نشریه پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد۷، شماره۱، نیمه اول ۱۳۹۵ - شماره پیاپی : ۱۳

• کالیبراسیون آزمون تسریع پیری به‌عنوان یک آزمون قدرت بذر برای پیش‌بینی سبزشدن گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط مزرعه	پروین بیات، مختار قبادی، محمداقبال قبادی و غلامرضا محمدی
• اثر فتوپریود بر جنین‌زایی رویشی در اندام‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.)	علی‌اکبر مظفری و کژال کمانگر
• ارزیابی زراعی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) متحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه در مشهد	حسن پُرسا، احمد نظامی، عبدالرضا باقری و سمانه نجیب‌نیا
• ارزیابی اثرات میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.)	قدریه محمودی، علی قنبری، مهدی راستگو، مصطفی قلی‌زاده و ایرج طهماسبی
• تأثیر تنش شوری و هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور ماش‌سبز (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)	مجید قنبری، کامران منصور قناعی پاشاکی، صابر صفایی عبدالمناف و خدیجه عزیز علی‌آبادی
• تأثیر آب مغناطیسی و تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)	مرتضی گلدانی، مریم جوادی و احمد نظامی
• تأثیر دمای شبانه و نیتریک‌اکساید بر برخی ویژگی‌های فیزیو-بیوشیمیایی گیاه نخود	معصومه فرجی و نادر چاپارزاده
• تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل فنولوژی بر برخی شاخص‌های رشدی ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) در منطقه مشهد	فریده سادات حسینی، احمد نظامی، مهدی پارسا و کمال حاج محمدنیا قالی‌باف
• ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات کمّی در ژنوتیپ های نخود تیپ کابلی در شرایط دیم	حدیث حسنی، داریوش نباتی‌احمدی، پیام پزشک‌پور و کریم سرخه
• اثر عمق کاشت و مالچ بر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد نخود تحت شرایط دیم	مسلم فطری، محمداقبال قبادی، مختار قبادی و غلامرضا محمدی
• بررسی صفات مهم مورفولوژیکی و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.) تحت سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ	فرشته دارابی، علی حاتمی، محمدجواد زارع و رحیم‌ناصری
• تأثیر محلول‌پاشی میکرو و نانوذرات اکسیدآهن به‌همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)	دنیا نوذری‌راد، مهدی برادران فیروزآبادی، حسن مکاریان، ناصر فرخی و احمد غلامی

با همکاری

دانشگاه فردوسی مشهد

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشگاه تربیت مدرس

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

دانشکده علوم و تحقیقات

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

جلد۷، شماره۱، نیمه اول ۱۳۹۵

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

جلد۷، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اوّل۱۳۹۵- شمارهٔ پیاپی: ۱۳

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی
مدیر مسئول: دکتر محمد کافی
سردبیر: دکتر احمد نظامی
مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا
هیئت تحریریه:

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

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی)؛ مهندس ملیحه اکبرپور (ویراستار فنی)
همکاران این شماره: حامد طلاچیان- رحمان اسدی
ناشر: پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۳۰ نسخه

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

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

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

نشانی:
مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی
دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴
تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)
پُست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir
تارنما: http://ijpr.um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد۷، شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل۱۳۹۵، شمارهٔ پیاپی: ۱۳

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• کالیبراسیون آزمون تسریع پیری به‌عنوان یک آزمون قدرت بذر برای پیش‌بینی سبزشدن گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط مزرعه	پروین بیات، مختار قبادی، محمداقبال قبادی و غلامرضا محمدی	۹
• اثر فتوپریود بر جنین‌زایی رویشی در اندام‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.)	علی‌اکبر مظفری و کژال کمانگر	۲۵
• ارزیابی زراعی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) متحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه در مشهد	حسن پُرسا، احمد نظامی، عبدالرضا باقری و سمانه نجیب‌نیا	۳۷
• ارزیابی اثرات میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.)	قدریه محمودی، علی قنبری، مهدی راستگو، مصطفی قلی‌زاده و ایرج طهماسبی	۵۴
• تأثیر تنش شوری و هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور ماش‌سبز (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)	مجید قنبری، کامران منصور قناعی پاشاکی، صابر صفایی عبدالمناف و خدیجه عزیز علی‌آبادی	۶۵
• تأثیر آب مغناطیسی و تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)	مرتضی گلدانی، مریم جوادی و احمد نظامی	۸۱
• تأثیر دمای شبانه و نیتریک‌اکساید بر برخی ویژگی‌های فیزیو-بیوشیمیایی گیاه نخود	معصومه فرجی و نادر چاپارزاده	۹۳
• تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل فنولوژی بر برخی شاخص‌های رشدی ارقام عدس • (*Lens culinaris* Medik.) در منطقه مشهد	فریده سادات حسینی، احمد نظامی، مهدی پارسا و کمال حاج محمدنیا قالی‌باف	۱۰۵
• ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات کمّی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در شرایط دیم	حدیث حسنی، داریوش نباتی‌احمدی، پیام پزشک‌پور و کریم سرخه	۱۲۱
• اثر عمق کاشت و مالچ بر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک درمراحل مختلف رشد نخود تحت شرایط دیم	مسلم فطری، محمداقبال قبادی، مختار قبادی و غلامرضا محمدی	۱۳۵
• بررسی صفات مهم مورفولوژیکی و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medic) تحت سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ	فرشته دارابی، علی حاتمی، محمدجواد زارع و رحیم ناصری	۱۴۵
• تأثیر محلول‌پاشی میکرو و نانوذرات اکسیدآهن به‌همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)	دنیا نوذری‌راد، مهدی برادران فیروزآبادی، حسن مکاریان، ناصر فرخی و احمد غلامی	۱۶۱

سخن سردبیر

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

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

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

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

باسمه‌تعالی

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

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

الف- معرفی نشریه

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

ب- فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

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

ب-۲- نویسنده(گان) طی تعهدنامه‌ای، ضمن اعلام ارسال مقاله با ذکر عنوان، رعایت اخلاق پژوهشی و نیز اصول اخلاقی نشر را ابراز می‌نمایند. این تعهدنامه که فایل آن در سایت نشریه موجود است، باید به امضای نویسندهٔ مسئول و نیز یکایک نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانهٔ اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های الحاقی، بارگذاری گردد.

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

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

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

ج- راهنمای تهیه و ارسال مقاله

ج-۱- روش نگارش

متن مقاله باید در محیط نرم‌افزار MS-Office Word 2007 با ابعاد A4 با فاصلهٔ ۲/۵سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصلهٔ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازهٔ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازهٔ۱۱ و به‌صورت یک‌ستونه تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به‌صورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند. همهٔ صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن از ۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به‌صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

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

ج-۲-۱- در فایل صفحهٔ مشخصات، موارد زیر باید به‌دقت به هردو زبان فارسی و انگلیسی قید گردند: عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی نگارنده(گان) و جنسیت، رتبه و درجهٔ علمی، رشته و مقطع تحصیلی، گرایش تخصصی و عنوان شغلی، محل خدمت، نشانی دقیق پستی، پُست الکترونیک، تلفن ثابت و تلفن همراه آن‌ها. چنانچه مقاله توسط بیش از یک‌نفر تهیه شده باشد، نام مسئول مکاتبه (Corresponding Author) با گذاشتن ستاره‌ای روی آن، مشخص و در پاورقی همین صفحه درج شود. صفحهٔ مشخصات، بدون شماره است. چنانچه مقاله، خلاصه یا بخشی از پایان‌نامه (رساله) دانشجویی باشد، لازم است موضوع در پاورقی صفحهٔ مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود. فایل صفحهٔ مشخصات به‌صورت جدا از فایل متن مقاله، در گام پنجم از فرآیند ارسال مقاله (بارگذاری فایل‌های الحاقی)، بارگذاری شود.

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

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

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

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

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

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

ج-۲-۸- در بخش منابع، یک فهرست شماره‌گذاری شده از منابعِ استفاده‌شده که همگی به‌ترتیب حروف الفبا تنظیم شده باشند، ارائه شود. تنها منابعی باید ذکر شوند که در ارتباطِ نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آنها استفاده شده باشد. همهٔ منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند. در مواردی که فقط چکیدهٔ مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (abstract) داخل پرانتز ذکر شود. نحوه ارجاع به منابع در متن مقاله، به‌صورت اسم نویسنده(گان) و تاریخ انتشار منبع باشد. حتی‌الامکان از درج نام افراد در شروع جمله خودداری گردد و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند؛ مانند (Nezami, 2007). برای جداسازی منابع از ";" استفاده شود؛ مانند (Saxena, 2003; Singh *et al*., 2008; Bagheri & Ganjeali, 2009). چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود، به‌صورت نام (سال) نوشته شود مانند Parsa (2007). اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی، برگردان شوند.

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

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

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

1. Title
2. Introduction
3. Materials and Methods
4. Results and Discussion
5. Conclusion
6. Key words

ج-۳- نحوهٔ تنظیم فهرست منابع

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

مثال‌هایی از نحوهٔ نوشتن فهرست منابع در زیر آمده است:

ج-۳-۱- مجلات:

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

ج-۳-۲- کتاب تألیف شده:

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

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

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

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

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

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

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

ج-۳-۶- رساله‌های تحصیلی:

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

ج-۳-۷- کنفرانس‌های علمی:

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

ج-۳-۸- نرم‌افزارهای رایانه‌ای:

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

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

در انتها، فایل متن مقاله، در گام چهارم از فرایند ارسال، بارگذاری گردد.

نشانی:

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

صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: http://ijpr.um.ac.ir

http://rcps.um.ac.ir

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۲۴-۹، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 9-24

کالیبراسیون آزمون تسریع پیری به‌عنوان یک آزمون قدرت بذر برای پیش‌بینی سبزشدن گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط مزرعه

پروین بیات[1]، مختار قبادی[2*]، محمداقبال قبادی[2] و غلامرضا محمدی[2]

۱- کارشناس‌ارشد زراعت، دانشگاه رازی کرمانشاه

۲- اعضای هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه رازی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۵

چکیده

کاهش رشد رویشی یکی از پیامدهای زوال بذر است که ممکن است، سبب کاهش عملکرد گیاه شود. در این تحقیق، ضمن ارزیابی بنیهٔبذر توده‌های مختلف بذر نخود متعلق‌به دو تیپ کابلی و دسی، همبستگی صفات مرتبط با بنیهٔ بذر با درصد و سرعت سبزشدن گیاهچه در مزرعه تعیین گردید. این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در قالب دو آزمایش در آزمایشگاه و مزرعه پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه رازی انجام شد. در آزمایشگاه، تیمارهای مختلف پیری‌تسریع شده (دما و مدت‌زمان)، شامل دماهای ۴۱، ۴۳ و ۴۵درجه سانتی‌گراد و به‌مدت‌زمان‌های صفر (شاهد)، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ساعت روی ۱۳توده نخود اعمال شد. در مزرعه نیز ۱۳ توده بذر مختلف نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهارتکرار کشت شدند. تجزیه واریانس داده‌ها در آزمایشگاه نشان‌داد که تمامی اثرات ساده و متقابل مربوط به تیمارهای توده‌بذر و سطوح پیری بر روی کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده، به‌جز کارآیی استفاده از ذخایر بذر معنی‌دار بود. هم‌چنین سطوح مختلف پیری‌تسریع‌شده تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات جوانه‌زنی نخود داشت، به‌طوری‌که با افزایش دما و مدت‌زمان پیری خصوصیات جوانه‌زنی به‌شدت کاهش‌یافت. مقایسه میانگین داده‌ها در آزمایشگاه و مزرعه نشان‌داد، توده‌های بذر جدید نسبت به قدیم از خصوصیات جوانه‌زنی و بنیهٔبذر بالاتری برخوردار بودند. طول ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در آزمون پیری‌تسریع‌شده تحت دمای ۴۳درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ساعت از همبستگی بالاتری با هر دو ویژگی درصد و سرعت سبزشدن گیاهچه در مزرعه برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: بنیهٔبذر، توده بذر، جوانه‌زنی، زوال، سبزشدن گیاهچه

مقدمه

کیفیت بذر به‌عنوان اندام تکثیر گیاهان و مهم‌ترین نهاده تولید محصولات‌زراعی از اهمیت ویژه‌ای در رشد و عملکرد مطلوب گیاهان‌زراعی در مزرعه برخوردار است که تحت تأثیر عوامل مختلفی مثل خصوصیات ژنتیکی، قوهٔنامیه یا قابلیت جوانه‌زنی، بنیه، میزان‌رطوبت، کیفیت‌انبارداری، قابلیت‌ماندگاری و سلامت‌بذر می‌باشد که مهم‌ترین آن‌ها میزان جوانه‌زنی و قدرت (بنیه) بذر می‌باشد (Akbari *et al*., 2004). بنیه بذر عبارت‌است از مجموعه خصوصیاتی از بذرکه سطح بالقوه فعالیت وکارآیی بذر یا توده آن‌را به‌هنگام جوانه‌زنی و سبزشدن تعیین می‌نماید (Hampton & Tekrony, 1995). بنیه بذر، میزان سبزشدن گیاهچه درمزرعه، سرعت سبزشدن گیاهچه‌ها و یک‌نواختی آن‌را تحت تأثیر قرار می‌دهد که کلیه این‌عوامل، به‌طور بالقوه می‌تواند بر میزان تجمع ماده خشک توسط جامعه گیاهی و در نتیجه عملکرد مؤثر واقع گردند (Heydecker, 1977). ساختار ژنتیکی (Gusta *et al*., 2003)، محیط و تغذیه گیاه‌مادری، ذخایر بذر، مرحله رسیدگی در زمان برداشت، عوامل بیماری‌زا و فرسودگی بذر از جمله عوامل مؤثر بر قدرت بذر هستند (Roberts & Osei-Bonsu, 1988).

زوال بذر[1] پدیده‌ای فیزیولوژیک است که پس از رسیدگی فیزیولوژیک بذر و در دوره پس از برداشت در شرایط بالابودن دما، رطوبت و فشار اکسیژن محیط نگه‌داری بذر به‌تدریج آغاز می‌شود و موجب تخریب ساختار DNA و RNA ریبوزومی (Rajjou & Debeaujon, 2008)، کاهش فعالیت آنزیمی، کاهش تنفس و تغییر در ساختار غشاءسلولی و افزایش نشت

* **نویسندهٔ مسئول:** کرمانشاه، میدان شهدا، بزرگراه امام خمینی، دانشگاه رازی، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات؛ کدپستی: ۶۷۱۵۶۸۵۴۳۸؛ تلفن: ۰۸۳۳۸۳۳۱۷۲۳، همراه: ۰۹۱۸۳۳۹۸۰۴۲، ghobadi.m@razi.ac.ir

1- Seed deterioration

متابولیت‌ها می‌شود که منجربه کاهش قوهٔنامیه، بنیهٔبذر و گیاهچه (Tilebeni & Golpayegani, 2011)، جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه (De Figueiredeo *et al*., 2003)، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی (Salvucci & Crafts Brandner., 2004) و در نهایت کاهش عملکرد محصول می‌شود (Hampton, 2003). براساس مشاهدات متعدد در بررسی توده‌های بذری گوناگون گونه‌های مختلف گیاهی، در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای ثابت‌شده است که درصد جوانه‌زنی یک توده بذر در آزمایشگاه با میزان استقرارگیاهچه در مزرعه متفاوت می‌باشد. این تفاوت و تغییرات به‌علت تفاوت‌های موجود در قدرت بذر توده‌های مختلف می‌باشد (Bishnoi & Santos, 1996). یکی از آزمون‌های مناسب برای سنجش بنیه بذر، آزمون پیری‌تسریع‌شده است. این آزمون، در مقایسه با آزمون جوانه‌زنی استاندارد، قادر است نتایج بهتری از سبزشدن بذر محصولات در مزرعه را در اختیار قرار دهد (Pandey *et al*., 1990). Chhetri *et al*, (1993) طی آزمایشی به‌این‌نتیجه رسیدند که در گندم، جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، میزان کلروفیل و پروتئین در اثر پیری‌زودرس کاهش می‌یابد. Powell & Matthews(1985) قابلیت استفاده موفقیت‌آمیز از آزمون فرسودگی‌کنترل‌شده بذر برای ارزیابی بنیهٔبذر و میزان استقرار بوته گیاهان گونه‌های مختلف جنس کلم[1] را با بررسی همبستگی نتایج آزمایشگاه و درصد سبزشدن گیاهچه‌ها در مزرعه گزارش کردند. در بررسی دیگری که برای تعیین قدرت بنیهٔبذر و جوانه‌زنی شِش رقم کلزا تحت تنش خشکی صورت گرفت. نتایج نشان‌داد که آزمون پیری‌زودرس بیش‌ترین همبستگی را با درصد سبز مزرعه داشت، درحالی‌که آزمون‌های هدایت‌الکتریکی، سرما و جوانه‌زنی استاندارد همبستگی خوبی با درصد سبز مزرعه نداشتند (Khalaj, 2006). در تحقیق حاضر، ضمن ارزیابی و درجه‌بندی قدرت و بنیهٔبذر نخود با استفاده از آزمون‌پیری‌تسریع‌شده، چگونگی ارتباط بین این آزمون و قدرت بذر با میزان درصد و سرعت سبزشدن در شرایط مزرعه مورد بررسی قرار گرفت تا با استفاده از آن بتوان نسبت به پیش‌بینی وضعیت استقرار و عملکرد گیاه در مزرعه اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب دو آزمایش در مزرعه و آزمایشگاه در سال زراعی ۱۳۹۱ در پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. در مزرعه ۱۳توده بذر نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت گردیدند. مساحت هر واحد آزمایشی ۳/۷۵ مترمربع (طول ۲/۵متر و عرض ۱/۵متر) و شامل ۵ردیف کاشت به‌فواصل ۳۰سانتی‌متر کشت شدند. تاریخ کاشت در فروردین ۱۳۹۱، تراکم کاشت ۴۰بوته در متر مربع و عمق کاشت ۵سانتی متر بود. مشخصات توده‌های بذر نخود مورداستفاده در جدول۱ ارائه‌شده است. در مزرعه بلافاصله پس از مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها، شمارش گیاهچه‌های سبز شده، روزانه در هر واحد آزمایشی آغاز و تا زمانی‌که تعداد گیاهچه‌های سبزشده ثابت گردیدند، شمارش ادامه داشت. شاخص‌های مرتبط با قدرت بذر براساس شاخص‌های زیر محاسبه شد:

درصد سبزشدن نهایی (FEP[2]) در مزرعه: به‌صورت تعداد بذور سبزشده تقسیم بر تعداد بذور کشت‌شده ضرب‌در عدد ۱۰۰ به‌دست آمد (ISTA, 2003).

میانگین زمان لازم برای سبزشدن[3]: که به‌عنوان شاخصی از سرعت سبزشدن محسوب می‌گردد، بااستفاده از معادله (۱) تعیین شد (ISTA, 2003).

$$MTE = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (۱)$$

n= تعداد بذرهای سبزشده در d روز، d= تعداد روزها، Σn= کل تعداد بذرهای سبزشده

میانگین سبزشدن روزانه[4]: شاخصی از سرعت و تعداد گیاهچه سبزشده می‌باشد که از تقسیم درصد سبزشدن نهایی(FEP) بر طول دورهٔ آزمایش به‌دست آمد (ISTA, 2003).

$$MDE = \frac{FEP}{D} \quad (۲)$$

سرعت سبزشدن روزانه[5]: سرعت سبزشدن روزانه عکس میانگین سبزشدن روزانه می‌باشد. این شاخص بیان‌کننده مدت‌زمان لازم برای سبزشدن یک تک‌بذر است، هرچه کم‌تر باشد، سرعت سبز شدن بالاتر است و بااستفاده از معادله (۳) محاسبه شد(ISTA, 2003).

$$DES = \frac{1}{MDE} \quad (۳)$$

سرعت سبزشدن[6]: این شاخص بااستفاده از معادله (۴) به‌دست آمد (Maguire, 1962).

$$ER = \sum\left(\frac{n}{d}\right) \quad (۴)$$

n= تعداد بذرهای سبزشده در d روز، d= تعداد روزها

شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه[7]: بااستفاده از معادله (۵) به دست آمد (Rama *et al*, 1999).

1- *Brassica spp.*

2- Final emergence percentage
3- Mean time to emergence
4- Mean daily emergence
5- Daily emergence speed
6- Emergence rate
7- Field emergence index

(۵)

= شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه
(قابلیت جوانه زنی)/(میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه)

در آزمایشگاه، آزمون پیری‌تسریع‌شده مربوط به بنیهٔبذر به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و با استفاده از روش بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) روی ۱۳توده بذر نخود متعلق به هفت رقم و دو تیپ کابلی و دسی انجام گرفت. در آزمون پیری‌تسریع‌شده، ۱۰۰عدد بذر از هر تودهٔ بذری در ظرفی به‌ابعاد ۶×۱۲/۵×۱۹ سانتی‌متر که حاوی ۸۰میلی‌متر آب‌مقطر بود، روی توری‌سیمی از جنس آلومینیوم بدون این‌که بذرها آب جذب‌کرده باشند، قرارداده شدند. سپس ظروف به‌مدت های صفر (شاهد)، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ساعت در دماهای ۴۱، ۴۳، ۴۵درجه سانتی‌گراد در شرایط رطوبت‌نسبی ۱۰۰درصد قرار گرفتند. در پایان دوره، رطوبت بذر را اندازه‌گیری و به‌دنبال آن آزمون جوانه‌زنی استاندارد، مطابق روش استاندارد مربوطه انجام پذیرفت (ISTA, 2012). در آزمون جوانه‌زنی استاندارد تعداد ۱۰۰عدد بذر از هر توده بذر نخود را برای کشت به‌روش بین‌کاغذ (۳۰×۴۵سانتی‌متر) در چهار تکرار به‌فواصل مساوی روی خط مرکزی صفحه کاغذصافی قرارداده شدند. کاغذهای صافی را لوله‌کرده و در ظرف‌هایی به‌طور عمودی قرارداده شدند. در داخل هر ظرف مقدار ۲۰۰سی‌سی آب‌مقطر ریخته شد. در نهایت ظروف مذکور در ژرمیناتور با دمای ۰/۵± ۲۰درجه سانتی گراد قرارداده شدند (ISTA, 2012). شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌طور روزانه در هشت‌روز متوالی ارزیابی و یادداشت گردید. ظهور ریشه‌چه به‌اندازه دو میلی‌متر به‌عنوان معیاری برای جوانه‌زنی بذر درنظر گرفته شد (Alen *et al*., 1985). در پایان دورهٔ اجرای آزمون، تعداد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی بر اساس معیارهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر تعیین شد (Anonymous, 2003). در این آزمون به‌منظور برآورد میزان رشد گیاهچه‌ها، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه‌های نرمال حاصل از بذور جوانه‌زده بااستفاده از خط‌کش مدرج بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد و سپس قسمت لپه‌ها از گیاهچه‌های طبیعی جدا شد و ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌ها به‌طور جداگانه در داخل پاکت قرار گرفتند. نمونه‌ها در داخل آون و در دمای ۷۲درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ساعت خشک‌شده و سپس توسط ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم وزن شدند (AOSA, 1993). با شمارش روزانه، تعداد بذرهای جوانه‌زده برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی مرتبط با بنیهٔبذر و گیاهچه به شرح زیر محاسبه شدند:

درصد جوانه‌زنی نهایی[1]: درصد جوانه‌زنی بااستفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید (ISTA, 1996).

(۶)

= درصد جوانه‌زنی نهایی
۱۰۰×(تعداد کل بذرهای کشت‌شده/تعداد بذرهای جوانه زده)

متوسط جوانه‌زنی روزانه[2]: این پارامتر شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است (Hunter, 1984). فرمول آن به‌صورت رابطه (۷) است.

$$MDG = \frac{FGP}{D}$$

(۷)

FGP= درصد جوانه‌زنی نهایی، D = تعداد روز تا پایان دوره اجرای آزمون

سرعت جوانه‌زنی روزانه[3]: عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است (Maguire, 1962).

$$DGS = \frac{1}{MDG}$$

(۸)

سرعت جوانه‌زنی[4]: محاسبه آن به‌صورت رابطه‌ی (۹) است (Maguire, 1962).

$$GR = \sum\left(\frac{n}{t}\right)$$

(۹)

n= تعداد بذر جوانه‌زده در زمان، t= تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی t

شاخص جوانه‌زنی بذر[5]: شاخص جوانه‌زنی بذر از مجموع نسبت تعداد کل بذرهای جوانه‌زده به تعداد روزهای پس از کاشت به‌دست‌آمده که در آن Ni برابر است با تعداد کل بذرهای جوانه‌زده تا روز iام و Ti شماره روز که برای نخود اولین شمارش در روز بعد از کاشت و آخرین شمارش در روز هشتم انجام گرفت (TeKrony & Egli, 1991). فرمول آن به‌صورت رابطه (۱۰) است.

$$\sum GI = \frac{Ni}{Ti}$$

(۱۰)

شاخص بنیه گیاهچه[6]: شاخص بنیه گیاهچه بااستفاده از رابطه (۱۱) به‌دست آمد (Agrawal, 2003).

(۱۱)

طول گیاهچه×درصد جوانه‌زنی نهایی= شاخص بنیهٔبذر

کارآیی استفاده از ذخایر بذر: بعد از اجرای آزمون رشد گیاهچه، وزن خشک گیاهچه‌ها و وزن خشک باقی‌مانده بذرها محاسبه شدند. در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر، کارآیی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر بذر مصرف‌شده بر اساس روابط ۱۲ تا ۱۴محاسبه شدند (Soltani, 2007).

1- Final germination percentage
2- Mean daily germination
3- Daily germination speed
4- Germination rate
5- Germination index
6- Seedling vigor index

جدول ۱- مشخصات توده‌های بذر نخود مورداستفاده در آزمایش

Table 1. Characteristics of chickpea seed lots in present study

محل و سال تولید Seed sourceand Production year	تیپ Type	رقم variety	توده بذر Seed Lot No.	محل و سال تولید Seed sourceand Production year	تیپ Type	رقم variety	توده بذر Seed Lot No.
kermanshah1390	Kabuli	Bivanij	8	kermanshah 1388	Kabuli	Hashem	1
kermanshah1390	Kabuli	Arman	9	kermanshah1390	Kabuli	Hashem	2
kermanshah 1388	Desi	Kaka	10	kermanshah 1388	Kabuli	Azad	3
kermanshah1390	Desi	Kaka	11	kermanshah1390	Kabuli	Azad	4
Sanandaj1390	Desi	Kaka	12	kermanshah1387	Kabuli	ILC-482	5
Sanandaj1390	Desi	pirooz	13	kermanshah1390	Kabuli	ILC-482	6
				kermanshah 1388	Kabuli	Bivanij	7

(۱۲)

= مقدار استفاده از ذخایر بذر

وزن خشک باقی‌مانده بذر- وزن اولیه بذرهای خشک

(۱۳)

= کارآیی استفاده از ذخایر بذر

مقدار استفاده از ذخایر بذر/ وزن خشک گیاهچه

(۱۴)

= کسر ذخایر بذر مصرف‌شده

وزن اولیه بذرهای خشک/ مقدار استفاده از ذخایر بذر

در این روابط، وزن اولیه بذرها با کم‌کردن رطوبت بذر از وزن اولیه بذرها به‌دست می‌آید.

جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C SPSS و Excel استفاده شد. همبستگی بین سرعت و درصد سبزشدن گیاهچه در مزرعه با آزمون‌های آزمایشگاهی توسط نرم افزارSPSS محاسبه شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال پنج‌درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه‌واریانس داده‌ها در مزرعه نشان‌داد که توده‌های بذری مختلف از نظر درصد سبزشدن نهایی، میانگین سبزشدن روزانه، سرعت سبزشدن روزانه، سرعت سبزشدن گیاهچه و شاخص سبزشدن (ظهور) گیاهچه در مزرعه در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌داری داشتند؛ ولی میان توده‌های بذر از نظر میانگین زمان لازم برای سبزشدن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که توده‌های بذری با سن و طول دورهٔ انبارداری بیش‌تر، درصد سبزشدن نهایی مزرعه، میانگین سبزشدن روزانه، سرعت سبزشدن گیاهچه و شاخص ظهور گیاهچه در مزرعهٔ کم‌تری را نشان‌دادند (جدول ۳). گزارش‌شده است که در نتیجه پیری بذر، درصد جوانه‌زنی بذر و ظاهرشدن گیاهچه (Saha & Sultana, 2008) و عملکرد گیاهان‌زراعی (Mohammadi *et al*., 2011) در مزرعه کاهش پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال در آزمایش حاضر، توده بذر بیونیج سال۹۰ از نظر صفات درصد سبزشدن نهایی، میانگین سبزشدن روزانه، سرعت سبزشدن روزانه، سرعت سبزشدن گیاهچه و شاخص سبزشدن گیاهچه نسبت به توده بذر بیونیج سال۸۸ برتر بود؛ بنابراین از بنیه بذر بالاتری هم برخوردار بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات موردبررسی در۱۳ توده بذر نخود در شرایط مزرعه

Table 2. Analysis of variance (Mean Squares) of traits in 13 chickpea seed lots under field conditions

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی df	درصد سبزشدن نهایی Final Emergence Percentage (%)	میانگین سبزشدن روزانه Mean Daily Emergence	سرعت سبزشدن روزانه Daily Emergence Speed	میانگین زمان لازم برای سبزشدن Mean Time to Emergence	سرعت سبزشدن گیاهچه Seed Emergence Speed	شاخص ظهور گیاهچه Field Emergence Index
تکرار Replication	3	53.098^{ns}	0.288^{ns}	0.00001^{ns}	1.688**	0.081^{ns}	51.193^{ns}
توده بذر Seed Lot	12	163.429**	4.80**	0.003**	0.505^{ns}	0.264**	223.110**
خطا Error	36	40.470	0.940	0.00001	0.302	0.078	47.428

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد

ns and **: non significant and significant at 1% level of probability respectively

گزارش شده است که زوال بذر در طی انبارداری باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت عملکرد گیاه در مزرعه خواهد شد (McDonald, 1999).

تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند پیری بذر رخ می‌دهد که نتیجه نهایی آن کاهش توان جوانه‌زنی و نموّ بذر است (McDonald, 1999). در طول دوره انبارداری درحالی‌که محتوی رطوبتی بذر پایین است، اکسیداسیون خودبه‌خود چربی‌ها موجب تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسیدهیدروژن (H_2O_2)، سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال هیدروکسیل (OH^-) معمولاً به عنوان مولکول‌های سمی موردتوجه هستند که تجمع آن‌ها باعث پراکسیداسیون چربی‌ها و غیرفعال‌شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای‌نوکلئیک و تخریب غشاهای سلول می‌شود (Bailly *etal*., 2000). نتایج آزمایش اخیر با نتایج Rama *et al*, (1999) و Basra (2003) در رابطه با اثر فرسودگی بذر روی گندم و پنبه مطابقت داشت. در نتایج آن‌ها، درصد سبزشدن گیاهچه تحت تأثیر زوال، کاهش معنی‌داری یافت. با این‌که ممکن است درصد جوانه‌زنی دو توده بذر با قدرت‌های متفاوت در آزمایشگاه تفاوتی با هم نداشته باشند، ولی در شرایط مزرعه و تنش، بذوری با قدرت بالاتر می‌توانند در مقایسه با بذوری با قدرت کم‌تر، سبزشدن بهتری داشته باشند. به‌طور نظری کیفیت بذر می‌تواند بر عملکرد گیاهان زراعی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم اثر بگذارد. اثر غیرمستقیم شامل درصد و زمان از کاشت تا سبزشدن (سرعت سبزشدن) می‌شود که از طریق تغییر تراکم گیاهی، آرایش فضایی و بقای محصول بر عملکرد اثر می‌گذارند (Ellis, 1992). نظر به‌این‌که با افزایش فرسودگی بذرها و کاهش بنیهٔ‌بذر، درصد و سرعت سبزشدن بذرها در مزرعه کاهش می‌یابد، در نتیجه در اثر کاهش تراکم بوته در واحد سطح، کاهش رقابت رویشی بین بوته‌ها، نورگیری خوب و از طرفی به‌علت پایین‌بودن قدرت رشد، بوته‌های فرسوده زودتر به‌گل‌رفته و در نتیجه زمان رسیدگی نیز کاهش می‌یابد و نهایتاً منجربه کاهش عملکرد می‌گردد (Gharineh, 2004). نتیجه این آزمایش با نتایج Durrant *et al*, (1993) و Steiner (1990) مطابقت داشت. افزایش متوسط زمان لازم برای سبزشدن در نتیجه زوال بذر در گیاهان ذرت و کلزا نیز گزارش‌شده است (Ghassemi-Golezani, 2011). علت بالابودن شاخص ظهور گیاهچه در بذرهای جدید، بالابودن درصد سبزشدن نهایی مزرعه می‌باشد که تحقیقات TeKrony & Egli (1995) این موضوع را ثابت می‌کند.

در شرایط آزمایشگاهی، تجزیه‌واریانس داده‌ها نشان‌داد که تمامی اثرات ساده و متقابل مربوط به تیمارهای توده‌بذر و سطوح پیری‌تسریع‌شده روی درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های قوی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه، مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف‌شده معنی‌دار گردید؛ ولی کارآیی استفاده از ذخایر بذر تحت تأثیر تیمارهای مذکور قرار نگرفت (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین توده‌های بذر نخود برای صفات موردبررسی در شرایط مزرعه

Table 3. Mean comparisons of chickpea seed lots for traits in field conditions

شاخص ظهور گیاهچه Emergence Index	سرعت سبزشدن گیاهچه Seedling Emerging Speed (seedling. day^{-1})	سرعت سبزشدن روزانه Daily Emerging Speed (seedling. day^{-1})	میانگین سبزشدن روزانه Mean Daily Emerging (day. seedling^{-1})	درصد سبزشدن نهایی Final Emergence Percentage(%)	توده‌های بذر مختلف Seed Lots No.
80.6 ef	2.57 de	0.0182 c	5.57 cde	78.9 cde	Hashem year 88
95.3 ab	3.01 abc	0.150 d	6.70 bcd	88.3 ab	Hashem year 90
74.1 f	2.39 e	0.210 a	4.89 e	71.9 e	Azad year 88
93.3 abcd	2.99 abc	0.142 fg	7.00 ab	88.3 ab	Azad year 90
79.7 ef	2.61 cde	0.187 b	5.39 de	77.3 de	ILC-482 year 87
87.5 bcde	3.02 ab	0.147 de	6.94 abc	87.5 abc	ILC-482 year 90
89.1 bcde	2.81 bcd	0.145 ef	7.04 ab	87.5 abc	Bivanij year 88
101.7 a	3.28 a	0.132 h	7.55 ab	95.3 a	Bivanij year 90
94.5 abc	3.13 ab	0.147 de	6.91 abc	90.6 ab	Arman year 90
84.4 de	2.96 abcd	0.140 g	7.17 ab	83.6 bcd	Kaka year 88
92.2 abcd	3.21 a	0.122 i	8.26 a	92.2 ab	Kaka year 90
85.2 cde	2.96 abcd	0.120 i	8.25 a	85.1 bcd	Kaka Sanandaj year 90
86.8 bcde	2.94 abcd	0.147 de	7.00 ab	85.9 bcd	pirooz Sanandaj year 90

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک‌حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد می‌باشند.

