشان می‌دهد که گیاه قبل از این که با پاتوژن قارچی مورد

محرك‌هایی از دیواره سلولی قارچ‌ها مکانیسم‌های دفاعی مختلفی را در گیاهان تحریک کنند (Ren *et al.*, 1992). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که قارچ *Ascochyta rabiei* باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه نخود می‌شود. دو ژنوتیپ MCC496 و MCC403 پاسخ‌های متفاوتی را نسبت به آلودگی قارچی نشان دادند که این نشان از مناسب بودن این دو ژنوتیپ برای استفاده به عنوان ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به بیماری برق‌زدگی نخود می‌باشد، ولی بهتر است در مطالعات علاوه بر این دو ژنوتیپ، ژنوتیپ‌های کاملاً حساس و مقاوم به این بیماری نیز بررسی شود. با توجه به تفاوت میزان بیان ژن‌های ایزوفرم اسیدی بتا ۱،۳ گلوکاناز و کیتیناز در ژنوتیپ‌های MCC496 و MCC403، به نظر می‌رسد که ایزوفرم اسیدی هردوژن کیتیناز و گلوکاناز در ایجاد مقاومت به بیماری برق‌زدگی در ژنوتیپ مقاوم نقش داشته باشند و هر دو در سطح بالایی در ژنوتیپ مقاوم بیان شده‌اند. همچنین افزایش همزمان تعداد نسخه‌های ایزوفرم‌های اسیدی هر دو آنزیم در ژنوتیپ مقاوم، تأییدکننده فعالیت سینرژیستی این دو آنزیم در القای مقاومت می‌باشد.

کیتیناز III در رقم مقاوم نخود پس از تلقیح با *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cicer* به بیش از چهار برابر افزایش می‌یابد (Sephri, 2009). تعداد نسخه‌های mRNA بتا-۱ و ۳ گلوکاناز اسیدی در برگ‌های گوجه‌فرنگی آلوده به پاتوژن قارچی *Cladosporium fulvum* نیز به مقدار زیادی تجمع پیدا کرده است که نشان‌دهنده نقش این ایزوآنزیم در مقابله با پاتوژن می‌باشد (Van Kan *et al.*, 1992). فعالیت ضدقارچی کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز به وسیله محققان اثبات شد، به طوری که آنها پس از خالص‌سازی و قراردادن این پروتئین‌ها در محیط کشت حاوی پاتوژن‌های قارچی گیاهی مشاهده کردند که رشد این قارچ‌ها در نواحی که این پروتئین‌ها حضور دارند، محدود می‌شود که این دلیل خوبی برای تأثیر مستقیم این PR پروتئین‌ها بر روی پاتوژن‌ها می‌تواند باشد (Saikia *et al.*, 2005). تجمع PR پروتئین‌ها با مکانیسم SAR^۱ در گیاهان مرتبط می‌باشد (Ryals *et al.*, 1996). کیتیناز و بتا-۱ و ۳ گلوکاناز علاوه بر هیدرولیز دیواره سلولی گلوکان و کیتین، توانایی این را هم دارند که با رهاسازی

منابع

- Alonso, E., De Carvalho Niebel, F., Obregon, P., Gheysen, G., Inzé, D., Van Montagu, M., and Castresana, C. 1995. Differential *in vitro* DNA binding activity to a promoter element of the *gnl* β -1, 3-glucanase gene in hypersensitively reacting tobacco plants. *Plant Journal* 7: 309-320.
- Bol, J.F., Linthorst, H.J.M., and Cornelissen, B.J.C. 1990. Plant pathogenesis-related protein induced by virus infection. *Annual Review of Phytopathology* 28: 113-138.
- Cao, H., Glazebrook, J., Clarke, J.D., Volko, S., and Dong, X. 1997. The Arabidopsis *NPR1* gene that controls systemic acquired resistance encodes a novel protein containing ankyrin repeats. *Cell* 88: 57-62.
- Gorjanovic, S. 2009. Biological and technological functions of barley seed pathogenesis-related protein (PRs). A review. *Journal of the Institute of Brewing* 115(4): 334-360.
- Kavousi, H.R., Marashi, H., Mozafari, J., and Bagheri, A.R. 2009. Expression of phenylpropanoid pathway genes in chickpea defense against race 3 of *Ascochyta rabiei*. *Plant Pathology Journal* 8: 127-132.
- Maden, S., Mathur, D., and Neergaard, S.B. 1975. Detection and location of seed born inoculum of *Ascochyta rabiei* and its transmission in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Seed Science and Technology* 3: 667-681.
- Pozo, M., Azcon-Aguilar, C., Dumas-Gaudot, E., and Barea, G.M. 1999. β -1,3 Glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. *Plant Science* 141: 149-157.
- Ren, Y.Y., and West, C.A. 1992. Elicitation of diterpene biosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) by chitin. *Plant Physiology* 99: 1169-1178.
- Ryals, J.A., Neuenschwander, U.H., Willits, M.G., Molina, A., Steiner, H.Y., and Hunt, M.D. 1996. Systemic acquired resistance. *Plant Cell* 8: 1809-1819.
- Saikia, R., Pratab Singh, B., Kumar, R., and Arora, K. 2005. Detection of pathogenesis-related proteins-chitinase and β -1,3-glucanase in induced chickpea. *Current Science* 89(4): 659-663.
- Salzer, P., Bonanomi, A., Beyer, K., Aeschbacher, R.A., and Boller, T. 2000. Differential expression of eight chitinase genes in *Medicago truncatula* roots during mycorrhiza formation, nodulation and pathogen infection. *Molecular Plant Microbe Interaction* 13: 763-777.

¹ Systemic-acquired-resistance

12. Sephri, H., 2009. Gene Expression Profiling of Chitinase in Chickpea by Using Real-Time PCR. MSc. Thesis. Agriculture Faculty, University of Ferdowsi Mashhad. (In Persian).
13. Shokouhifar, F., Bagheri, A.R., and Fallahati Rastegar, M. 2006. Identification of resistant chickpea lines against pathotypes causing *Ascochyta* blight disease in Iran. *Iranian Journal of Plant Biology* 19(1): 29-42. (In Persian).
14. Siddiqui, I.A., and Shaukat, S.S. 2004. Systemic resistance in tomato induced by biocontrol bacteria against the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* is Independent of Salicylic Acid Production. *Journal Phytopathology* 152: 48-54.
15. Simmons, C. 1994. The physiology and molecular biology of plant 1,3- β -D-glucanases and 1,3; 1,4- β -D-glucanases. *Critical Reviews in Plant Sciences* 13: 325-387.
16. Van Kan, J.A.L., Joosten, M.H.A.J., and Wagemakers, C.A.M. 1992. Differential accumulation of mRNAs encoding extracellular and intracellular PR proteins in tomato induced by virulent and a virulent races of *Cladosporium fulvum*. *Plant Molecular Biology* 20: 513-527.
17. Van Loon, L.C. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related protein. *European Journal of Plant Pathology* 103: 753-765.
18. Van Loon, L.C., and Van Strien, E.A. 1999. The families of pathogenesis-related protein, their activities and comparative analysis of PR-1 type proteins. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 55: 85-97.
19. Van Loon, L.C., Pierpoint, W.S., Boller, T., and Conejero, V. 1994. Recommendations for naming plant pathogenesis-related protein. *Plant Molecular Biology Reporter* 12: 245-264.
20. Viswanathan, R., and Samiyappan, R. 2001. Antifungal activity of chitinases produced by some fluorescent pseudomonads against *Colletotrichum falcatum* Went causing red rot disease in sugarcane. *Microbiological Research* 155: 309-314.
21. Yonesi, H., Okhowat, S.M., and Hajarod, G. 2003. Virulence variability of *Ascochyta rabiei* isolates on chickpea cultivar sin Kermanshah province. *Iranian Journal of Plant Pathology* 39: 213-228. (In Persian).
22. Zolala, J., Farsi, M., Moghaddam Matin, M., Bahrami, A.R., and Ghabooli, M. 2008. The comparison of *cel I* endonuclease gene expression in some Apiaceae plants using semi-quantitative RT-PCR. *Agricultural Sciences and Technology Journal* 1(22): 4-11. (In Persian).