In each column, means with at least one similar letter are not different at 5% level.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌داد، اکثر توده‌های بذر جدید نسبت به قدیم مقادیر بیش‌تر درصد جوانه‌زنی نهایی، درصدگیاهچه قوی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه، مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف‌شده و مقادیر کم‌تر سرعت جوانه‌زنی روزانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۵). این روند در تمامی توده‌های بذر مورد بررسی مشاهده گردید. نتایج آزمون حاضر نشان‌داد، تفاوت بین توده‌های بذر قدیم و جدید به‌علت کاهش کیفیت و بنیهٔ بذر در اثر طول دورهٔ انبارداری و زوال بذر بود. زوال بذر یک فرآیند مستمر و پیوسته بوده و از قابلیت برگشت، برخوردار نیست، اما با نگه‌داری در شرایط مناسب دما و رطوبت سردخانه یا انبار، می‌توان سرعت زوال را کاهش داد. لذا نتیجه این آزمایش با نتایج Rama (1999) که گزارش نمود، بذرهای سالم گندم سرعت جوانه‌زنی بالاتر و در نتیجه درصد سبزشدن گیاهچه و عملکرد دانه بالاتری نسبت به ارقام پیرشده داشتند، مطابقت دارد. مقایسه میان توده‌های بذر متعلق به تیپ‌های کابلی و دسی مختلف نشان داد که توده‌های بذر تیپ‌دسی از کیفیت و بنیهٔ بذر بالاتری نسبت به توده‌های بذر تیپ کابلی برخوردارند، به‌طوری‌که مقادیر بیش‌تری از صفات مورد بررسی را به‌خود اختصاص داده‌اند. باتوجه به این‌که توده‌های بذر در شرایط مشابه آزمایش شده‌اند، احتمالاً دلیل این برتری، ناشی از ساختار ژنتیکی توده‌های بذر متعلق به تیپ‌دسی بوده است. نتایج مشابهی در مورد ساختار ژنتیکی بر بنیهٔ بذر گزارش شده است (Rebetzke & Richards, 1999). در تحقیقاتی که Rozrokh *et al*,(2002) و Damavandi *et al*, (2007) به‌ترتیب بر روی نخود، و سورگوم علوفه‌ای انجام دادند، بیان داشتند که با توجه به تأثیر قابل‌ملاحظه بنیهٔ بذر بر درصد و سرعت سبزشدن گیاهچه، ضرورت دارد در مقایسه ارقام، اثرات ساختار ژنتیکی مورد بررسی قرار گیرد. از دیگر عواملی که به نظر می‌رسد بر روی بنیهٔ بذر تأثیرگذار بوده است، اندازه بذر (وزن۱۰۰۰دانه) است که به‌طور مستقیم به‌میزان اندوخته غذایی بذر بستگی دارد. مطالعات نشان‌داده‌اند که بذور بزرگ‌تر و متراکم‌تر، گیاهچه‌هایی با بنیهٔ قوی‌تر تولید می‌کنند. اما سایر مطالعات در تشریح یک همبستگی بین اندازه بزرگ‌تر بذر و بنیه، ناتوان بودند. لذا نتایج این تحقیق با نتایج McDonald *et al*, (2004) و Moshatati *et al*,(2012) که اظهارداشتند با کاهش اندازه بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد، مطابقت ندارد.

جدول ۴- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) اثر توده‌های بذر نخود، پیری‌تسریع‌شده و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات جوانه‌زنی موردبررسی

Table 4. Analysis of variance (Mean- squares) of chickpea seed lots, accelerated aging and their interaction on germination characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	درصد گیاهچه‌قوی Strong Seedling Percentage	متوسط جوانه زنی روزانه Mean Daily Germination	سرعت جوانه زنی روزانه Daily Germination rate	شاخص جوانه زنی بذر Germination Index	طول ریشه چه Root length	طول ساقه چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک چه‌ساقه Shoot dry weight	شاخص بنیه گیاهچه Seedling Vigour Index	مقدار استفاده از ذخایر بذر Amount of translocated seed storage	کارایی استفاده از ذخایر بذر Efficiency of translocated seed storage	کسر ذخایر شده‌مصرف Quotient of translocated seed storage
توده بذر (Seed Lot)	12	33649**	34410**	0.055**	3016**	32.925**	754**	497**	147**	805**	364355**	7134**	8.744 ns	0.654**
پیری‌تسریع‌شده (Accelerated Aging)	15	42013**	40424**	0.069**	7605**	41.106**	1837**	565**	19161**	3729**	444527**	44031**	5.129 ns	0.545**
اثر متقابل SL× AA	180	1130**	1022**	0.002**	3027**	1.104**	35.1**	19.0**	45.3**	177**	8551**	2654**	6.659 ns	0.031**
خطا Error	624	47.647	47.308	0.001	547.13	0.047	4.11	2.239	8.715	19.27	720.441	369.63	6.526	0.005

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد

ns and **: not significant and significant at 1% level of probability, respectively.

در آزمایش حاضر، با افزایش سطوح پیری (دما و مدت زمان)، درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه قوی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، شاخص جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه، مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف شده، کاهش و سرعت جوانه‌زنی روزانه که عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است، افزایش یافت (جدول ۶).

نتایج این تحقیق با مشاهدات Basra (2003) بر روی پنبه و Gharineh *et al,* (2004) روی گندم که گزارش‌کردند تیمار پیری‌تسریع‌شده باعث کاهش درصد و سرعت سبزشدن، رشد گیاهچه و استقرار مناسب گیاهچه می‌شود، مطابقت دارد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌داد که اغلب ارقامی که شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه، سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن بالایی در مزرعه داشتند، از لحاظ درصد جوانه‌زنی نیز برتر بودند. گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد پیری بذر منجر به کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، بنیه گیاهچه و درصد گیاهچه‌های عادی در نخود (Kapoor *et al.*, 2010)، سویا (Mohammadi *et al.*, 2011)، گندم (Verma *et al.*, 2003)، پنبه (Mosavi Nik *et al.*, 2011) و برنج (Tilebeni & Golpayegani, 2011) گردید. در این بررسی، با افزایش دما و مدت‌زمان پیری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۶). بیش‌ترین میزان این صفت در شاهد و کم‌ترین مقدار این صفت در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه و مدت‌زمان ۱۴۴ساعت مشاهده شد (جدول ۶). دلایل متعدد بیوشیمیایی و متابولیکی برای کاهش توان جوانه‌زنی بذرها عنوان‌شده است که از آن جمله می‌توان به، پراکسیداسیون چربی‌ها و خسارت به غشاهای سلول، همچنین آسیب به فرآیند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیرفعال‌شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Lehner *et al.*, 2008). یکی دیگر از صفات مهم تعیین‌کننده قدرت بذر در گیاهان‌زراعی، درصد گیاهچه‌های نرمال قوی است. با افزایش دما و مدت‌زمان پیری، درصد گیاهچه‌قوی توده‌های مختلف بذر نخود کاهش یافت (جدول ۶). بیش‌ترین درصد گیاهچه قوی مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین درصد گیاهچه قوی در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه سانتی‌گراد با مدت‌زمان ۱۴۴ساعت به‌دست آمد (جدول ۶). لذا نتیجه این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق Soltani *et al*, (2008) که نشان‌دادند، با افزایش زمان انبارداری بذور گندم و ذرت درصد گیاهچه‌های نرمال قوی کاهش می‌یابد، مطابقت داشت. با افزایش سطوح پیری (دما و مدت‌زمان بالاتر) متوسط جوانه‌زنی روزانه کاهش و سرعت جوانه‌زنی روزانه که عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است، افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین متوسط جوانه‌زنی روزانه در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار این صفت در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه سانتی‌گراد و مدت‌زمان ۱۴۴ساعت مشاهده شد (جدول ۶). لذا نتیجه این تحقیق با نتایج Mc Donald *et al,* (2004) مطابقت دارد. نامبردگان گزارش نمودند، فرسودگی بذر بر روی ذرت و سورگوم منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. همان‌طورکه مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، با افزایش سطوح پیری (دما و مدت‌زمان) شاخص جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد. بیش‌ترین مقدار شاخص جوانه‌زنی بذر در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار این صفت در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۱۴۴ساعت مشاهده شد (جدول ۶). شاخص جوانه‌زنی بذر ارتباط مستقیمی با کیفیت و قدرت‌زیست بذرها دارد. به‌عبارتی هرچه کیفیت بذرها مناسب‌تر باشد، درصد جوانه‌زنی و تعداد بذرهای جوانه‌زده بیش‌تر و در نتیجه شاخص جوانه‌زنی بالاتر خواهد بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد با افزایش شدت پیری (دما و مدت‌زمان)، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. همان‌طورکه مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد بیش‌ترین طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین میزان طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه سانتی‌گراد با مدت‌زمان ۱۴۴ساعت می‌باشد (جدول ۶). Mc Donald *et al,* (1999) اعلام‌کردند که مناطق مریستمی جنین، به‌خصوص ریشه‌چه تحت تأثیر زوال‌بذر قرار می‌گیرند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. بذور با بنیهٔ کم ممکن است جوانه بزنند، ولی به‌علت کاهش طول ساقه‌چه نمی‌توانند سبز شوند و از این طریق درصد سبزشدن در مزرعه کاهش می‌یابد. از طرفی ساقه‌های کوتاه‌تر به‌واسطه وزن خشک کم‌تر در مقایسه با ساقه‌های طویل‌تر دارای قدرت سبزشدن پایین‌تری هستند (Matthews *et al.*, 2006). هم‌چنین نتایج حاصل از کار Bingham *et al,* (1994) که به‌بررسی اثر پیری تسریع‌شده بر روی ذرت پرداخته بودند، این یافته‌ها را اثبات می‌کند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که پیری‌زودرس سرعت رشد ریشه‌چه و غلاف ساقه‌چه را کاهش داد، ولی تنها تیمارهای شدیدتر پیری‌زودرس توانست جوانه‌زنی را به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار دهد. کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش سطوح پیری (دما و مدت‌زمان) در این آزمایش با نتایج Soltani *et al*, (2006; 2008) مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین تودهای بذر نخود از نظر خصوصیات جوانه‌زنی در آزمون پیری تسریع‌شده

Table 5. Mean comparisons of chickpea seed lots in terms of germination characteristics in accelerated aging test

کسر ذخایر شده‌مصرف Quotient of Translocated Seed Storage	مقدار استفاده از ذخایر بذر Amount of translocated seed storage (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling Vigor Index	وزن خشک چه‌ساقه Shoot Dry Weight (mg)	وزن خشک ریشه‌چه Root Dry Weight (mg)	طول ساقه Shoot چه Length (cm)	طول ریشه‌چه Root Length (cm)	شاخص جوانه زنی بذر Germination Index	سرعت جوانه زنی روزانه Daily Germination Speed	متوسط جوانه زنی روزانه Mean Daily Germination	درصد گیاهچه‌قوی Strong Seedling Percentage	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	تودههای مختلف بذر Different Seed Lots
0.236 ef	63.45 fg	102.6 gh	16.74 f	9.52 ef	6.48 f	8.22 e	1.307 f	20.90 abc	0.054 de	39.88 f	41.75 f	Hashem year 88
0.251 de	67.53 ef	121.8 e	18.81 e	10.03 de	7.08 e	9.56 d	1.470 e	19.95 abc	0.060 cd	44.44 e	47.00 e	Hashem year 90
0.250 de	76.30 cd	100.3 h	18.37 e	10.90 cd	6.46 f	8.99 d	1.326 f	24.23 ab	0.054 de	40.94 f	42.38 f	Azad year 88
0.262 d	71.64 de	119.7 ef	19.50 e	11.0 bcd	7.15 e	9.21 d	1.516 e	19.76 abc	0.062 cd	46.56 e	48.44 e	Azad year90
0.210 g	56.52 h	110.5 fg	14.69 g	8.95 fg	5.99 fg	7.83 e	1.345 f	15.00 cd	0.055 de	41.56 f	43.00 f	ILC-482 year 87
0.293 c	83.07 b	131.6 d	22.75 c	11.94 b	8.29 d	10.31 c	1.628 d	27.28 a	0.067 c	50.50 d	52.00 d	ILC-482 year 90
0.212 fg	81.13 bc	76.8 i	18.96 e	11.35 bc	5.52 g	7.06 f	1.119 g	25.52 a	0.046 e	34.19 g	35.75 g	Bivanij year 88
0.271 cd	91.92 a	112.6 ef	23.52 bc	13.36 a	7.25 e	9.49 d	1.481 e	27.07 a	0.061 cd	46.19 e	47.31 e	Bivanij year 90
0.225 fg	59.25 gh	95.8 h	16.71 f	9.53 ef	6.20 f	7.99 e	1.174 g	16.52 bcd	0.048 e	35.56 g	37.50 g	Arman year 90
0.418 b	61.58 fgh	235.7 c	21.23 d	9.05 efg	11.75 c	14.66 b	2.648 c	11.46 d	0.108 b	83.56 c	84.63 c	Kaka year 88
0.478 a	64.33 fg	274.3 a	23.98 bc	8.40 g	12.56 ab	16.06 a	2.972 a	8.48 d	0.122 a	93.50 a	95.00 a	Kaka year 90
0.478 a	65.04 efg	278.9 a	24.57 b	8.74 fg	12.87 a	16.15 a	2.972 a	8.54 d	0.122 a	93.69 a	95.00 a	Kaka Sanandaj year 90
0.398 b	77.23 bcd	256.0 b	26.38 a	12.03 b	12.19 bc	15.69 a	2.728 b	10.73 d	0.112 ab	86.56 b	87.19 b	pirooz Sanandaj year 90

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

In each column, means with at least one similar letter are no different at 5% level

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح پیری تسریع‌شده از نظر صفات جوانه‌زنی

Table 6. Mean comparisons of accelerated aging levels in terms of germination characteristics.

کسر ذخایر شده‌مصرف Quotient of Translocated Seed Storage	مقدار استفاده از ذخایر بذر Amount of translocated seed storage (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling Vigor Index	وزن خشک چمساقه Shoot Dry Weight (mg)	وزن خشک ریشه‌چه Root Dry Weight (mg)	طول ساقه چه Shoot Length (cm)	طول ریشه‌چه Root Length (cm)	شاخص جوانه زنی بذر Germination Index	سرعت جوانه زنی روزانه Daily Germination Speed	متوسط جوانه زنی روزانه Mean Daily Germination	درصد گیاهچه‌قوی Strong Seedling Percentage	درصد جوانه‌زنی نهایی Final Germination Percentage	
0.428 a	103.30 a	323.8 a	30.36 a	20.43 a	12.37 a	20.87 a	3.04 a	8.22 d	0.125 a	97.08 a	97.38 a	(Control)شاهد
0.391 bc	94.32 bc	279.1 b	28.19 b	19.16 b	11.20 c	18.99 b	2.86 b	8.81 d	0.117 ab	89.38 b	91.69 b	$C^{\circ}41_{9}$ 48 h
0.370 cd	89.49 cd	260.1 c	27.79 b	15.66 c	11.88 ab	17.80 c	2.68 c	9.60 d	0.110 bc	83.31 c	85.95 c	$C^{\circ}41_{9}$ 72 h
0.340 e	80.94 e	183.1 f	24.48 c	13.55 d	9.93 d	12.63 f	2.45 d	10.82 d	0.101 cd	73.77 d	78.38 d	$C^{\circ}41_{9}$ 96 h
0.348 de	83.64 de	112.7 h	24.08 c	9.53 f	9.13 e	9.31 h	1.50 g	38.42 ab	0.062 e	47.38 g	47.92 g	$C^{\circ}41_{9}$ 120 h
0.240 f	51.86 f	85.2 i	16.32 e	5.51 i	6.32 g	6.85 j	0.975 i	32.58 bc	0.040 f	31.08 i	31.15 i	$C^{\circ}41_{9}$ 144 h
0.409 ab	100.70 ab	238.7 d	27.47 b	15.49 c	11.08 c	16.53 d	2.67 c	9.56 d	0.109 bc	84.38 c	85.54 c	$C^{\circ}43_{9}$ 48 h
0.377 c	91.48 c	216.8 e	26.75 b	13.76 d	11.48 bc	14.0 e	2.62 c	9.88 d	0.106 bc	82.62 c	83.85 c	$C^{\circ}43_{9}$ 72 h
0.366 cde	87.78 cde	160.4 g	24.24 c	11.16 e	9.59 d	11.03 g	2.17 e	13.14 d	0.090 d	65.08 e	69.46 e	$C^{\circ}43_{9}$ 96 h
0.368 cd	88.60 cd	109.8 h	21.86 d	8.25 g	8.42 f	7.87 i	1.71 f	26.39 c	0.071 e	53.62 f	54.92 f	$C^{\circ}43_{9}$ 120 h
0.210 g	43.50 g	82.4 i	12.44 f	4.16 j	5.41 h	5.32 k	1.06 h	27.35 c	0.044 f	33.69 hi	34.08 h	$C^{\circ}43_{9}$ 144 h
0.386 bc	91.13 c	218.1 e	27.74 b	15.31 c	11.58 bc	15.76 d	2.40 d	11.29 d	0.098 cd	74.85 d	76.69 d	$C^{\circ}45_{9}$ 48 h
0.248 f	51.45 f	81.8 i	15.43 e	6.79 h	6.45 g	6.53 j	1.07 h	43.62 a	0.045 f	34.00 h	34.46 h	$C^{\circ}45_{9}$ 72 h
0.183 g	34.70 h	66.6 j	9.77 g	3.86 j	4.35 i	5.15 k	0.80 j	23.72 c	0.033 fg	25.15 j	25.85 j	$C^{\circ}45_{9}$ 96 h
0.138 h	21.13 i	39.85 k	6.29 h	1.80 k	3.14 j	3.14 l	0.57 k	5.21 d	0.023 gh	17.85 k	18.31 k	$C^{\circ}45_{9}$ 120 h
0.111 h	17.07 i	23.53 l	4.46 i	1.54 k	2.55 k	2.04 m	0.50 k	11.14 d	0.020 h	14.00 l	16.00 k	$C^{\circ}45_{9}$ 144 h

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

In each column, means with at least one similar letter are no different at 5% level

کاهش وزن خشک گیاهچه می‌تواند به‌علت کاهش میزان پویایی ذخایر بذر یا کاهش کارآیی تبدیل ذخایر پویا باشد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. با افزایش دما و مدت‌زمان پیری‌تسریع‌شده، شاخص بنیه گیاهچه کاهش شدیدتری را نسبت به شاهد نشان‌داد؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص بنیه گیاهچه مربوط به شاهد و کم‌ترین میزان این صفت در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه و به‌مدت ۱۴۴ساعت مشاهده گردید (جدول ۶). Kapoor *et al*, (2010) با بررسی تأثیر پیری تسریع‌شده روی جوانه‌زنی و رشد ارقام مختلف نخود نشان‌دادند که به‌دنبال اِعمال تیمار پیری بذر، شاخص بنیه گیاهچه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که واکنش ارقام مختلف از این لحاظ متفاوت بود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. کاهش شاخص بنیه گیاهچه ناشی از کاهش اجزاء آن یعنی درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه است. کاهش بنیه گیاهچه در اثر پیری در مطالعات دیگر نیز گزارش‌شده است (Sung & Jeng, 1994; Sung, 1996). تیمار پیری‌تسریع‌شده با کاهش‌دادن بنیه گیاهچه باعث کاهش درصد سبزشدن و استقرار مناسب گیاهچه می‌شود که می‌تواند در نهایت عملکرد محصول را کاهش دهد. بذرها در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دارای بالاترین میزان بنیهٔ بذر هستند و نگه‌داری طولانی‌مدت آن‌ها در شرایط طبیعی موجب کاهش تدریجی بنیه آن‌ها می‌شود (Goel& Sheoran, 2003). در مورد علت کاهش بنیه گیاهچه در طی انبارداری و پیری‌زودرس دلایل مختلفی عنوان شده که مهم‌ترین آن افزایش پراکسیداسیون چربی بر اثر حمله رادیکال‌های آزاد است که باعث بهم‌خوردن ساختار غشاءهای سلولی می‌شوند (Bailly, 2000). با افزایش سطوح پیری (دما و مدت) مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف‌شده به‌صورت تقریباً خطی کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف‌شده مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف‌شده در تیمار پیری با دمای ۴۵درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۴۴ساعت مشاهده شد (جدول ۶). نتایج این آزمایش با یافته‌های Dell Aquila (1994) مطابقت دارد. نام‌برده طی آزمایشات خود بر روی اثر فرسودگی بذر بر تخلیه ذخایر و رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم بیان‌کرد که رشد هتروتروفیک بر اساس دو جزء، ذخایر بذر انتقال‌یافته یا پویاشده و کارآیی ذخایر انتقال به‌بافت گیاهچه تقسیم می‌شود که وجود فرسودگی باعث کاهش این ذخایر و تخریب آنزیم‌های آلفا و بتاآمیلاز و در نتیجه آن، کاهش روند جوانه‌زنی گیاه می‌گردد. در خلال فرسودگی، گلوکز افزایش می‌یابد که این خود، باعث افزایش تنفس و کاهش سنتز پروتئین‌ها در بذور می‌شود. کاهش سنتز پروتئین نهایتاً باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های جوانه‌زنی و در نهایت درصد سبزشدن گیاهچه و عملکرد نهایی می‌گردد.

در این مطالعه، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نتایج آزمون‌های پیری‌تسریع‌شده با درصد و سرعت سبزشدن در مزرعه وجود داشت. شایان ذکر است، به‌علت تعدد صفات در هر آزمون پیری‌تسریع‌شده، فقط دو صفت که دارای بیش‌ترین ضریب همبستگی با سرعت و درصد سبزشدن در مزرعه بودند، انتخاب شدند که در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه شده‌اند. باتوجه به جدول همبستگی‌ها مشاهده می‌شود درصد سبزشدن گیاهچه بیش‌ترین همبستگی را با وزن خشک ساقه‌چه در آزمون پیری تسریع‌شده با دمای ۴۳درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۴۸ساعت و طول ریشه‌چه در آزمون پیری‌تسریع‌شده با دمای ۴۳درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۷۲ساعت داشت (جدول۷). هم‌چنین سرعت سبزشدن گیاهچه بیش‌ترین همبستگی را با طول ریشه‌چه در آزمون پیری‌تسریع‌شده با دمای ۴۱درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۷۲ساعت و وزن خشک ساقه‌چه در آزمون پیری‌تسریع‌شده با دمای ۴۳درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۷۲ ساعت نشان‌داد (جدول۸).Wen & Kung-Cheheng (1990) در مطالعه خود روی بذر سورگوم نشان‌دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بنیهٔبذر با درصد سبزشدن در مزرعه وجود داشت. مطالعات Gharineh *et al*, (2004) نشان‌داد که سرعت و درصد سبزشدن، پوشش‌سبز زمین و عملکرد دانه سبز گندم تحت تأثیر تیمارهای اعمال پیری بذر قرار گرفت. آن‌ها گزارش‌دادند که کیفیت بذر می‌تواند از طریق تغییر در درصد و سرعت سبزشدن گیاهچه، بر رویش و استقرار اولیهٔ گیاهچه تأثیر بگذارد که این اثر می‌تواند در طول دورهٔ رشد ادامه‌یافته و در نهایت بر عملکرد دانه در مزرعه تأثیر بگذارد. نتایج آزمایش حاضر نشان‌داد که در بین آزمون‌های انجام‌شده، آزمون پیری‌تسریع‌شده با دمای ۴۱درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ساعت و آزمون پیری‌تسریع‌شده با دمای ۴۳درجه سانتی‌گراد و به‌مدت‌های ۴۸ و ۷۲ساعت قابلیت بالایی برای پیش‌بینی درصد و سرعت سبزشدن گیاهچه در مزرعه را داشتند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد، این آزمون‌های آزمایشگاهی جهت ارزیابی بنیهٔبذر نخود در شرایط مزرعه قابل‌توصیه باشند.

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات انتخاب شده در آزمون‌های پیری تسریع‌شده بذر نخود در آزمایشگاه با سرعت سبزشدن گیاهچه در مزرعه

Table 8. Correlation coefficients between selected traits in accelerated aging tests under laboratory test with seedling emergence rate under field conditions in chickpea

41°C, 48h	41°C, 72h	41°C, 96h	41°C, 120h	41°C, 144h	43°C, 48h	43°C, 72h	43°C, 96h	43°C, 120h	43°C, 144h	45°C, 48h	45°C, 96h	45°C, 144h
طول ساقه‌چه Shoot Length	طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Shoot Length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	طول ساقه‌چه Shoot Length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight
0.393**	0.485**	0.368**	0.434**	0.341**	0.428**	0.486**	0.467**	0.245*	0.358**	0.390**	0.396**	0.243*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

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

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات انتخاب‌شده در آزمون‌های پیری‌تسریع‌شده بذر نخود در آزمایشگاه با درصد سبزشدن گیاهچه در مزرعه

Table 7.Correlation coefficients between selected traits in accelerated aging tests under laboratory test with seedling emergence percentage under field

41°C, 48h	41°C, 72h	41°C, 96h	41°C, 120h	41°C, 144h	43°C, 48h	43°C, 72h	43°C, 96h	43°C, 120h	43°C, 144h	45°C, 48h	45°C, 96h
طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Shoot Length	طول ریشه‌چه Root Length	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor Index	طول ریشه‌چه Root Length	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	سرعت جوانه‌زنی روزانه Daily Germin. Rate	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight
0.269*	0.282*	0.412**	0.327**	0.274*	0.441**	0.365**	0.245*	0.278*	0.500**	0.503**	0.245*	0.499**	0.344**	0.279*	0.328**	0.407**	0.363**	0.323**

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

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

منابع

1. Agrawal, R. 2003. Seed Technology .Pub .Co .PVT. LTD. New Delhi .India.
2. Akbari Gh.A., Ghasemi Pirbalouti M., Najaf Abadi Farahani M., and Shahverdi, M. 2004. Effect of harvesting time on soybean seed germination and vigor. Journal of Agriculture 6: 9-18. (In Persian with English Summary)
3. Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993. Seed Vigor Testing Handbook. No 45, 157pp.
4. Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., and Come, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science Research 10: 35-42.
5. Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal N., and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. Seed Science and Technology 31: 531-540.
6. Benbest. 2007. Mechanism of aging. www.benbest.com/ lifeext/aging.html.
7. Bingham, I., Harris, J.A., and MacDonald, L. 1994. A comparative study of radicle and coleoptile extension in maize seedlings from aged and un-aged seed. Seed Science and Technology 22: 127-139.
8. Bishnoi, U.R., and Santos, M.M. 1996. Evaluation of seed of three mungbean cultivars for storability, quality and field performance. Seed Science and Technology 24: 237-243.
9. Chhetri, D.R., Rai, A.S., and Bhattacharjee, A. 1993. Chemical Manipulation of seed longevity of four crop species in an unfavorable storage environment. Seed Science and Technology 21: 31-44.
10. Damavandi, A., Latifi, N., and Dashtban, A.R. 2007. Evaluation of Seed vigour tests and its field efficiency in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14(5): 17-24. (In Persian with English Summary).
11. De Figueiredeo, E., Albuquerque, M.C., and Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflowers (*Helianthus annua* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seed with different levels of vigor. Seed Science and Technology 31: 531-540.
12. Dehghanshoar, M., Hamidi, A., and Mobasser, S. 2005. Handbook of Vigour Test Methods. Agricultural Education Press. 193 pp. (In Persian).
13. Dell Aquila, A. 1994. Wheat seed ageing and embryo protein degradation. Seed Science Research 4: 239-298.
14. Durrant, M.J., Mash, S.J., and Jaggard, K.W. 1993. Effect of seed advancement and sowing date on establishment, bolting and yield of sugar beet. Journal of Agricultural Science 121: 333-341.
15. Ellis, R.H., and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology 9: 377-409.
16. Ellis, R.H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. Plant Growth Regulation 11: 249-255.
17. Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A.M., and Ghassemi-Golezani, K. 2004. Effects of viability and vigour of seed on establishment and grain yield of wheat cultivars in field conditions. Seed and Plant Improvement Journal 20(3): 383-400. (In Persian with English Summary).
18. Ghassemi-Golezani, K., Dalil, B., Moghaddam, M., and Raey, Y. 2011. Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 39(2): 160-163.
19. Goel, A., and Sheoran, I.S. 2003. Lipid peroxidation and peroxide- scavenging enzyme in cotton seeds under natural ageing. Biology Plant 46: 429-434.
20. Gusta, L.V., Johnson, E.V., Nesbitt, N.T., and Klikland, K.J. 2003. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. Canadian Journal of Plant Science 84: 463-471.
21. Hampton, J.G., and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of Vigour Test Methods (3rd Ed.). International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland .117p.
22. Hampton, J.G. 2003. Methods of viability and vigour testing: a critical and appraisal. In: A.S. Basra, (Ed.). Seed Quality, Basic Mechanisms and Agricultural Implications. CBS Publishers and Distributers, New Delhi, India. p. 81-118.
23. Heydecker, W. 1977. Stress and seed germination: an agronomic view. In: A. Khan (Ed.). The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. Elsevier/North Holland and Biomedical Press, Amsterdam. p. 237-282.
24. Hunter, E.A., Glasbey, C.A., and Naylor, R.E.L. 1984. The analysis of data from germination tests. Journal of Agricultural Science Cambridge 102: 207-213.
25. International Seed Testing Association (ISTA). 2012. International Rules for Seed Testing, 2012 edn. Bassersdorf, Switzerland: The International Seed testing Association (ISTA).
26. International Seed Testing Association (ISTA). 2003. Handbook for Seedling Evaluation (3rd. Ed.). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 223pp.

27. International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rules for Seed Testing. Supplement to Seed Science and Technology, 24, Supplement.
28. Khalaj, H. 2006. Investigation of different hardness of drought stress during growth and development period on quality characteristics and vigourity of winter rapeseed cultivars. MSc. Thesis. University Tehran. 148 pp.
29. Kapoor, N., Arya, A., Siddiqui, M.A., Amir, A., and Kumar, H. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. Asian Journal of Plant Sciences 9(3): 158-162.
30. Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M., and Moharir, A.V. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum* L.) and soybean (*Glycine max* L.) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Science and Technology 31: 541-550.
31. Lehner, A., Mamadou, N., Poels, P., Come, D., Bailly, C., and Corbineau, F. 2008. Change in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during aging in wheat grains. Journal of Cereal Science 47(3): 555-565.
32. Maguire, J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science 2: 176-177.
33. Makkawi, M., El Balla., M. Bishaw, Z., and Van Gastel, A.J.G. 1999. The relationship between seed vigor tests and field emergence in lentil. Seed Science and Technology 27: 657-668.
34. Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology 34: 339-347.
35. McDonald, C.M., Floyd, C.D., and Waniska, R.D. 2004. Effect of accelerated aging on maize, sorghun and sorghum. Journal of cereal Science 39: 351- 301.
36. McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology 27: 177-237.
37. Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H.R., and Zeinali, E. 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production 5(1): 65-70.
38. Moshatati, A., and Gharineh, M.H. 2012. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(8): 458-460.
39. Mosavi Nik, S.M., Gholami tilebeni, H., Kord firouz jae, Gh., Sadeghi, M., and Sedighi, E. 2011. Free fatty acid and electrical conductivity changes in cotton seed (*Gossypium hirsutum* L.) Under seed deteriorating conditions. International Journal of Agriculture Science 1(2): 62-66.
40. Murthy, U.M.N., Kumar, P.P., and Sun, W.Q. 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiate* Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. Journal of Experimental Botany 54: 1057-1067.
41. Pandey, P.K., Goyal, R.D., Parakash, V.R., Katiyar, P., and Singh. 1990. Association between laboratory vigour tests and field emergence in cucurbits. Seed Research 18: 43-40.
42. Rajjou, L., and Debeaujon, I. 2008. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. Comptes Rendus Biologies 331: 796-805.
43. Rama, C., kumara, P., singh, O., and Sadana, R.k. 1999. Relationship between seed vigoar tests and field emergence in chickpea. Seed Science and Technology 17: 169-173.
44. Rebetzke, G.S., and Richards, R.A. 1999. Genetic improvement of early vigour in wheat. Australian Journal Arabic Research 50: 291-301.
45. Roberts, E.H., and Osei-Bonsu, K. 1988. Seed and seedling vigour. R.J. Summer Field. (Ed.) word crops: cool season food legumes London, p. 897-970.
46. Rozrokh, M., Ghasemi Golozani, K., and Javanshir, A. 2002. Relation between seed vigour and field performance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agriculture Research Seed and Plant Improvement Institute 18(2): 156-162. (In Persian with English Summary).
47. Saha, R.R., and Sultana, W. 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. Bangladesh Journal Botany 37: 6-21.
48. Salvucci, M.E., and Crafts Brandner, S.J. 2004. Inhibition of photosynthesis by heat stress: the activation state of Rubisco as a limiting factor in photosynthesis. Physiologia Plantarum 120: 179-186.
49. Scott, S.J., Jones, R.A., and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science 24: 1192-1199.
50. Soltani, E., Ghaderi, A., and Memar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seeding growth of cotton seeds under drought. Journal Agricultural Science Natural Research 14(5): 9-16. (In Persian with English Summary).

51. Soltani, A., Kamkar, B., Galeshi, S., and Akram Ghaderi, F. 2007. Effect of seed storage on resource depletion and heteroterophic growth of wheat seedling. Iranian Journal of Agricultural Science 15: 229-259. (In Persian with English Summary).
52. Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling of wheat as affected by drought and salinity. Environmental Experimental Botany 55: 195-200.
53. Steiner, J.J. 1990. Seedling rate of development index: indicator of vigor and seedling growth response. Crop Science 30: 1264-1271.
54. Sung, J.M. 1996. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging in soybean seeds during aging. Physioligia Plantarum 97: 85-89.
55. Sung, J.M., and Jeng, T.L. 1994. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. Physioligia Plantarum 91: 51-55.
56. TeKrony, D.M., and Egli, D.B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: A Review. Crop Science: 31: 816-822.
57. Tilebeni, G.H., and Golpayegani, A. 2011. Effect of seed ageing on physiological and biochemical changes in rice seed (*Oryza sativa* L.). International Journal of AgriScience 1(3): 138-143.
58. Wen, S.H.T., and Kung-Cheheng, M.E. 1990. Relationship between seed health, seed vigour and the performance of sorghum in the field. Seed Science and Technology 18: 713-719.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 9-24

Calibration of accelerated aging test as a vigor test to predict the seedling emergence of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in field conditions

Bayat[1], P., Ghobadi[2]*, M., Ghobadi[2], M.E. & Mohammadi[2], G.

1. MSc. in Agronomy, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 15 April 2014
Accepted: 14 April 2015

Introduction

International Seed Testing Association (ISTA) defined seed vigour as "the sum of those properties of the seed which determine the level of activity and performance of the seed or seed lot during germination and seedling emergence". In any seed lot, losses of seed vigour results in the reduction of the ability of seeds to carry out all the physiological functions that allow them to perform. This process, called physiological ageing, starts before harvest and continues during harvest, processing and storage. Any given seed vigour test must be able to provide a more sensitive index of seed quality than the germination test and provide a consistent ranking of seed lots in terms of their potential performance. It must also be objective, rapid, simple and economically practical, reproducible and interpretable. Internationally, many vigour tests have been proposed such as standard germination test, cold test, electrical conductivity test, hiltner test, tetrazolium test, controlled deterioration test, accelerated aging test, etc. The accelerated aging test provides valuable information on storage and seedling field emergence potentials. In the accelerated aging test, seeds are hydrated to a specific level when exposed to relatively high temperature (40 to 45 ^{o}C) and humidity (around 100 % relative Humidity). Following this aging treatment, seeds are subjected to a germination test and higher vigor seed lots tolerate this aging condition better than lower vigor seed lots and produce a higher percentage of normal seedlings. In this study, chickpea seed lots were exposed to different temperatures and durations in order to calibration of accelerated aging test to predict the seedling emergence under field conditions.

Materials and Methods

This research was conducted as two laboratory and field tests at Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, in 2012. In the laboratory test, accelerated aging treatments (temperature and duration) including 41, 43, and 45 ^{o}C and duration 0 (control), 48, 72, 96, 120, and 144 h were performed on 13 chickpea seed lots. Following this aging treatment, seeds were subjected to standard germination test and different traits (including final germination percentage, mean daily germination, daily germination speed, germination rate, germination index, seedling vigor index, and efficiency of seed storage usage) were evaluated. Theses 13 seed lots belonged to both kabloli (Hashem, Azad, ILC-482, Bivanij, Arman cultivars) and desi (Kaka and Pirooz cultivars) types. In the field tests, these 13 chickpea seed lots were planted as a randomized complete block design with four replications. In field test, different seedling traits (including final emergence percentage, mean time to emergence, mean daily emergence, daily emergence speed, emergence rate, and field emergency index) were evaluated. Finally, correlation of different traits related to seed vigor in the laboratory test was determined with percentage and rate of seedling emergence in the field.

Results and Discussion

Analysis of variance in the laboratory test showed that the effects of seed lots, accelerated aging treatments and their interaction were significant on all above mentioned

* **Corresponding author:** ghobadi.m@razi.ac.ir, Mobile: +98 9183398042

traits except for efficiency of seed storage usage. Different levels of accelerated aging treatments had significant effects on germination characteristics, so that germination characteristics were decreased with increasing of temperature and duration in accelerated aging test. In the field test, chickpea seed lots were different significantly in most seedling traits. Means comparison of laboratory and field experiments showed that the new seed lots had higher germination and vigor characteristics than the old seed lots. Correlation analysis showed that, shoot dry weight in the accelerated aging test under 43 ^{o}C , 48 h and root length under 43 ^{o}C, 72 h had the highest correlation with seedling emergence percentage in the field test. Root length under 41 ^{o}C, 72 h and shoot dry weight under 43 ^{o}C, 72 h had the highest correlation with seedling emergence rate in the field test, too.

Conclusion

It seems that accelerated aging test is recommendable to predict the seedling emergence of chickpea in field conditions. The accelerated aging test under 41 ^{o}C, 72 h and 43 ^{o}C, 48 h had the highest correlation with both percentage and rate of seedling emergence in the field test.

Key words: Deterioration, Germination, Seedling emergence, Seed lot, Seed vigor

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۳۶-۲۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 25-36

اثر فتوپریود بر جنین‌زایی رویشی در اندام‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.)

علی‌اکبر مظفری[1*] و کژال کمانگر[2]

۱- استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج

۲- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۰

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی قابلیت جنین‌زایی‌رویشی اندام‌های برگ، اپی‌کوتیل و هیپوکوتیل دو رقم نخود "پیروز" و "کاکا" روی محیط‌کشت پایهٔ موراشیگ و اسکوگ(MS) در شرایط تاریکی و روشنایی انجام شد. جهت ایجاد کالوس‌جنین‌زا، از محیط‌کشت MS حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد، ۲،۴-دی‌کلرواستیک‌اسید (2,4-D) و نفتالین‌استیک‌اسید(NAA) هر کدام در غلظت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ میلی‌گرم در لیتر و همچنین تیدیازورون(TDZ) و پیکلورام در غلظت‌های ۱، ۱/۵، ۲و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. صفات موردمطالعه عبارت بودند از: کالوس‌زایی، جنین‌زایی، فراوانی جنین‌های کروی‌شکل، قلبی‌شکل و لپه‌ای و درصد جنین‌های نمویافته در هر ریزنمونه. داده‌ها بر اساس روش آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل گردیدند. نتایج نشان‌داد اکسین‌ها نسبت به سیتوکنین‌ها روی کالوس‌زایی تأثیر بیشتری داشتند. بیشترین فراوانی جنین‌زایی در محیط‌کشت ۲میلی‌گرم در لیتر 2,4-D از ریزنمونه هیپوکوتیل در رقم کاکا در شرایط تاریکی مداوم حاصل شد. برای توسعه و بلوغ جنین، کالوس‌های دارای جنین‌های کروی به محیط‌کشت پایهٔ MS حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف انتقال داده‌شدند. فراوانی جنین‌زایی و شرایط تاریکی بیش‌تر از شرایط نوری بود. بالاترین درصد توسعه جنین کروی به جنین قلبی و سپس به لپه‌ای از ریزنمونه برگ رقم کاکا در محیط‌کشت حاوی تنظیم‌کننده‌رشد ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵میلی‌گرم در لیتر2,4-D حاصل شد. غلظت ۲میلی‌گرم در لیتر 2,4-D در هر دو شرایط نوری و تاریکی بالاترین جنین‌زایی را ایجاد نمود و همراه با افزایش غلظت2,4-D فراوانی جنین‌زایی کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تاریکی، تنظیم‌کننده‌رشد، درون‌شیشه‌ای، رقم

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) گیاهی دیپلوئید (2n=2x=16) و خودگشن است که از طریق بذر تکثیر می‌شود. عدم وجود سیستم مؤثر و کارآ برای باززایی این گیاه در شرایط درون‌شیشه‌ای یکی از محدودیت‌های اصلی در رابطه با دستورزی سلولی و ژنتیکی نخود می‌باشد (Barna & Wakhlu, 1993). انتخاب صحیح ریزنمونه و دامنه مناسبی از اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها می‌تواند منجر به تولید و توسعه جنین رویشی گردد (Shagufta Naz *et al*., 2008).

ریزازدیادی از طریق جنین‌زایی‌رویشی، روشی کارآمد برای تولید انبوه گیاهان تراریخت و تولید بذرمصنوعی است (Kiran *et al*., 2005). مطالعات انجام‌شده بر روی گیاه نخود نشان‌داده است که بلوغ جنین‌ها به‌طور معنی‌داری توسط pH، فتوپریود، آبسزیک‌اسید و نوع ژنوتیپ تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Barna & Wakhlu, 1993). جنین‌زایی مستقیم تحت تأثیر نور، غلظت ساکارز، نوع محیط‌کشت و ژنوتیپ قرار می‌گیرد (May & Trigiano, 1991). در گیاه *Quercus rubra* L. شرایط تاریکی برای جنین‌زایی‌رویشی مؤثرتر از شرایط روشنایی بوده است (Vengadesan *et al*., 2009). اثر نور بر روی جنین‌زایی‌سوماتیکی در برگ گیاه *Dentranthema grandiflora* نشان‌داده است که جنین‌زایی در شرایط تاریکی مداوم اتفاق می‌افتد، اما زمانی‌که ریزنمونه‌ها به‌شرایط نوری منتقل می‌شوند، جنین‌زایی به‌شدت کاهش می‌یابد (May & Trigiano, 1991). فراوانی جنین‌های رویشی تولیدشده در شرایط تاریکی به‌مراتب بیش‌تر از شرایط نوری است (Angoshtari *et al*., 2009). جنین‌زایی‌رویشی در شرایط

*نویسندهٔ مسئول: سنندج، خیابان پاسداران، دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی، صندوق پستی: ۴۱۶، کد پستی: ۶۶۱۷۷-۱۵۱۷۵، همراه: ۰۹۱۸۸۷۲۸۴۵۴، تلفن: ۰۸۷۱-۶۶۲۰۵۵۲، a.mozafari@uok.ac.ir

تاریکی با سرعت بیش‌تری نسبت به روشنایی اتفاق می‌افتد (Mozsar & Viczian, 1996). تاریکی یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر در جنین‌زایی‌رویشی است. اثر این فاکتور بر روی بعضی از گیاهان موردبررسی قرارگرفته و نتایج مفیدی حاصل‌شده است. اگرچه جنین‌زایی‌رویشی در گیاه نخود قبلاً توسط محققان مختلفی مطالعه‌شده است، اما اثر تاریکی به‌عنوان یک فاکتور مؤثر چندان مورد مطالعه قرارنگرفته است. لذا در این تحقیق سعی‌شده است ضمن بررسی اثر دوره نوری بر جنین‌زایی‌رویشی در گیاه نخود، فاکتورهایی مانند نوع، غلظت و نسبت تنظیم‌کننده‌های رشد، ژنوتیپ و اندام نیز به‌عنوان یک عامل مؤثردر جنین‌زایی مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق از ریزنمونه‌های هیپوکوتیل، اپی‌کوتیل و برگ‌های جوان حاصل از کشت بذور دو رقم نخود "پیروز" و"کاکا" استفاده شد. برای تهیه ریزنمونه عاری از آلودگی، بذور موردنیاز پس از ضدعفونی سطحی بر روی محیط‌کشت پایه MS ½ فاقد تنظیم‌کننده‌رشد قرارداده شدند. برای استریل‌کردن بذر ابتدا بذور به‌مدت ۶۰ثانیه در الکل‌اتیلیک ۹۶درصد قرارداده شدند. پس از آن به‌مدت ۱۵دقیقه در هیپوکلریدسدیم ۲درصد کلرفعال ضدعفونی گردیدند. سپس سه‌بار در آب‌مقطر استریل و هر بار به‌مدت پنج‌دقیقه بذرها روی شیکر شستشو داده شدند. بذور قرارداده‌شده روی محیط‌کشت بعد از گذشت سه تا چهار روز جوانه زدند. ریزنمونه‌های هیپوکوتیل، اپی‌کوتیل و برگ‌های جوان تولیدشده از بذور به‌قطعات کوچک‌تر تقسیم و روی محیط‌کشتMS حاوی ۴درصد ساکارز و تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف شامل 2,4-D، NAA و TDZ و پیکلورام (از شرکت مرک آلمان) جهت القای کالوس‌جنین‌زا قرارداده شدند.

کشت بذور در ظروف‌شیشه‌ای ۱۰۰میلی‌لیتری و کشت ریزنمونه در پتری‌دیش‌های یک‌بار مصرف استریل ۱۰×۱۰سانتی‌متر انجام گرفت.

برای تولید جنین کروی ۱۶تیمار شامل 2,4-D و NAA هرکدام در غلظت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵میلی‌گرم در لیتر و TDZ و پیکلورام هر کدام در غلظت‌های ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵میلی‌گرم در لیتر در شرایط تاریکی مداوم و روشنایی (۱۶ساعت روشنایی و ۸ساعت تاریکی) و در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفتند. برای توسعه مراحل جنین‌زایی سه ترکیب مختلف شامل MS ½ حاوی ۱میلی‌گرم در لیتر زآتین؛ MS حاوی ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵میلی‌گرم در لیتر 2,4-D و MS حاوی ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA+۱میلی‌گرم در لیتر 2,4-D مورداستفاده قرار گرفتند.

صفات موردمطالعه شامل کالوس‌زایی، جنین‌زایی، فراوانی جنین‌های کروی، قلبی و لپه‌ای (تعداد جنین در هر ریزنمونه) و درصد جنین‌های نمویافته در هر نوع ریزنمونه بودند. آزمایش جنین‌زایی در سه‌تکرار انجام و هشت‌ریزنمونه به هر واحد آزمایشی اختصاص‌داده شد. در آزمایش نمو جنین سه‌تکرار و شش‌ریزنمونه به هر واحد آزمایشی اختصاص یافت. تجزیه و تحلیل آماری بااستفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 صورت گرفت. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بااستفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال یک‌درصد و یا با توجه به انحراف از میانگین داده‌ها (Error Bar) انجام شد.

نتایج و بحث

اثر نوع و غلظت تنظیم‌کننده بر کالوس‌زایی در شرایط نور و تاریکی

ریزنمونه‌های برگ، اپی‌کوتیل و هیپوکوتیل دو رقم نخود "پیروز" و "کاکا" به‌منظور تولید کالوس‌جنین‌زا روی محیط‌کشت MS حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد پیکلورام، TDZ، NAA و 2,4-D در غلظت‌های مختلف کشت گردیدند. هر سه‌نوع ریزنمونه فقط روی محیط‌های کشت حاوی NAA و 2,4-D هر کدام در غلظت‌های ۲، ۳، ۴ و ۵میلی‌گرم در لیتر تولید کالوس نمودند (جدول ۱). گیاهان از نظر نیاز فیزیکی (نور و درجه‌حرارت) برای القای کالوس با یکدیگر متفاوت‌اند، به‌طوری‌که بعضی از گیاهان در نور و بعضی در تاریکی، کالوس بیش‌تری تولید می‌کنند (Suhasini *et al.*, 1994) و این احتمالاً به ساختار ژنتیکی گیاه بستگی دارد.

ریزنمونه‌های هر دو رقم پیروز و کاکا در تیمار تاریکی کالوس بیش‌تری تولید کردند. کالوس‌های تولیدشده تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی دارای تفاوت‌های مورفولوژیک بودند. در راستای نتایج Mozsar & Viczian, (1996) رنگ کالوس‌های تولیدشده در شرایط تاریکی کرم‌رنگ، فشرده و نرم‌تر از کالوس‌های تولیدشده در شرایط روشنایی بودند. کالوس‌های ایجادشده در تیمار روشنایی شیری‌رنگ بودند.

جدول ۱- وضعیت کالوس‌زایی دراندام‌های مختلف نخود تحت شرایط نور و تاریکی

Table 1. Status of callogenesis in different organs of chickpea under light and darkness conditions

تنظیم‌کننده‌رشد Growth regulators	غلظت Concentration (mg/l)	کالوس زایی* Callogenesis*					
		تاریکی Darkness			روشنایی Light		
		برگ Leaf	محور زیر لپه Hypocotyl	محور رو لپه Epicotyl	برگ Leaf	محور زیر لپه Hypocotyl	محور رو لپه Epicotyl
NAA	0.0	-	-	-	-	-	-
	2.0	-	-	-	-	-	-
	3.0	+	+	+	+	+	+
	4.0	+	+	+	+	+	+
	5.0	+	+	+	+	+	+
2,4-D	0.0	-	-	-	-	-	-
	2.0	+	+	+	+	+	+
	3.0	+	+	+	+	+	+
	4.0	+	+	+	+	+	+
	5.0	+	+	+	+	+	+
TDZ	0.0	-	-	-	-	-	-
	1.0	-	-	-	-	-	-
	1.5	-	-	-	-	-	-
	2.0	-	-	-	-	-	-
	2.5	-	-	-	-	-	-
Picloram	0.0	-	-	-	-	-	-
	1.0	-	-	-	-	-	-
	1.5	-	-	-	-	-	-
	2.0	-	-	-	-	-	-
	2.5	-	-	-	-	-	-

*: Callus induction (+), No callus induction (-)

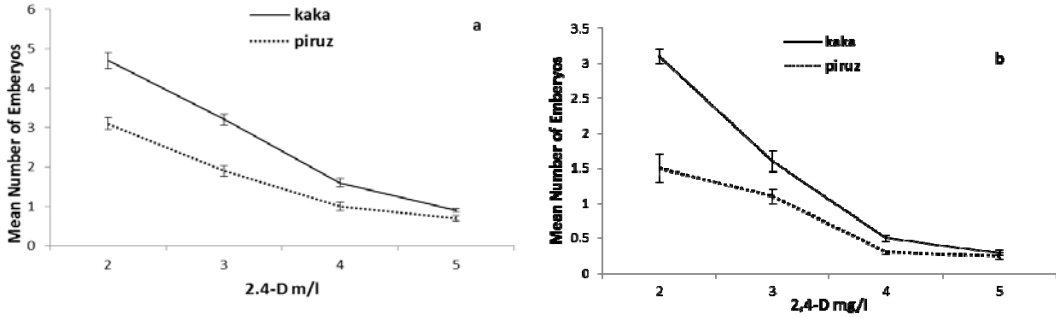
*: تولید کالوس(+)، عدم تولید کالوس(-)

اثر ژنوتیپ بر جنین‌زایی‌سوماتیکی در شرایط روشنایی و تاریکی

نتایج نشان‌داد که هر دو رقم کاکا و پیروز تحت تأثیر 2,4-D تولید کالوس‌جنین‌زا نمودند (شکل۱a و b). به‌لحاظ زمان شروع جنین‌زایی، رقم کاکا بعد از ۳۰روز و رقم پیروز پس از ۳۵روز جنین‌زا شدند. میانگین تعداد جنین‌های کروی‌شکل هر دو رقم تفاوت معنی‌داری ($p<0/01$) نشان‌دادند. این نتیجه نشان‌داد که جنین‌زایی‌سوماتیکی به‌شدت تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد. اهمیت این‌امر زمانی آشکار می‌گردد که برای انتقال ژن نیاز به ژنوتیپی باشد که بیش‌ترین میزان جنین‌زایی را از خود نشان دهد، تا امکان انتقال ژن به نحو مؤثرتری صورت گیرد. میزان جنین‌زایی با افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد رابطه معکوسی داشت، به‌طوری‌که در هر دو رقم با افزایش غلظت 2,4-D از ۲میلی‌گرم در لیتر به ۵میلی‌گرم در لیتر در هر دو شرایط تاریکی و روشنایی فراوانی جنین‌زایی کاهش پیدا کرد (شکل۱ aوb) که این‌نتیجه با آزمایش‌های Suhasini *et al*, (1994) مطابقت داشت. با افزایش غلظت 2,4-D اختلاف‌آماری بین دو رقم از نظر فراوانی جنین تولیدشده کاهش‌یافت، به‌طوری‌که اختلاف بین دو رقم در شرایط نوری در غلظت ۵میلی‌گرم در لیتر معنی‌دار نبود (شکل۱ a وb).

اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر جنین‌زایی‌رویشی در شرایط روشنایی و تاریکی

از میان محیط‌های کشت حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد NAA، TDZ ، پیکلورام و 2,4-D که مورد آزمایش قرار گرفتند، هیچ‌کدام از ریزنمونه‌ها در محیط‌کشت حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد TDZ و پیکلورام (هرکدام در غلظت‌های ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵میلی‌گرم در لیتر) تولید کالوس نکردند و بدون تشکیل کالوس وارد فاز رشد رویشی شدند (شکل۲ a و b). اگرچه در محیط‌های کشت NAA و 2,4-D کالوس تولید شد (جدول ۱)، اما فقط 2,4-D توانست در اندام‌های مختلف هر دو رقم نخود در شرایط نوری و تاریکی جنین رویشی کروی‌شکل تولید نماید (جدول۲).



شکل ۱- جنین‌زایی‌رویشی ارقام نخود "پیروز" و "کاکا" تحت تأثیر غلظت‌های مختلف 2,4-D در شرایط تاریکی و روشنایی
a: تاریکی، b: روشنایی

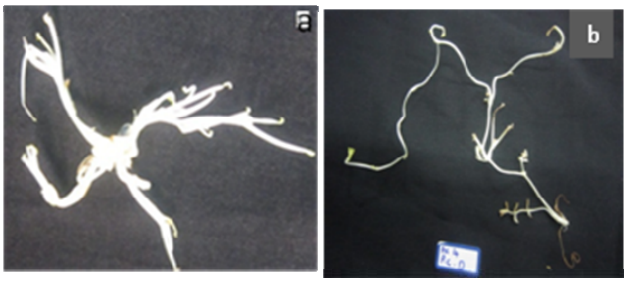
Fig. 1. Somatic embryogenesis in chickpea cultivars "Piruz" and "Kaka" affected by different concentrations of 2,4-D in darkness and light conditions, a: darkness, b: light

2,4-D نقش کلیدی در القاء جنین‌زایی‌رویشی دارد، زیرا این تنظیم‌کننده‌رشد موجب بیان ژن‌های مربوط به تنش می‌شود، و سایر تحریک‌کننده‌های جنین‌زایی را نیز تحریک می‌کند (Kitamiya *et al*, 2000; Quiroz-Figueroa, 2006). 2,4-D می‌تواند از طریق فعالیت اکسینی قوی با نفوذ و تأثیرگذاری بر متابولیسم درونی سایر فیتوهورمون‌ها، جنین‌زایی‌رویشی را به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تنظیم کند (Quiroz-Figueroa, 2006). القاء جنین‌زایی‌سوماتیکی در محیط‌کشت حاوی NAA بهتر از سایر اکسین‌ها صورت می‌گیرد (Kiran *et al*., 2010). اکسین‌ها به‌عنوان عوامل اصلی در القاء جنین‌زایی و ایجاد قطبیت و تقسیم نامساوی در سلول‌ها، شناخته می‌شوند (Karkonen, 2001). هورمون‌های گیاهی وظیفه توزیع مواد در داخل گیاه را برعهده دارند (Pintos, 2002). رشد نخی‌شکل ریزنمونه در حضور تنظیم‌کننده‌های رشد گروه سیتوکنین‌ها (شکل ۲) به‌دلیل انتقال مواد به بخش‌های هوایی گیاه است. در چنین‌شرایطی ریشه‌ها نمی‌توانند رشد داشته‌باشند، اما در مقابل اندام‌های‌هوایی رشد سریعی می‌کنند (Karkonen, 2001).

اثر نوع ریزنمونه بر جنین‌زایی‌رویشی

نوع ریزنمونه اثر مستقیمی بر میزان جنین‌زایی داشت. هر سه ریزنمونه (برگ‌های جوان، اپی‌کوتیل و هیپوکوتیل) در محیط‌کشت پایهٔ MS حاوی 2,4-D تولید کالوس‌جنین‌زا نمودند. در بررسی‌های آماری مشخص شد که بین سه‌ریزنمونه اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) از لحاظ فراوانی جنین‌های کروی‌شکل وجود دارد. در این تحقیق بیشترین تعداد جنین کروی‌شکل مربوط به ریزنمونه هیپوکوتیل در رقم کاکا در شرایط تاریکی (شکل۳a) و کم‌ترین تعداد جنین کروی مربوط به ریزنمونه اپی‌کوتیل در رقم پیروز در شرایط روشنایی بود (شکل۳b).

جنین‌زایی‌سوماتیکی می‌تواند نتیجه برایند هورمون‌های درون‌زا و عوامل محیطی از جمله تنظیم‌کننده‌های رشد باشد. غلظت هورمون‌های درون‌زا در اندام‌های مختلف در شرایط یکسان می‌تواند متفاوت باشد.



شکل ۲- رشد رویشی ریزنمونه برگ روی محیط‌کشت پایهٔ MS حاوی a: ۲میلی‌گرم در لیتر پیکلورام، b: ۲میلی‌گرم در لیتر TDZ

Fig. 2. Vegetative growth of leaf explant on MS basal medium containing; a: 2mg/l Picloram; b: 2 mg/l TDZ

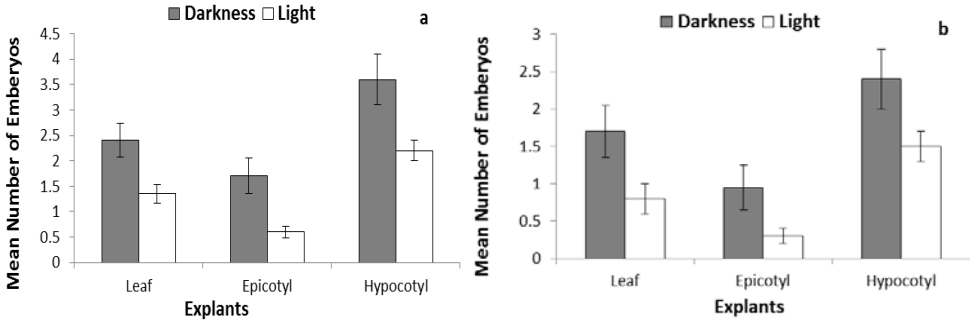
جدول ۲ - تولید کالوس‌جنین‌زا در اندام‌های مختلف نخود ارقام "پیروز" و "کاکا" در شرایط تاریکی و روشنایی

Table 2. Embryogenic callus induction in different organs of "Piruz" and "Kaka" chickpea cultivars in darkness and light conditions

تنظیم‌کننده‌رشد Growth regulators		غلظت Concentration (mg/l)	کالوس‌جنین‌زا* Embryogenic callus *				
			تاریکی Darkness			روشنایی Light	
		برگ Leaf	محور زیر لپه Hypocotyl	محور رو لپه Epicotyl	برگLeaf	محور زیر لپه Hypocotyl	محور رو لپه Epicotyl
NAA	2.0	-	-	-	-	-	-
	3.0	-	-	-	-	-	-
	4.0	-	-	-	-	-	-
	5.0	-	-	-	-	-	-
2,4-D	2.0	++++	++++	++++	+++	+++	+++
	3.0	+++	+++	+++	++	++	++
	4.0	++	++	++	+	+	+
	5.0	++	++	++	+	+	+
TDZ	1.0	-	-	-	-	-	-
	1.5	-	-	-	-	-	-
	2.0	-	-	-	-	-	-
	2.5	-	-	-	-	-	-
Picloram	1.0	-	-	-	-	-	-
	1.5	-	-	-	-	-	-
	2.0	-	-	-	-	-	-
	2.5	-	-	-	-	-	-

*: عدم‌وجود کالوس جنین‌زا (-)، ناچیز(+)، متوسط (++)، خوب(+++)، خیلی خوب(++++)

* No embryogenic callus (-), Rare (+), Medium (++), Good (+++), Very good (++++)



شکل۳- فراوانی جنین کرویشکل در ریزنمونه‌های برگ، هیپوکوتیل و اپی‌کوتیل در دو رقم نخود در شرایط نور و تاریکی روی محیط‌کشت پایهٔ MS حاوی 2,4-D؛ a: رقم کاکا، b: رقم پیروز

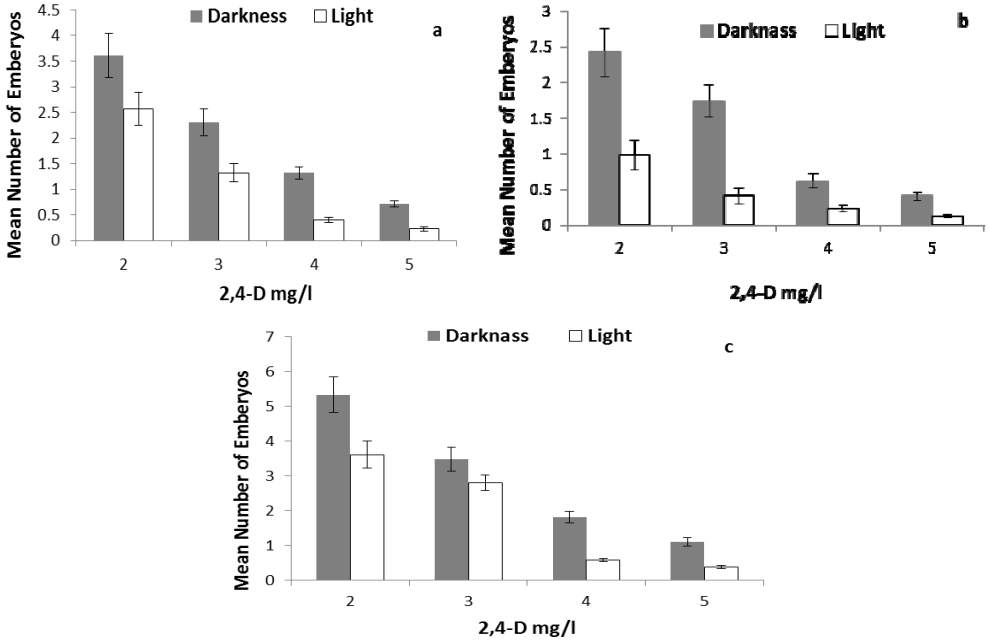
Fig. 3. Frequency of produced globular embryo of Leaves, Hypocotyl and Epicotyl explants in two cultivars of chickpea under darkness and light in MS basal medium containing 2,4-D; a: Kaka, b: Piruz

لازمه القای جنین‌سوماتیکی، بازسازمان‌دهی کامل وضعیت سلول از لحاظ فیزیولوژیکی، متابولیسمی و بیان ژن است (Feher *et al.*, 2002). تخمین‌زده می‌شود که برای تکمیل نمو جنین وجود بیش از ۳۵۰۰ژن مختلف ضروری است (Von Arnoild *et al.*, 2002).

اثرات تاریکی بر جنین‌زایی‌رویشی در اندام‌های مختلف

در دو تیمار تاریکی و روشنایی بعد از گذشت ۵ تا ۶هفته ریزنمونه‌ها توانستند جنین‌های کروی تولید کنند، اما از لحاظ فراوانی جنین‌های رویشی تولیدشده، بین اندام‌های مختلف تفاوت معنی‌داری($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها به‌خوبی مشخص کرد که محیط‌کشت حاوی 2,4-D با غلظت ۲میلی‌گرم در لیتر در ریزنمونه هیپوکوتیل در شرایط تاریکی، بیش‌ترین میزان جنین‌زایی را داشت (شکل۴ c) درحالی‌که کمترین آن مربوط به محیط‌کشت حاوی 2,4-D با غلظت ۵میلی‌گرم در لیتر در ریزنمونه اپی‌کوتیل در شرایط روشنایی (شکل۴ b) بود. نتایج نشان‌داد که در هر سه ریزنمونه فراوانی جنین‌های رویشی در

تمام غلظت‌های هورمونی در شرایط تاریکی بیشتر از شرایط نوری می‌باشد. (شکل۴ a، b و c). در بعضی از گونه‌ها ممکن‌است فقط اندام‌های خاصی از گیاه بتوانند در محیط‌کشت مصنوعی فرایند جنین‌زایی‌رویشی بهتری داشته‌باشند. عکس‌العمل بافت یا اندام خاصی از گیاه در جنین‌زایی‌رویشی نتیجه برآیند هورمون‌های درون‌زا و تنظیم‌کننده‌های رشد خارجی است و این عکس‌العمل می‌تواند از نظر فیزیولوژیکی بسته به نوع ریزنمونه متفاوت باشد.



شکل۴- فراوانی جنین‌زایی‌رویشی در ریزنمونه‌های اندام‌های مختلف دو رقم نخود پیروز و کاکا در شرایط نوری و تاریکی
a: برگ، b: اپی کوتیل، c: هیپوکوتیل

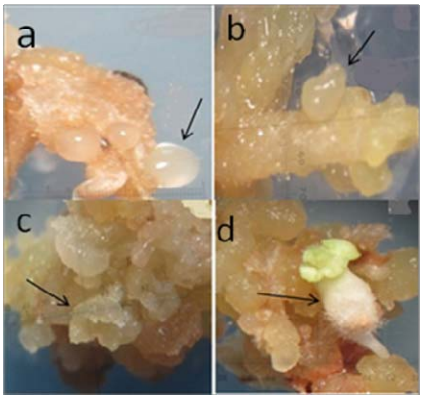
Fig .4. Frequency of produced somatic embryogenesis in explants of different organ in two cultivars of "Piruz" and "Kaka" under darkness and light; a: Leaves, b: Epicotyl , c: Hypocoty

هرچند که در هر دو شرایط روشنایی و تاریکی کالوس‌جنین‌زا تولید شد، اما می‌توان گفت عدم حضور نور برای تشکیل خوشه‌های سلولی جنین‌زا از سلول‌های منفرد مؤثرتر است که احتمالاً به‌دلیل تجمع گروه‌های سلولی جنین‌زا در شرایط تاریکی است (Durzan, 2012). به‌علاوه در شرایط تاریکی و دمای ثابت، هورمون‌های لازم برای تحریک جنین‌زایی افزایش می‌یابد (Durzan, 2012). این نتایج با مطالعات Suhasini *et al*, (1994) و Mashayekhi (2000) هم‌سویی داشت.

توسعه و بلوغ جنین‌ها

نتایج تجزیه واریانس(ANOVA) نشان‌داد که محیط‌های کشت مختلف، اثرات‌متنوعی بر نمو و بلوغ جنین‌های رویشی و رسیدن آن‌ها به مرحلۀ لپه‌ای دارند. برای رسیدن به مرحله باززایی، جنین‌زایی باید مراحل مختلف جنین کروی‌شکل، قلبی‌شکل و لپه‌ای را طی کند و برای رسیدن به آن نیاز به استفاده از تیمارهای مختلف و هم‌چنین نیاز به دو تا چهار بار واکشت دارد. تمام این مراحل به‌شدت تحت تأثیر ژنوتیپ، نوع محیط‌کشت، pH، میزان نور، نوع ریزنمونه، نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد قرار دارند (شکل۵ a-d). در این‌بررسی جنین‌های کروی‌شکل به‌دست‌آمده از مرحله قبل به محیط‌های کشت جدید انتقال داده شدند تا مراحل مختلف نمو را طی نمایند.

غلظت کم تنظیم‌کننده‌های‌رشد (۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA+ ۰/۵میلی‌گرم در لیتر2,4 -D) توسعه جنین مرحله کروی‌شکل به جنین مرحله قلبی‌شکل و لپه‌ای را به‌طور معنی‌داری افزایش‌داد (جداول ۳ و ۴). در بیشتر پروتکل‌هایی که اکسین به‌عنوان یک القاءکننده کارآمد جنین‌زایی‌رویشی عمل می‌کند، توسعه جنین رویشی از طریق کاهش و یا حذف اکسین از محیط‌کشت به‌دست می‌آید (Khosravi *et al*., 2007; Gerdakaneh *et a*l., 2009).