Gene expression profiling of chitinase and β -1,3 glucanase in chickpea infected by *Ascochyta* blight

Afzal^{1*}, R., Marashi², S.H., Moshtaghi³, N. & Kavousi⁴, H.R.

1. MSc. Student of Biotechnology and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Department of Biotechnology and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3. Contribution from Department of Biotechnology and Plant Breeding, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
4. Department of Plant Breeding, College of Agriculture, Bahonar University of Kerman

Received: 23 February 2011

Accepted: 15 May 2014

Abstract

Induced resistance to pathogen is one of the ways which plants use against biotic stresses. Pathogenesis-related proteins (PR), including chitinase and β -1,3-glucanase synthesized by the plant in response to pathogenic infection. In this investigation, the expression of two isoforms: acidic and basic of chitinase and β -1,3-glucanase genes were analyzed at 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after fungal inoculation of chickpea genotypes (MCC496 as resistant and MCC403 as sensitive) with race 6 of *Ascochyta rabiei* by semi-quantitative RT-PCR. The results showed that the expression of both acidic isoforms of chitinase and β -1,3-glucanase genes were increased at 24 and 48 hours, respectively after fungal inoculation in genotype MCC496, but the expression level in sensitive genotype increased in early time after inoculation and then decreased. The basic isoform of chitinase was expressed in sensitive genotype more than the resistant genotype. The basic isoform of β -1,3-glucanase was not expressed in these genotypes. Totally, acidic isoforms of these enzymes specifically chitinase would play roles in plant defense against *Ascochyta blight*.

Key words: *Ascochyta* blight, Chitinase, Pathogenesis-related proteins, RT-PCR, β -1,3-glucanase

* Corresponding Author: afzal64rahim@gmail.com, Mobile: 09149556246

بررسی توزیع ژن‌های مقاوم به ویروس موزائیک معمولی لوبیا در ژنوتیپ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با استفاده از نشانگرهای مولکولی اسکار

محمد مجتبی کامل منش^۱، آنتینا نماینده^{۲*} و محمدرضا بی‌همتا^۳

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، گروه گیاهپزشکی، شیراز، ایران

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، گروه علوم باغبانی، شیراز، ایران

۳- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۲۷

چکیده

به منظور تعیین پتانسیل ژنتیکی مقاومت برخی از ژنوتیپ‌های لوبیا نسبت به ویروس موزائیک معمولی لوبیا، دو آزمایش مجزا هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۵ تیمار (ژنوتیپ‌های لوبیا) و سه تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز اجرا گردید. آزمایش اول در شرایط نرمال و آزمایش دوم در شرایط آلودگی با ویروس موزائیک معمولی لوبیا انجام شد. آلوده‌سازی مزرعه در دو مرحله (برای اطمینان بیشتر) ظهور برگ‌های کوتیلدون و ظهور اولین سه‌برگچه به صورت مکانیکی و با پودر کارباراندوم انجام گردید. پس از ۲۱ روز از آلودگی اول، جهت انجام آزمون الایزا از بوته‌های هر کرت که دارای علائم ظاهری بودند، نمونه‌گیری شد. جهت تعیین آلودگی از روش PTA-ELISA استفاده گردید. براساس نتایج به دست آمده، ژنوتیپ‌هایی که دارای ژن I و حداقل یکی از ژن‌های $bc-3$ و $bc-1^2$ بودند، به طور معنی داری ($P\text{-value}=0.001$) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها افت عملکرد کمتری را در شرایط آلودگی نشان دادند. کمترین میزان تغییرات عملکرد مربوط به ژنوتیپ WA8528-9 (۵/۶۷ درصد) بود که حاوی ژن‌های I و $bc-3$ بود. در بین کل ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ ۱۱۸۰۵ تنها نمونه‌ای بود که هر سه ژن I ، $bc-3$ و $bc-1^2$ را داشت. میزان تغییرات عملکرد این ژنوتیپ نیز نسبتاً کم (۹/۰۵ درصد) بود. در کل، ۶۰ درصد ژنوتیپ‌ها حاوی ژن I ، ۴۴ درصد دارای ژن $bc-3$ و ۸ درصد حاوی ژن مغلوب $bc-1^2$ بودند. از دیگر نتایج مهم این تحقیق، واکنش منفی دو ژنوتیپ Local Khomein و Capsoli در آزمون الایزا نسبت به ویروس موزائیک معمولی لوبیا و همچنین تغییرات عملکرد کمتر از میانگین کل این ژنوتیپ‌ها بود. از آنجایی که این دو ژنوتیپ فاقد هر سه ژن مقاوم مورد بررسی بودند، لذا این احتمال وجود دارد که ترکیبات ژنی مقاوم جدید در ژنوتیپ‌های Local Khomein و Capsoli وجود داشته باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق پیشنهاد می‌شود در مطالعات اصلاحی آتی در خصوص ارقام مقاوم به ویروس موزائیک معمولی لوبیا به این دو ژنوتیپ اخیر توجه ویژه‌ای بشود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات عملکرد، لوبیا، نشانگر اسکار، ویروس موزائیک معمولی لوبیا

مقدمه

متغیر می‌باشد (Eduardo et al., 2006; Prasad et al., 2007; Singh et al., 2007). به طور کلی این ویروس به عنوان یکی از عوامل عمده کاهنده عملکرد در لوبیا شناخته شده است. این مسئله برای پهنادگران بسیار با اهمیت است تا با به کارگیری هر روش ممکن و ابزارهای موجود، مقاومت به BCMV را توسعه داده و در نهایت عملکرد و کیفیت لوبیا افزایش یابد. در این راستا، شناسایی ژن‌های مقاوم و نحوه عمل آنها در ژنوتیپ‌ها می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Kamelmanesh et al., 2008). در خصوص ژن‌های مقاوم شناسایی شده علیه BCMV برای نخستین بار در سال ۱۹۵۰، ژن I کشف شد (Ali, 1950). این ژن غالب روی تمام نژادهای BCMV مؤثر است و واکنش آن نسبت به آلودگی به صورت فوق حساسیت بروز

ویروس موزائیک معمولی لوبیا^۱ (BCMV) از مهم‌ترین بیماری‌های ویروسی است که امروزه به طور وسیعی در جهان و ایران گسترش پیدا کرده است (Hasani & Sharaeen, 2001; Shree, 2001). BCMV از طریق کاهش کمیت و کیفیت محصول، خسارت قابل توجهی به لوبیا وارد می‌کند. گزارش‌های متعددی در این زمینه وجود دارد که نشان می‌دهد خسارت BCMV بسته به نوع رقم و زمان آلودگی بین ۴ تا ۱۰۰ درصد

* نویسنده مسئول: شیراز، پردیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی، تلفن: ۰۷۱۱۶۴۱۰۰۴۲، همراه: ۰۹۱۷۳۰۲۸۴۶۴
namayandeh@iaushiraz.ac.ir

¹ Bean Common Mosaic Virus

بیان شد که نشانگر SCAR (SW13) ابزار مفید و قوی جهت شناسایی ژنوتیپ های حاوی ژن *I* در خزانه های ژنی مختلف جهت برنامه های اصلاحی است (Melloto et al., 1996). بر اساس نشانگرهای مولکولی RAPD نشانگر SCAR (SBD5) برای ژن مقاوم و مغلوب $bc-1^2$ معرفی شد. این نشانگر پیوستگی بسیار بالایی با ژن $bc-1^2$ داشت و در گروه پیوسته B3 قرار دارد و مستقل از ژن *I* (بر روی گروه پیوسته B2) و ژن $bc-3$ (بر روی گروه پیوسته B6) می باشد. همچنین نشان داده شد که $bc-1$ ، $Bc-1$ و $bc-1^2$ هم آلل بوده به طوری که $Bc-1$ بر $bc-1^2$ و $bc-1$ غالب است (Miklas et al., 2000). نشانگر مولکولی SCAR (ROC11) نیز که پیوستگی بالایی با ژن $bc-3$ داشته، در گروه پیوسته B6 شناسایی شد (Johnson et al., 1997). با توجه به موارد مذکور و همچنین عدم وجود تحقیقات لازم روی خسارت این ویروس (BCMV) در شرایط مزرعه و عدم شناسایی ژن های مقاوم ارقام و لاین های مورد مطالعه و استفاده در مراکز تحقیقاتی کشور، این تحقیق با اهداف ارزیابی ژنوتیپ ها از نظر واکنش به BCMV در شرایط مزرعه و آزمایشگاه (آزمون الیزا)، تعیین خسارت ناشی از آلودگی بر عملکرد دانه و تعیین وجود یا عدم وجود ژن یا ژن های مقاوم معرفی شده، در ارقام و لاین های مورد مطالعه با استفاده از نشانگرهای مولکولی SCAR (ناحیه تکثیرشونده با ردیف مشخص) اجرا گردید.

مواد و روش ها

تعداد ۲۵ رقم و لاین لوبیا از انواع مختلف قرمز، چیتی و سفید از ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین تهیه گردید. فهرست اسامی ارقام و لاین های تحت بررسی، همراه با کدهای مربوطه در جدول ۴ آمده است. دو آزمایش مجزا هر یک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۲۵ تیمار (ارقام و لاین های لوبیا) و سه تکرار اجرا گردید، به طوری که تا شعاع ۱۰۰۰ متری اطراف محل آزمایش، کشتی صورت نگرفته بود. فاصله دو آزمایش از یکدیگر، ۵۰ متر بود و به منظور ایزوله بودن دو آزمایش، حاشیه دو مزرعه توسط گیاه ذرت به طور متراکم کشت گردید. آزمایش اول در شرایط نرمال (عدم آلودگی) و آزمایش دوم در شرایط آلودگی با BCMV انجام شد. لازم به ذکر است که غیر از شرایط آلودگی، بقیه شرایط دو آزمایش کاملاً یکسان بود. هر کرت 3×3 شامل چهار خط کاشت با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر بود که پس از تنک کردن در هر کرت، ۳۰ بوته نگه داشته شد. بافت خاک، لومی رسی بود و عملیات کاشت برای هر دو آزمایش، کاملاً یکسان و به صورت

می کند. در گیاهان آلوده شده حاوی این ژن، بافت مردگی سیستمیک توسعه می یابد. این واکنش، یک خسارت بزرگ ناشی از مقاومت به وسیله ژن غیر حمایت شده *I* است. به هر حال ژن *I* می تواند به وسیله ژن های مغلوب مقاوم همراهی و حمایت شود. این ترکیبات ژنی در گیاه می توانند واکنش شدید فوق حساسیت را محدود نمایند (Miklas et al., 2000). محل شش ژن مغلوب مقاوم در چهار مکان ژنی تعیین شده است. این ژن های مغلوب عبارتند از: $bc-1$ ، $bc-1^2$ ، $bc-2$ ، $bc-2^2$ ، $bc-u$ ، $bc-3$ نشان داده شده است که ژن های $bc-u$ و $bc-1$ پیوستگی ضعیفی با یکدیگر دارند (Drijfhout, 1995). با استفاده از نشانگرهای RAPD^۱ (OC16، OH14) مشخص شده است که ژن های $bc-1$ و $bc-u$ هر دو در یک گروه پیوسته قرار دارند و فاصله آنها ۲۲/۸ سانتی مورگان گزارش شده است (Strausbaugh et al., 1999). در این سیستم ژن $bc-u$ اختصاصی نبوده ولی برای بیان ژن های خانواده bc لازم است، مگر این که در غیاب آن ژن *I* حضور داشته باشد. در حضور ژن *I* ژن های $bc-1$ ، $bc-1^2$ و $bc-3$ بدون حضور $bc-u$ مقاومت را بروز خواهند داد. همچنین نشان داده شده است که در حضور ژن I ، $bc-1^2$ بر $bc-1$ غالب است (Kelly, 1997; Miklas et al., 2000). ترکیب ژن های $bc-u$ و $bc-3$ نیز به تمام نژادهای ویروس مقاومت نشان می دهند (Drijfhout, 1991). بعد از اضافه کردن ژن های مغلوب مقاوم به ژنوتیپ هایی که حاوی ژن *I* بودند، واریته های حاصل حاوی ژن های ترکیبی مقاوم، در برابر طیف وسیعی از نژادهای ویروس مقاومت پایدار بیشتری از خود نشان دادند (Miklas et al., 2000). در سال های اخیر، نشانگرهای مولکولی پیوسته به ژن های مقاوم در لوبیا توسط تعدادی از محققان گزارش گردیده است. با استفاده از نشانگرهای مولکولی RAPD محل ژن *I* بر روی گروه پیوسته ۲ (=Linkage Group2) با فاصله ۱/۴ سانتی مورگان از نشانگر A10.1750 تعیین شده است (Ariyaratne et al., 1999). همچنین در ایزولاین های مقاوم و حساس لوبیا به BCMV توانستند برای ژن مقاوم *I* نشانگر مولکولی RAPD (OW13) را پیدا کنند که با این ژن پیوستگی نزدیکی نشان می داد و عنوان شد که این نشانگر جهت انتخاب غیرمستقیم می تواند مؤثر واقع شود (Haley et al., 1994). دو سال بعد با استفاده و بر اساس نشانگر OW13 پیوسته به ژن *I* توانستند نشانگر SCAR^۲ (SW13) را معرفی نمایند. پیوستگی بین این نشانگر و ژن *I* در سه جمعیت تفرق یافته F2 آزمون شد. نتایج حاکی از پیوستگی کمتر از ۱ سانتی مورگان بین این نشانگر و ژن *I* بود.

¹ Random Polymorphic Amplified DNA

² Sequence Characterized Amplified Region

در نهایت، تجزیه داده ها با استفاده از نرم افزارهای Excel 2007، Minitab 15 و SAS-ver6.12 انجام شد.

استخراج DNA و واکنش زنجیره ای پلی مرز

DNA ژنومی از ۹۰ میلی گرم برگ جوان که قبلاً در دمای ۷۰-درجه سانتی گراد ذخیره شده بود، استخراج شد (Gowel & Jarret, 1991). پنج میکرولیتر از DNA ژنومی استخراج شده بر روی ژل ۰/۷ درصد آگارز که با ۵۰۰ نانوگرم در لیتر اتیدیوم بروماید مخلوط شده بود، بارگذاری شد. پس از الکتروفورز، کیفیت و کمیت DNA با توجه به DNA لایمدا به عنوان کنترل ارزیابی شد و تنها DNA هایی استفاده شدند که فاقد اسمیر روی ژل آگارز بودند و نسبت A260/A280 آنها بین ۱/۸ تا ۲ بود. سپس DNA های مناسب به غلظت ۲۵ نانوگرم در میکرولیتر رسید و در دمای ۴ درجه سانتی گراد (یخچال) جهت انجام واکنش زنجیره ای پلی مرز نگهداری شد. واکنش زنجیره ای پلی مرز در حجم ۱۰ میکرولیتر انجام گرفت که مواد واکنش شامل DNA با غلظت ۲۵ نانوگرم در میکرولیتر (به مقدار ۲ میکرولیتر)، یک واحد Taq DNA Polymerase (به مقدار ۰/۱۳ میکرولیتر)، ۰/۸ میکرولیتر آغازگر (از هر کدام ۰/۴ میکرولیتر)، ۰/۱ میکرولیتر dNTPs، یک میکرولیتر بافر 10xPCR و ۰/۴ میکرولیتر $MgCl_2$ بود. محصولات تکثیر شده حاصل از نشانگرهای SCAR (جدول ۱) با استفاده از دستگاه ترموسایکلر و برنامه ارائه شده در آخر همین بخش به دست آمد. سپس نتایج در ژل آگارز ۱/۲ درصد با بافر TBE (1x) در الکتروفورز بارگذاری و پس از پایان کار با دستگاه عکس برداری ژل Uvidoc مدل GAS9000 از آنها عکس گرفته شد.