شکل۵- مراحل جنین‌زایی‌رویشی تحت تأثیر نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد

a: مرحله کروی در محیط‌کشت حاوی ۲میلی‌گرم در لیتر 2,4-D؛ b: مرحله قلبی‌شکل در محیط‌کشت حاوی ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵میلی‌گرم در لیتر 2,4-D؛ c: مرحله لپه‌ای (جنین تاجی‌شکل) در محیط‌کشت (b)؛ d: اندام‌زایی در محیط‌کشت (b)

Fig. 5. Status of somatic embryogenesis development using different plant growth regulators

a: globular stage on medium supplemented with 2 mg/l 2,4-D; b: heart-shaped stage on medium supplemented with 0.5 mg/l BA+ 0.5 mg/l 2,4-D; c: torpedo shaped (crown shaped embryonic) in the(b) medium, d: organogenesis in the (b) medium

بنابراین پیشنهادشده است که در طول جنین‌زایی‌رویشی از قرارگرفتن مستمر ریزنمونه در معرض سطوح بالای اکسین جلوگیری شود (Jimenez & Thomas, 2005; Tokuji & Kuriyama, 2003). نتایج این‌تحقیق، اثر مثبت تنظیم‌کننده‌رشد BA همراه با 2,4-D بر توسعه جنین نخود را نشان‌داد. در بیش‌تر مواردی‌که سیتوکینین‌ها جنین‌زایی‌رویشی را القاء می‌کنند، این‌عمل همراه با اکسین انجام‌گرفته است (Gaj, 2004). بااین‌حال، در برخی از موارد، اضافه‌کردن سیتوکینین‌ها به‌عنوان منبع اصلی تنظیم‌کننده‌های‌رشد برای ایجاد جنین رویشی کافی است (Iantcheva *et al.*, 1999). اضافه‌نمودن ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA همراه با ۰/۵میلی‌گرم در لیتر2,4-D به محیط‌کشت در مقایسه با سایر تنظیم‌کننده‌های‌رشد فراوانی جنین‌های رویشی مرحله قلبی‌شکل و لپه‌ای را به‌طور معنی‌داری($p<۰/۰۱$) افزایش داد (جداول ۳ و ۴). در بسیاری از گونه‌های گیاهی ژنوتیپ‌های درون یک‌گونه دارای ظرفیت جنین‌زایی متنوعی هستند. این تفاوت‌ها ممکن است به‌میزان توانایی فاکتورهای کلیدی در مسیر جنین‌زایی ارتباط داشته‌باشد (Karami *et al.*, 2006; Karimi *et al.*, 2008). تنظیم‌کننده‌های‌رشد به‌عنوان القاءکننده‌های جنین‌زایی‌رویشی عمل می‌کنند و برای حصول جنین‌زایی مطلوب، ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد مهم‌ترین نقش را ایفاء می‌کنند. در چندین سیستم کشت از جمله محورهای جنین گردو (Fernendez *et al.*, 2000)، گیاهچه بادام زمینی (Victor *et al.*, 1999) و جنین‌های زیگوتی آفتابگردان (Thomas *et al.*, 2004) مسیر اندام‌زایی شاخساره یا جنین‌زایی‌رویشی، تنها از طریق تغییر تنظیم‌کننده‌های‌رشد محیط‌کشت تغییر می‌کند. این اختلاف در سایر گیاهان نیز توسط دیگر محققان گزارش‌شده است (Mashayekhi, 2000; Saelim *et al.*, 2006; Ali *et al.*, 2007; Zare *et al.*, 2010).

در این تحقیق، میزان توسعه جنین‌ها در ارقام مختلف نخود متفاوت بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری($p<۰/۰۱$) در بین آن‌ها مشاهده گردید (جداول ۳ و۴). مقایسه میانگین اثرات‌متقابل رقم با محیط‌کشت و نوع ریزنمونه حاکی از آن است که درصد تشکیل جنین قلبی‌شکل و لپه‌ای در بین دو رقم و سه ریزنمونه در محیط‌کشت پایۀ MS حاوی تنظیم‌کننده‌های‌رشد مختلف، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای ($p>۰/۰۱$) دیده‌می‌شود. ریزنمونه برگ در مقایسه با سایر ریزنمونه‌های موردمطالعه بیش‌ترین درصد تبدیل جنین کروی‌شکل به مراحل قلبی‌شکل و لپه‌ای در سطوح مختلف تنظیم‌کننده‌های‌رشد را داشت و با اختلاف معنی‌داری ($p>۰/۰۱$) در رتبه اول قرار گرفت. هیپوکوتیل در رتبه دوم و اپی‌کوتیل پایین‌ترین رتبه را به‌خود اختصاص‌داد (جداول ۳ و ۴). برای جنین‌زایی‌رویشی نوع بافت، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای میان ریزنمونه‌های پاسخ‌دهنده و غیرپاسخ‌دهنده ایجاد می‌کند. این نشان‌دهنده مشارکت هورمون‌های درون‌زای گیاهی در توانمندی جنین‌زایی است (Jimenez & Thomas, 2005).

جدول۳- اثرات متقابل رقم با نوع ریزنمونه و محیط‌کشت بر روی درصد تبدیل جنین کروی به قلبی‌شکل در گیاه نخود

Table 3. The effect of cultivar, explant and medium interaction on percentage of globular embryo conversion to heart-shaped embryo

نوع محیط‌کشت*	درصد تبدیل جنین کروی به جنین قلبی‌شکل Percentage of globular embryo conversion to heart-shaped embryo		
Medium*	برگ Leaf	محور رو لپه Epicotyl	محور زیر لپه Hypocotyl
رقم کاکا Kaka cultivar			
A	40.00b	22.62efgh	32.71cd
B	58.41a	32.29cd	43.56b
C	33.25c	19.30ghij	26.00ef
رقم پیروز Piruz cultivar			
A	29.30de	15.37jkl	21.64efghi
B	41.73b	25.00efg	16.59ijk
C	23.36efg	8.28m	3.81m

*: A. محیط‌کشتMS ½ حاوی ۱میلی‌گرم در لیتر زآتین، B. محیط‌کشت MS حاوی ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA + ۰/۵میلی‌گرم در لیترD-2,4، C. محیط‌کشتMS حاوی ۰/۵میلی‌گرم در لیتر BA + ۱میلی‌گرم در لیترD-2,4

*: A. ½ MS medium supplemented with 1 mg/l Zeatin, B. MS medium supplemented with BA 0.5 mg/l + 0.5 mg/l 2,4-D, C. MS medium supplemented with 0.5 mg/l BA + 1 mg/l 2,4-D

جدول ۴- اثرات متقابل رقم با نوع ریزنمونه و محیط‌کشت بر روی درصد تبدیل جنین قلبی‌شکل به جنین لپه‌ای در گیاه نخود

Table 4. The effect of cultivar, explant and medium interaction on percentage of heart-shaped embryo conversion to cotyledon embryo in chickpea

نوع محیط‌کشت*	درصد تبدیل جنین قلبی‌شکل به جنین لپه‌ای Percentage of heart-shaped embryo conversion to cotyledonary		
Medium*	برگ Leaf	محور رو لپه Epicotyl	محور زیر لپه Hypocotyl
رقم کاکا Kaka cultivar			
A	30.30b	10.30hi	20.00cde
B	36.63a	22.60cd	31.00b
C	17.30efg	3.30lmno	7.30ijk
رقم پیروز Piruz cultivar			
A	19.00cdef	6.34jkl	8.65hij
B	22.65cd	2.60lmno	5.00jklm
C	11.36h	4.00klmn	1.32mnop

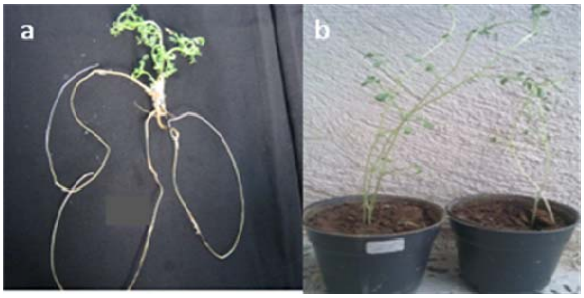
*:A. محیط‌کشت MS ½ حاوی تنظیم‌کننده‌رشد زآتین ۱میلی‌گرم در لیتر B. محیط‌کشت MS حاوی تنظیم‌کننده‌رشد BA ۰/۵میلی‌گرم در لیتر و 2,4-D ۰/۵میلی‌گرم در لیتر C. محیط‌کشت MS حاوی تنظیم‌کننده‌رشد BA ۰/۵میلی‌گرم در لیتر و 2,4-D۱میلی‌گرم در لیتر

*: A. ½ MS medium supplemented with 1 mg/l Zeatin, B. MS medium supplemented with BA 0.5 mg/l + 0.5 mg/l 2,4-D, C. MS medium supplemented with0.5 mg/l BA + 1 mg/l 2,4-D

از آنجاکه جنین‌زایی‌سوماتیکی در مراحل اولیه توسط اکسین خارجی یا آنتی‌اکسین کنترل می‌گردد، به‌نظر می‌رسد که جلوگیری از توزیع قطبی اکسین داخلی در خوشه‌های سلولی توسط اکسین خارجی، از تشکیل جنین ممانعت می‌کند (Karkonen, 2001).

مقاوم‌سازی گیاهچه‌های باززایی‌شده

گیاهچه‌های به‌دست‌آمده از جنین‌های کوتیلدونی پس از رشد از محیط‌کشت جدا (شکل ۶ a) و به سینی کاشت حاوی پرلایت و کوکوپیت به نسبت ۱:۱ انتقال داده‌شدند و این گیاهچه‌ها به‌مدت دو هفته در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۰درجه سانتی‌گراد، با شدت نور ۲۰۰۰لوکس و فتوپریود ۱۶ساعت روشنایی، در رطوبت‌نسبی ۹۰درصد نگه‌داری شدند. در ارقام موردمطالعه درصد زنده‌ماندن گیاهچه‌ها ۷۰ تا ۸۰درصد بود و به‌صورت طبیعی رشد نمودند. بقیه گیاهچه‌ها پژمرده‌شده و از بین رفتند.



شکل ۶- گیاهچه باززایی شده از جنین رویشی در گیاه نخود

a: گیاهچه به‌دست‌آمده از جنین‌های کوتیلدونی؛ b: گیاهچه آدابته‌شده به‌شرایط محیطی بیرون

Fig. 6. Regenerated plant from somatic embryo in chickpea

a: Regenerated plant from cotyledon embryo; b: Adaptation plant to environmental conditions

انتقال گیاهچه‌ها به گلخانه

گیاهچه‌های آدابته‌شده به گلدان‌های کوچک پلاستیکی سیاه‌رنگ حاوی خاک‌باغچه و ماسه استریل به نسبت ۱:۱ انتقال و در گلخانه با رطوبت‌نسبی ۷۵ تا ۸۰درصد نگه‌داری شدند و برای جلوگیری از دست‌دادن سریع رطوبت، سطح گیاهان با کیسه پلی‌اتیلن شفاف پوشانده‌شد و بعد از دو هفته گوشه بالایی کیسه بریده‌شد. هم‌چنین رطوبت‌نسبی گلخانه تا ۶۰درصد کاهش‌یافت تا گیاهان به‌تدریج به‌شرایط محیطی بیرون آدابته شوند. پس از چهار هفته ۶۰درصد گیاهچه‌ها زنده ماندند و به‌صورت طبیعی رشد نمودند (شکل۶b). بنابراین می‌توان نتیجه‌گرفت که القای جنین رویشی به فاکتورهای مختلفی نظیر رقم، نوع، غلظت و نسبت تنظیم‌کننده‌های‌رشد و نوع ریزنمونه بستگی دارد. فراوانی جنین‌های رویشی بسته به نوع ریزنمونه‌ها و نوع ژنوتیپ متفاوت است. جنین‌زایی‌رویشی در شرایط تاریکی بهتر از شرایط نوری اتفاق می‌افتد. رقم کاکا نسبت به پیروز به‌لحاظ توسعه جنین رویشی توانمندتر است. عکس‌العمل بافت یا اندام خاصی از گیاه در جنین‌زایی‌رویشی نتیجه برآیند هورمون‌های درون‌زا و تنظیم‌کننده‌های‌رشد خارجی است و این عکس‌العمل می‌تواند از نظر فیزیولوژیکی بسته به نوع ریزنمونه متفاوت باشد.

منابع

1. Ali, A., Naz, S., and Iqbal, J. 2007. Effect of different explants and media compositions for efficient somatic embryogenesis in sugarcane. Pakistan Botanical Society 39(6): 1961-1977.
2. Angoshtari, R., Tavakkol, R., Afshari, K.S., and Omidi, M. 2009. Effects of abscisic acid on somatic embryogenesis and induction of desiccation tolerance in *Brassica napus*. Asian Journal of Plant Sciences 8: 276-284.
3. Barna, K.S., and Wakhlu, A.K., 1993. Somatic embryogenesis and plant regeneration from callus cultures of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Cell Report 12: 521-524.
4. Durzan, D.J. 2012. Interpolated apomictic somatic embryogenesis, and sporogenesis, asexual heterospory, mito sporogenesis and genomic silencing in a gymnosperm artificial sporangium. Integrating vegetative propagation, biotechnologies and genetic improvement for tree production and sustainable forest management. June 25-28, 2012. Brno, Czech Republic. pp. 3-36.
5. Fehér, A., Pasternak, T., Otvos, K., Miskolczi, P., and Dudits, D. 2002. Induction of embryogenic competence in somatic plant cells: a review. Biológia 57: 5-12.
6. Fernandez, H., Perez, C., and Sanchez-Tam, R. 2000. Modulation of the morphogenic potential of the embryonic axis of *Juglans regia* L. by cultural conditions. Plant Growth Regulators 30: 125-131.
7. Gaj, M.D. 2004. Factors influencing somatic embryogenesis induction and plant regeneration with particular reference to *Arabidopsis thaliana* L. Plant Growth Regulators 43: 27-47.
8. Gerdakaneh, M., Mozafari, A., Khalighi, A., and Sioseh-mardah, A. 2009. The effects of carbohydrate source and concentration on somatic embryogenesis of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 6(1): 76-80.
9. Iantcheva, A., Vllahova, M., Bakalova, E., Kondorosi, E., Elliott, M.C., and Atanassov, A. 1999. Regeneration of diploid annual medics via direct somatic embryogenesis promoted by thidiazuron and benzylaminopurine. Plant Cell Reports 18: 904-910.

10. Jimenez, V.M., and Thomas, C. 2005. Participation of Plant Hormones in Determination and Progression of Somatic Embryogenesis. In: A. Mujid and J. Samaj (Eds.). Somatic Embryogenesis Plant Cell Monographs. DOI 10.1007/7089_034/ Introduction to the Electronic Age. E-Published online. pp 103-118.availble at Web site molbiol.ru/forums/uploads/.../ Somatic_Embryogenesis.txt
11. Karami, O., Deljou, A., Esna-Ashari, M., and Ostad-Ahmadi, P. 2006. Effect of sucrose concentrations on somatic embryogenesis in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). Scientia Horticulturae 110: 340-344.
12. Karimi, K.G., and Karami, O. 2008. Picloram-induced somatic embryogenesis in leaves of strawberry (*Fragaria ananassa* L.). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanic 50(1): 69-72.
13. Karkonen, A. 2001. Plant tissue cultures as models for tree physiology: Somatic embryogenesis of *Tilia cordata* and Lignin biosynthesis in *Picea abies* suspension cultures as case studies. Department of Biosciences Division of Plant Physiology University of Helsinki. 89 pp.
14. Kiran, G., Sujata, M., Srinathrao, P.B., and Kishor, K. 2010. Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from immature explants of chickpea. Biological Plantarum 54(1): 121-125.
15. Kiran, C.P., Kaviraj, G., Jogeswar, P.B., Kavi, K., and Srinath, R. 2005. Direct and high frequency somatic embryogenesis and plant regeneration from hypocotyls of chickpea (*Cicer arietinum* L.) a grain legume. Current Science 89: 1012-1018.
16. Kitamiya, E., Suzuki, S., Sano, T., and Nagata, T. 2000. Isolation of two genes that were induced upon the initiation of somatic embryogenesis on carrot hypocotyls by high concentrations of 2,4-D. Plant Cell Reports 19: 551-557.
17. Khosravi, S., Vatanpour Azghandi, A., Hadad, R., and Mojtahedi, N. 2007. *In vitro* propagation of a commercial cultivar of Lilium (*Lilium longiflorum* var: Ceb-Dazzel) throught direct somatic embryogenesis. Seed and Plant Improvement Journal 23(3): 159-168.
18. Mashayekhi, K. 2000. The protein synthesis spectrum during the induction phase of somatic embryogenesis in carrot (*Daucus carota* L.) culture and the role of nitrogen forms for embryo development. Institute of Plant Nutrition Department of Tissue Culture Justus Liebig University, Giessen, Germany.199 pp.
19. May, R.A., and Trigiano, R.N. 1991. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaves of *Dendranthema grandiflora*. Journal of the American Society for Horticultural Science 116(2): 366-371.
20. Mozsar, J., and Viczian, O. 1996. Genotype effect on somatic embryogenesis and plant regeneration of *Vitis* spp. Vitis 35(4): 155-157.
21. Pintos, B., Martin, J.P., Centeno, M.L., Villalobos, N., Guerra, H., and Martin, L. 2002. Endogenous cytokinin levels in embryogenic and non-embryogenic calli of *Medicago arborea* L. Plant Science 163: 955-960.
22. Quiroz-igueroa, F.R., Rojas, R., Herrera, R.M., and Galaz-Avalos,V.M. 2006. Embryo production through somatic embryogenesis can be used to study cell differentiation in plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 86: 285-301.
23. Saelim, L., Phansiri, S., Supatcharee, N., Malinee, U., and Jarunya, N. 2006. Optimization of *in vitro* cyclic somatic emhryogenesis and regeneration of the Asian cultivars of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for genetic manipulation system global. Journal of Biotechnology & Biochemistry 1(1): 07-15.
24. Shagufta, Naz, A.A., Fayyaz, A.S., and Javed, I. 2008. Somatic embryogenesis from immature cotyledons and leaf calli of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany 40(2): 523-531.
25. Suhasini, K., Sagare, A.P., and Krishnamurthy, K.V. 1994. Direct somatic embryogenes is from mature embryo axes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Science 102: 189-194.
26. Thomas, C., Meyer, D., Himber, C., and Steinmetz, A. 2004. Spatial expression of a sunflower SERK gene during induction of somatic embryogenesis and shoot organogenesis. Plant Physiology & Biochemistry 42: 35-42.
27. Tokuji, Y., and Kuriyama, K. 2003. Involvement of gibberellins and cytokinin in the formation of embryogenic cell clumps in carrot (*Daucus carota*). Journal of Plant Physiology 160: 133-141.
28. Vengadesan, G., Paula, Æ., and Pijut, M. 2009. Somatic embryogenesis and plant regeneration of northern red oak (*Quercus rubra* L.). Plant Cell Tissue and Organ Culture 97: 141-149.
29. Victor, J.M.R., Murch, S.J., Krishna, Raj, S., and Saxena, P.K. 1999. Somatic embryogenesis and organogenesis in peanut: The role of thidiazuron and N6-benzylaminopurine in the induction of plant morphogenesis. Plant Growth Regulation 28: 9-15.
30. Von, Arnold, S., Sabala, I., Bozhkov, P., Dyachok, J., and Filonova, L. 2002. Developmental pathways of somatic embryogenesis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 69: 233-249.
31. Zare, A.R., Solouki, M., Omidi, M., and Irvani, N. 2010. Callus induction and plant regeneration in Ferula *Assa Foetida* L. Trakia Journal of Sciences 8(1): 11-18.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 25-36

Effect of photoperiod on somatic embryogenesis in different organs of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mozafari[1*], A.A. & Kamangar[2], K.

1. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. Former MSc. Student, Department of Horticulture, Islamic Azad University of Saveh, Saveh, Iran

Received: 23 April 2014
Accepted: 1 August 2015

Introduction

Somatic embryogenesis is an efficient platform for the generation of transgenic plants and synthetic seeds (Kiran *et al*., 2005). Somatic embryo's growth and development were influenced by different factors, including photoperiod, genotype as well as acidity, plant growth regulators (PGRs) and nutrient content of tissue culture media (May & Trigiano, 1991). Darkness is one of the important and vital affecting variables on somatic embryogenesis (Angoshtari *et al*., 2009). In some studies, positive effects of darkness on some plant species have been reported. This study was carried out to investigate the potential of somatic embryogenesis from leaf, hypocotyl and epicotyl explants of two chickpea cultivars (Piruz and Kaka) on basal Murashige and Skoog (MS) medium in darkness and light conditions.

Materials and Methods

In this study, hypocotyl, epicotyl and young leaf segments of two chickpea cultivars "Piruz" and "Kaka" were used as explant. Surface sterilization was performed by soaking chickpea seeds in 96% ethanol solution for 60 Seconds and immediate immersion in 2% sodium hypochlorite solution for 15 minutes. Following rinsing three times in sterile double-distilled water, the seeds were aseptically cultured on free-PGRs ½ MS medium (Murashige & Skoog, 1962). After 3-4 days, explants were excised from germinated seedlings and implanted on MS medium supplemented with different concentration of 2,4-D and NAA (2, 3, 4 and 5 mg/l) as well as different levels of TDZ and Picloram (1, 1.5, 2 and 2.5 mg/l) to the initiation of embryogenic callus. To produce globular embryos, 16 hormonal treatments were then incubated at 25±1 ºC under continuous darkness and photoperiod (16-h light and 8-h darkness) at a light intensity of 36 µmol m^{-2} s^{-1}. In order to develop the embryogenesis, another three treatments were used under similar condition. For embryonic callus induction the following characteristics were studied: embryogenesis frequency, the frequency of globular, heart shape and cotyledonary embryos. Regenerated plantlets from mature embryos were washed thoroughly with sterile water and then transplanted to plug tray and fertilized with Hogland solution two times per week. Plants were transferred to the pot and kept under greenhouse condition. Plants were finally transferred to open-field condition. This study was conducted as the factorial design based on completely a randomized design with five replicate (jar) and four shoots per each jar. The collected data were analyzed by SAS ver. 9.1 software. Mean comparisons were carried out by Duncan test at the 1% level of significancy.

Results and Discussion

The results showed that auxins were more effective than cytokinins in terms of callus induction. The highest frequency of embryogenesis was achieved with hypocotyl explants in 2 mg/l 2,4-D in Kaka cultivar under constant darkness. For the development of embryos, callus with globular embryo were transferred to MS medium supplemented with different PGRs. The frequency of embryogenesis was higher in dark condition than that of in the light condition. During callogenesis, plant species require different physical (light

* **Corresponding author:** a.mozafari@uok.ac.ir, Mobile: +98 9188728454

and temperature) conditions e.g. some plant produces more callus in darkness while in the other species, callus induction and proliferation took place in a normal photoperiod (Suhasini *et al*., 1994). It probably depends on the genetic structure of the plant. The highest percentage of globular embryo development of the heart shape embryo and then to cotyledonary embryo was obtained from Kaka leaf explants growing on medium supplemented with 0.5 mg/l BA + 0.5 mg/l of 2,4-D. 2mg/l of 2,4-D in both dark and light conditions was induced the highest rate of embryogenesis. For the initiation of embryogenesis, 2, 4-D play an undeniable role because of this synthetic auxin can lead to overexpression of different genes during stress as well as genes involved in initiation of somatic embryogenesis (Kitamiya *et al*., 2000; Quiroz-Figueroa, 2006). 2,4-D by its strong auxin activity, can influence metabolism of other phytohormones which in turn affect somatic embryogenesis directly or indirectly (Quiroz-Figueroa, 2006). A prerequisite to induce somatic embryo is a reorganization of cell physiology, metabolism and gene expression (Fehret *et al*., 2002). In this study, with increasing concentrations of the 2,4-D, embryogenesis was reduced. Additionally increasing of 2,4-D concentration could reduce frequency of embryogenesis.

Conclusion

Somatic embryo induction depends on various factors including cultivar, type, concentration and combination of PGRs as well as explant type. By comparison to the light condition, darkness is in favor of somatic embryo biogenesis. Between two cultivars, Kaka showed better ability in formation of somatic embryos. Response of a plant tissue or specific organ in somatic embryogenesis process is the outcome of endogenous hormones and exogenous growth regulators, and this response can be physiologically varied depending on the type of explant.

Key words: Cultivar, Darkness, Growth regulators, *In vitro*

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۵۳-۳۷، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 37-53

ارزیابی زراعی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) متحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه در مشهد

حسن پُرسا[1*]، احمد نظامی[2]، عبدالرضا باقری[2] و سمانه نجیب‌نیا[3]

۱- پژوهشگر و کارشناس‌ارشد پژوهشی، گروه پژوهشی بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- اعضای هیئت علمی (استاد) دانشکدهٔ کشاورزی و پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دکتری اکولوژی گیاهان زراعی از دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی خصوصیات زراعی و عملکردی ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه، آزمایشی طی سه سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱، ۸۳-۱۳۸۲ و ۱۳۸۴-۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت دیم، به اجرا درآمد. در هر سه سال به‌منظور اطمینان از سبزشدن نمونه‌ها، تنها دو نوبت آبیاری (یکی در هنگام کاشت و دیگری ۲۰روز پس از آن) انجام شد. در سال زراعی اول (۸۲-۱۳۸۱)، ۴۶ژنوتیپ نخود شامل ۳۰نمونه متحمل به سرما حاصل مطالعات قبلی در مشهد و چند نمونه متحمل به سرما از ایکاردا و کانادا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌صورت پاییزه (اواسط مهرماه) کشت شدند. با توجه به ازبین‌رفتن تمام نمونه‌ها در اثر سرما در این سال، در دو سال زراعی بعد، با اضافه‌نمودن ۱۰۶نمونه نخود متحمل به سرمای دیگر، در مجموع ۱۵۲ژنوتیپ نخود به‌همراه چهار شاهد در قالب آزمون مقدماتی ارزیابی عملکرد (آگمنت) در هر یک از دو سال در کاشت مهرماه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر سال، تمامی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عملکرد دانه، در گروه‌های عملکردی دسته‌بندی شدند و بر اساس آن، شاخص‌های آماری شامل میانگین، انحراف‌معیار و دامنهٔ تغییر برای صفات مختلف (اجزای عملکرد، عملکرد و ارتفاع بوته) در مورد هر گروه عملکردی محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات در شاهدها و ژنوتیپ‌ها، تفاوت‌های آماری معنی‌داری در میان ژنوتیپ‌ها و نیز در مقایسه با شاهدهای آزمایش مشاهده شد. بر این اساس، در سال دوم، در ژنوتیپ‌های اولین گروه عملکردی که بالاترین مقادیر عملکرد دانه (بیشتر از ۲۵۰گرم در مترمربع) را دارا بوده و شامل ۳۹/۵درصد از تعداد کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند، میزان عملکرد دانه از ۲۵۱ تا ۶۲۲گرم در مترمربع متغیر بود؛ درحالی‌که در سال سوم، مقادیر مربوط به این گروه عملکردی که شامل ۲۰درصد از تعداد کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند، از ۲۵۴ تا ۴۴۲گرم در مترمربع مشاهده شد. در انتها، تعداد ۲۰ژنوتیپ برتر از هر کدام از دو سال آزمایش (در مجموع ۳۹ژنوتیپ)، انتخاب و همراه با سایر صفات اندازه‌گیری‌شده مربوط به آن‌ها به‌منظور استفاده در ادامهٔ آزمایشات معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: آگمنت، اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، دیم، عملکرد

مقدمه

کشت نخود در مناطق مدیترانه‌ای، عمدتاً به‌طور سنتی و در بهار انجام می‌گیرد. در نتیجه، گیاه در طول فصل رشد به‌خصوص در مراحل پایانی، با تنش‌های غیرزیستی مانند افزایش دما و کاهش رطوبت خاک مواجه می‌شود (*et al.*, Calcagno & Gallo, 1993; Singh 1994). با توجه به عملکرد پایین نخود در ایران (حدود ۵۴۰کیلوگرم در هکتار) (FAOSTAT, 2013) به‌ویژه در کشت بهاره، برنامه‌های اصلاحی نخود بایستی در جهت معرفی لاین‌های متحمل به سرما باشد تا بتوان از مزایای کشت پاییزه و زمستانهٔ این گیاه برخوردار شد (Naderi *et al.*, 2013). ازجمله مزایای کشت زمستانهٔ نخود در نواحی مدیترانه‌ای، افزایش دورهٔ رشد رویشی و قرارگرفتن دورهٔ رشد زایشی گیاه در شرایط مناسب رطوبتی و حرارتی است (Singh *et al.*, 1997; Sedaghat-Khahi *et*

* **نویسندهٔ مسئول:** مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴، تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۹-۰۵۱، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴-۰۵۱، همراه: ۰۹۱۵۵۰۹۰۶۱۶، porsa@um.ac.ir

(*al.*, 2012) که موجب بهبود قابلیت زایشی آن‌ها نسبت به کشت بهاره می‌گردد (Silim *et al.*, 1985). همچنین در کشت زمستانه، به‌دلیل ارتفاع بیش‌تر بوته نسبت به کشت بهاره، برداشت مکانیزه محصول امکان‌پذیر می‌شود. از دیگر مزایای کشت زمستانه نسبت به کشت بهاره می‌توان به میزان پروتئین بالا، گریز از خشکی، فرار از خسارت آفات، پایداری تولید، افزایش کارآیی مصرف آب و برتری میزان تثبیت نیتروژن و نیز عملکرد باثبات‌تر، اشاره کرد (Singh *et al.*, 1997; Fraiedi, 2007; Nezami *et al.*, 2010).

در مناطق مدیترانه‌ای، عملکرد نخود با تغییر تاریخ کاشت از بهار به زمستان افزایش‌یافته است؛ با این‌حال، کشت زمستانه به‌دلیل حساسیت ارقام به دماهای پایین و بیماری‌های قارچی ازجمله برق‌زدگی محدودشده است (Kanouni *et al.*, 2011; Millan *et al.*, 2006). صدمات ناشی از سرما و یخبندان، یکی از عوامل بازدارندهٔ کشت پاییزهٔ نخود در مناطق سردسیر می‌باشد (Farayedi, 2007).

بررسی تحقیقات انجام‌شده بر روی کشت زمستانه نخود نشان می‌دهد که این تلاش‌ها از سال زراعی ۷۵-۱۹۷۴ در نواحی دارای آب و هوای مدیترانه‌ای شروع‌شده است. در این سال، محققان وابسته به ALADP[1] (مؤسسه تحقیقاتی پیش از تشکیل ایکاردا) واکنش ۱۹۲لاین نخود را به کاشت زمستانه در منطقهٔ کفاردان (واقع در دره بقاع لبنان) مورد بررسی قرار دادند. در طول زمستان، درجه‌حرارت به‌تدریج کاهش یافت و حداقل دما در این سال به ۱۲درجهٔ سانتی‌گراد رسید. چندین‌روز نیز پوشش برف وجود داشت و با وجود این، تمام لاین‌ها پس از زمستان زنده ماندند که نشانگر توانایی تحمل نخود به سرما و یخبندان در شرایط این ناحیه بود (Singh & Saxena, 1996). پس از این موفقیت، آزمایش‌های متعدد دیگری در مناطق مختلف نیز به انجام رسید که در طی آن‌ها، اهمیت دست‌یابی به نمونه‌های مقاوم به بیماری برق‌زدگی[2] به‌همراه تحمل به درجات پایین‌تری از سرما پدیدار گشت (Singh & Saxena, 1996).

Singh *et al*, (1997) چندین لاین نخود مقاوم به برق‌زدگی و متحمل به سرما را در دو کشت زمستانه و بهاره به‌مدت ۱۰سال (۱۹۸۳ تا ۱۹۹۳) در سه مکان در سوریه و لبنان تحت شرایط دیم مورد مقایسه قرار دادند. میانگین ۱۰سالهٔ عملکرد دانه در کاشت زمستانه (۱۶۸۶کیلوگرم در هکتار) نسبت به میزان آن در کشت بهاره (۹۹۴کیلوگرم در هکتار)، ۷۰درصد افزایش نشان داد. عملکرد بیولوژیک نیز در کاشت زمستانه نسبت به بهاره ۷۰درصد افزایش داشت. آن‌ها افزایش طول دوره رشد رویشی در کاشت زمستانه نخود را عامل اصلی افزایش بیوماس و عملکرد بالای کشت زمستانه نخود ذکر کردند. در گزارش ایشان، پتانسیل عملکرد لاین‌هایی که در زمستان کشت‌شده بودند تا ۴۰۰۰کیلوگرم در هکتار بود.

نتایج بررسی بر روی ۴۰لاین نخود طی دو سال زراعی در کاشت پاییزه در مناطق غرب ایران، تفاوت آماری معنی‌داری را در بین لاین‌های آزمایشی از نظر عملکرد دانه نشان داد. در این بررسی، بالاترین میزان عملکرد دانه، ۳۰۰۰کیلوگرم در هکتار و پایین‌ترین میزان، ۸۰۰کیلوگرم در هکتار بود؛ درحالی‌که به‌طور معمول، بهترین لاین‌های نخود در آزمایش‌های بهاره در این مناطق، عملکردی بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار تولید می‌کردند. از آنجا که متوسط عملکرد دانه برای کلیه ژنوتیپ‌ها طی دو سال در این آزمایش، حدود ۱۸۰۰کیلوگرم در هکتار بود، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد نخود، به‌دلیل استفاده از رطوبت کافی و دوره رشد طولانی‌تر در کاشت پاییزه بوده است (Kanooni, 2005).

در مورد نخود، تعداد غلاف، تعداد دانه در گیاه و وزن دانه به‌عنوان اجزای اصلی عملکرد عنوان شده‌اند. هر گره گل‌دهنده معمولاً دارای یک غلاف است که وجود آن‌ها بر روی شاخه‌های فرعی، غالباً سهم زیادی از عملکرد را به‌خود اختصاص می‌دهد (Khanna-Chopra & Sinha, 1987). تحقیقات متعدد (Islam, 1981; Keating & Cooper, 1983) نشان‌داده است که کاهش تعداد غلاف در گیاه، عامل اصلی کاهش عملکرد نخود در کشت بهاره نسبت به کشت زمستانه می‌باشد. همچنین محققان معتقدند که گیاه نخود در مرحلهٔ گلدهی و اوایل تشکیل غلاف نسبت به تنش رطوبت بسیار حساس‌بوده و هرگونه تنش رطوبت در این مرحله باعث عقیم‌شدن گل‌ها و عدم تکامل بذرها شده و نهایتاً وزن ۱۰۰دانه، شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Keatinge & Cooper, 1984).

مطالعات در مورد همبستگی میان صفات در شرایط دیم ناحیه مدیترانه‌ای نشان‌داده است که عملکرد نخود با تعداد غلاف در بوته (r= ۰/۹۰)، ارتفاع بوته (r= ۰/۷۲) و وزن ۱۰۰۰دانه (r= ۰/۳۵) همبستگی مثبتی دارد (Hadjichristodoulou, 1990). همچنین، ارتفاع بوته با تعداد غلاف در بوته (r= ۰/۷۳) و وزن ۱۰۰۰دانه (r= ۰/۳۹) همبستگی مثبتی داشتند (Hadjichristodoulou, 1990). در بررسی Nezami *et al*, (2010) نیز رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد غلاف در بوته با ارتفاع بوته (r= ۰/۶۹**)، تعداد شاخه در بوته (r= ۰/۸۸**) و نیز طول شاخه‌ها در بوته

1- The Arid Lands Agricultural Development Program
2- Ascochyta blight

(r= ۰/۸۵**) مشاهده شد. Sedaghat-Khahi *et al*, (2012) نیز وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته (r= ۰/۲۱**) را گزارش کردند. Ozdemir & Karadavut (2003) نیز با آزمایش بر روی ۲۱ژنوتیپ نخود طی دو سال در ترکیه، همبستگی مثبت و معنی‌داری (r= ۰/۶۸**) بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته گزارش کردند. از مجموع مطالعات همبستگی می‌توان چنین نتیجه گرفت که با گزینش ژنوتیپ‌های مناسب، بتوان به تأثیرات مثبتی در اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در گیاه، وزن۱۰۰۰دانه و در نهایت، عملکرد دانه نیز دست یافت.