برنامه زمانی و چرخه های دمایی نشانگرها نیز به شرح زیر بود:

دمای اولیه $94^{\circ}C$ به مدت ۶۰ ثانیه، دمای واسرشت سازی $94^{\circ}C$ به مدت ۱۰ ثانیه، دمای اتصال برای نشانگر SW13 ($40^{\circ}C$) به مدت ۴۰ ثانیه برای نشانگر ROC11 ($55^{\circ}C$ به مدت ۴۰ ثانیه) و برای نشانگر SBD5 ($65^{\circ}C$ به مدت ۴۰ ثانیه)، دمای بسط $72^{\circ}C$ به مدت ۲ دقیقه، دمای نهایی $72^{\circ}C$ به مدت ۵ دقیقه و تعداد چرخه ۳۴.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و آلودگی در جداول ۲ و ۳ آمده است. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ ها از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و آلودگی تفاوت معنی داری وجود دارد. در شرایط

دستی انجام گرفت. آبیاری بر اساس عرف منطقه انجام شد و برای مبارزه با علف های هرز، پنج مرحله وجین دستی انجام شد.

تهیه و تکثیر ویروس و نحوه آلوده سازی

ویروس مورد نظر به صورت جدایه ای از یک مزرعه تحقیقاتی در یاسوج، جداسازی و پس از خالص سازی بیولوژیکی با استفاده از آنتی سرم به دست آمده از خرگوش (اهدایی از دکتر ایزدپناه، دانشگاه شیراز) و تکنیک پی تی ای-الایزا (PTA-ELISA^۱) (Clark & Adams, 1977) مورد تأیید قرار گرفت. سپس این ویروس جهت تکثیر روی گیاهچه های حساس لوبیا (رقم دانشجو) مایع زنی شد. آلوده سازی مزرعه در دو مرحله (برای اطمینان بیشتر) یعنی در مراحل ظهور برگ های کوتیلدون و ظهور اولین سه برگچه به صورت مکانیکی و با پودر کارباراندوم انجام شد. ۲۱ روز بعد از آلودگی اول، جهت انجام آزمون الایزا از بوته های هر کرت که دارای علائم ظاهری بودند، نمونه گیری شد. جهت تعیین آلودگی با استفاده از آزمون الایزا از روش PTA-ELISA استفاده گردید. تعداد نمونه ارزیابی شده برای هر ژنوتیپ، ۲۴ عدد بود (هر ژنوتیپ دارای سه تکرار و از هر تکرار چهار نمونه و هر نمونه در دو چاهک پلیت). در پلیت، شش چاهک به عنوان نمونه های منفی (شاهد) و دو چاهک فقط حاوی بافر نمونه بود (جذب نور صفر). پس از ثبت میزان جذب نور چاهک های پلیت توسط دستگاه الایزا ریدر^۲ (مارک بایورد^۳ مدل ۶۸۰)، میانگین جذب نور شش چاهک شاهد (نمونه های شاهد) محاسبه گردید. نمونه هایی که جذب نور بیش از میانگین شاهد به علاوه سه برابر انحراف معیار (نمونه های شاهد) داشتند، به عنوان نمونه های مثبت و آنهایی که کمتر از این میزان جذب نور داشتند، به عنوان نمونه های منفی ثبت گردیدند (Clark & Adams, 1977).

(انحراف معیار نمونه های شاهد) + ۳ میانگین نمونه های شاهد $\geq$ جذب نور نمونه مثبت (آلوده)

(انحراف معیار نمونه های شاهد) + ۳ میانگین نمونه های شاهد < جذب نور نمونه منفی (غیر آلوده)

برای برآورد درصد تغییرات ایجاد شده در اثر آلودگی BCMV در عملکرد لوبیا از رابطه زیر استفاده گردید:

$$a = [(b-c)/b] \times 100$$

a درصد تغییر عملکرد دانه؛ b میانگین عملکرد در شرایط نرمال؛ c میانگین عملکرد در شرایط آلودگی.

^۱ Plate-Trapped Antigen-Enzyme Linked Immune Sorbent Assay

^۲ ELISA-Reader

^۳ Bio Rad

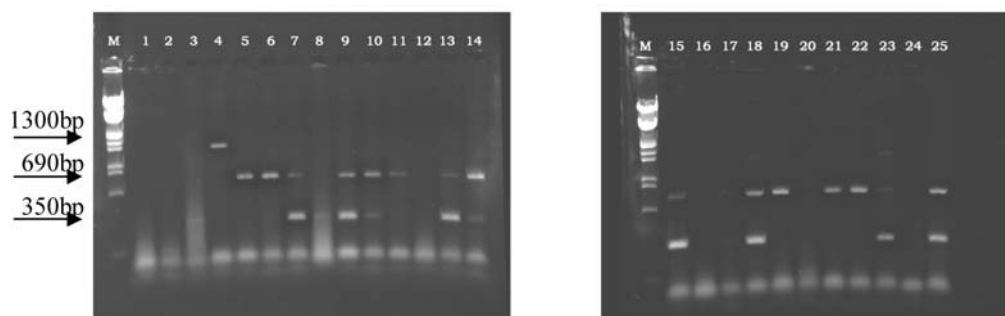
Capsoli بیشترین عملکرد را داشتند و کمترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ های Daneshjo و Akhtar بود (جدول ۳).

نرمال، بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ های WA8563-4 و Capsoli و کمترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ Khomein-5 بود. در شرایط آلودگی نیز دو ژنوتیپ WA8563-4

جدول ۱ - نشانگرهای مولکولی SCAR مورد استفاده برای ژن های مقاوم به ویروس BCMV

Table 1. SCAR molecular marker used for BCMV resistant genes

ژن مقاوم Resistant Gene	نشانگر اسکار SCAR marker	توالی Sequence
<i>I</i>	SW13	F: 5' CACAGCGACATTAATTTTCCTTTC3' R: 5' CACAGCGACAGGAGGAGCTTATTA3'
<i>bc-1²</i>	SBD5	F: 5' GTGCGGAGAGGCCATCCATTGGTG3' R: 5' GTGCGGAGAGTTTCAGTGTGACA3'
<i>bc-3</i>	ROC11	F: 5' CCAATTCTCTTCACTTGTAAACC3' R: 5' GCATGTTCCAGCAAACC3'



شکل ۱- باندهای اختصاصی مربوط به محصولات سه نشانگر (SW13, ROC11, SBD5) در ژنوتیپ های ۱ تا ۲۵
Fig. 1. Separate bands related to products of three markers (SW13, ROC11, SBD5) at 1-25 genotypes

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه در شرایط نرمال و آلودگی به BCMV

Table 2. Analysis of variance of seed yield in normal and BCMV infected conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)		میانگین مربعات (MS)		F		Pr > F	
	نرمال	آلودگی	نرمال	آلودگی	نرمال	آلودگی	نرمال	آلودگی
	Normal	Infected	Normal	Infected	Normal	Infected	Normal	Infected
ژنوتیپ Genotype	24	24	597929.4	493244.1	38.31	88.95	0.0001	0.0001
بلوک Block	2	2	88416.1	1582.6	5.66	0.29	0.0062	0.7530
خطا Error	48	48	15607.5	5544.9	---	---	---	---
C.V. %			8.88	8.00				

(I^2) را نشان می دهد. همچنین در این جدول (۳) اطلاعات به دست آمده از واکنش ژنوتیپ ها به ویروس BCMV در آزمون الیزا و تغییرات عملکرد آنها در شرایط آلودگی نسبت به شرایط نرمال آورده شده است. بنابراین با توجه به این اطلاعات، تمامی ژنوتیپ ها در ۱۰ گروه مختلف به شرح زیر قرار گرفتند:

ارزیابی ژنوتیپ ها با استفاده از آزمون الیزا و نشانگرهای اختصاصی SCAR

جدول ۳ نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ ها با آغازگرهای اختصاصی SW13 (مشخص کننده ژن *I*، ROC11 (مشخص کننده ژن *bc-3*) و SBD5 (مشخص کننده ژن

(جدول ۳). متوسط افت عملکرد در شرایط آلودگی نسبت به شرایط عدم آلودگی در این ژنوتیپ ها ۵۰/۳۷ درصد بود.