نتایج حاصل از بررسی مقدماتی امکان کشت پاییزه و زمستانهٔ نخود در مناطق دیم شمال خراسان (حوالی بجنورد) نشان داد که کاشت پاییزه و زمستانهٔ نخود در شرایط کمبود بارندگی به‌خصوص در بهار، با وجود تلفات نسبتاً بالای تعداد بوته، از امکان خوبی از نظر افزایش عملکرد بذر (به‌خاطر افزایش تولید بذر در هر بوته) نسبت به کاشت بهاره برخوردار است (Porsa *et al.*, 2002). بررسی‌های اولیه که از سال ۱۳۷۶ با ارزیابی کلکسیون نخود مشهد از نظر تحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه شروع شد، وجود برخی نمونه‌های متحمل به سرما را نشان داد (Bagheri, 1998). در این راستا، ارزیابی تحمل به سرمای بخشی از کلکسیون نخود مشهد شامل ۵۳۰نمونه در طی دو سال زراعی متوالی ۷۷-۱۳۷۶ و ۷۸-۱۳۷۷، به شناسایی۳۰نمونه برتر از نظر تحمل به سرما انجامید؛ به‌طوری‌که ۹نمونه از آن‌ها در هر دو سال، بقای ۱۰۰درصد، ۱۶نمونه در یکی از دو سال بقای ۱۰۰درصد و در سال دیگر بقای بیش از ۷۵درصد و پنج نمونه نیز در هر دو سال، بقای بالاتر از ۷۵درصد داشتند. این نمونه‌ها در دو سال آزمایش، دماهای ۹-درجه سانتی‌گراد (بدون پوشش برف) و ۱۴درجه سانتی‌گراد (با پوشش برف) را تحمل‌کرده بودند (Nezami & Bagheri, 2001). مطالعهٔ تکمیلی بر روی این نمونه‌ها در دو سال زراعی بعد (۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹) نشان داد که در میان آن‌ها، نمونه‌های متحمل به سرمایی وجود دارند که در کاشت پاییزه (۶مهر) با تحمل دماهای حدود ۱۷درجه سانتی‌گراد (در شرایط پوشش برف و ۵۵روز یخبندان) عملکردهای قابل‌ملاحظه‌ای (بیش از ۱۵۰گرم در مترمربع) تولید کردند (Nezami & Bagheri, 2005a; Nezami & Bagheri, 2005b; Nezami & Bagheri, 2006).

در آزمایشی در سال زراعی۸۰-۱۳۷۹، تعدادی ژنوتیپ نخود در چند تاریخ کاشت پاییزه و بهاره (۶مهر، ۲۴مهر، ۱۱آبان و ۱۶اسفند) در منطقهٔ مشهد کشت شدند. نتایج نشان داد که تعداد و طول شاخه‌ها در کاشت اول (۶مهر) به‌ترتیب ۳ و ۵/۳برابر تعداد و طول شاخه‌ها در کاشت چهارم (۱۶اسفند) بود. ارتفاع گیاهان در کاشت‌های اول، دوم و سوم نیز به‌ترتیب ۱/۹، ۱/۸ و ۱/۵برابر ارتفاع گیاهان در کاشت چهارم (بهاره) بود (Nezami, 2003).

در بررسی Nezami *et al*, (2010) در کشت پاییزه نخود، افزایش طول دوره رشد رویشی و زایشی همراه با افزایش تعداد و طول شاخه‌ها، افزایش تعداد غلاف در بوته را به‌همراه داشت. Nezami (2003) افزایش تعداد غلاف را تحت تأثیر افزایش دو عامل طول دوره رشد رویشی و تعداد بوته در واحد سطح ذکر کرد.

با توجه به نتایج حاصل از انجام آزمایشات در مراحل قبلی که حاکی از امکان‌پذیربودن کاشت پاییزه نخود در مناطق سرد می‌باشد و همچنین اهمیت شناسایی ژنوتیپ‌های نخود با تحمل به سرمای بیش‌تر جهت مناطق سرد، مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی تعداد بیش‌تری از ژنوتیپ‌ها و همچنین مطالعه اجزای عملکرد و عملکرد دانهٔ ۱۵۲ژنوتیپ نخود متحمل به سرما در شرایط کاشت پاییزه و معرفی نمونه‌های نخود مناسب جهت تداوم مطالعات سرما انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سه سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱، ۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶درجه و ۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹درجه و ۳۶دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵متر از سطح دریا اجرا شد. خاک مزرعه از نوع سیلتی‌لوم و متوسط بارندگی سالانهٔ مشهد، ۲۸۶میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانهٔ آن به‌ترتیب ۴۳ و ۲۷/۸-درجهٔ سانتی‌گراد است. اقلیم مشهد بر اساس روش آمبرژه، سرد و خشک است.

در این آزمایش و در سال زراعی اول (۸۲-۱۳۸۱)، ۴۶ژنوتیپ نخود شامل ۳۰نمونه متحمل به سرما (Nezami & Bagheri, 2005a)، یک نمونه حساس به سرما، دو نمونه متحمل به سرما از ایکاردا و نیز ۱۳نمونه نخود متحمل به سرما از کانادا (شامل ۲۹نمونه کابلی، ۱۴نمونه دسی و ۳نمونه اسموث) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کاشت پاییزه مورد بررسی قرار گرفتند. در دو سال زراعی بعد (۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳) با اضافه‌شدن ۱۰۶نمونه نخود متحمل به سرمای دیگر (شامل ۹۶نمونه کابلی، ۸نمونه دسی و ۲نمونه اسموث) در مجموع، ۱۵۲ژنوتیپ نخود متحمل به سرما به‌همراه چهار شاهد شامل ارقام کرج۳۱-۶۰-۱۲ (دارای سازگاری نسبی به شرایط کشور)، ILC482، ILC3279 و FLIP84-48C (ارقام

متحمل به سرما در آزمایشات بین‌المللی) در قالب آزمون مقدماتی ارزیابی عملکرد (آگمنت)[1] (Peterson, 1986) در هر یک از دو سال به‌صورت پاییزه و دیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذور ژنوتیپ‌ها از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد[2] تأمین گردید. بذور در هر سه سال زراعی، در کرت‌هایی شامل یک ردیف برای هر ژنوتیپ به طول ۲/۵متر و فاصلهٔ ردیف ۵۰سانتی‌متر به تعداد ۲۵عدد بذر از هر ژنوتیپ بر روی هر ردیف در اواسط مهرماه کشت شد. برای اطمینان از سبزشدن یکنواخت و سریع، دو نوبت آبیاری، یکی پس از کاشت و دیگری ۲۰روز بعد از آن انجام گردید. بذور در سال زراعی اول پس از سبزشدن نسبی، به‌دلیل قرارگرفتن در معرض سرمای شدید، به‌طور کامل از بین رفتند و لذا هیچ بوته‌ای پس از سرما بر جا نماند. اما در سال زراعی دوم، در پایان فصل رشد، ارتفاع بوته و نیز درصد بقای ژنوتیپ‌ها (با شمارش تعداد بوته‌های موجود نسبت به تعداد بوته‌های کشت شده) محاسبه شد. همچنین با برداشت بوته‌های موجود، مقادیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن ۱۰۰دانه، اندازه‌گیری شد. در سال سوم آزمایش و در پایان فصل رشد، تعداد چهار بوته از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه، اندازه‌گیری شد. همچنین میزان عملکرد دانهٔ هر ژنوتیپ در هر کرت، اندازه‌گیری گردید. در هر دو سال دوم و سوم آزمایش، تمامی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عملکرد دانه، در گروه‌های عملکردی دسته‌بندی شدند و شاخص‌های آماری شامل میانگین، انحراف معیار و دامنهٔ تغییر برای هر گروه، محاسبه شد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات در شاهدها و ژنوتیپ‌ها و پس از تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، JMP4 و Mstat-C، وجود تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD ($P<0.05$) در میان ژنوتیپ‌ها و نیز در مقایسه با شاهدهای آزمایش، مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس، ژنوتیپ‌های برتر به‌منظور ادامهٔ آزمایشات، انتخاب و معرفی شدند.

نتایج و بحث

سال اول آزمایش (۸۲-۱۳۸۱)

در این سال با وجود سبزشدن نسبی نمونه‌ها پس از انجام دو نوبت آبیاری، به‌دلیل وقوع سرمای سخت و یخبندان بلافاصله پس از سبزشدن و تداوم روزهای با درجه‌حرارت زیر صفردرجه سانتی‌گراد، تمامی بوته‌های موجود مربوط به همه نمونه‌های کشت‌شده، به‌طور کامل از بین رفت. بر اساس داده‌های هواشناسی[3] در این سال، در فاصله کاشت تا اواخر زمستان در مجموع، ۶۹روز با درجه‌حرارت‌های زیرصفر درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد که از این تعداد، حدود ۲۵روز آن در آذرماه اتفاق افتاد. پایین‌ترین میزان دما (حداقل روزانه) در طی این دوره، ۱۲/۸- درجهٔ سانتی‌گراد بود که در طی ماه‌های آبان و آذر به‌وقوع پیوست. با توجه به وقوع این سرما و ازبین‌رفتن تمام نمونه‌ها، هیچ‌گونه یادداشت‌برداری در رابطه با نتایج حاصل از کشت نمونه‌ها در این سال، صورت نپذیرفت.

با توجه به نتایج حاصل از این سال و با هدف توسعهٔ تعداد نمونه‌های مورد بررسی، با انتخاب و اضافه‌نمودن ژنوتیپ‌های دیگر نخود متحمل به سرما در دو سال زراعی بعد، به تعداد آن‌ها تا سقف ۱۵۲نمونه افزوده شد؛ ضمناً چند نمونهٔ شاهد شامل ارقام رایج در کشور و نمونه‌های متحمل به سرمای بین‌المللی نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

سال دوم آزمایش (۸۳-۱۳۸۲)

بر اساس نتایج، تنوع قابل‌توجهی در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر صفات مورد اندازه‌گیری وجود داشت، به‌طوری‌که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و نیز با شاهدها، در تمام موارد معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). به‌منظور امکان بررسی دقیق‌تر، تمامی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عملکرد دانه، در گروه‌های عملکردی دسته‌بندی شدند و شاخص‌های آماری شامل میانگین، انحراف معیار و دامنهٔ تغییر برای هر گروه، محاسبه گردید (جدول ۱). همچنین مقادیر مربوط به هر یک از صفات اندازه‌گیری‌شده برای شاهدهای آزمایش به همراه شاخص حداقل اختلاف معنی‌دار[4] به‌منظور امکان انجام مقایسهٔ میانگین ژنوتیپ‌ها با شاهدها و نیز ژنوتیپ‌ها با یکدیگر محاسبه شد (جدول ۲). بر اساس نتایج، در اولین گروه عملکردی که بالاترین مقادیر عملکرد دانه را در بین ۱۵۲ژنوتیپ شامل می‌شدند و شامل ۳۹/۵درصد از تعداد کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند (گروه عملکردی۱)، میزان عملکرد دانه از ۲۵۱ تا ۶۲۲گرم در مترمربع متغیر بود. در این میان، ژنوتیپ‌های MCC791، MCC783، MCC732، MCC741 و MCC53، به‌ترتیب با ۶۲۲، ۵۷۰، ۵۳۳، ۵۰۰ و ۴۹۹گرم در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های MCC734، MCC291، MCC745 و MCC495 به‌ترتیب با ۲۵۱، ۲۵۳، ۲۵۵ و ۲۶۰گرم در مترمربع، کم‌ترین میزان عملکرد دانه را در این گروه دارا بودند.

1- Augmented Designs for Preliminary Yield Trials
2- Mashhad Chickpea Collection (MCC)
3- http://www.irimo.ir/farsi
4- LSD

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و دامنهٔ تغییر برخی صفات کمّی در گروه‌های عملکردی دانهٔ ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در آزمایش کشت پاییزه در سال زراعی۸۳-۱۳۸۲ در مشهد

Table 1. Mean, standard deviation and range of quantitative traits for chickpea genotypes based on their seed yield groups in the second trial of fall sowing chickpea genotypes (Mashhad, 2003-2004)

ردیف گروه‌های عملکردی Group number	دامنهٔ عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Yield group ($g.m^{-2}$)	تعداد ژنوتیپ‌های هرگروه Genotypes no. in each group	شاخص‌های آماری هر گروه Statistical indices for each group	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	درصد بقاء Survival percent (%)
1	251-622	60	میانگین Mean	350.7	828.2	47.9	30.1	45.5	49.6
			انحراف معیار S.D*	83.3	400.0	14.3	5.4	9.0	15.1
			دامنه تغییر Range	371.5	1926.0	47.1	29.9	51.1	67.0
2	201-250	19	میانگین Mean	226.5	453.8	49.4	28.2	38.7	35.2
			انحراف معیار S.D.	14.4	189.5	17.9	5.5	8.3	13.7
			دامنه تغییر Range	44.0	806.3	56.0	22.5	33.9	49.0
3	151-200	10	میانگین Mean	179.1	392.5	43.4	31.3	39.5	25.2
			انحراف معیار S.D.	12.9	149.0	20.7	5.9	3.8	10.1
			دامنه تغییر Range	40.9	456.7	47.5	21.8	11.4	36.0
4	101-150	16	میانگین Mean	128.7	298.5	41.0	29.8	37.7	29.1
			انحراف معیار S.D.	14.8	112.4	19.3	7.5	7.0	12.5
			دامنه تغییر Range	45.6	425.7	54.7	23.3	29.1	37.0
5	0-100	47	میانگین Mean	44.8	116.6	32.9	26.4	32.9	15.7
			انحراف معیار S.D.	33.6	132.0	23.7	7.8	12.9	15.4
			دامنه تغییر Range	97.0	536.3	65.0	36.3	56.6	58.8
	Total	152	میانگین Mean	205.9	476.9	42.4	28.8	39.5	33.6
			انحراف معیار S.D.	142.3	409.9	20.0	6.6	11.1	20.3
			دامنه تغییر Range	622.3	2152.9	67.0	36.3	71.9	86.8

*: Standard deviation

*: انحراف معیار

جدول ۲- صفات اندازه‌گیری‌شده در مورد شاهدهای آزمایش و مقادیر LSD مربوط به مقایسات مختلف میان شاهدها و ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در آزمایش کشت پاییزه در سال زراعی۸۳-۱۳۸۲ در مشهد

Table 2. Quantitative traits for controls and LSD for comparing within genotypes and comparing between genotypes and controls in the second trial of fall sowing chickpea genotypes (Mashhad, 2003-2004)

شاهد Controls	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	درصد بقاء Survival percent (%)
Karaj12-60-31	101.2	193.6	42.9	16.4	32.1	22.4
ILC482	89.7	150.9	91.2	26.6	33.1	14.4
ILC3279	201.7	325.3	84.1	20.5	39.0	31.2
FLIP84-48C	265.2	779.2	35.5	29.8	44.0	55.2
مقادیر $LSD_{(0.05)}$						
ژنوتیپ‌ها با یکدیگر Among genotypes	357.3	959.4	73.1	17.5	31.0	75.8
ژنوتیپ‌ها با شاهدها Genotypes & controls	291.7	783.3	69.9	14.3	25.3	61.9

در این گروه عملکردی، ۲۶ژنوتیپ، عملکردهای ۳۰۰ تا ۴۰۰گرم در مترمربع و ۱۲ژنوتیپ نیز عملکردهای بالاتر از ۴۰۰گرم در مترمربع تولید کردند. بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها در این گروه عملکردی از نظر عملکرد دانه وجود داشت. همچنین تفاوت معنی‌داری میان برخی ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (FLIP84-48C با عملکرد ۲۶۵گرم در مترمربع) مشاهده شد، به‌طوری‌که این ژنوتیپ‌ها عملکرد بالاتری نسبت به شاهد مذکور داشتند. در میان کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی (۱۵۲ ژنوتیپ)، ۹ژنوتیپ هیچ‌گونه عملکردی تولید نکردند و پس از آن‌ها ژنوتیپ‌های MCC756 و MCC762 به‌ترتیب با عملکرد دانهٔ ۹ و ۱۱گرم در مترمربع، کم‌ترین میزان عملکرد را نشان دادند.

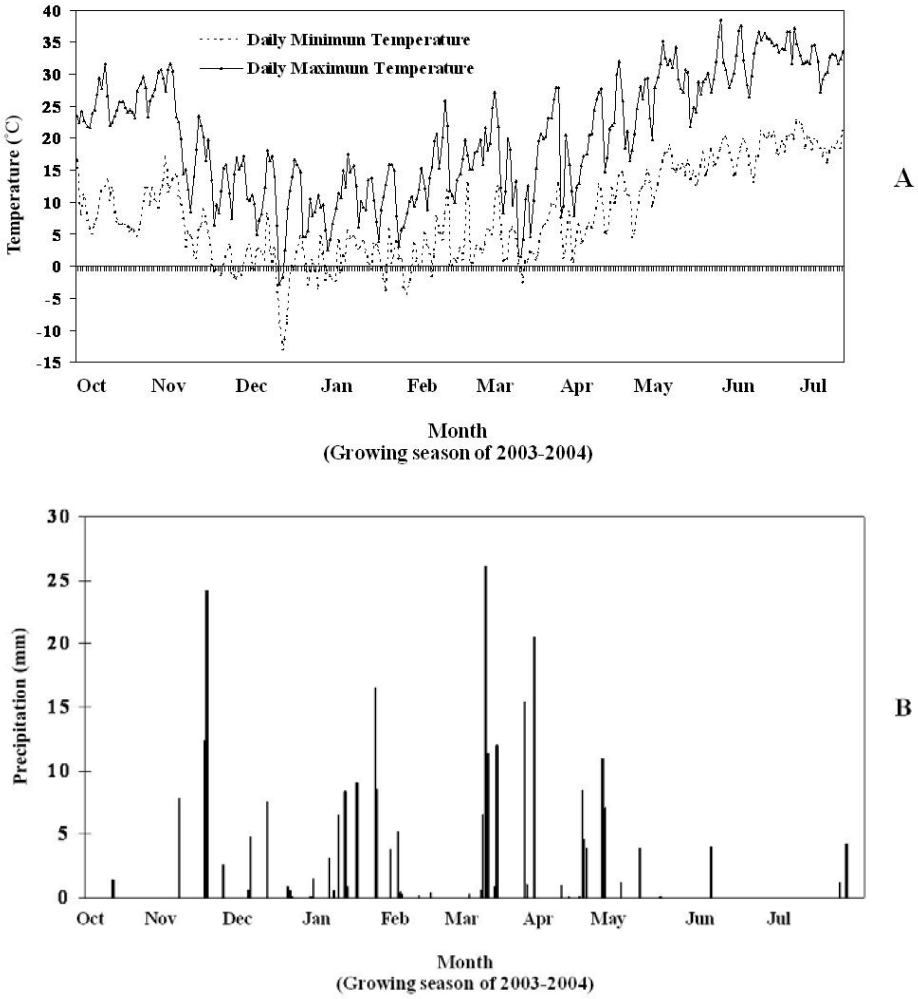
گسترهٔ صفت درصد بقاء در گروه عملکردی۱، از ۲۰ تا ۸۷درصد متغیر بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین درصد بقاء ژنوتیپ‌ها در میان گروه‌های عملکردی پنج‌گانه با ۴۹/۶درصد در این گروه عملکردی مشاهده شد (جدول۱). در میان ژنوتیپ‌های گروه عملکردی۱، نمونه‌های MCC783، MCC780، MCC786 و MCC791 به‌ترتیب با ۸۷، ۸۳، ۸۱ و ۸۱درصد، بیش‌ترین درصد بقاء را بودند. در بررسی Kanouni *et al*, (2009) که بر روی۴۰لاین نخود متحمل به سرما و یک لاین حساس انجام دادند، بین لاین‌ها از نظر صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه‌های ثانویه، وزن۱۰۰دانه و درجه تحمل به سرما، اختلافات معنی‌داری مشاهده شد.

بر اساس داده‌های هواشناسی[1]، پایین‌ترین میزان دما (حداقل روزانه) در طی سال زراعی۸۳-۱۳۸۲، ۱۳/۲-درجه سانتی‌گراد بود که در آذرماه سال۱۳۸۲ اتفاق افتاد (شکل ۱-الف). همچنین در این سال زراعی، در مجموع، ۴۷روز با دمای زیرصفر درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد. مجموع میزان بارندگی در طی دورهٔ کاشت تا برداشت، ۲۷۱میلی‌متر بود که در طی۵۰مورد بارش صورت گرفت (شکل ۱-ب). تعداد بارش‌های بیش از۱۰میلی‌متر در این سال زراعی، ۹مورد بود که در ماه‌های آبان، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت به‌وقوع پیوست.

سال سوم آزمایش (۸۴-۱۳۸۳)

بر اساس نتایج، در این سال نیز تنوع قابل‌توجهی در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر صفات مورد اندازه‌گیری وجود داشت، به‌طوری‌که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها با یک‌دیگر و نیز با شاهدها، در تمام موارد معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). در این سال نیز به‌منظور امکان بررسی دقیق‌تر، تمامی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عملکرد دانه، در گروه‌های عملکردی دسته‌بندی شدند و شاخص‌های آماری شامل میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییر برای هر گروه، محاسبه گردید (جدول ۳). مقادیر مربوط به هر یک از صفات اندازه‌گیری‌شده برای شاهدهای آزمایش به‌همراه شاخص حداقل اختلاف معنی‌دار به‌منظور امکان انجام مقایسهٔ میانگین‌ها شامل ژنوتیپ‌ها با شاهدها و نیز ژنوتیپ‌ها با یکدیگر محاسبه شد (جدول۴).

1- http://www.irimo.ir/farsi



شکل ۱- درجه‌حرارت حداقل و حداکثر روزانه (الف) و میزان بارندگی روزانه (ب) طی سال زراعی۸۳-۱۳۸۲ در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در مشهد

Fig. 1. Daily minimum and maximum air temperature (A) and daily precipitation (B) through growing season of 2003-2004 in fall sowing of chickpea genotypes at Mashhad

بر اساس نتایج، در اولین گروه عملکردی که بالاترین مقادیر عملکرد دانه را در بین ۱۵۲ژنوتیپ شامل می‌شدند و شامل ۲۰درصد از تعداد کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند (گروه عملکردی۱)، میزان عملکرد دانه از ۲۵۴ تا ۴۴۲ گرم در مترمربع متغیر بود. در این میان ژنوتیپ‌های MCC802، MCC798 وMCC753، به‌ترتیب با ۴۴۲، ۳۵۶ و ۳۵۰گرم در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های MCC804، MCC740 و MCC784 به‌ترتیب با ۲۵۴، ۲۵۸ و ۲۵۹گرم در مترمربع، کمترین میزان عملکرد دانه را حاصل نمودند. براساس نتایج، در میان بیش‌تر ژنوتیپ‌ها در این گروه عملکردی، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. همین نتیجه در مورد مقایسه عملکرد بهترین شاهد (FLIP84-48C با عملکرد ۲۴۹/۵گرم در مترمربع) با بیش‌تر ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی نیز مشاهده شد. در میان کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی (۱۵۲ژنوتیپ)، پنج ژنوتیپ هیچ‌گونه عملکردی تولید نکردند و پس از آن‌ها ژنوتیپ‌های MCC710 و MCC792 به‌ترتیب با عملکرد دانهٔ ۱۸ و ۲۲گرم در مترمربع، از کم‌ترین میزان عملکرد برخوردار بودند.

در بررسی Naderi *et al*, (2013) که بر روی ۶۵لاین نخود زراعی در کشت پاییزه در سنندج صورت گرفت، بر اساس نمودار فراوانی عملکرد، دامنه‌ای از عملکرد دانه از ۳۰ تا ۲۱۰گرم در مترمربع مشاهده شد.

جدول۳- میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییر برخی صفات کمّی در گروه‌های عملکردی دانهٔ ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در آزمایش کشت پاییزه در سال زراعی۸۴-۱۳۸۳ در مشهد

Table 3. Mean, standard deviation and range of quantitative traits for chickpea genotypes based on their seed yield groups in the second trial of fall sowing chickpea genotypes (Mashhad, 2004-2005)

ردیف گروه‌های عملکردی Group number	دامنهٔ عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Yield group ($g.m^{-2}$)	تعداد ژنوتیپ‌های هر گروه Genotypes no. in each group	شاخص‌های آماری هر گروه Statistical indices for each group	عملکرد دانه (گرم در مترمربع Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	تعداد غلاف پُر در بوته Filled pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds number per pod	درصد بقاء Survival percent (%)
1	251-442	27	میانگین Mean	298.3	818.9	38.3	34.7	54.4	1.32	69.5
			انحراف معیار S.D*	41.6	229.6	9.3	8.4	25.9	0.32	17.5
			دامنه تغییر Range	188	1002.2	46.2	31.8	93.8	1.79	72.0
2	201-250	32	میانگین Mean	222.1	692.6	33.3	32.1	45.7	1.56	64.3
			انحراف معیار S.D.	15.2	218.0	11.0	8.8	23.8	0.78	18.6
			دامنه تغییر Range	49	1302.8	65.3	43.6	91.5	3.68	68.0
3	151-200	30	میانگین Mean	174.5	638.9	29.8	30.7	40.9	1.31	63.8
			انحراف معیار S.D.	14.7	265.3	9.0	9.8	24.2	0.38	21.5
			دامنه تغییر Range	49	1257.2	41.6	36.8	90.0	1.56	81.0
4	101-150	27	میانگین Mean	127.5	482.1	27.4	31.3	41.4	1.17	55.4
			انحراف معیار S.D.	15.8	151.8	9.2	7.7	21.5	0.46	16.9
			دامنه تغییر Range	48	838.2	49.7	31.3	86.2	1.82	70.0
5	0-100	36	میانگین Mean	60.3	282.1	18.8	30.1	36.2	1.25	31.5
			انحراف معیار S.D.	33.3	187.9	10.3	12.2	27.4	0.52	23.3
			دامنه تغییر Range	98.9	749.8	34.2	49.6	92.5	2.78	84.2
	Total	152	میانگین Mean	171.1	569.8	29.0	31.7	43.3	1.32	55.8
			انحراف معیار S.D.	86.0	284.3	11.8	9.7	25.2	0.54	24.3
			دامنه تغییر Range	441.9	1633.8	78.6	63.1	109.6	3.9	103.2

*: انحراف معیار

*: Standard deviation

جدول ۴- صفات اندازه‌گیری‌شده در مورد شاهدهای آزمایش و مقادیر LSD مربوط به مقایسات مختلف میان شاهدها و ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در آزمایش کشت پاییزه در سال زراعی۸۴-۱۳۸۳ در مشهد

Table 4. Quantitative traits for controls and LSD for comparing within genotypes and comparing between genotypes and controls in the third trial of fall sowing chickpea genotypes (Mashhad, 2004-2005)

شاهد Controls	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	تعداد غلاف پُر در بوته Filled pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds number per pod	درصد بقاء Survival percent (%)
Karaj12-60-31	126.3	422.2	29.5	25.3	56.2	1.6	42.4
ILC482	80.5	261.2	28.3	27.9	35.6	1.3	34.4
ILC3279	135.9	512.3	25.7	24.5	42.8	1.4	52.8
FLIP84-48C	249.5	718.9	34.3	31.9	31.4	1.8	71.2
مقادیر $LSD_{(0.05)}$							
ژنوتیپ‌ها با یکدیگر Among genotypes	161.5	364.4	21.8	18.0	73.3	1.9	50.1
ژنوتیپ‌ها با شاهدها Genotypes & controls	131.8	297.5	17.8	14.7	59.8	1.6	40.9

در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی۱، شاخص برداشت از ۱۹ تا ۶۵درصد متغیر بود، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در این گروه مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). در این میان، ژنوتیپ‌های MCC802 و MCC736، به‌ترتیب با ۶۵ و ۵۳درصد بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC753، MCC798 و MCC740، به‌ترتیب با ۱۹، ۲۴ و ۲۵درصد، کمترین میزان شاخص برداشت را در این گروه عملکردی نشان دادند. بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (FLIP84-48C با ۳۴درصد) وجود داشت.

در آزمایش Nezami *et al*, (2010)، ۹ژنوتیپ نخود متحمل به سرما در کشت پاییزه مورد بررسی قرار گرفتند که بر اساس نتایج، شاخص برداشت نمونه‌ها، از ۲۹ تا ۵۳درصد متغیر بود که به بروز تفاوت‌های معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) منجر شد. در آزمایش ایشان، ژنوتیپ‌های MCC373 با ۵۳درصد و MCC436 با ۲۹درصد، به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. همچنین در بررسی این محققان، همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری میان صفت شاخص برداشت با ارتفاع بوته (r= 0.54**)، درصد بقاء (r= 0.75**) و عملکرد دانه (r= 0.86**) مشاهده شد. آن‌ها بر این اعتقادند که افزایش عملکرد دانه، در اثر افزایش طول دوره رشد در میان نمونه‌های مورد آزمایش، افزایش شاخص برداشت را نیز به دنبال داشته است.

میزان صفت وزن۱۰۰دانه در میان ارقام موردبررسی در گروه عملکردی۱، از ۱۵ تا ۴۷گرم متغیر بود، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در این گروه عملکردی وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). در این میان، ژنوتیپ MCC810 با ۴۷ و MCC767 و MCC760 هر کدام با ۴۶گرم بیشترین و ژنوتیپ MCC743 با ۱۵ و MCC736 و MCC708 هر کدام با ۲۰گرم، کمترین وزن۱۰۰دانه را دارا بودند. تفاوت میان ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (FLIP84-48C با وزن۱۰۰دانه ۳۲گرم) نیز معنی‌دار بود. در بررسی Naderi *et al*, (2013) دامنه تغییرات وزن۱۰۰دانه لاین‌ها بدون درنظرگرفتن رقم شاهد، از ۱۵ تا ۴۰گرم بود و اغلب لاین‌ها در دامنه متوسط ۲۵ تا ۳۲/۵گرم قرار داشتند. در آزمایش Nezami *et al*, (2010) نیز وزن۱۰۰دانه در میان نمونه‌های مورد آزمایش، از ۱۹ تا ۳۶گرم متغیر بود و از این نظر بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). در بررسی نامبردگان، ژنوتیپ‌های MCC83 و MCC207 به‌ترتیب با ۳۶ و ۱۹گرم، بیشترین و کمترین وزن۱۰۰دانه را به‌خود اختصاص دادند. Kanouni *et al*, (2009) در آزمایش خود بر روی۴۰لاین نخود و یک لاین حساس، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن۱۰۰دانه میان آن‌ها گزارش کردند.

دامنهٔ صفت تعداد غلافِ پُر در بوته در گروه عملکردی۱، از ۱۶ تا ۱۱۰غلاف در بوته متغیر بود، به‌طوری‌که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در این گروه عملکردی از حیث این صفت معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). در این گروه عملکردی، ژنوتیپ‌های MCC753، MCC785 و MCC760 به‌ترتیب با ۱۱۰، ۱۰۵و ۱۰۴غلاف، ضمن این‌که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته را در این گروه عملکردی دارا بودند، تنها نمونه‌هایی بودند که تعداد

غلاف در بوته در آن‌ها، بیش از ۱۰۰غلاف بود. از طرفی در میان ژنوتیپ‌های گروه عملکردی۱، نمونه‌های MCC776 و MCC724 به‌ترتیب با ۱۶ و ۱۹غلاف، ضمن این‌که کمترین تعداد غلاف در بوته را در این گروه عملکردی دارا بودند، تنها نمونه‌هایی بودند که تعداد غلاف در بوته در آن‌ها، کمتر از ۲۰غلاف بود. بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (کرج۳۱-۶۰-۱۲ با ۵۶غلاف) وجود نداشت. در بررسی Nezami *et al*, (2010)، تعداد غلاف در بوته در نمونه‌های مورد ارزیابی، از ۲۳ تا ۹۴غلاف متغیر بود و از این نظر، تفاوت معنی‌داری در بین نمونه‌ها وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). در آزمایش ایشان، ژنوتیپ‌های MCC436 با ۹۴غلاف و MCC439 با ۲۳غلاف، به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را دارا بودند و از این لحاظ با دیگر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند. به اعتقاد این محققان، طول دورهٔ رشد بر تعداد غلاف، مؤثر می‌باشد، به‌طوری‌که با افزایش طول دورهٔ رشد، مرحلهٔ غلاف‌دهی تا پُرشدن دانه، طولانی‌تر شده و در نتیجه تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد (Nezami *et al*., 2010). نامبردگان همچنین اظهار داشتند، افزایش طول دوره رشد رویشی و زایشی در بوته‌ها با افزایش تعداد و طول شاخه‌ها، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردیده است.

میزان درصد بقاء در میان ارقام مورد بررسی در گروه عملکردی۱، از ۳۱ تا ۹۸درصد متغیر بود، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در این گروه عملکردی وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). در این گروه عملکردی، ژنوتیپ‌های MCC736، MCC776 و MCC728 به‌ترتیب با ۹۸، ۹۵ و ۹۱درصد، ضمن این‌که بیشترین درصد بقاء را در این گروه عملکردی دارا بودند، تنها نمونه‌هایی بودند که درصد بقاء در آن‌ها، بیش از ۹۰درصد بود. همچنین در میان ژنوتیپ‌های گروه عملکردی۱، نمونه MCC767 با ۳۱ و MCC760 و MCC785 هر کدام با ۳۵درصد، کمترین درصد بقاء را دارا بودند. بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (FLIP84-48C با ۷۱درصد) مشاهده نشد.

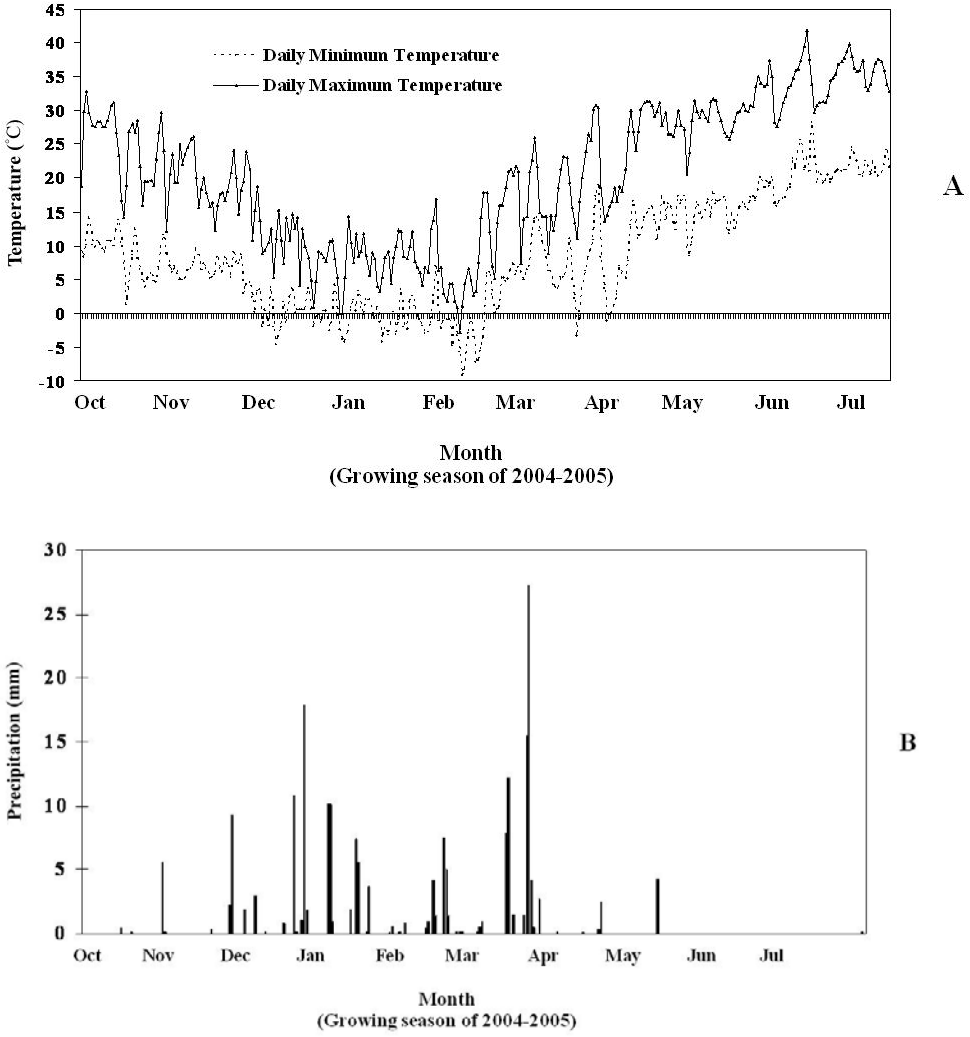
بر اساس داده‌های هواشناسی[1]، گیاهان در فاصلهٔ کاشت تا سبزشدن، در معرض دماهای زیرصفر قرار نگرفتند و پایین‌ترین میزان درجه‌حرارت (حداقل روزانه) در طی این دوره، ۱/۲ درجهٔ سانتی‌گراد بود که در ۱۸مهرماه۱۳۸۳ به‌وقوع پیوست (شکل ۲-الف). گیاهان در مرحله رشد رویشی (سبزشدن تا گلدهی) در معرض دماهای یخزدگی (۹/۲درجهٔ سانتی‌گراد در۲۴بهمن‌ماه) قرار گرفتند. همچنین سرمای دیررس بهاره (پنج‌درجهٔ سانتی‌گراد در هفتم فروردین‌ماه) همزمان با اواخر دوره رشد رویشی و قبل از آغاز گلدهی، به‌وقوع پیوست (شکل ۲-الف). مجموع تعداد شب‌های دارای یخبندان و نیز روزهای با پوشش برف طی این دوره (رشد رویشی) به‌ترتیب ۶۰ و ۱۷روز بود (شکل ۲-ب). مجموع میزان بارندگی در طی دورهٔ کاشت تا برداشت، ۲۰۲میلی‌متر بود که در میان آن، تعداد بارش‌های بیش از۱۰میلی‌متر، هفت مورد بود که در ماه‌های آذر، دی و اسفند به‌وقوع پیوست.

در انتها، تعداد ۲۰ژنوتیپ برتر با بیشترین میزان عملکرد دانه از هر کدام از دو سال آزمایش (۸۳-۱۳۸۲ و ۸۴-۱۳۸۳)، انتخاب و همراه با سایر صفات اندازه‌گیری‌شده مربوط به آن‌ها، معرفی شدند (جدول۵ و ۶). با توجه به کشت ژنوتیپ‌ها در هر دو سال به‌صورت دیم و نیز با توجه به نقش اساسی میزان بارندگی در حصول عملکرد در این شرایط، می‌توان بالاتربودن نسبی عملکردهای حاصله در سال زراعی دوم را نسبت به سال زراعی سوم آزمایش، به بالاتربودن میزان بارندگی در سال دوم (۲۷۱میلی‌متر) نسبت به سال سوم (۲۰۲میلی‌متر) و توزیع مناسب‌تر آن در ماه‌های فصل بهار که مصادف با رشد رویشی ژنوتیپ‌ها می‌باشد، همچنین وقوع دماهای بالاتر و محدودکننده رشد زایشی در انتهای فصل رشد در سال زراعی سوم نسبت به سال زراعی دوم، نسبت داد (شکل‌های ۱ و ۲).

به‌نظر می‌رسد وجود تنها یک ژنوتیپ مشترک در دو سال (MCC798) در بین ۲۰نمونهٔ برتر، نشان از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به شرایط آب و هوایی مختلف باشد.

Singh *et al*, (1997) ضمن یک تحقیق ۱۰ساله بر روی کشت زمستانه و بهاره نخود در سه منطقه جداگانه متوجه شدند در سال‌هایی‌که بارندگی از میزان متوسط طولانی‌مدت آن منطقه کمتر بود، در اثر تنش خشکی حاصله، عملکرد دانه نیز به‌شدت کاهش یافت. آن‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بارندگی فصلی و عملکرد بذر در هر دو کشت زمستانه و بهاره به‌دست آوردند. در بررسی Kanouni (2005) بر روی ۴۰لاین نخود، عملکرد دانه در کشت پاییزه، از ۸۰۰ تا ۳۰۰۰کیلوگرم در هکتار متفاوت بود، حال آن‌که بهترین عملکرد گزارش‌شده در منطقه برای کاشت بهارهٔ نخود، ۸۰۰ تا ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار بوده است. این محقق، استفاده از رطوبت کافی در طول دوره کاشت پاییزه را دلیل عملکرد بالا در آزمایش خود عنوان نموده است.

1- http://www.irimo.ir/farsi



شکل ۲- درجه‌حرارت حداقل و حداکثر روزانه (الف) و میزان بارندگی روزانه (ب) طی سال زراعی۸۴-۱۳۸۳ در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در مشهد

Fig. 2. Daily minimum and maximum air temperature (A) and daily precipitation (B) through growing season of 2004-2005 in fall sowing of chickpea genotypes at Mashhad

نتیجه‌گیری

با توجه به میانگین عملکرد نخود در ایران (حدود ۴۱۰کیلوگرم در هکتار)[1]، ثبت عملکردهایی در این آزمایش از ۳۸۰۰ تا ۶۲۲۰کیلوگرم در هکتار در سال زراعی دوم و از ۲۷۴۰ تا ۴۴۲۰کیلوگرم در هکتار در سال زراعی سوم که از حدود ۴۰ژنوتیپ مختلف حاصل شد، نتایج بسیار امیدوارکننده‌ای را در رابطه با امکان دستیابی به رقم‌هایی با عملکرد بسیار بالا در صورت کشت پاییزه در شرایط آب و هوایی مشهد نوید می‌دهد. با این حال، با درنظرگرفتن این نکته که دما در سال‌های مورد بررسی به پایین‌تر از ۱۳/۲- درجه‌سانتی‌گراد در سال زراعی دوم و ۹/۲-درجه‌سانتی‌گراد در سال زراعی سوم نرسید، پیشنهاد می‌شود برای اطمینان از تحمل به سرمای این ژنوتیپ‌ها، در سال‌های آتی، بررسی‌های بیشتری در رابطه با ابعاد مختلف فنولوژیک، مورفولوژیک و

1- http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor

فیزیولوژیک این نمونه‌ها تحت تأثیر سرماهای سخت‌تر انجام گیرد. به این‌منظور، تکرار این‌گونه بررسی‌ها با نمونه‌های بیش‌تر (ارزیابی نمونه‌های نخود موجود و نیز اضافه‌کردن نمونه‌های جدید متحمل به سرما) در مناطق با ارتفاع بیش‌تر و سردتر از مشهد، همچنین انجام آزمایشات تکراردار بر روی ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده و ارزیابی دقیق‌تر این ارقام از جهت تحمل به سرما و نیز بررسی سایر صفات مناسب آگرونومیک آن‌ها جهت کشت در سایر مناطق، ضروری به‌نظر می‌رسد.

جدول ۵- مشخصات مربوط به ۲۰ژنوتیپ برتر با بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در آزمایش کشت پاییزه ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در سال زراعی۸۳-۱۳۸۲ در مشهد

Table 5. Characteristics of 20 superior cold tolerant chickpea genotypes with the highest yields resulted from the second trial of fall sowing of 152 chickpea genotypes (Mashhad, 2003-2004)

ردیف no.	نام ژنوتیپ Genotype Name	تیپ بذر Seed Type	منشأ Origin	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	درصد بقاء Survival percent (%)
1	MCC791	Kabuli	Flip97-132C	622	2153	36.7	31.7	57	81
2	MCC783	Kabuli	Flip97-120C	570	482	65.0	31.8	60	87
3	MCC732	Kabuli	Flip97-179C	533	657	65.0	25.5	42	57
4	MCC741	Kabuli	Sel93TH24467	500	1031	59.7	24.1	42	60
5	MCC53	Kabuli	217921	499	1353	57.5	37.3	65	53
6	MCC771	Kabuli	Flip97-94C	477	1092	26.2	33.4	58	67
7	MCC785	Kabuli	Flip97-123C	460	1291	45.2	32.7	50	48
8	MCC798	Kabuli	Flip97-163C	456	1337	41.8	31.9	48	57
9	MCC788	Kabuli	Flip97-129C	444	1471	51.0	38.3	61	53
10	MCC786	Kabuli	Flip97-124C	424	1977	42.7	39.5	57	81
11	MCC775	Kabuli	Flip97-102C	422	1569	47.7	44.3	48	73
12	MCC780	Kabuli	Flip97-116C	412	856	31.6	32.2	48	83
13	MCC819	Desi	IRAN	399	858	29.7	25.2	43	39
14	MCC797	Kabuli	Flip97-158C	389	254	65.0	29.7	45	29
15	MCC463	Kabuli	ILC482-205	388	645	65.0	23.1	50	45
16	MCC779	Kabuli	Flip97-114C	387	1281	50.6	39.5	72	61
17	MCC769	Kabuli	Flip97-87C	386	806	31.5	34.4	53	75
18	MCC793	Kabuli	Flip97-134C	385	904	25.4	29.4	53	51
19	MCC764	Kabuli	Flip97-78C	384	684	63.4	34.9	47	57
20	MCC733	Kabuli	Flip97-182C	380	632	46.2	29.2	42	59

جدول ۶- مشخصات مربوط به ۲۰ژنوتیپ برتر با بیشترین میزان عملکرد دانه در آزمایش کشت پاییزه ژنوتیپ‌های نخود متحمل به سرما در سال زراعی۸۴-۱۳۸۳ در مشهد

Table 6. Characteristics of 20 superior cold tolerant chickpea genotypes with the highest yields resulted from the third trial of fall sowing of 152 chickpea genotypes (Mashhad, 2004-2005)

ردیف no.	نام ژنوتیپ Genotype Name	تیپ بذر Seed Type	منشأ Origin	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100 Seeds weight (g)	تعداد غلاف پُر در بوته Filled pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds number per pod	درصد بقاء Survival percent (%)
1	MCC802	Kabuli	Flip97-187C	442	651	65	37	48	1.4	79
2	MCC798	Kabuli	Flip97-163C	356	1254	25	35	38	1.4	70
3	MCC753	Kabuli	Sel96TH11439	350	1634	19	27	110	1.4	75
4	MCC770	Kabuli	Flip97-91C	346	747	43	34	89	1.3	88
5	MCC809	Kabuli	Flip97-211C	342	788	41	43	31	1.0	75
6	MCC761	Kabuli	Flip97-62C	328	824	37	30	49	1.5	50
7	MCC814	Kabuli	Flip97-220C	326	735	42	33	34	1.7	79
8	MCC728	Kabuli	Flip97-166C	318	684	47	27	58	1.6	91
9	MCC743	Kabuli	Sel93TH24477	303	728	49	15	59	1.0	75
10	MCC736	Kabuli	Flip97-230C	295	632	53	20	32	1.2	103
11	MCC815	Kabuli	Flip97-221C	289	793	36	41	46	1.1	63
12	MCC730	Kabuli	Flip97-172C	285	689	41	36	59	1.1	67
13	MCC760	Kabuli	Flip97-43C	285	695	40	46	105	1.1	35
14	MCC776	Kabuli	Flip97-111C	283	1092	34	43	16	1.2	95
15	MCC795	Kabuli	Flip97-139C	281	731	38	41	54	1.3	59
16	MCC767	Kabuli	Flip97-82C	277	754	36	46	90	1.2	31
17	MCC806	Kabuli	Flip97-196C	277	752	36	41	61	1.0	71
18	MCC758	Kabuli	Flip97-28C	276	753	35	40	32	1.6	54
19	MCC774	Kabuli	Flip97-101C	276	683	39	40	43	1.4	82
20	MCC723	Kabuli	Flip96-90C	274	700	37	29	30	1.3	75

منابع

1. Bagheri, A. 1998. Pulse breeding for tolerating biotic and abiotic stresses. In: Proc. of the 5th Iranian Crop Production and Breeding Congress, 31Aug-4Sep, 1998. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, p. 12-13. (In Persian).
2. Calcagno, F., and Gallo, G. 1993. Physiological and morphological basis of abiotic stress resistance in chickpea. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds.). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. John Wiley and Sons, Chichester, UK. P. 293-309.
3. Fraiedi, Y. 2007. Study of agronomic characteristic and cold hardiness in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in autumn rainfed sowing conditions. Seed and Plant 23: 489-503. (In Persian).

4. Hadjichristodoulou, A. 1990. Winter sowing: a major breakthrough in chickpea production in Cyprus. In: Chickpea in the Nineties, Proc. of the Second International Workshop on Chickpea Improvement, 4-8Dec. 1989, ICRISAT. Patancheru, India: ICRISAT, p. 297-298.
5. http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor (verified 14 February 2015).
6. http://www.irimo.ir/farsi/
7. Islam, R. 1981. Responses of winter and spring planted chickpea to inoculation with *Rhizobium* in Syria. ICN 4: 24-25.
8. Kanooni, H. 2005. Evaluation of chickpea genotypes for cold tolerance in fall sowing. Seed & Plant Journal 20: 89-99. (In Persian with English Summary).
9. Kanouni, H., Khalily, M., and Malhotra, R.S. 2009. Assessment of cold tolerance of chickpea at rainfed highlands of Iran. American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science 5: 250-254.
10. Kanouni, H., Taleei, A., and Okhovat, M. 2011. Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.) of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Breeding strategies for resistance. International Journal of Plant Breeding and Genetics 5: 1-22.
11. 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 Cambridge 100: 667 -680.
12. Keating, J.D.H., and Cooper, P.J.M. 1984. Physiological and moisture-use studies on growth and development of winter-sown chickpeas. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, the Netherlands, p. 141-157.
13. 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. C.A.B. International, UK, p. 163-189.
14. Millan, T., Clark, H.J., Siddique, K.H.M., Buhariwalla, H.K., Gaur, P.M., Kumar, J., Gill, J., Kahl, G., and Winter, P. 2006. Chickpea molecular breeding: New tools and concepts. Euphytica 147: 81-103.
15. Naderi, H., Shokrpoor, M., Asghari, A., Kanooni, H., and Esfandiari, A. 2013. Evaluation of cold tolerance in winter sowing of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using morphological and phonological traits in Kurdistan region. Iranian Journal of Pulses Research 4(1): 69-80. (In Persian with English Summary).
16. Nezami, A. 2003. Evaluation of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) for cold tolerance in fall sowing on highland regions. PhD. Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
17. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005a. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: 1- Phenology and morphology. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 143-155. (In Persian with English Summary).
18. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005b. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: 2- yield and yield components. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 156-170. (In Persian with English Summary).
19. Nezami, A., and Bagheri, A. 2001. Screening of Mashhad chickpea (*Cicer arietinum* L.) collection for cold tolerance under field conditions. Journal of Agricultural Science and Technology 15(2): 156-162. (In Persian with English Summary).
20. Nezami, A., and Bagheri, A. 2006. Preliminary evaluation of phenology, yield components and yield of fall chickpea genotypes in the Mashhad conditions. Agricultural Sciences & Technology Journal 20(3): 71-80. (In Persian with English Summary).
21. Nezami, A., Sedaghat-Khahi, H., Porsa, H., Parsa, M., and Bagheri, A. 2010. Evaluating of the fall sowing cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes at supplementary irrigation in Mashhad conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 415-423. (In Persian with English Summary).
22. Ozdemir, S., and Karadavut, U. 2003. Comparison of the performance of autumn and spring sowing of chickpeas in a temperature region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27: 345-352.
23. Peterson, R.G. 1986. Augmented Preliminarily Design (Translated to Farsi by Ghaffari, A.). Organization of Agricultural Research & Natural Resources, Seed and Plant Improvement Institute. pp. 25.
24. Porsa, H., Bagheri, A., Nezami, A., Mohammadabadi, A.A., and Langari, M. 2002. Investigation on fall-winter sowing possibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions in Northern Khorassan. Journal of Agricultural Science & Technology 16(1): 143-152. (In Persian with English Summary).

25. Sedaghat-Khahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Bagheri, A. and Porsa, H. 2012. Evaluating of the morphological and phenological characteristics of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes at Entezary sowing in Mashhad conditions. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 41-52. (In Persian with English Summary).
26. Silim, S.N., Hebblethwait, P.D., and Heath, M.C. 1985. Comparison of the effects of autumn and spring sowing date on growth and yield of combining peas (*Pisum sativum* L.). Journal of Agricultural Science Cambridge 104: 35-46.
27. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1996. Winter Chickpea in Mediterranean Type Environments. ICARDA, Aleppo, Syria.
28. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Halia, M.H., Knights, E.J., and Werma, M. 1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. Euphytica 73: 137-149.
29. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Saxena, M.C., and Bejia, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. Agronomy Journal 89: 112-118.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 37-53

Agronomic assessment of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in fall sowing at Mashhad conditions

Porsa[1*], H., Nezami[2], A., Bagheri[2], A. & Najibnia[3], S.

1. Contribution (Researcher) from Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Contributions (Professor) from College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. Ph.D. in Agroecology, Education Ministry, District7, Mashhad, Iran

Received: 9 March 2015
Accepted: 17 June 2015

Introduction

Studies on the fall-winter sowing of chickpea were commenced in 1974-75 at Mediterranean regions. For example, Singh *et al,* (1997) studied some chickpea cold and ascochyta blight tolerant genotypes in fall-winter sowing for 10 years (1983-1993) on three regions in Syria and Lebanon under rain-fed conditions. The mean of seed yield for 10 years in the fall-winter sowing was 1686 $kg.ha^{-1}$ that showed 70% of increase comparing to seed yield in spring sowing with 994 $kg.ha^{-1}$. Biological yield in fall-winter sowing had the same increase record comparing with spring sowing, too. They declared that the extended vegetative period in fall-winter sowing than spring sowing was the cause of this result. Also, studies on fall sowing of chickpea in Iran have shown that significant enhancement of seed yield compared to spring sowing has arisen from exploiting of sufficient water and extending of a growth period in fall sowing. Regarding to the results of previous studies on fall-winter sowing of chickpea that demonstrated possibility of this type of sowing in cold areas, this experiment was performed in order to evaluate yield and yield components of 152 other chickpea genotypes in fall sowing.

Materials and Methods

This study was carried out in three years of 2002-2003, 2003-2004 and 2004-2005 at the Experimental Field of College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, north-eastern Khorassan state of Iran. This study was performed in rainfed conditions with only two times irrigation at planting stage and 20 days after that. In the first year (2002-2003), 46 chickpea genotypes (30 cold tolerant accessions resulted from previous studies at Mashhad and some genotypes from ICARDA and Canada) were planted based on Randomized Complete Block Design with three replications. During this year, cold injury caused complete loss so, in the next two years by adding of 106 other accessions, totally, 152 chickpea genotypes with 4 checks were evaluated based on the Augmented Preliminarily Design. The seeds of genotypes were attained from Mashhad Chickpea Collection (MCC), Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. The seeds of each genotype in all trials were sown in plots containing one row with a length of 2.5 meter. The distance between seeds on the row was 0.1 meter and rows were placed 0.5 meter apart. In the second and third trials, genotypes were categorized according to their seed yield amounts to several groups and some statistical indices such as mean, standard deviation and range were calculated on their measured quantitative traits (such as seed yield, biological yield, and yield components). Based on data analysis, existing of significant differences among genotypes and controls were studied between them. Finally, superior genotypes were selected and introduced for continuing of investigations at future.

Results and Discussion

In the first year, the hard, cold and freezing temperatures occurred after emerging of seedlings, repeatedly and then all plants were lost. There were 69 days with freezing

* **Corresponding Author:** porsa@um.ac.ir, Tel.: +98 051 38804819, Mobile Phone: 09155090616

temperatures through the period of planting to late winter. The lowest temperature through this period was -12.8°C that occurred in November and December. Based the on results, in the next two years, there were significant differences ($P \leq 0.05$) among genotypes with each other and with checks in yield, yield components and plant height. In the second year (2003-2004), the range of seed yield among the first yield group (39.5% of all genotypes) was from 251 to 622 $g.m^{-2}$, while in the third year (2004-2005) this range among the first yield group (20% of all genotypes) was from 254 to 442 $g.m^{-2}$. In the second and third years, the highest survival percent, meaning among all five groups was observed in the first groups. Totally, 20 chickpea genotypes with the most yields for each year were selected and introduced for the next studies.

Conclusion

Regarding to rainfed conditions, the higher seed yields in the second year comparing to the third year can be related to greater precipitations in this trial (271 mm) compared to the third (202 mm), as well as better distribution of rainfall in the second year coinciding with the vegetative growth period. Occurrence of higher temperatures at the end of the growing season in the third year also could be a limiting factor for reproductive growth of chickpeas. It seems that the existing of only one genotype (MCC798), communally in two years among 20 superior genotypes, revealed this fact that these genotypes respond to various environmental circumstances, differently. Regarding to mean of seed yield of chickpea in Iran (410 $kg.ha^{-1}$), achieving of seed yield records of 3800 to 6220 $kg.ha^{-1}$ at the second trial and 2740 to 4420 $kg.ha^{-1}$ at the third trial in this study that were obtained from next to 40 chickpea genotypes, reveals a promising potential for a fall sowing of chickpea in Mashhad. However, concerning about this fact that the temperature in the two years of this study did not drop less than -13.2°C on the second trial and -9.2°C on the third, it is suggested to investigate of phenological and morpho-phisiological aspects of these genotypes more, especially in colder areas in order to be sure of their cold tolerance, sustainably. Finally, 20 chickpea genotypes with the most yields for each year (totally 39 genotypes) were selected and introduced for the next studies. Considering the importance of field investigations, these results can be completely efficient for continuing research and development programs on the subject of chickpea cold tolerance in the present and the future.

Key words: Augmented preliminarily design, Plant height, Rainfed, Yield and yield components

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۶۴-۵۴ ، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 54-64

ارزیابی اثرات میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.)

قدریه محمودی[1*]، علی قنبری[2]، مهدی راستگو[3]، مصطفی قلی‌زاده[4] و ایرج طهماسبی[5]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دکترای علف‌های‌هرز و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشیار گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی با شدت و زمان‌های مختلف قرارگیری بر روی برخی از صفات جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم ILC482، آزمایشی در سال ۱۳۹۲در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه‌تکرار اجرا شد. تیمارهای این مطالعه عبارت‌بودند از: شدت میدان مغناطیس در دو سطح (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا) و زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیس در ۵سطح (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ساعت) و تیمار شاهد نیز بدون اعمال میدان مغناطیسی در آزمایش درنظرگرفته شد. نتایج نشان‌داد که میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری بر جوانه‌زنی نخود تأثیرگذار بود. بذوری‌که در معرض میدان ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت دوساعت قرار گرفتند، بیشترین میزان طول ریشه‌چه را داشتند، به‌طوری‌که طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد (۶/۳۳سانتی‌متر) ۳۳درصد افزایش یافت. در تیمار میدان مغناطیسی با شدت ۱۵۰میلی‌تسلا و به‌مدت ۵ساعت، میزان طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد، ۳۰درصد افزایش نشان داد. طول ساقه‌چه بذور نخود در تیمار اعمال دوساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۶۷سانتی‌متر) و در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا به‌میزان ۴۶/۹درصد افزایش یافت. بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت زمان میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا بود که نسبت به تیمار شاهد ۵۱/۹درصد افزایش نشان داد. در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی شدت ۱۵۰میلی‌تسلا ۴۶درصد وزن خشک ساقه‌چه نخود نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود و همچون سایر صفات مورد اندازه‌گیری، تیمار ذکرشده بیشینه وزن خشک ساقه‌چه نخود را به‌خود اختصاص داد؛ اما وزن خشک بقایای بذر در اثر میدان مغناطیسی کاهش یافت. از آنجا که میدان مغناطیسی سبب بهبود رشد گیاهچه می‌شود، در نتیجه تخلیه موادغذایی سازنده بذر، سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد و لذا منجر به سریع‌شدن دوره رشد در زمان جوانه‌زنی بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی خواهد شد.

کلمات کلیدی: شدت میدان مغناطیسی، طول گیاهچه، وزن تَر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه

مقدمه

افزایش رشد جمعیت از ۱/۶میلیارد نفر(حدود سال۱۹۰۰) به بیش از ۶میلیاردنفر، افزایش شدید تقاضای موادغذایی را درپی داشته که این پدیده خود مهم‌ترین عامل افزایش تولید است (FAO, 2012). در این‌راستا و در جهت افزایش کارآیی نهاده‌های ورودی به کشتزارها و کاهش هزینه‌های تولید، به‌کارگیری روش‌هایی غیر از آن‌چه تا به امروز به‌کار گرفته‌شده‌اند، ضروری می‌باشد.

نخود[1] از منابع نسبتاً ارزان تأمین‌کننده پروتئین به‌شمار می‌رود. این گیاه در کشورهای درحال‌توسعه که نیازمند تأمین پروتئین موردنیاز جمعیت روبه‌رشدشان هستند، می‌تواند جایگزین پروتئین حیوانی شود. سطح جهانی زیرکشت نخود بیش از ۱۱/۵میلیون هکتار و تولید آن ۱۰/۵میلیون‌تُن است. در ایران نیز نخود با سطحی معادل ۷۵۲۰۰۰هکتار مقام اول را در بین سایر بقولات دارد. ایران از لحاظ سطح زیرکشت نخود، مقام چهارم را در بین کشورهای جهان دارد . متوسط عملکرد آن در ایران (۵۱۰کیلوگرم در هکتار) نسبت به عملکرد جهانی (۷۸۰کیلوگرم در هکتار) پایین است (FAO, 2012).

گرایش جهانی به تولید محصولات ارگانیک، نیازمند انتخاب روش‌های جایگزین مواد پُرمصرف شیمیایی، مانند انواع سموم و از جمله علف‌کش‌ها می‌باشد. کاربرد علف‌کش‌ها و

* نویسنده مسئول: gh.mahmoudi@stu.um.ac.ir

1- *Cicer arietinum* L.

چگونگی کاربرد آن‌ها، خود پیامدهای نامطلوبی چون زیست‌ماندگاری، انتقال به مزارع مجاور، نشست روی گیاهان غیرهدف، آسیب به دیگر موجودات‌زنده، افزایش هزینه‌های تولید و در نهایت آلودگی‌های زیست‌محیطی را درپی خواهد داشت. کاهش کاربرد و افزایش کارآیی این فرآورده‌های شیمیایی می‌تواند کمک شایانی به حمایت و حفاظت از محیط زیست بنماید.

گیاهان زراعی خود نیز می‌توانند به‌عنوان کنش‌گر در بوم‌نظام‌های کشاورزی نقش مهمی در راهبرد کنترل علف‌های‌هرز داشته و نباید تنها واکنش‌پذیر تلقی شوند. گونه‌های زراعی اگر زودتر از علف‌های‌هرز و به‌نحو مناسبی استقرار یابند، نقش زیادی در بازدارندگی رشد علف‌های‌هرز دارند (Grundy *et al.*, 1999)، زیرا اگر رشد گیاه زراعی سریع‌تر باشد، بدون‌شک در رقابت با علف‌های‌هرز از توان بالاتری برخوردار خواهد بود. سرعت رشد نخود در ابتدای رشدرویشی کم و بنابراین در حالت طبیعی گیاه در مرحله جوانی از توان رقابتی بسیارضعیفی با علف‌های‌هرز برخوردار است (Gaur *et al.*, 2010). از این‌رو به‌کارگیری فناوری‌هایی که بتوانند موجب افزایش سرعت رشد و استقرار بهتر گونه زراعی بشوند، مؤثر خواهد بود.

روش‌های بیوفیزیکی سبب افزایش سطح انرژی بدون دستکاری ژنتیکی در رشد گیاهان می‌شوند (Vasilevski, 2003). میدان مغناطیسی سبب تحریک فعالیت یون‌ها و قطبیت مولکول‌های دوقطبی در گیاهان می‌شود (Dianat *et al.*, 2012؛ Feizi *et al.*, 2008)؛ زیرا گیاهان دارای بار منفی و قادر به جذب بار مثبت هستند (Aladjadjiyan, 2007). به‌نظر می‌رسد که استفاده از میدان مغناطیسی (بذر، آب، علف‌کش و.. مغناطیس‌شده) راهکاری مناسب جهت افزایش کارآیی مصرف آب، جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی باشد. گزارش‌شده است که اثرات مثبت اعمال میدان مغناطیسی با خواص پارامغناطیس اتم‌ها در سلول‌های گیاهی و رنگ‌دانه‌ها نظیر کلروپلاست‌ها در ارتباط است (Aladjadjiyan, 2010). صفات درصد جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و نسبت رشد ساقه به ریشه بذرهای نخود، تحت‌تأثیر میدان مغناطیسی افزایش یافتند (Vashisth & Nagarajan, 2008). افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن تَر ساقه‌چه، کل بوته و طول گیاهچه ذرت[1] در اثر میدان‌های مختلف مغناطیسی نیز مشاهده شده است (Florez *et al.*, 2007). همچنین در اثر میدان الکتریکی و مغناطیسی، درصد جوانه‌زنی و سبزشدن گوجه‌فرنگی[2] افزایش‌یافته است (Moon & Sook, 2000; Meiqiang *et al.*, 2005). مطالعه کنترل‌شده اثر آبیاری مغناطیسی بر روی درصد جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی، کدو و خیار نشان‌داد که در طی ۳روز ۹۶درصد بذور جوانه زدند، درحالی‌که در تیمارهای معمولی تنها ۷۳درصد بذور در ۱۴روز جوانه زدند (Hozayn, 2011). عنصر بورِ مغناطیسی‌شده همراه با آب آبیاری مغناطیسی، جوانه‌زنی را در گندم ۲۰درصد (Hozayn & Abdul Qados, 2010) گوجه‌فرنگی، ۶۵درصد و فلفل[3] و خیار[4] را تا ۱۰۰درصد افزایش داد (Hozayn, 2011). همچنین درصد و سرعت جوانه‌زنی یونجه یک‌ساله[5] در شدت میدان مغناطیسی ۱۲۸میلی‌تسلا افزایش نشان داد (Mahdavi *et al.*, 2008). بهبود سرعت جذب آب و سرعت جوانه‌زنی در بذر کاهو[6] در میدان ۱۰میلی‌تسلا مشاهده شد (Garcia & Arza, 2001). البته اثرات میدان مغناطیسی بر روی بذور، باتوجه به شدت آن متفاوت است. در شدت‌های بسیاربالا و یا بسیارکم اثرات میدان بر روی رشد گیاهچه‌ها منفی است (Dianat *et al.*, 2012). گزارش‌شده است که بذرهای ذرت زمانی‌که در معرض میدان مغناطیسی ۵۰میلی‌تسلا قرار گرفتند، رشد اولیه، وزن تَر و رنگ‌دانه‌های گیاهچه کاهش و زمانی‌که بذرها در معرض میدان قوی‌تر (۱۰۰-۲۵۰میلی‌تسلا) قرار گرفتند، افزایش یافتند (Racuciu *et al.*, 2008). در بین مراحل مختلف رشد، فاز جوانه‌زنی به میدان مغناطیسی واکنش بهتری نشان می‌دهد (Dhawi *et al.*, 2009). هدف از این آزمایش بررسی نحوه بهبود و امکان تسهیل جوانه‌زنی بذر نخود و گیاهچه آن تحت شرایط آزمایشگاهی، بااستفاده از تیمارهای مختلف شدت و مدت‌زمان اعمال میدان مغناطیسی بر بذر نخود می‌باشد.

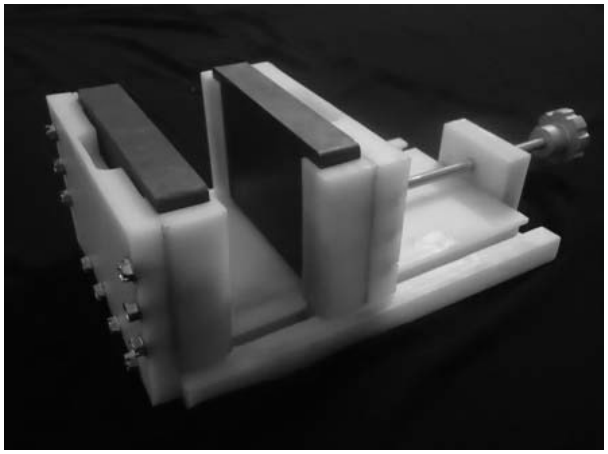
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش بذور نخود رقم ILC482، به شدت و مدت‌زمان قرارگیری بذر در معرض میدان مغناطیسی آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۳تکرار، در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شدت میدان مغناطیس در دو سطح (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا) و زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیس در ۵سطح (۱، ۲، ۳، ۴

1- *Zea mays* L.
2- *Licopersicon esculentum* L.
3- *Capsicum annuum* L.
4- *Cucumis sativus* L.
5- *Medicago sp.*
6- *Lactuca sativa* L.

و ۵ساعت) و تیمار شاهد نیز بدون اعمال میدان مغناطیسی در آزمایش در نظر گرفته شد.

بذور در داخل کیسه شفاف پلاستیکی در بین قطب‌های آهن‌ربا (شکل ۱) با شدت و مدت‌زمان لازم قرارگرفتند، سپس در دسته‌های ۱۰تایی در پتری‌دیش به قطر ۷سانتی‌متر که در دستگاه اتوکلاو استریل‌شده بودند، به‌همراه کاغذصافی (واتمن شماره ۱) گذاشته شد. دستگاه ایجادکننده میدان مغناطیسی متشکل از دو آهن‌ربا بود. دوقطب غیرهم‌نام روبروی هم و همدیگر را جذب می‌کردند. تغییر شدت میدان مغناطیسی، با تنظیم فاصله دو آهن‌ربا توسط پیچ میکرومتری ایجاد شده و توسط دستگاه تسلامتر (Leybold-Heraeus51652) اندازه‌گیری شد (Feizi *et al.*, 2008).