گروه اول: شامل ژنوتیپ های Khomein-5, Akhtar, G5710, WA8563-6, Cifemcave همگی فاقد سه ژن مورد بررسی بوده و نتیجه آزمون الایزا در آنها مثبت می باشد

جدول ۳- تغییرات عملکرد، آزمون الایزا و وجود یا عدم وجود ژن های مقاوم به BCMV در ژنوتیپ های لوبیا

Table 3. Yield variation, ELISA test and resistant genes to BCMV in bean genotypes

ژنوتیپ Genotype	عملکرد در شرایط نرمال (کیلوگرم در هکتار) Yield in normal conditions (kg/ha)	عملکرد در شرایط آلودگی (کیلوگرم در هکتار) Yield in infected conditions (kg/ha)	درصد تغییرات عملکرد Yield variation %	آزمون الایزا ELISA test	I	bc-3	bc-1 ²
Khomein-5	863 l	495 kl	42.61	+	-	-	-
Local Khomein	1203 g-k	948 e-h	21.25	-	-	-	-
Daneshjo	1198 g-k	367 l	69.34	+	-	+	-
Cardinal	1633 cd	1030 ef	36.88	-	-	-	+
Cran 75	1722 c	698 i	59.64	+	+	-	-
Pinto	1360 efg	539 jk	60.34	+	+	-	-
MCD4012	1349 e-h	1198 cd	11.18	-	+	+	-
COS16	2135 b	1489 b	30.29	-	-	+	-
Taylor	1396 eg	829 h	40.65	+	+	+	-
Goli	1009 kl	885 gh	12.35	-	+	+	-
Naz	1264 f-j	647 ij	48.85	+	+	-	-
Capsoli	2654 a	1902 a	28.33	-	-	-	-
D81083	986 kl	902 fgh	8.58	-	+	+	-
Sayad	1287 f-i	1052 e	18.25	+	+	+	-
Derakhshan	1104 ijk	925 fgh	16.21	-	+	+	-
Akhtar	1025 jkl	378 l	63.09	+	-	-	-
G5710	1045 jkl	684 i	34.61	+	-	-	-
WA8528-9	1249 f-j	1178 d	5.67	-	+	+	-
WA8563-2	1688 c	1316 c	22.01	-	+	-	-
WA8563-6	1539 cde	859 h	44.16	+	-	-	-
WA8563-4	2450 a	1889 a	22.92	-	+	-	-
WA8563-3	1363 efg	906f gh	33.57	+	+	-	-
11805	1121 h-k	1019 efg	9.05	-	+	+	+
Cifemcave	1455 def	475 kl	67.36	+	-	-	-
WA4502-1	1051 i-l	666 ij	36.61	+	+	+	-

مقادیر هر ستون برای هر تیمار که حرف مشترکی با یکدیگر ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری ۰/۰۵ تفاوت معنی داری با هم دارند.
Means by the uncommon letter in each column and treatment are significantly different according to Duncan's multiple range test (p<0.05).

bc-u با یکی از ژن های خانواده bc-x می تواند مقاومت را القاء کند (Silbernajel et al., 2001; Miklas et al., 2002) همچنین اعلام شده است گیاهچه هایی که حاوی ژن های bc-u و bc-3 بودند، صرف نظر از حضور یا عدم حضور ژن I هنگامی که با نژادهای BCMV و BCMNV آلوده شدند، هیچ علایمی بروز ندادند (Drijfhout et al., 1978). لذا می توان گفت که احتمالاً ژنوتیپ های Local Khomein و Capsoli حاوی

گروه دوم: ژنوتیپ های این گروه (Local Khomein, Capsoli) فاقد سه ژن مورد بررسی بوده و نتیجه آزمون الایزا در رابطه با واکنش آنها به آلودگی BCMV منفی بود. گزارش شده است ژن های مغلوب bc-1², bc-2, bc-1, bc-3 و bc-3 که باعث ایجاد مقاومت به BCMV در لوبیا می شوند، ژن های اختصاصی نژاد هستند و bc-u غیر اختصاصی است و برای بیان ژن های خانواده bc-x ضروری می باشد. به عبارت دیگر، ترکیب

(1983). با توجه به مطالب ذکرشده، منطقی به نظر می رسد که این ژنوتیپ ها با وجود دارا بودن ژن I (به تنهایی) واکنش مثبت به ویروس نشان دهند. همچنین می توان عنوان کرد که این ژنوتیپ ها احتمالاً فاقد دیگر ژن های خانواده $bc-x$ هستند. تغییرات عملکرد در این ژنوتیپ ها ۵۰/۶۰ درصد بود.

گروه ششم: پنج ژنوتیپ (MCD4012, Goli, Derakhshan, WA8528-9, D81083) از ۲۵ ژنوتیپ مورد مطالعه، در این گروه قرار گرفتند. واکنش این ژنوتیپ ها به BCMV منفی بود. نتایج جدول ۳ نیز وجود ژن های مقاوم I و $bc-3$ را در این ژنوتیپ ها تأیید می کند. طی مطالعاتی اعلام شده است که ترکیب ژن I و $bc-3$ می تواند مقاومت خوبی در برابر طیف وسیعی از نژادهای BCMV و BCMNV ایجاد نماید (Day, 1983; Makeshimana et al., 2005). بنابراین با وجود ژن های I و $bc-3$ مقاوم بودن این ژنوتیپ منطقی به نظر می رسد. تغییرات عملکرد ژنوتیپ WA8528-9 در بین کل ژنوتیپ ها کمترین مقدار (۵/۶۷ درصد) بود و از این نظر می تواند حایز اهمیت باشد. متوسط تغییرات عملکرد ژنوتیپ های این گروه ۱۰/۸۶ درصد بود که کمترین میزان افت عملکرد در شرایط آلودگی نسبت به شرایط عدم آلودگی در بین کل گروه ها است.

گروه هفتم: این گروه فقط شامل ژنوتیپ COS16 بود که نتیجه آزمون الایزای آن منفی بود. با توجه به نتایج جدول ۳ مشخص شد که COS16 حاوی ژن $bc-3$ است. از آنجایی که لازمه بروز مقاومت ژن $bc-3$ همراهی آن با ژن I یا $bc-u$ می باشد و با توجه به این که این ژنوتیپ فاقد ژن I است، می توان گفت واکنش منفی به BCMV احتمالاً به دلیل حضور ژن $bc-u$ در این ژنوتیپ می باشد. تغییرات عملکرد آن نیز ۳۰/۲۹ درصد بود.

گروه هشتم: این گروه شامل ژنوتیپ های Tylor, Sayad, WA4502-1 بود. نتیجه آزمون الایزای در این ژنوتیپ ها مثبت بود، اما نتایج جدول ۳ وجود ژن های مقاوم I و $bc-3$ را در این ژنوتیپ ها تأیید می کند. از آنجا که ترکیب ژن های I و $bc-3$ باعث القای مقاومت می شود (Mukeshimana et al., 2005)، حساس بودن این ژنوتیپ با مطلب ذکرشده، در تناقض است. در توجیه این موضوع بایستی عنوان کرد که در زمینه مقاومت به BCMV، مکانیسم های اپیستازی متعددی گزارش شده است. نشان داده شده است که $bc-3$ بر روی ژن های $bc-1^2$ و $bc-2^2$ اپیستاتیک است. از طرفی خود $bc-2^2$ نیز بر $bc-1^2$ اپیستاتیک می باشد (Kelly et al., 1995). با توجه به این مطالب شاید بتوان عنوان کرد که ژن های دیگری در این ژنوتیپ اثر اپیستاتیکی بر روی ژن I یا $bc-3$ ایجاد کرده اند که باعث عدم

ژن های مقاوم دیگری مانند $bc-u$ و حداقل یکی از ژن های خانواده $bc-x$ غیر از $bc-1^2$ و $bc-3$ است و یا این که ژن های مقاوم جدیدی در این ژنوتیپ وجود دارد که با مطالعات تکمیلی بیشتر بایستی این موضوع را مشخص کرد. متوسط تغییرات عملکرد در این ژنوتیپ ها ۲۴/۷۹ درصد بود.