شکل ۱- دستگاه طراحی‌شده جهت ایجاد شدت‌های میدان مغناطیس بر روی بذور نخود

Fig. 1. Device for exerting different intensities of magnetic field on chickpea seeds

بذور در ابتدا در محلول وایتکس ۱۰درصد (دارای ۵/۲۵درصد هیپوکلریت‌سدیم) به‌مدت ۳۰ثانیه قرار داده‌شدند، سپس سه‌مرتبه با آب‌مقطر شستشو داده‌شدند تا عاری از ریزارگانیسم‌ها شوند. هر پتری‌دیش، یک واحد آزمایشی درنظر گرفته شد. به هر واحد آزمایشی ۷میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه و پتری‌دیش‌ها به ژرميناتور در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط نوری ۱۲ساعت نور و ۱۲ساعت تاریکی منتقل شدند. شمارش بذور جوانه‌زده به‌مدت شش‌روز، روزانه چهاربار صورت گرفت. بذوری که ریشه‌چه آن‌ها بیش از دو میلی‌متر بودند، به‌عنوان جوانه‌زده ثبت شدند (ISTA, 2009). از آنجاکه طول دوره رشد گیاهچه بذر نخود بسیار سریع‌بوده و مرحله گره دوم به‌عنوان اتمام مرحله گیاهچه در نظر گرفته می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008)، به‌محض مشاهده گره دوم، گیاهچه‌ها برداشت شدند. در این آزمایش، در روز ششم گیاهچه به مرحله تولید گره دوم رسید. در پایان آزمایش، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه و بقایای بذر ثبت شدند و سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک به‌طور جداگانه در آون (دمای ۸۰درجه سانتی‌گراد) قرار داده‌شدند. برای تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین‌ها (آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد) از نرم‌افزار MSTAT-C و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول۱ نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی‌شده در بذور نخود، تحت تاثیر تیمارهای مختلف زمان و شدت میدان مغناطیسی ارائه شده‌اند. اثر میدان مغناطیسی (زمان و شدت) بر روی تعدادگیاهچه سالم معنی‌دار نبود. بین تیمارهای اعمال‌شده در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اما برهمکنش زمان و شدت میدان مغناطیسی، بر روی سایر صفات جوانه‌زنی معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۱) بود. درصد نهایی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تَر ریشه‌چه، وزن تَر ساقه‌چه، وزن تَر بقایای‌بذر، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک بقایای‌بذر به شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف واکنش مثبت نشان دادند (جدول ۱).

اعمال میدان مغناطیسی بر روی درصد نهایی جوانه‌زنی مؤثر بود و در ۲ و ۵ساعت و شدت میدان ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا، ۱ساعت و شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا، ۴ساعت و شدت میدان ۱۵۰میلی‌تسلا مشابه و بیشترین مقدار بود که

نسبت به شاهد ۷درصد افزایش نشان دادند. در تیمار ۳ساعت و شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا کمترین درصد جوانه‌زنی نخود مشاهده شد (جدول ۲). اثرات میدان مغناطیسی بر طول ریشه‌چه مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر زمان و شدت میدان مغناطیسی بر روی برخی صفات جوانه‌زنی بذور نخود

Table 1. Analysis of variance (mean of squares) of the effect of time and intensity of magnetic field on some properties of chickpea seed germination

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	گیاهچه سالم Healthy seedling	وزن تر بقایای بذر Fresh weight of seed remains	وزن تر ساقه‌چه Fresh weight of shoot	وزن تر ریشه‌چه Fresh weight of root	وزن خشک بقایای بذر Dry matter of seed remains	وزن خشک ساقه‌چه Dry matter of shoot	وزن خشک ریشه‌چه Dry matter of root
تیمار Treatment	10	0.55**	13.63**	1.83**	0.03ns	0. 2**	0.15**	0.40**	0.10**	0.001**	0.004**
خطا error	22	0.09	0.97	0.08	0.01	0.07	0.02	0.06	0.01	0.00008	0.0002
کل total	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

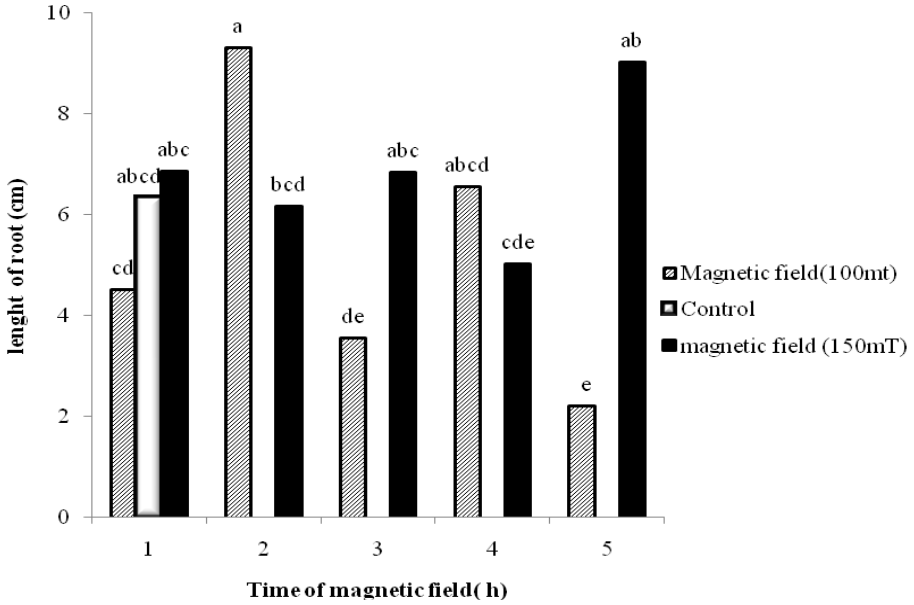
ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and** are non-significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively

بیش‌ترین طول ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا ۹/۳سانتی‌متر و با ۱، ۳ و ۵ساعت در همین‌شدت، به‌طور معنی‌داری اختلاف ($p\leq$ ۰/۰۵) و نسبت به شاهد (۶/۳۳ سانتی‌متر)، ۳۳درصد افزایش داشت (جدول۲ و شکل ۲). در تیمار ۵ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا، کمترین طول ریشه‌چه (۲/۲۲سانتی‌متر) و نسبت به شاهد ۶۶درصد کاهش نشان داد. در تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس طول ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد ۳۰درصد افزایش یافت (شکل ۲). بنابراین هم تغییر زمان اعمال میدان مغناطیسی و هم شدت میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه بذر نخود مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). اگرچه در این آزمایش، اثر اعمال میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه بذرهای نخود مثبت بود، اما نمی‌توان به‌طور قطع اثر میدان مغناطیسی را بر روی این صفت در تمام گیاهان مثبت دانست. در مطالعه Feizi *et al*, (2008) طول ریشه‌چه بذرهای گندم[1] تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار نگرفت. احتمال می‌رود این تفاوت اثر، ناشی از ترکیبات سازنده بذر در گیاهان مختلف باشد که در نتیجه منجربه واکنش متفاوت در گیاهان می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که میزان طول ساقه‌چه بذرهای نخود نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف قرار گرفتند (جدول ۱). اثرات تیمارهای شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی طول ساقه‌چه مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). طول ساقه‌چه بذور نخود در تیمار اعمال ۲ساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۶۷سانتی‌متر) و در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا به‌میزان ۴۶/۹درصد افزایش یافت (جدول ۲). همچنین در تمام تیمارهای میدان مغناطیسی و زمان مغناطیسی طول ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان‌داد و تنها در مدت‌زمان ۵ساعت اعمال میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا، میزان این صفت کاهش نشان داد (جدول ۲). به‌بیان دیگر پاسخ دو صفت طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه نخود به اعمال تیمارهای مختلف شدت و مدت میدان مغناطیسی در شرایط آزمایشگاهی کاملاً مشابه بود و هر دو صفت در تیمار اعمال ۵ساعت زمان میدان مغناطیسی بیشترین پاسخ مثبت و منفی را به‌ترتیب در شدت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌تسلا نشان دادند. در مطالعات دیگر اثر میدان مغناطیسی بر روی طول ساقه‌چه بذرهای گیاهان مختلف مثبت گزارش شده است (Martinez *et al.*, 2009; Vashisth & Nagarajan, 2010) به‌عنوان مثال در مطالعه Feizi *et al*, (2008) میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا منجر به افزایش ۲۷درصدی طول ساقه‌چه بذرهای گندم شده است. وی همچنین گزارش داد که در تیمار ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت ۱۰دقیقه و در تیمار ۱۵۰میلی‌تسلا به‌مدت ۳۰دقیقه طول گیاهچه گندم به‌میزان ۱۹درصد افزایش یافت. Dianat *et al*, (2012) نیز تأثیر مثبت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا در افزایش طول ساقه‌چه بذرهای گندم رقم نیک‌نژاد را گزارش کردند. همچنین طول گیاهچه بذر ذرت نیز در اثر میدان مغناطیسی افزایش نشان‌داده است (Florez *et al.*, 2007; Racuciu *et al.*, 2008).

1- *Triticum aestivum* L.



شکل ۲- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی طول ریشه‌چه نخود در شرایط آزمایشگاه

Fig. 2. Effect of intensity and time of magnetic field on root length of chickpea under laboratory conditions

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که اثرات زمان و شدت میدان مغناطیسی بر روی وزن تَر بذر، ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۱) به‌طوری‌که میزان وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار اعمال ۲ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا نسبت به تیمار شاهد (۱/۱، ۰/۶میلی‌گرم) به‌ترتیب ۷ و۴۵درصد افزایش یافتند (جدول ۲). کمترین میزان وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار اعمال ۱ساعت میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا با کاهش به‌ترتیب ۳۷ و ۳۳درصد، مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، وزن تَر بذر در تیمارهای اعمال ۳ و ۵ساعت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا، با اختلاف ۷درصد نسبت به تیمار شاهد (۱/۷میلی‌گرم) بیشترین مقدار بودند (جدول ۲). کمترین میزان وزن تر بذر در تیمار اعمال ۱ساعت میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا (۵/۴میلی‌گرم) مشاهده شد (جدول ۲). به‌طور کلی میزان وزن تَر گیاهچه در تیمارهای مختلف زمان-مغناطیس نیز تحت تأثیر قرار گرفتند ($p\leq$ ۰/۰۵). بنابراین میزان تغییرات میدان مغناطیسی و زمان درمعرض میدان مغناطیسی در بذر نخود، سبب تغییر در میزان وزن تَر بذر، ساقه‌چه و ریشه‌چه بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی می‌شود که میزان این تغییرات، بر روی صفت وزن تَر ساقه‌چه به‌صورت محسوس و قابل‌ملاحظه بود. ازطرف دیگر در صفات موردبررسی بیشترین واکنش مربوط به تیمارهای ۵ساعت اعمال میدان مغناطیسی بود. بنابراین می‌توان گفت زمان اعمال میدان مغناطیسی باتوجه به نوع گیاه و شرایط مورد آزمایش می‌تواند مؤثرتر از شدت اعمال میدان مغناطیسی باشد.

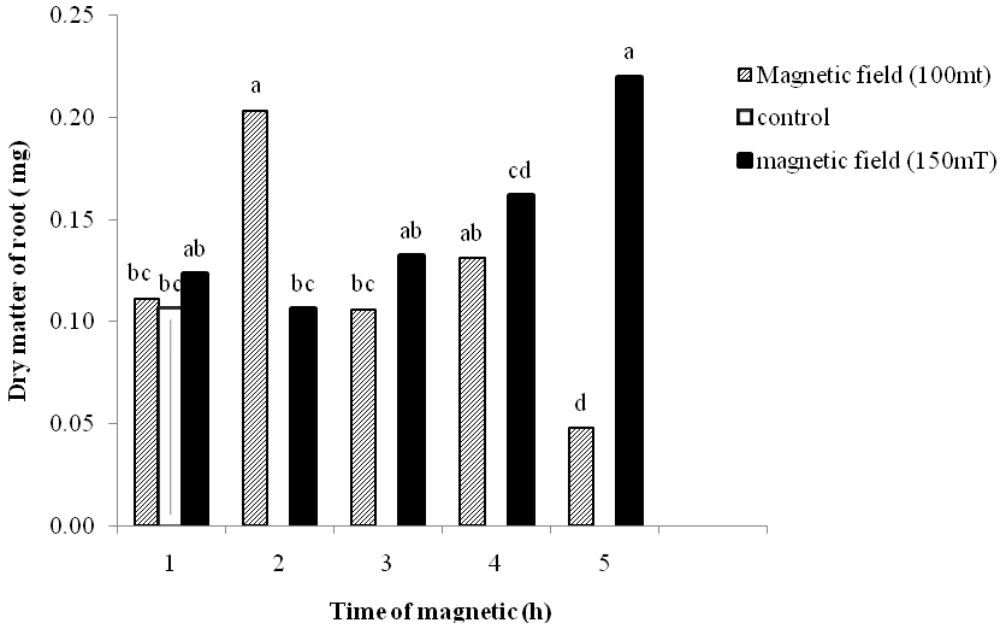
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پاسخ وزن تَر گیاهچه نیز همچون سایر صفات جوانه‌زنی بذر نخود به تیمار زمان در معرض میدان مغناطیسی با شدت‌های مختلف، متفاوت است و این تفاوت در تیمار زمان مغناطیس بیش‌تر است. نکته قابل‌توجه این است که در اکثر صفات، پاسخ به زمان بالای مغناطیس (۵ساعت) در صفات مختلف واضح‌تر از سایر زمان‌های مغناطیس می‌باشد. اگرچه این پاسخ لزوماً سبب افزایش مثبت صفات نشده است، به این‌مفهوم که در اکثر صفات، بیشینه یا کمینه صفت موردبررسی، مربوط به تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس می‌باشد (جدول ۲). به‌طورکلی در مطالعات دیگر نیز، وزن تَر گیاهچه در گیاه ذرت در اثر میدان مغناطیس افزایش‌یافته است (Florez *et al.*, 2007; Racuciu *et al.*, 2008). در یک مطالعه دیگر نیز، وزن تَر گیاهچه گندم در برابر تیمارهای مختلف در معرض میدان مغناطیس افزایش نشان‌داده است (Feizi *et al.*, 2008).

جدول ۲- مقایسه میانگین زمان × شدت میدان مغناطیسی بر برخی صفات جوانه‌زنی

Table 2. Mean comparison of intensity and time of magnetic field on some traits of germination

مدت میدان مغناطیس Time of magnetic(h)	شدت میدان مغناطیس Magnetic field (mT)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	طول ساقه‌چه Shoot length(cm)	گیاهچه سالم Healthy (plant)	وزن تر بقایای بذر Fresh weight of seed remains (mg)	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight (mg)	وزن تر ساقه‌چه Shoot weight (mg)	وزن خشک بقایای بذر Dry matter of seed remains (mg)
1	100	10.0^{a}	2.3^{ab}	1.0^{a}	5.4^{b}	1.4^{ab}	0.8^{ab}	1.8^{b}
	150	9.3 ^{ab}	2.0^{b}	0.8^{a}	6.2 ^{ab}	1.5 ^{ab}	0.9 ^{a}	2.3 ^{a}
2	100	10.0^{a}	3.2 ^{a}	0.9^{a}	6.0 ^{ab}	1.7 ^{a}	1.0 ^{a}	2.3 ^{a}
	150	10.0^{a}	1.7 ^{b}	1.0^{a}	6.1 ^{a}	1.4^{ab}	0.9 ^{a}	2.3 ^{a}
3	100	9.0 ^{b}	2.0^{b}	0.9^{a}	6.2 ^{a}	1.2^{ab}	0.8^{ab}	2.1 ^{a}
	150	9.3 ^{ab}	2.5^{ab}	0.8^{a}	6.3 ^{a}	1.4^{ab}	0.9 ^{a}	2.2 ^{a}
4	100	9.0 ^{b}	2.2^{b}	0.7^{a}	6.0 ^{ab}	1.6 ^{a}	0.8 ^{ab}	2.3 ^{a}
	150	10.0^{a}	1.7 ^{b}	0.9^{a}	5.9 ^{ab}	0.8^{b}	0.4^{b}	2.4 ^{a}
5	100	10.0^{a}	0.4 ^{c}	0.8^{a}	6.3 ^{a}	0.7^{b}	0.4^{b}	2.4^{a}
	150	10.0^{a}	3.2 ^{a}	1.0^{a}	5.6^{ab}	2.0 ^{a}	1.1^{a}	2.1^{a}
شاهد Control	0	9.3 ^{ab}	1.7^{b}	1.0^{a}	5.9^{ab}	1.1^{ab}	0.6^{ab}	2.4^{a}

نتایج این آزمایش نشان داد که فاکتورهای مورد بررسی بر روی صفت وزن خشک گیاهچه نیز مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱). وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر فاکتور مدت میدان، با شدت‌های مختلف میدان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). ($p<$ ۰/۰۱). بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار ۲ساعت زمان میدان مغناطیسی ۱۵۰میلی‌تسلا بود که نسبت به تیمار شاهد (۰/۱۰۶میلی‌گرم) به‌میزان ۵۱/۹درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). در تیمار میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلای ۱ساعته (۰/۲۰۳میلی‌گرم) نیز نسبت به تیمار شاهد۴۹/۳درصد افزایش یافت. همچنین، کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در تیمار میدان ۱۰۰میلی‌تسلا به‌مدت ۵ساعت میدان مغناطیسی مشاهده که نسبت به تیمار شاهد دچار حدوداً ۵۴درصد کاهش شد (شکل ۳).

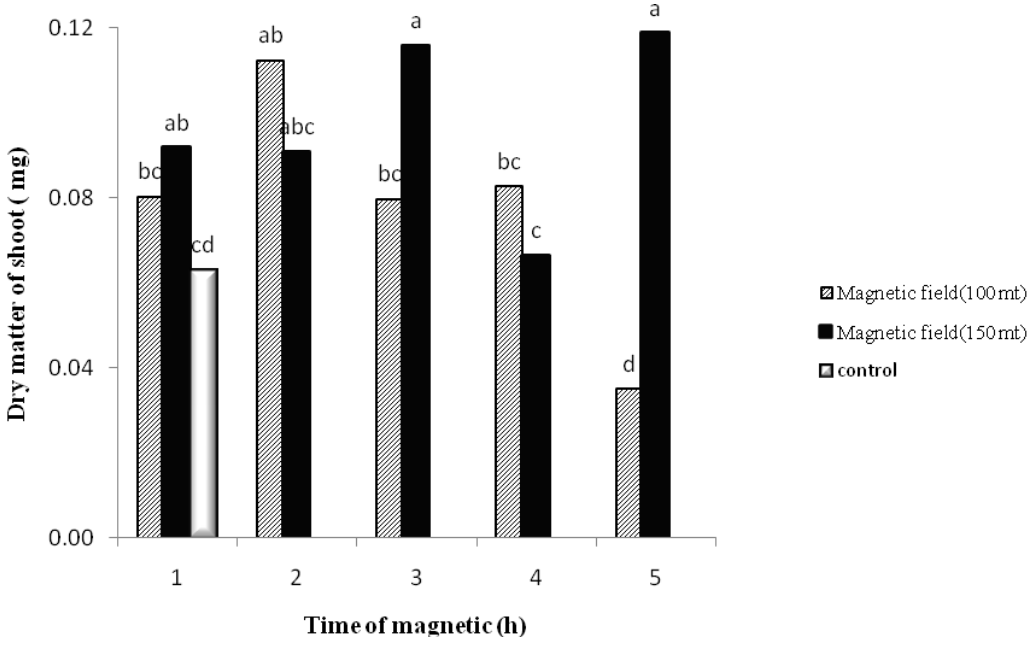


شکل ۳- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ریشه‌چه در شرایط آزمایشگاه

Fig. 3. Effect of intensity and time magnetic field on root dry matter in laboratory conditions

همچنین نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی بر روی میزان وزن خشک بذر نخود، همچون سایر صفات جوانه‌زنی مورد بررسی در این آزمایش مؤثر بود ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ به‌طوری‌که اثرات‌متقابل شدت و زمان میدان مغناطیسی منجر به تغییر وزن خشک بذر نخود بعد از اتمام دوره گیاهچه نخود در شرایط آزمایشگاهی شد (جدول ۱ و۲). اگرچه این اثرات بر روی وزن خشک نخود معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۱)، اما بین تیمار شاهد و تیمارهای اعمال‌شده به‌جز در یک تیمار، تفاوت چندانی مشاهده نشد. در واقع در تیمار شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نبود، اما در تیمار اعمال ۱ساعت اعمال میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. به این‌ترتیب، وزن خشک بذر در برابر میدان کوتاه‌مدت و ضعیف پاسخ منفی نشان نداد؛ اما با افزایش زمان و شدت میدان مغناطیسی واکنش وزن خشک بقایای بذر مثبت شد.

وزن خشک ساقه‌چه نیز در اثر تیمارهای مختلف مورد استفاده میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq$ ۰/۰۱)؛ به‌طوری‌که اثرات مدت و شدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ساقه‌چه نسبت به سایر صفات موردبررسی در این آزمایش بیشترین اثر را داشت (شکل ۴)؛ به‌طوری‌که در تیمار اعمال ۵ساعت میدان مغناطیسی شدت‌های ۱۵۰میلی‌تسلا، وزن خشک ساقه‌چه نخود ۴۶درصد نسبت به تیمار شاهد (۰/۰۶۳ میلی‌گرم) افزایش یافت و همچون سایر صفات تیمار ذکرشده، بیشینه وزن خشک ساقه‌چه نخود را به‌خود اختصاص داد (شکل ۴). این صفت در هر یک از زمان‌های میدان مغناطیسی با شدت‌های مختلف دیگر متفاوت بود، در تیمار میدان ۱۵۰میلی‌تسلا در زمان ۳ساعت میدان مغناطیسی (۰/۱۱۶ میلی‌گرم) نیز نسبت به تیمار شاهد (۰/۰۶۳ میلی‌گرم) حدود ۴۵/۷درصد افزایش مشاهده شد (شکل ۴). به‌طورکلی در تمام تیمارهای زمان و شدت میدان مغناطیسی، میزان وزن خشک ساقه‌چه بذر نخود نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، اما در تیمار ۵ساعت زمان مغناطیس با شدت میدان ۱۰۰میلی‌تسلا این روند مشاهده نشد، به این‌مفهوم که در این تیمار کمینه وزن خشک ساقه‌چه مشاهده شد و میزان آن (۰/۰۳۵ میلی‌گرم) نسبت به تیمار شاهد ۴۲درصد کاهش نشان داد (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد با افزایش زمان مغناطیس در میدان با شدت ۱۰۰میلی‌تسلا از یک حد به‌خصوصی، روند رشد گیاهچه دچار تنش‌شده و به‌شدت کاسته می‌شود.



شکل ۴- اثر شدت و مدت میدان مغناطیسی بر روی وزن خشک ساقه‌چه بذر نخود در شرایط آزمایشگاه

Fig. 4. Effect of intensity and time of magnetic field on shoot dry matter in laboratory conditions

احتمال می‌رود، این امر ناشی از توان و ظرفیت محدود آنزیم‌های آمیلاز و نیترات‌ردوکتاز (Yinan *et al.*, 2005)، جریان یون کلسیم (Dhawi *et al.*, 2009)، بیوسنتز پروتئین‌ها، تکثیر سلول و فعالیت شیمیایی گیاهچه‌ها، تنفس (Cakmak *et al.*, 2009) و یا اثر بازدارندگی آفاتی هم‌چون قارچ‌ها (Meiqiang *et al.*, 2005)، در برابر میدان مغناطیسی ۱۰۰میلی‌تسلا باشد. البته این مسئله در میدان ۱۵۰میلی‌تسلا کاملاً برعکس بود. زیرا بیش‌ترین میزان وزن خشک ساقه‌چه هم‌چون اکثر صفات مورد اندازه‌گیری نخود در شرایط آزمایشگاهی، در تیمار زمانی ۵ساعت میدان مغناطیسی مشاهد شد (شکل ۴). بنابراین تغییر میدان مغناطیسی (از لحاظ مدت و شدت) منجربه واکنش سریع در بذر نخود می‌شود. البته این فرایندها هر یک توسط عناصر مختلف در گیاهان صورت می‌گیرد. آنچه که مسلم است این است که میدان مغناطیسی منجربه واکنش سریع در گیاهان شده و پاسخ گیاهان نیز در مقابل تغییرات زمانی و شدت میدان مغناطیسی بسیارحساس می‌باشد. به‌نظر می‌رسد با توجه به ترکیبات عناصرسازنده بذر گیاه موردنظر این واکنش‌ها متفاوت باشد، زیرا پاسخ عناصر مختلف در برابر میدان مغناطیسی متفاوت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این آزمایش، میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری بر روی صفات مختلف جوانه‌زنی نخود تأثیرگذار بود؛ به‌طوری‌که زمانی‌که بذور در معرض میدان‌های مختلف قرار گرفتند، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه افزایش نشان می‌دهند. همچنین میزان وزن تَر بذر، ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی نسبت به تیمار شاهد (بدون میدان مغناطیسی در زمان‌های مختلف به‌میزان زیادی (۷، ۴۵ و ۴۶درصد) افزایش یافتند. همچنین میدان‌های مغناطیسی منجربه افزایش معنی‌دار(۴۶درصد) وزن خشک ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد شدند. اما وزن خشک بذرهای جوانه‌زده در اثر میدان مغناطیسی واکنش چندان‌مثبتی نشان نداد. از آنجاکه میدان مغناطیسی سبب بهبود رشد گیاهچه می‌شود، در نتیجه تخلیه موادغذایی سازنده بذر سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد و در نتیجه منجر به سریع‌شدن دوره رشد در زمان جوانه‌زنی بذر نخود در شرایط آزمایشگاهی خواهد شد. باتوجه به این‌نکته می‌توان گفت که استفاده از میدان مغناطیسی یک روش مناسب در جهت تسریع رشد گیاه‌زراعی در مقابل علف‌های‌هرز بوده و می‌توان از آن به‌عنوان یک تکنیک مدیریتی مناسب که فاقد آلودگی‌های مختلف باشد، بهره جست.

منابع

1. Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture 8: 369-380.
2. Aladjadjiyan, A. 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. International Agrophysics 24: 321-324.
3. Bhowmik, P.C. 1997. Weed biology importance to weed management. Weed Science 45: 349-356.
4. Cakmak, T., Dumlupinar, R., and Erdal, S. 2009. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. Bioelectromagnetics 30: 1-10
5. Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., and Hassan, E. 2009. Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Research Journal Agriculture Biological Sciences 5: 161-166.
6. Dianat, Z., Pirasteh, H., and Emam, Y. 2012. Effect of intensity and duration of magnetic field on germination and seedling growth of wheat cv. Niknejad. The First National Conference on Abiotic Stresses. Isfahan, Iran. 1-2 Nov. 2012. p.125
7. FAO (Food and Agricultural Organization), 2012. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat.fao.org/faostat/collection?subset=agriculture
8. Feizi, H., Rezvanimoghadam, P., Koocheki, A., Shahtahmassebi, N., and Fotovat, A. 2012. Influence of intensity and exposure duration of magnetic field on behavior of seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 3(4): 482-490. (In Persian with English Summary).
9. Florez, M., Carbonell M.V., and Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. Environment Experimental Botany 59:68-75.
10. Forcella, F., Oskaui, K.E., and Wanger, S.W. 1993. Application of weed seed bank ecology to low input crop management. Ecology Application 3: 74-83.
11. Garcia, R.F., and Arza, P.L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations. Bioelectromagnetics 22: 589-595.

12. Gaur, P.M., Tripathi, S., Gowda, C.L.L., Ranga Rao, G.V., Sharma, H.C., Pande, S., and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 28 pp.
13. Grundy, A.C.W., Bond, and Burston, S. 1999. Weed suppression by crops. The Brighton Conference Weeds. P. 957-962.
14. Hozayn, M., and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 671-676.
15. Hozayn, M., Abd El-Monem, A.A., Abdul Qados, A.M.S., and Abd El-Hameid, E.M. 2011. Response of some food crops to irrigation with magnetized water under green house condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(12): 29-36.
16. ISTA. 2009. ISTA Rules. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 47 pp.
17. Martinez, E., Carbonell, M.V., Amaya J.M., and Maqueda, R. 2009. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. International Agrophysics 23: 45-49.
18. Meiqiang, Y., Minging, H., Buzhou, M., and Tengcar, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. Journal Plasma Science Technology 7: 3143-3147.
19. Moon, J.D.C., and Sook, H. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal Electrostatics 48: 103-114.
20. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Beans. Jihad Daneshgahi Mashhad, Iran. P: 522.
21. Racuciu, M., Creanga, D., and Horga, I. 2008. Plant growth under static magnetic field influence. Romania Journal Physics 53: 353-359.
22. Vashisth, A., and Nagarajan, S. 2008. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bioelectromagnetics 29: 571-578.
23. Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal Plant Physiology (Special Issue): 179-186.
24. Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y., and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pre treatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environment and Experiment Botany 54: 286-294.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 54-64

Effect of magnetic field on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mahmoudi[1*], Gh., Ghanbari[2], A., Rastgoo[3], M., Gholizade[4], M. & Tahmasebi[4], I.

1, 2 and 3. Respectively, PhD., and Associate Professors in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4. Associate Professor, Department of Chemistry Ferdowsi University of Mashhad; Assistant Professor, Department of Agronomy, Kurdistan University, Respectively

Received: 30 June 2014
Accepted: 1 August 2015

Introduction

Proteins are one of the basic and essential required compounds for life, and the creatures receive it either from a plant or animal origin. It has been reported that the positive effects caused by applying the magnetic field are due to the paramagnetic properties of the cells within the plant, and pigments such as the Chloroplast. Biophysical methods (magnetic fields, electricity, etc.) could improve the growth of plants with high energy rates. These methods, improve the energy levels independent from their source, and increase the electric potential of the cell membrane. Stimulating physical methods do not affect the physiological traits of the plant controlled by the genetic systems. In order to study the effect of intensity and duration of magnetic field on some properties of seed germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar ILC482 an experiment was conducted in Advanced Research Laboratory of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The goal of the experiment was to determine the possibility of improving the germination and vigor of the chickpea seed by using various intensities and durations of a magnetic field.

Materials & Methods

The experiment included magnetic field intensities (100 and 150 mT magnetic field), five exposure duration (60, 120, 180, 240 and 350 min) and control. After preparing the seeds, 40 seeds were placed in a transparent plastic bag between the magnetic poles in order to apply the magnetic field. For applying the magnetic field, the magnetic generator was used made up from two strong, constant magnets which the opposite poles faced one another, and the field intensity was changed by changing the distance between them. The seeds with a root length of over 2 millimeters were recorded as germinated. At the end of the test (day 10), the shoot and root lengths, seed, root, and shoot fresh weights were measured and recorded. The statistical tests were done via the MSTAT-C and SIGMAPLOT 12 software, and the EXCEL 2007 also was used in drawing the charts. Duncan's multiple range tests was used to compare means. All statements of significance were based on probability of $P<0.05$.

Results & Discussion

Results indicated that the highest root length was found in the 100 mT magnetic field with 120 min exposure duration and root length was increased by 33 percent in comparison to control (6.33 cm). Root length was increased by 30 percent in comparison to control in 150 mT treatment with 350 min of time. Shoot length was increased by 46.9 percent in comparison to control (1.67 cm) in 150 mT + 350 min of time treatment. Also the highest dry matter of root in the treatment of 150 mT +120 min magnetic field was increased by 51.9 percent in comparison to control. Dry matter of shoot in 150 mT with 350 min exposure duration was increased by 46 percent, while dry matter of seeds was reduced. Since the magnetic field improves plant growth, As a result, food manufacturer depletion drills done faster and better, the growth of pea seed germination will be faster in vitro. Increased germination of the tomato seed (*Licopersicon esculentum* L.) was

* **Corresponding Author:** gh.mahmoudi@stu.um.ac.ir

observed by using a short pretreatment with electrical and magnetic fields. The magnetic properties of the cells determine their capability in order to absorb and transfer the magnetic energy to other types of energy, transferring these energies within the plant.

Conclusion

Based on the results from this study, the magnetic field had a significant effect on the chickpea germination properties. When the seeds were exposed to various magnetic fields, most of their germination properties increased, an increase in different intensities, compared to the control. It could be said that using a magnetic field is an appropriate method in order to improve the crop growth against the weeds, and it could be used as a useful management technique which has no polluting side effects.

Key words: Dry matter of seedling, Fresh weight of seedling, Magnetic field intensity, Seedling length

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۸۰-۶۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 65-80

تأثیر تنش شوری و هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور ماش‌سبز (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)

مجید قنبری[1*]، کامران منصور قناعی پاشاکی[2]، صابر صفایی عبدالمناف[2] و خدیجه عزیز علی‌آبادی[2]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانش‌آموختگان کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۲

چکیده

جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم و تعیین‌کننده عملکرد نهایی گیاهان است. تنش شوری مهم‌ترین عامل غیرزیستی تهدیدکننده گیاهان به‌ویژه لوبیا است. امروزه تکنیک پیش‌تیمار بذر به‌عنوان عامل بهبوددهنده جوانه‌زنی و استقرار تحت تنش‌های محیطی معرفی‌شده است. این تحقیق با هدف بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ماش‌سبز تحت تأثیر تنش شوری به‌صورت آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پیش‌تیمار بذر، در چهارسطح، صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ و تنش شوری در پنج‌سطح، صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. در این آزمایش صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، ضریب‌آلومتریک، درصد آب بافت گیاهچه و بنیه بذر اندازه‌گیری شد. نتایج این آزمایش نشان‌داد که در کلیه متغیرهای موردبررسی اختلاف بسیار معنی‌داری بین سطوح تیمارها وجود داشت. علاوه‌بر این، در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ و تنش شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تَر و وزن‌خشک ریشه‌چه، وزن‌خشک ساقه‌چه، ضریب‌آلومتریک و درصد آب بافت گیاهچه اختلاف معنی‌داری در سطح یک‌درصد داشته و از نظر وزن تَر ساقه‌چه در سطح پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری دیده شد. این درحالی است که از نظر میانگین و درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. بیشترین میانگین درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر در تیمار آب‌مقطر و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. بیشترین وزن تَر ریشه‌چه و ضریب‌آلومتریک در تیمار آب‌مقطر و ۸ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. از نظر درصد آب بافت گیاهچه، تیمار آب‌مقطر و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ کمترین مقدار را به‌خود اختصاص داد. کلیه متغیرهای موردبررسی به‌جُز درصد آب بافت گیاهچه در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ کمترین مقادیر را داشتند. به‌طور کلی، هیدروپرایمینگ توانست از طریق ارتقاء سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و افزایش میزان بنیه گیاهچه، اثرات نامطلوب تنش شوری را بهبود داده و موجب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی گردد.

کلمات کلیدی: پیش‌تیمار آبی، جوانه‌زنی، شاخص‌های رشدی گیاهچه، ماش‌سبز، نمک

مقدمه

حبوبات، مهم‌ترین منبع تأمین پروتئین گیاهی بوده و ماش‌سبز (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) با تولید دانه‌هایی حاوی ۲۵-۲۲درصد پروتئین، از ارزش تغذیه‌ای بالایی برای انسان برخوردار بوده و در اکثر جوامع امروزی از منابع عمده تأمین پروتئین به‌شمار می‌رود. علوفه ماش‌سبز نیز با دارابودن ۱۰ تا ۲۰درصد پروتئین گیاهی، به‌عنوان علوفه‌ای خوش‌خوراک جهت تغذیه حیوانات مورداستفاده قرار می‌گیرد (Rastgar, 2005; Majnoon-Hoseini, 1993).