گروه سوم: Daneshjo تنها ژنوتیپی است که در این گروه قرار می گیرد. نتیجه آزمون الایزای نسبت به ویروس BCMV در این ژنوتیپ مثبت بود. نتایج جدول ۳ نشان می دهد که ژنوتیپ Daneshj با آغازگر اختصاصی ROC11 باند ایجاد کرده است. به عبارت دیگر، این ژنوتیپ واجد ژن مقاوم $bc-3$ است. نشان داده شده است که ژن های مغلوب خانواده $bc-x$ بدون حضور ژن I یا $bc-u$ نمی توانند واکنش های مقاومتی را بروز دهند (Vandermark & Miklas, 2002) که این مطلب توجیه کننده واکنش مثبت این ژنوتیپ به BCMV در عین دارا بودن ژن مقاوم $bc-3$ است. تغییرات عملکرد در این ژنوتیپ در بین کل ژنوتیپ های مطالعه شده بیشترین مقدار (۶۹/۳۴ درصد) بود.

گروه چهارم: تنها موردی که در این گروه قرار گرفت، ژنوتیپ Cardinal بود. واکنش این ژنوتیپ به BCMV طی آزمون الایزای منفی تشخیص داده شد. جدول ۳ مشخص می کند که ژنوتیپ Cardinal با آغازگر SBD5 ایجاد باند کرده است. به عبارت دیگر، این ژنوتیپ حاوی ژن مقاوم $bc-1^2$ می باشد. اما همان طور که قبلاً اشاره شد، ژن های خانواده $bc-x$ به تنهایی نمی توانند واکنش های مقاومتی را بروز دهند و بایستی با یکی از ژن های I یا $bc-u$ همراه باشند. از آنجایی که این ژنوتیپ با آغازگر SW13 تولید باند نکرده است، می توان عنوان کرد که احتمالاً ژنوتیپ Cardinal واجد ژن غیراختصاصی $bc-u$ می باشد. تغییرات عملکرد این ژنوتیپ ۳۶/۸۸ درصد بود.

گروه پنجم: این گروه شامل چهار ژنوتیپ (Cran75, Pinto, Naz, WA8563-3) است. جدول ۳ نشان می دهد که این ژنوتیپ ها با آغازگر SW13 ایجاد باند کرده اند؛ یعنی دارای ژن مقاوم I می باشد. گزارش شده است ارقامی که فقط دارای ژن I هستند علایم بیماری را بروز دادند. ژن I زمانی می تواند مفید واقع شود که با ژن های مقاوم مغلوب خانواده $bc-x$ همراهی شود (Strausbaugh et al., 2003). همچنین زمانی که ژن I به تنهایی در مقابل نژادهای BCMV قرار می گیرد، یک واکنش فوق حساسیت در گیاه بروز می کند که Black root نامیده می شود و نهایتاً باعث مرگ گیاه می گردد (Collmer et al., 2000). در صورتی که اگر این ژن با ژن های خانواده $bc-x$ همراهی گردد، سبب کاهش و کند شدن تکثیر سیستمیک ویروس شده و تراکم ویروس در گیاه کاهش می یابد (Day,

بروز مقاومت شده است. همچنین مشخص گردیده است که دوزهای متفاوت ژن I می تواند واکنش های مقاومتی متفاوتی ایجاد کند (Collmer et al., 2000). البته جواب قاطع به این موضوع، نیازمند مطالعات تکمیلی بیشتری است. متوسط تغییرات عملکرد ژنوتیپ های این گروه ۳۱/۸۴ درصد بود.

گروه نهم: ژنوتیپ های WA8563-4 و WA8563-2 در این گروه قرار گرفتند. واکنش این ژنوتیپ ها به BCMV منفی بود. نتایج جدول ۳ وجود ژن مقاوم I را در آنها تأیید می کند. نشان داده شده است که ژن I به تنهایی نمی تواند مقاومت مناسبی علیه BCMV ایجاد نماید و بایستی با یکی از ژن های خانواده $bc-x$ همراهی گردد. از طرفی مشخص گردیده است که دوزهای متفاوت ژن I می تواند واکنش های مقاومتی متفاوتی ایجاد کند (Collmer et al., 2000). با توجه به این مطالب می توان بیان کرد که جهت بروز مقاومت در این ژنوتیپ، احتمالاً ژن I با یکی دیگر از ژن های خانواده $bc-x$ (به جز $bc-3$ و $bc-1^2$) همراهی شده است. متوسط تغییرات عملکرد ژنوتیپ های این گروه ۲۲/۴۶ درصد بود.

گروه دهم: ژنوتیپ 11805 تنها ژنوتیپی است که در این گروه قرار گرفت. آزمون الایزا برای این ژنوتیپ منفی بود و نتایج جدول ۳ وجود ژن های مقاوم I ، $bc-3$ و $bc-1^2$ را در آن تأیید می کند. بنابراین، مقاومت مشاهده شده در این ژنوتیپ منطقی به نظر می رسد. البته بایستی توجه داشت که ژن $bc-3$ بر روی ژن $bc-1^2$ اثر اپیستاتیکی دارد (Kelly et al., 1995). تغییرات عملکرد در این ژنوتیپ، کم (۹/۰۵ درصد) بود که از این لحاظ، قابل توجه است.

مقایسه تغییرات عملکرد گروه های مختلف لوبیا با یکدیگر
میانگین تغییرات عملکرد برای گروه لوبیاچیتی ۴۱/۳۳ درصد، لوبیاسفید ۳۰/۶۶ درصد، و لوبیاقرمز ۲۷/۹۵ درصد

بود؛ اما هیچ کدام از این گروه ها با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۴). در مقایسه دیگر، ژنوتیپ هایی که دارای ژن I و حداقل یکی از ژن های $bc-3$ یا $bc-1^2$ بودند، در یک گروه (A) و باقی ژنوتیپ ها در گروهی دیگر قرار گرفتند (B). میانگین درصد تغییرات عملکرد برای گروه اول (A) ۱۷/۶۲ و برای گروه دوم (B) ۴۲/۸۲ به دست آمد. نتایج جدول ۴ نشان می دهد که اختلاف میانگین این دو گروه، معنی دار است ($P\text{-value}=0.001$). به عبارت دیگر، افت عملکرد در اثر ویروس BCMV در ژنوتیپ هایی که حاوی ژن I و یکی از ژن های $bc-3$ یا $bc-1^2$ بودند، به طور معنی داری کمتر از ژنوتیپ هایی می باشد که فاقد هرگونه ژن مقاوم یا ژن I به تنهایی یا یکی از ژن های $bc-3$ و $bc-1^2$ است. گزارش های متعدد تأکید بر آن دارند که بهترین ترکیب ژنی برای مقاومت در برابر اکثر نژادهای BCMV، ترکیب ژن I با یکی از ژن های $bc-3$ یا $bc-1^2$ می باشد (Strausbaugh et al., 2003; Makeshimana et al., 2005).

در گروه لوبیاچیتی، ژنوتیپ MCD4012 دارای ترکیب ژنی I و $bc-3$ بود و کمترین میزان تغییرات عملکرد را نشان داد (۱۱/۱۸ درصد). در گروه لوبیاقرمز، ژنوتیپ D81083 (۸/۵۸ درصد) و Goli (۱۲/۳۵ درصد) به ترتیب کمترین میزان تغییرات عملکرد را نشان دادند. این دو ژنوتیپ نیز هر دو دارای ترکیب ژنی I و $bc-3$ بودند. کمترین میزان تغییرات عملکرد در گروه لوبیاسفید مربوط به ژنوتیپ WA8528-9 (۵/۶۷ درصد) بود که ترکیب آن نیز به صورت I و $bc-3$ بود. در این گروه و در بین کل ژنوتیپ ها، ژنوتیپ ۱۱۸۰۵ تنها ژنوتیپی بود که هر سه ژن I ، $bc-3$ و $bc-1^2$ را داشت. میزان تغییرات عملکرد این ژنوتیپ نیز نسبتاً کم (۹/۰۵ درصد) می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تغییرات عملکرد گروه های مختلف لوبیا در شرایط نرمال و آلودگی BCMV با آزمون t

Table 4. Mean comparison of bean different groups for yield variation in normal and BCMV infected conditions using t-test

مقایسه Comparison	درجه آزادی df	میانگین Mean	t	P-value
Chiti-Red چیتی-قرمز	14	Chiti 41.33 Red 27.95	1.35	0.200
Chiti-White چیتی-سفید	16	Chiti 41.33 White 30.66	1.19	0.250
Red-White قرمز-سفید	14	Red 27.95 White 30.66	0.28	0.787
A-B	23	A 17.62 B 42.82	3.93	0.001

حاوی ژن مغلوب $bc-1^2$ بودند که در این بین، در رابطه با ژن I و $bc-3$ بیشترین سهم مربوط به گروه لوبیاقرمز بود. در بین ژن های مورد بررسی، کمترین سهم مربوط به ژن $bc-1^2$ بود؛

به طور کلی، ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر ژن های مقاوم به BCMV در سطح خوبی قرار داشتند. میزان ۶۰ درصد ژنوتیپ ها حاوی ژن I ، ۴۴ درصد دارای ژن $bc-3$ و ۸ درصد

این ژنوتیپ‌ها توجه ویژه‌ای بشود. همچنین دو ژنوتیپ Local Khomein و Capsoli در آزمون الیزا واکنش منفی به ویروس BCMV نشان دادند و تغییرات عملکرد آنها نیز کمتر از میانگین کل بود. از آنجاکه این دو ژنوتیپ فاقد هر سه ژن مقاوم مورد بررسی بودند، لذا این احتمال وجود دارد که ترکیبات ژنی مقاوم جدید در ژنوتیپ‌های Local Khomein و Capsoli (براساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق) وجود داشته باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین به‌دلیل همکاری در تهیه بذر مورد آزمایش، سپاسگزاری می‌گردد.

به‌طوری‌که تنها یک ژنوتیپ گروه لوبیاچیتی (Cardinal) و یک ژنوتیپ گروه لوبیاسفید (۱۸۰۵) حاوی آن بودند و هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های گروه لوبیاقرمز، این ژن را نداشتند (جدول ۳).

ژنوتیپ‌های MCD4012 (چیتی)، D81083 (قرمز)، WA8528-9 (سفید) و 11805 (سفید)، همگی در آزمون الیزا واکنش منفی نشان دادند و تغییرات عملکرد آنها نیز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در سطح بسیار پایین‌تری بود. همچنین این ژنوتیپ‌ها همگی حاوی ترکیب ژنی *I* و *bc-3* هستند که بر اساس گزارش‌های مختلف (Strausbaugh *et al.*, 2003; Makeshimana *et al.*, 2005)، بهترین ترکیب ژنی مقاوم علیه ویروس BCMV می‌باشد. لذا باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در مطالعات اصلاحی آتی در خصوص ارقام مقاوم به ویروس BCMV، به

منابع

1. Ali, M. 1950. Genetic of resistance to the common bean mosaic virus (bean virus 1) in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Phytopathology* 40: 69-79.
2. Ariyaratne, H.M., Coyne, D.P., Jung, G., Skroch, P.W., Vidaver, A.K., Steadman, J.R., Miklas, P.N., and Bassett, M.J. 1999. Molecular mapping of disease resistance genes for halo blight, common bacterial blight, and bean common mosaic virus in a segregating population of common bean. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124(6): 654-662.
3. Clark, M.F., and Adams, A.N. 1977. Characteristics of the micro plate method of enzyme-linked immune sorbent assay for detection of plant viruses. *Journal of Genetic Virology* 34: 475-483.
4. Collmer, C.W., Marston, M.F., Taylor, J.C., and Jahn, M. 2000. The *I* gene of bean: A dosage-dependent allele conferring extreme resistance, hypersensitive resistance, or spreading vascular necrosis in response to the potyvirus bean common mosaic virus. *Molecular Plant-Microbiology Interaction* 13: 1266-1270.
5. Day, K.L. 1983. Resistance to bean common mosaic virus in *Phaseolus* bean. *Annual Report* pp: 19- 21.
6. Drijfhout, E. 1978. Genetic interact *Phaseolus vulgaris* and bean common mosaic virus with implications for strain identification and breeding for resistance. PhD. Dissertation. Wageningen Agriculture Research Report. 872.
7. Drijfhout, E. 1991. Bean Common Mosaic. In: R. Hall (Ed.). *Compendium of Bean Diseases*. APS Press, The American Phytopathological Society, Minnesota: 37-39.
8. Drijfhout, E., Silbernagel, M.J., and Burke, D.W. 1978. Differentiation of strains of bean common mosaic virus. *Netherland Journal Plant Pathology* 84: 13-26.
9. Eduardo, C.V., Gustavo, A.M., Valerie, J., Tommy, R.P., Ney, S.S., and Sally, A.M. 2006. Genetic and molecular characterization of the *I* locus of *Phaseolus vulgaris*. *Genetics* 172: 1229-1242.
10. Gowel, N.J., and Jarret, R.L. 1991. A modified CTAB DNA extraction procedure for *Musa* and *Ipomoea*. *Plant Molecular Biology Report* 9: 262-266.
11. Haley, S.D., Afanador, L., and Kelly, J.D. 1994. Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the *I* gene (potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology* 84: 157-160.
12. Hassani, M., and Shahraneen, N. 2001. Determine of resistance bean genetically sources to CMV, BYMV and BCMV. Final Report, Central Province Agriculture Research Center.
13. Johnson, W.C., Guzman, P., Mandala, D., Mkandawire, A.B.C., Temple, S., Gilbertson, R.L., and Gepts, P. 1997. Molecular tagging of the *bc-3* gene for introgression into Andean common bean. *Crop Science* 37: 248-254.
14. Kamelmanesh, M.M., Dorri, H.R., Ghasemi, S., Bihamta, M.R., and Darvish, F. 2008. Gene action for resistance to Bean common mosaic virus (BCMV) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6(2): 363-370.

15. Kelly, J.D. 1997. A review of varietal response to bean common mosaic potyvirus in *Phaseolus vulgaris*. Plant & Seed 10: 1-6.
16. Kelly, J.D., Afanador, L., and Haley, S.D. 1995. Pyramiding genes for resistance to bean common mosaic virus. Euphytica 82: 207-212.
17. Makeshimana, G., Pande, A., Rodriguez, S.C., and Ferreira, J.J. 2005. Markers linked to the bc-3 gene conditioning resistance to bean common mosaic potyviruses in common bean. Euphytica 144(3): 291-299.
18. Melloto, M., Afanador, L., and Kelly, J.D. 1996. Development of a SCAR marker linked to the *I* gene in common bean. Genome 39: 1216-1219.
19. Miklas, P.N., Hang, A.N., Kelly, J.D., Strausbaugh, C.A., and Forster, R.L. 2002. Registration of three kidney bean germplasm lines resistance to bean common mosaic and necrosis potyvirus: USLK-2 light red kidney, USDK-4 dark red kidney, and USWK-6 white kidney. Crop Science 42: 674-675.
20. Miklas, P.N., Larsen, R.C., Riley, R., and Kelly, J.D. 2000. Potential marker-assisted selection for *bc-1²* resistance to bean common mosaic potyvirus in common bean. Euphytica 116: 211-219.
21. Prasad, S.M., Barnwal, M.K., Sharma, R.B., and Prasad, N. 2007. Influence of different dates of sowing on incidence of virus diseases of French bean. 18(1): 44- 46.
22. Shree, P.S. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars: A review. Crop Science 41: 1659-1675.
23. Silbernagel, M.J., Mink, G.L., Zhao, R.L., and Zhang, G.Y. 2001. Phenotypic recombination between bean common mosaic virus and bean common mosaic necrosis potyvirus in vivo. Archives of Virology 146: 1007-1020.
24. Singh, S.P., Teran, H., Lema, M., Webster, D.M., Strausbaugh, C.A., Miklas, P.N., Schwartz, H.F., and Brick, M.A. 2007. Seventy-five years of breeding dry bean of the Western USA. Crop Science 47(3): 981-989.
25. Strausbaugh, C.A., Miklas, P.N., Singh, S.P., Myers, J.R., and Forster, R.L. 2003. Genetic characterization of differential reaction among host group 3 common Bean cultivars to NL-3 K strain of Bean common mosaic necrosis virus. Phytopathology 93: 683-690.
26. Strausbaugh, C.A., Myers, J.R., Forster, R.L., and Mc Clean, P.E. 1999. *Bc-1* and *Bc-u* Two loci controlling bean common mosaic virus resistance in common bean are linked. Journal of American Society Horticulture Science 124: 644-648.

Distribution study of resistant genes to Bean Common Mosaic Virus in bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) using SCAR molecular markers

Kamelmanesh¹, M.M., Namayandeh^{2*}, A. & Bihamta³, M.R.

1. Department of Plant Protection, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz-Iran
2. Department of Horticulture Science, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz-Iran
3. Department of Agriculture Biotechnology of Tehran University

Received: 13 December 2011

Accepted: 17 November 2012

Abstract

In order to determine resistance genetically potential of some bean genotypes to Bean Common Mosaic Virus, two separated experiments in randomized complete block design with 25 genotypes and three replications was conducted in IAU Shiraz Branch. The first experiment and the second one were performed in normal and BCMV infected conditions, respectively. Plants were inoculated in cotyledon leaf and first triple leaflet stage in the method of mechanical using carborundum powder. After 21 days, the first inoculation, sampling for PTA-ELISA test was done. According to the results, the genotypes that have *I* gene and at least one of the *bc-3* and *bc-1²* genes showed less yield decline in BCMV infected conditions than other genotypes (p-value=0.001). The least yield variation was relevant to WA8528-9 genotype (5.67%) which containing of *I* and *bc-3* genes. Among the genotypes, only 11805 had all of three (*I*, *bc-3* and *bc-1²*) genes. Yield variation of this genotype was 9.05%. Evidences have shown that 60% of genotypes had *I*, 44% had *bc-3* and 8% had *bc-1²* genes, respectively. One of the other important results of this research was negative reaction of two genotypes (Local Khomein and Capsoli) to ELISA test. These genotypes were devoid of each three resistant genes, whereas yield variations of them were low in BCMV infected conditions. Existence of new combinations of genes are possible in Local Khomein and Capsoli genotypes, so these genotypes should be considered specially.

Key words: BCMV, Bean, SCAR marker, Yield variation

* Corresponding Author: namayandeh@iaushiraz.ac.ir, Mobile: 09173028464

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد ۵، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۳
(به ترتیب حروف الفبا)

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	ایزدی	ابراهیم	دکتر
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد	پرسا	حسن	مهندس
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	پارسا	مهدی	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند	جامی‌الاحمدی	مجید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران	جلالی	مختار	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام	حاتمی	علی	دکتر
دانشگاه شهیدباهنر کرمان	ذوالعلی	جعفر	دکتر
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی	زارع فیض آبادی	احمد	دکتر
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی شیروان	زارع مهر جردی	محمد	دکتر
مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی تهران	زند	اسکندر	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	کافی	محمد	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	گلدانی	مرتضی	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل	گلوی	محمد	دکتر
دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد	گنجعلی	علی	دکتر
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان	محمودی	علی اکبر	مهندس
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	مشتاقی	نسرین	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران	معینی	احمد	دکتر
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	مقصودلو	یحیی	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	ملک‌زاده شفارودی	سعید	دکتر
سازمان مرکزی جهاددانشگاهی مشهد	میلانی	الناز	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	نظامی	احمد	دکتر



نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی 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 پژوهش های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت/ سازمان/ مؤسسه/ شرکت/ دانشگاه/ دانشکده/ کتابخانه/ بخش خصوصی/ شخصی/ سایر)

نشانی دقیق پستی:

.....
.....
.....

تلفن (با کد 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 شماره ۹۹۶۵۴ به نام عواید اختصاصی پژوهشکده علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فُرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهده متقاضی می‌باشد.

امضاء:

تاریخ:

Title	Author(s)	Page
• Gene expression profiling of chitinase and β-1,3 glucanase in chickpea infected by <i>Ascochyta</i> blight	Afzal, R., Marashi, S.H., Moshtaghi, N. & Kavousi, H.R.	151
• Distribution study of resistant genes to Bean Common Mosaic Virus in bean genotypes (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) using SCAR molecular markers	Kamelmanesh, M.M., Namayandeh, A. & Bihamta, M.R.	159

Iranian Journal of Pulses Research

List of Articles Vol. 5, No. 1, 2014

Title	Author(s)	Page
• Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (<i>Vicia faba</i> L.) in Rasht	Rabiee, M. & Jilani, M.	9
• Possibility of chickpea autumn planting in Saravan condition	Zafarani, M., Nezami, A., Ziaee, S.M. & Jabbari, M.	23
• Relative efficiency of alpha lattice design over randomized complete block design in yield trials of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Kanouni, H. & Imtiaz, M.	33
• Evaluation of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) seed inoculation with rhizobium strains and plant promoting rhizobacteria (PGPR) on growth indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions	Khaleghnezhad, V. & Jabbari, F.	45
• Efficacy of paraquat herbicide for common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) weed management in stale seedbed practices	Rahimian Mashhadi, H., Mousavi, S.K. & Nazari Alem, J.	57
• Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of Iranian red kidney beans	Mosaffa, L., Zamindar, N. & Amooheidari, M.	69
• Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	Abasluo, L., Kazemeini, S.A. & Edalat, M.	79
• Study on drought stress effects on morphological, physiological and biochemical characteristics of chickpea genotypes (<i>Cicer arietinum</i> L.) under field condition	Ganjeali, A., Rahbarian, R., Bagheri, A. & Malekzadeh-Shafaroudi, S.	91
• Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M. & Ganjeali, A.	103
• Trend of changes for morpho-physiological characteristics of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) under salinity stress (NaCl) condition	Arefian, M., Vessal, S., Bagheri, A. and Ganjeali, A.	117
• Bioassay and molecular tests of transgenic chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) resistant to <i>Helicoverpa armigera</i> Hub.	Ebadi Babajan, P., Moshtaghi, N., Bagheri, A., Marashi, H. & Malekzadeh-Shafaroudi, S.	129
• Investigation of resistance to chocolate spot (<i>Botrytis fabae</i> Sard.) in faba bean (<i>Vicia faba</i> L.) in Gorgan region	Sheikh, F. & Dehghani, H.	139

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

**Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 5, No. 1, 2014**

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, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour

Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.)

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; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: Islamic World Science Citation 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:** +98-51-38807024;
E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://rcps.um.ac.ir>; <http://ijpr.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. 5 (1) June 2014

- Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht
Rabiee, M. & Jilani, M.
- Possibility of chickpea autumn planting in Saravan condition
Zafarani, M., Nezami, A., Ziaee, S.M. & Jabbari, M.
- Relative efficiency of alpha lattice design over randomized complete block design in yield trials of chickpea (*Cicer arietinum* L.)
Kanouni, H. & Imtiaz, M.
- Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed inoculation with rhizobium strains and plant promoting rhizobacteria (PGPR) on growth indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions
Khaleghnezhad, V. & Jabbari, F.
- Efficacy of paraquat herbicide for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) weed management in stale seedbed practices
Rahimian Mashhadi, H., Mousavi, S.K. & Nazari Alem, J.
- Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of Iranian red kidney beans
Mosaffa, L., Zamindar, N. & Amooheidari, M.
- Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars
Abasluo, L., Kazemeini, S.A. & Edalat, M.
- Study on drought stress effects on morphological, physiological and biochemical characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under field condition
Ganjeali, A., Rahbarian, R., Bagheri, A. & Malekzadeh-Shafaroudi, S.
- Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.)
Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M. & Ganjeali, A.
- Trend of changes for morpho-physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress (NaCl) condition
Arefian, M., Vessal, S., Bagheri, A. and Ganjeali, A.
- Bioassay and molecular tests of transgenic chickpea (*Cicer arietinum* L.) resistant to *Helicoverpa armigera* Hub.
Ebadi Babajan, P., Moshtaghi, N., Bagheri, A., Marashi, H. & Malekzadeh-Shafaroudi, S.
- Investigation of resistance to chocolate spot (*Botrytis fabae* Sard.) in faba bean (*Vicia faba* L.) in Gorgan region
Sheikh, F. & Dehghani, H.

(Complete list, inside the journal...)