تغییرات آب‌وهوایی، رشد بی‌رویه جمعیت و تنش‌های غیرزیستی از جمله چالش‌های مهمی هستند که کشاورزی امروزی با آن روبه‌رو است. در این بین، تنش شوری با کاهش میزان و درصد جوانه‌زنی، کاهش رشد و نمو اندام‌های هوایی و کاهش دوره رشد گیاهچه بر عملکرد محصولات‌زراعی تأثیر منفی گذاشته و می‌تواند پتانسیل تولید مادهٔ خشک در اغلب زمین‌های زراعی را به‌شدت کاهش دهد (Wallace, 2000;

* **نویسندهٔ مسئول:** دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی،گروه زراعت، صندوق پستی: ۳۳۳-۱۴۱۱۵، majid.ghanbari@modares.ac.ir، همراه: ۰۹۱۱۵۵۱۳۶۸۹، تلفن: ۳-۴۴۱۹۶۵۲۲

Wang *et al*., 2003). از یک‌سو، تنش شوری از طریق تجمیع رادیکال‌های سوپراکسید در سلول‌ها، لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها را تخریب‌کرده و علاوه‌بر مختل‌کردن روابط آبی گیاه از طریق تأثیرات اسمزی موجب سمیت یون‌های سدیم و پتاسیم در بافت‌ها و سلول‌های گیاه می‌شود (Rajabi & Postini, 2005; Greenwood & Macfarlen, 2009). از سویی‌دیگر، تنش شوری از طریق ایجاد تنش خشکی به‌وسیله کاهش پتانسیل آب در منطقه ریشه، یا ایجاد سمیت یون‌های سدیم و کلر در گیاهچه و یا از طریق ایجاد عدم‌تعادل عناصرغذایی به‌وسیله کاهش در میزان جذب یا کاهش در میزان انتقال آن در اندام‌های هوایی رشدونمو گیاهان را تحت تأثیر خود قرار دهد (Gama *et al*., 2007). Greive *et al*, (1992) در بررسی میزان عملکرد گندم تحت شرایط تنش شوری گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش شوری، میانگین و درصد جوانه‌زنی و میزان سبزشدن گیاهچه به‌شدت کاهش‌یافته که این امر در نتیجه افزایش پتانسیل‌اسمزی و ایجاد سمیت یون داخل سلول‌ها ایجاد می‌گردد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تنش شوری به‌طور معنی‌داری بر میانگین و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن تَر ساقه‌چه و ریشه‌چه اثرگذار است (Tajbakhsh & Sadeghi, 1999). Khodabakhsh *et al*, (2010) در بررسی‌های خود روی تأثیر هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ تحت شرایط تنش شوری در دو رقم تجاری نخود اظهار داشتند که افزایش سطوح تنش شوری موجب کاهش میانگین و درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌گردد. آزمایش‌ها نشان‌داد که افزایش میزان تنش شوری بر رشد ریشه‌چه بیش از ساقه‌چه تأثیرگذار بوده و میزان آن را کاهش می‌دهد (Soltani *et al*., 2001). همچنین از نتایج تحقیقات محققان چنین برمی‌آید که افزایش سطوح غلظت‌های تنش شوری، جوانه‌زنی غیرعادی بذور را افزایش‌داده و بنیه بذور را کاهش می‌دهد (Tajbakhsh, 1996).

در این‌راستا هیدروپرایمینگ، یکی از روش‌های بهبود کیفیت ویژگی‌های جوانه‌زنی در بذور محسوب‌شده که در آن بذور به‌صورت کنترل‌شده آب را جذب‌کرده، به‌نحوی‌که فعالیت متابولیکی و فیزیولوژیکی بذور جهت جوانه‌زنی پیش از خروج ریشه‌چه تکمیل‌شده و سپس بذور به رطوبت‌اولیه خود رسانیده می‌شوند (Farooq *et al*., 2006; Harris *et al*., 1999). به‌عبارتی‌دیگر، هدف از انجام هیدروپرایمینگ، کاستن از مدت‌زمان لازم جهت جوانه‌زنی، بهبود در استقرار گیاهچه و بهبود در شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی است (Hill, 1999). انجام پرایمینگ با استفاده از آب‌خالص روشی بسیار ساده و مقرون به‌صرفه بوده و از طریق کاهش زمان لازم برای جذب آب در بذور، میزان و درصد جوانه‌زنی را بهبود بخشیده و سبزشدن و استقرار گیاهچه را تسریع می‌کند (Windauer *et al*., 2007). به‌طور کلی پرایمینگ سبب بهبود کیفیت جوانه‌زنی بذر از طریق آغاز رویدادهای اولیه جوانه‌زنی در شرایط عدم وقوع تقسیم سلولی در بذر شده (Abutalebian *et al*., 2008) و از طریق ارتقاء سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی موجب افزایش بنیه بذر و بهبود عملکرد محصولات‌زراعی می‌گردد (Farooq *et al*., 2008). Esmaeili Pour & Majdam, (2009) در بررسی اثر هیدروپرایمینگ در بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سورگوم‌شیرین تحت شرایط تنش شوری گزارش کردند که افزایش سطوح تنش شوری صفات میانگین و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن‌خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه را کاهش‌داده و باوجود این‌که هیدروپرایمینگ بذور باعث تعدیل اثرات شوری بذر شد، اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. Agah & Nabavi Kalat, (2013) در بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه لوبیا تحت شرایط تنش شوری دریافتند که پرایمینگ توانست تحت شرایط تنش شوری شدید مؤلفه‌های میانگین و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و ضریب‌آلومتریک گیاهچه را بهبود دهد. همچنین پژوهشگران در بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ در مقاومت به شوری در مراحل مختلف جوانه‌زنی گزارش دادند که صفات میانگین و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر در بذور پرایم‌شده بهبود پیدا کرده‌اند (Shakarami *et al*., 2011). Saglam *et al*, (2010) در بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ بر پارمترهای جوانه‌زنی عدس در شرایط تنش شوری بیان‌کردند که افزایش سطوح تنش شوری موجب افزایش ضریب‌آلومتریک و افزایش محتوای آب نسبی گیاهچه شده است. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور پرایم‌شده ماش‌سبز در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش شوری و هیدروپرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور ماش‌سبز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهارتکرار در آزمایشگاه زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۹۲انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پیش‌تیمار بذر، در چهارسطح صفر، ۸ساعت، ۱۶ساعت و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ و تنش شوری، در پنج‌سطح، صفر، ۲، ۴، ۶،

۸دسی‌زیمنس بر متر بود. قبل از اجرای آزمایش، بذور با محلول ۱۰درصد هیپوکلریت‌سدیم به‌مدت ۱۵دقیقه ضدعفونی‌شده و ۳مرتبه با آب‌مقطر شستشو داده‌شدند. جهت هیدروپرایمینگ، بذور مطابق سطوح زمانی مشخص‌شده در آب‌مقطر در دمای ۲۵درجه سلیسیوس (دمای اتاق) خیسانده شدند. سپس برای کشت به‌تعداد ۲۵عدد درون هر پتری‌دیش سترون دارای کاغذصافی قرار گرفتند. تنش شوری با استفاده از NaCl خالص مرک، مطابق رابطه زیر ایجاد شد.

$$TDS = 640 \times EC \quad (۱)$$

که در آن TDS، میزان نمک‌خالص بر حسب گرم بر لیتر و EC میزان هدایت‌الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر است (Mahdavi, 2005). برای پتانسیل آب معادل صفر بار، از آب‌مقطر استفاده شد. به هر پتری‌دیش، پنج میلی‌لیتر محلول NaCl با پتانسیل‌های ۲، ۴، ۶، ۸ دسی‌زیمنس بر متر و برای پتانسیل صفر دسی‌زیمنس بر متر، آب‌مقطر اضافه شد. پس از اعمال تیمارها، ظروف توسط پارافیلم پوشیده و پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۵درجه سلیسیوس و در تاریکی به‌مدت ۸روز قرار داده شدند.

شمارش جوانه‌زنی از روز پنجم آغاز و تا روز هشتم ادامه یافت (ISTA, 2004) و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به‌اندازه ۲میلی‌متر بود (Soltani *et al*., 2001). میانگین و درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب بر اساس رابطه ۱ و ۲ محاسبه شدند.

$$MG = \frac{\sum D_n}{\sum n} \quad (۱)$$

در این فرمول D تعداد روزها پس از شروع آزمون جوانه‌زنی و n تعداد بذرهای جوانه زده در روز D است (Ellis *et al*., 1980).

$$PG = N_i/N \times 100 \quad (۲)$$

در آن N_i تعداد بذر جوانه زده شده تا روز هشتم و N تعداد کل بذر است (Fallah & Babaei, 2006). طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه از ترازوی حساس (Sartorius research (R300S)) با دقت ۰/۰۰۰۱گرم استفاده شد. ساقه‌چه و ریشه‌چه پس از تفکیک به‌مدت ۲۴ساعت در دمای ۷۲درجه سلیسیوس در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. ضریب‌آلومتریک، درصد آب بافت گیاهچه و شاخص بنیه بذر به‌ترتیب بر اساس رابطه ۳، ۴ و ۵ محاسبه شدند.

$$\text{ضریب آلومتریک} = \frac{\text{وزن خشک ریشه چه}}{\text{وزن خشک ساقه چه}} \quad (۳)$$

(Hoseini *et al*., 2011).

$$\text{درصد آب بافت گیاهچه} = \left(\frac{\text{میانگین وزن خشک گیاهچه} - \text{میانگین وزن تر گیاهچه}}{\text{میانگین وزن تر گیاهچه}}\right) \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

(Fowler *et al*., 1981).

$$\text{شاخص بنیه بذر} = \text{درصد نهایی جوانه زنی} \times \text{طول گیاهچه} \quad (۵)$$

(Agrawal, 2003).

داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ تجزیه شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که تأثیر هیدروپرایمینگ و تنش شوری بر میانگین و درصد جوانه‌زنی ماش‌سبز در سطح یک‌درصد معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین تأثیرپذیری هیدروپرایمینگ بر میانگین و درصد جوانه‌زنی ماش‌سبز در تیمار ۱۶ساعت هیدروپرایمینگ به‌ترتیب ۷/۳۰، ۷۳/۰۰درصد بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ نداشته و کمترین میزان آن در تیمار بدون هیدرپرایمینگ (صفر) به‌ترتیب ۴/۶۵، ۴۶/۵۰درصد مشاهده شد (جدول ۲). همچنین از نظر تنش شوری، بیشترین میزان میانگین و درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (آب‌مقطر)، به‌ترتیب ۸/۵۶، ۸۵/۶۲ درصد و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۳/۵۶، ۳۵/۶۲درصد مشاهده گردید (جدول ۲). بررسی‌های انجام‌شده روی میانگین و درصد جوانه‌زنی بذر نخودفرنگی و همچنین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چهار رقم grasspea نشان‌داد که افزایش سطوح تنش شوری، میانگین و درصد جوانه‌زنی بذور را به‌طور معنی‌داری کاهش داد و بیشترین تأثیر منفی آن در شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (Mahdavi & Modarres Sanavi, 2007; Shoeoan & Garo, 1985). Khajeh-Hoseini *et al*, (2003) در تحقیقات خود به نقش یون‌های کلر و سدیم در به‌وجودآوردن پتاسیل‌های بالای اسمزی و جلوگیری از جذب آب توسط بذر و همچنین ایجاد حالت سمیت شدید ناشی از یون‌های سدیم و کلر حاصل از تنش شوری اشاره داشتند. تحقیقات پژوهشگران در زمینه تنش شوری از ورود یون‌های سدیم و کلر به درون غشای سلولی و نشت محلول‌های الکترولیتی و سیتوسولی درون‌غشایی به بیرون و در نتیجهٔ آن، کاهش کارآیی و پایداری دیواره سلولی و غشای پلاسمایی حکایت دارد (Allen *et al*., 1995) که کاهش میانگین و درصد جوانه‌زنی بذور را موجب می‌گردد. بررسی‌ها روی تأثیر

هیدروپرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم زمستانه نشان‌داد که هیدروپرایمینگ توانسته موجب افزایش میانگین و درصد جوانه‌زنی بذور گردد (Giri & Schilinger, 2003). تحقیقات پژوهشگران در مورد اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی ذرت‌شیرین تحت تنش شوری نشان‌داد که هیدروپرایمینگ بر میانگین و درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشته و مؤلفه‌های جوانه‌زنی را تحت شرایط تنش شوری بهبوددهاده است (Hasanzadeh Kahal Sofla *et al*., 2012). همچنین محققان در بررسی اثر پرایمینگ بر بذور پنبه و آفتابگردان دریافتند که پرایمینگ موجب بهبود میانگین و درصد جوانه‌زنی بذور گردیده است (Soltani *et al*., 2008; Demir Kaya *et al*., 2006). پرایمینگ با افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند گلوتاتیون و آسکوربات در شرایط تنش شوری، واکنش‌های پراکسیداسیون لیپید در خلال جوانه‌زنی را کاهش داده و موجب افزایش میانگین و درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Hasanzadeh Kahal Sofla *et al*., 2012).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ماش‌سبز از نظر هیدروپرایمینگ، تنش شوری و برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار است (جدول ۱).

مقایسه میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری نشان‌داد (جدول ۳)، که بیشترین میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ به‌ترتیب ۱۲/۵۰سانتی‌متر و ۲۷/۳۷ سانتی‌متر و کمترین میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ به‌ترتیب ۶/۸۷سانتی‌متر و ۱۶/۴۰سانتی‌متر است. پژوهشگران در بررسی سطوح مختلف تنش شوری بر جوانه‌زنی ارقام مختلف لوبیا نشان‌دادند که تأثیر تنش شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بوده و با افزایش سطوح تنش شوری از میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاسته شده است. بیشترین میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و رقم جولس و کمترین میزان آن در شوری ۳دسی‌زیمنس بر متر و رقم جی ۱۴۰۸۸مشاهده شد (Bagheri & Hassabaygi, 2009).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر مقادیر مختلف شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور پرایم شده ماش‌سبز

Table1. Analysis of variance of values for the effect of salinity on primed seed germination characteristics of vigna radiata

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین جوانه‌زنی Mean of Germination	درصد جوانه‌زنی Percent of Germination	طول ریشه‌چه Radicle Length	طول ساقه‌چه Plumule Length	وزن تر ریشه‌چه Radicle Fresh Weight	وزن تر ساقه‌چه Plumule Fresh Weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle Dry Weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule Dry Weight	ضریب آلومتری Allometric Index	درصد آب بافت گیاهچه Seedling Tissu Water Percentage	بنیه بذر Seed Vigor
هیدروپرایمینگ Hydropriming	3	32.14 **	3214.58 **	20.79 **	234.59 **	1.78 **	31.61 **	0.6413 **	0.0631 **	0.0740 **	18.22 **	8396425.43 **
تنش شوری Salt Stress	4	60.66 **	6066.87 **	30.98 **	27.27 **	0.4058 **	1.27 **	0.1504 **	0.0081 **	0.1132 **	6.93 **	9285932.48 **
هیدروپرایمینگ×تنش شوری Hydropriming×Salt Stress	12	0.5520 ns	55.20 ns	0.1462 **	0.1594 **	0.0031 **	0.0082 *	0.0114 **	0.000081 **	0.0206 **	0.1680 **	50718.63 ns
خطای آزمایش Erorr	60	0.3958	39.58	0.0568	0.0537	0.0008	0.0038	0.0000091	0.000024	0.0035	0.0159	41229.97
ضریب تغییرات CV	–	10.04	10.04	2.51	1.06	3.45	1.84	6.95	5.51	12.30	0.1298	9.98

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

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

ارزیابی جوانه‌زنی و رشد رویشی گیاه روناس در غلظت‌های مختلف شوری نشان‌داد که با افزایش سطوح تنش شوری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش یافت، به‌طوری‌که طول ساقه‌چه در سطح ۵دسی‌زیمنس بر متر و طول ریشه‌چه در سطح ۲۵دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری داشت (Abbassi *et al*., 2009).

افزایش سطوح تنش شوری با ایجاد اثرات تخریبی بر غشای پلاسمایی و ورود بیش از حد یون‌های کلر و سدیم به درون سلول‌های ریشه‌چه و ساقه‌چه و به‌وجودآوردن سمیت‌یونی (Zahtabian *et al*., 2005) فعالیت برخی از آنزیم‌های مؤثر در رشد گیاهچه را تحت تأثیر خود قرار داده (Farkhah *et al*., 2003) و با افزایش پتانسیل‌اسمزی محیط کشت، از ورود آب به درون بذر جلوگیری کرده و با اختلال در روند رشد طبیعی گیاهچه (Azarnivand *et al*., 2005) موجب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردند. پژوهشگران در بررسی تأثیر پرایمینگ بر تغییرات خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برنج بیان داشتند که افزایش سطوح پرایمینگ بذر موجب بهبود طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Gholami Tileh-boni *et al*., 2012). محققان همچنین در آزمایش‌های دیگر که روی ارقام مختلف جو، خیار و فلفل انجام شد، بیان داشتند که هیدروپرایمینگ موجب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید (Judi & Sharifzadeh, 2004; Sanchez *et al*., 2001). هیدروپرایمینگ با افزایش آزادسازی کربوهیدرات‌های محلول در بذر، فعالیت متابولیکی بذر را تحریک‌کرده و با استفاده از ذخایر بذر (Sung & Chang, 1993) از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های ساکارز سنتتاز و گلوتامین سنتتاز (Kaur *et al*., 2002) موجب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد.

وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه ماش‌سبز از نظر هیدروپرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک‌درصد و برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری برای وزن تَر ریشه‌چه در سطح احتمال یک‌درصد و برای وزن تر ساقه‌چه در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین وزن تر ریشه‌چه ماش‌سبز در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری نشان‌داد که بیشترین میزان وزن تر ریشه‌چه در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۸ساعت هیدروپرایمینگ (۱۲/۸۹گرم) و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ (۰/۲۹گرم) وجود داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های وزن تَر ساقه‌چه ماش‌سبز نشان‌داد که در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری، بیشترین وزن تَر ساقه‌چه در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ (۵/۱۷گرم) و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ (۱/۵۶گرم) وجود داشت (جدول ۳). پژوهشگران با بررسی تأثیر تنش شوری بر پاسخ‌های یک‌گونه گیاه هالوفیت و برخی از ارقام چغندرقند دریافتند که افزایش سطوح تنش شوری کاهش چشمگیری را در وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه ایجاد می‌کند (Vicente *et al*., 2004; Hussain *et al*., 2004). ارزیابی تأثیر تنش شوری بر گیاهچه جو نشان‌داد که تولید ترکیبات‌ثانویه جهت تنظیم اسمزی درون‌سلولی و حفظ‌ونگهداری فشار تورژسانس با مصرف زیاد انرژی همراه‌بوده که منجربه کاهش وزن اندام‌های هوایی گیاهچه به‌ویژه وزن تَر آن شده است (Penuelas *et al*., 1997). در پژوهشی‌دیگر با بررسی تأثیر تنش شوری بر گیاه آتریپلکس عنوان شد که سطوح بالای تنش شوری موجب کاهش وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید. آنان جذب غیرعادی یون توسط گیاهچه به‌دلیل وجود سمیت‌یونی ناشی از تنش شوری و در نتیجهٔ آن اختلال بروز اختلالات متابولیکی در گیاهچه را عامل کاهش وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه عنوان کرده‌اند (Karimi *et al*., 2004). محققان با بررسی تأثیر پرایمینگ پیازخوراکی در شرایط تنش شوری گزارش دادند که پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه شده است (Khodadadi *et al*., 2003). در آزمایش‌هایی دیگر، پژوهشگران با بررسی تأثیر پرایمینگ و مدت‌زمان آن بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برنج، گندم و جو دریافتند که افزایش مدت‌زمان پرایمینگ باعث افزایش وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Karaki, 1998; Ramazani & Rezaei Sookht Abandani, 2011). پرایمینگ با تأثیر بر رشد محور جنین و نموّ گیاهچه موجب افزایش هدایت‌الکتریکی شده و با تحت‌تأثیرقراردادن فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیکی گیاهچه موجب افزایش جذب آب و افزایش وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Basra *et al*., 2006). باتوجه به نتایج به‌دست آمده، تیمار هیدروپرایمینگ با آب‌مقطر نتیجه معکوس داده و با افزایش سطوح هیدروپرایمینگ کاهش چشمگیری در وزن تَر ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده شد. بیشترین وزن تَر ریشه‌چه در ۸ساعت هیدروپرایمینگ مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد هیدروپرایمینگ با آسیب به سلول‌های بخش جنینی بذر سبب کاهش وزن تَر ریشه‌چه گردیده است (Abutalebian *et al*., 2008). به‌علت بالابودن پتانسیل آب، سرعت جذب آب در طول هیدروپرایمینگ بالابوده و زمان لازم جهت پرایم‌شدن بذر

را فراهم‌نکرده و حتی موجب خسارت به غشای سلول‌های در حال جذب گردیده و وزن تَر ریشه‌چه را کاهش‌داده است (McDonald, 2000; Powell, 1998).

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های ماش‌سبز، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه از نظر هیدروپرایمینگ، تنش شوری و برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌داد که بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه ماش‌سبز (۰/۰۹۰گرم) در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری (جدول ۳) در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ و کمترین مقدار آن (۰/۰۰۲گرم) در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ مشاهده شد. علاوه‌بر این، نتایج مقایسه میانگین داده‌های ماش‌سبز نشان‌دهنده این مطلب است که بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری (جدول ۳)، در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ (۰/۱۹۰گرم) و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ (۰/۰۰۶گرم) است. آزمایش‌های پژوهشگران در بررسی تأثیر تنش شوری و خشکی روی جوانه‌زنی بذور سورگوم‌علوفه‌ای، ارزن‌مرواریدی و مارتیغال نشان‌داد که تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بوده و با افزایش سطوح تنش شوری از وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاسته شد (Khalesro & Aghaalikhani, 2007; Yazdani Boyouki *et al*., 2011). باتوجه به بررسی‌های انجام‌شده با افزایش سطوح تنش شوری، در اثر کاهش پتانسیل‌اسمزی ایجادشده و ورود بیش از حد یون، سمیت‌یونی در گیاهچه اتفاق افتاده و رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را مختل‌کرده (Redmann *et al*., 1994) و با کاهش مستمر در استفاده از ذخایر دانه موجب کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Soltani *et al*., 2001). محققان در بررسی اثر هیدروپرایمینگ در ظهور گیاهچه ارقام آفتابگردان دریافتند که با افزایش سطوح هیدروپرایمینگ، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش یافت (Mahmoudzadeh Ardahaei *et al*., 2010). در آزمایشی دیگر، پژوهشگران با بررسی تأثیر پرایمینگ بر تغییرات خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برنج بیان‌داشتند که افزایش سطوح پرایمینگ بذر موجب بهبود وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Gholami Tileh-boni *et al*., 2011). پژوهش‌ها در زمینه پرایمینگ بذور خربزه نشان می‌دهد که افزایش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش سطوح هیدروپرایمینگ می‌تواند ناشی از افزایش سنتز آنزیم‌های هیدرولیکی و به‌همراه آن افزایش میزان پویایی ذخایر بذر و افزایش راندمان‌تبدیل ذخایر پویاشده باشد (Sivritepe *et al*., 2003).

ضریب‌آلومتریک

تخصیص مادهٔ خشک تولیدشده هنگام جوانه‌زنی به دو قسمت ریشه‌چه و اندام‌های هوایی فرآیندی متغیر است که می‌تواند پتانسیل تولید محصول گیاه‌زراعی را تحت تأثیر خود قرار دهد (Mcmical & Quisen Berry, 1991). نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه بیان‌گر نوعی مکانیسم تحمل نسبت به تنش‌های محیطی است. هر چند که این نسبت تحت کنترل عوامل ژنتیکی است، ولی تاحدودی تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار دارد (Kochaki & Zarif Ketabi, 1996). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که ضریب‌آلومتریک در هیدروپرایمینگ، تنش شوری و برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری در سطح احتمال یک‌درصد ($P<0/01$) معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین میزان ضریب‌آلومتریک ماش‌سبز در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری (جدول ۳)، در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۸ساعت هیدروپرایمینگ (۰/۵۷) و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ (۰/۳۳) مشاهده شد. محققان در بررسی اجزای جوانه‌زنی بذور کلزا و ماشک در شرایط تنش‌های محیطی دریافتند که تأثیر تنش شوری بر ضریب‌آلومتریک معنی‌دار بود و با افزایش سطوح تنش شوری از میزان ضریب‌آلومتریک کاسته شد (Zeinali *et al*., 2002; Golami *et al*., 2010). پژوهشگران در بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی جو بدون پوشینه اعلام‌کردند که با افزایش سطوح تنش شوری ضریب‌آلومتریک کاهش‌یافته و حساسیت ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه بیش‌تر است (Mashi & Galeshi, 2006). تنش شوری با تحت تأثیر قراردادن انتقال موادغذایی از لپه‌ها به محور جنین، سرعت رشد محور جنین را کاهش‌داده و با جلوگیری از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه میزان ضریب‌آلومتریک را کاهش می‌دهد (Datta & Dayal, 1991). یون‌های کلر و سدیم حاصل از تنش شوری با ایجاد پتانسیل‌اسمزی منفی فرآیندهای هیدرولیزی بذر را مختل‌کرده و با ایجاد سمیت یون، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش‌داده و با افزایش سطوح تنش شوری روندی کاهشی به ضریب‌آلومتریک می‌بخشند (Rehman *et al*., 1997). محققان با بررسی تأثیر پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی چهارگونه مرتعی در شرایط تنش

دریافتند، با افزایش سطوح پرایمینگ‌بذر میزان وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش‌یافته که به‌دنبال آن ضریب‌آلومتریک نیز افزایش یافت (Shahsavand *et al*., 2009). همچنین پژوهشگران در ارزیابی بهبود کیفیت فیزیولوژیک بذرهای زوال‌یافته با استفاده از پرایمینگ گزارش‌دادند که تأثیر پرایمینگ بر ضریب‌آلومتریک معنی‌دار بوده و با افزایش سطوح پرایمینگ بر میزان ضریب‌آلومتریک افزوده شد (Eisvand *et al*., 2008). تیمار هیدروپرایمینگ به‌دلیل فعال‌سازی فعالیت‌های متابولیکی جنین، مانند همانندسازی DNA، تحریک فعالیت RNA و در نتیجه افزایش پروتئین‌سازی، ترمیم غشای سلولی و تولید هورمون‌های تحریک‌کننده جوانه‌زنی موجب افزایش وزن خشک گیاهچه شده و به‌دنبال آن موجب افزایش ضریب‌آلومتریک می‌گردد (Chojnovski & Come, 1997). افزایش معنی‌دار ضریب‌آلومتریک در شرایط تنش، بیان‌کننده این واقعیت است که رشد ساقه‌چه در مقایسه با رشد ریشه‌چه به کاهش پتانسیل‌اسمزی حساس‌تر بوده و آستانه فشار آماس سلول‌های ریشه‌چه نسبت به سلول‌های ساقه‌چه کمتر است (Eisvand *et al*., 2008).

درصد آب بافت گیاهچه

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که درصد آب بافت گیاهچه بذور ماش‌سبز از نظر هیدروپرایمینگ، تنش شوری و برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری در سطح یک‌درصد معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بذور ماش‌سبز نشان‌داد که در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ×تنش شوری (جدول ۳)، بیشترین مقدار درصد آب بافت گیاهچه در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر و بدون هیدروپرایمینگ (۹۹/۵۳درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (آب‌مقطر) و ۲۴ساعت پرایمینگ (۹۵/۶۷درصد) وجود دارد. پژوهشگران در بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم ذرت و رشد و احیای نیترات در گیاه *Prosopis alba* دریافتند که محتوای آب نسبی گیاهچه با افزایش سطوح تنش شوری کاهش‌یافته و ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه از حساسیت بیشتری برخوردار بود (Cicek & Cakirlar, 2002; Meloni *et al*., 2004). گزارش این پژوهشگران برخلاف یافته‌های این آزمایش می‌باشد. افزایش محتوای آب نسبی در سطوح بالای تنش شوری می‌تواند به‌این‌علت باشد که گیاه جهت سنتز محلول‌های سازگار در شرایط تنش شوری، بخشی از منابع کربوهیدراتی خود را جهت ساختن این محلول‌ها مصرف‌کرده و در نتیجه با ایجاد پتانسیل‌اسمزی درون‌سلولی منفی و افزایش جذب آب و رقیق‌سازی نمک‌های موجود در گیاه، نوعی سازگاری در شرایط تنش شوری برقرار می‌کند، هرچند که این کار برای گیاه پرهزینه محسوب می‌شود (Khan *et al*., 2000). محققان در بررسی تأثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذور گندم اعلام‌کردند که با افزایش سطوح پرایمینگ محتوای رطوبت‌نسبی بذور افزایش یافته است (Singh & Usha, 2003). پژوهشگران همچنین در آزمایشی دیگر، در بررسی اثر پرایمینگ بر پاره‌ای از خصوصیات فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی دریافتند که اثر پرایمینگ بر محتوای آب نسبی معنی‌دار بوده و با افزایش سطوح پرایمینگ بر محتوای آب نسبی افزوده می‌شود (Shekari *et al*., 2010). هیدروپرایمینگ با بهبود تقسیم سلولی و رشد گیاهچه، میزان فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین را افزایش‌داده و با ایجاد تعادل اسمزی مانع از کاهش فشار تورژسانس گیاه شده و از پلاسمولیز گیاه جلوگیری می‌کند (Ma *et al*., 2006). هیدروپرایمینگ از طریق افزایش قابلیت دسترسی به ATP، افزایش میزان یکپارچگی غشای سلولی، تغییر برخی از اجزای غشاء مانند اسیدهای چرب و جلوگیری از نشت مواد به خارج از بذر در طول پرایمینگ بذر و در نتیجه افزایش توان رشدی گیاهچه موجب افزایش محتوای آب نسبی گیاهچه می‌گردد (Mazor *et al*., 1984; McDonald, 2000).

بنیه بذر

بنیه بذر از نظر هیدروپرایمینگ و تنش شوری در سطح یک‌درصد ($P<0/01$) معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین تأثیرپذیری هیدروپرایمینگ بر بنیه بذر ماش‌سبز (جدول ۲)، در تیمار ۲۴ساعت هیدروپرایمینگ (۲۶۹۷/۰۰) و کمترین میزان آن در تیمار بدون هیدروپرایمینگ (۱۲۸۳/۹۵) مشاهده شد. همچنین از نظر تنش شوری، بیشترین بنیه بذر در تیمار شاهد (آب‌مقطر)، به‌ترتیب (۲۹۸۰/۳۱) و کمترین میزان آن در شوری ۸دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۱۰۲۹/۸۸) مشاهده گردید (جدول ۲). پژوهشگران در بررسی تأثیر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بذر و شبدر برسیم، سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی دریافتند که با افزایش سطوح تنش شوری، شاخص بنیه بذر به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته و در سطوح بیش از حد شوری، حتی به صفر می‌رسد (Tamartash *et al*., 2010; Khalesro & Aghaalikhani, 2007). افزایش سطوح تنش شوری از طریق کاهش میزان آب بافت گیاهچه، در اثر کاهش فشار آماس و تجمع مادهٔ خشک در بافت‌های ذخیره‌ای ریشه و ایجاد فعالیت‌های غیرطبیعی در اثر سمیت یون‌های کلر و سدیم و ایجاد پتانسیل‌اسمزی منفی در گیاهچه باعث کاهش بنیه بذر می‌گردد (Zia & Khan, 2004;

Sharma *et al.*, 2004). محققان در آزمایشی روی جو نشان‌دادند که هیدروپرایمینگ باعث افزایش شاخص بنیه بذر شد (Judi & Sharifzadeh, 2004). پژوهشگران در آزمایشی دیگر در بررسی اثر هیدروپرایمینگ روی بذور لوتوس دریافتند که هیدروپرایمینگ اثر مثبت و بهبوددهنده‌ای روی شاخص بنیه بذر دارد (Artola *et al., 2003*). بر خلاف نتایج حاصل‌شده از آزمایش، اگرچه هیدروپرایمینگ اثر افزاینده‌ای روی شاخص بنیه بذر دارد، ولی افزایش مدت‌زمان هیدروپرایمینگ سبب ایجاد مسمومیت و تولید موادسمی در بذر شده و ممکن است شاخص بنیه بذر را کاهش دهد (Buyukalaca, 1999).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌داد که با افزایش تنش شوری تمام شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش یافت. تیمار هیدروپرایمینگ، شاخص‌های جوانه‌زنی بذر را تحت تنش شوری در ماش‌سبز بهبود بخشید. از آنجا که تیمار هیدروپرایمینگ شیوه‌ای آسان، کم‌هزینه و کم‌خطر است، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش میانگین و درصد جوانه‌زنی، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، سبزشدن بذرها و بهبود کمی و کیفی محصول تحت شرایط نامساعد محیطی مورداستفاده قرار گرفته و مقاومت در برابر تنش شوری در گیاهان را افزایش دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح تنش شوری بر صفات مختلف جوانه‌زنی در بذور پرایم‌شده گیاه ماش‌سبز (*Vigna radiata*)

Table 2. Mean comparison effect of different levels of salinity stress on germination traits, in primed seed of mungbean *Vigna radiata*

ویژگی‌های مورد ارزیابی Traits Assessment												
بنیه بذر Seed Vigor	درصد آب بافت گیاهچه Seedling Tissue Water Percentage	ضریب آلومتریک Allometric Index	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule Dry Weight (g)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle Dry Weight (g)	وزن تر ساقه‌چه (گرم) Plumule Fresh Weight (g)	وزن تر ریشه‌چه (گرم) Radicle Fresh Weight (g)	طول ساقه‌چه (سانتی متر) Plumule Length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی متر) Radicle Length (cm)	درصد جوانه‌زنی Percent of Germination	میانگین جوانه‌زنی Mean of Germination	تیمار Treatment	
1283.95[d]	98.38[a]	0.57[a]	0.02[d]	0.01[d]	1.94[d]	0.51[d]	18.21[d]	8.48[d]	46.50[c]	4.65[c]	Zero	هیدرو پرایمینگ Hydropriming
1720.25[c]	97.38[b]	0.47[b]	0.06[c]	0.03[c]	2.86[c]	0.68[c]	19.73[c]	8.82[c]	85.50[b]	5.85[b]	8 Hour	
2432.60[b]	96.64[c]	0.47[b]	0.11[b]	0.05[b]	3.83[b]	0.98[b]	22.94[b]	9.92[b]	73.00[a]	7.30[a]	16 Hour	
2697.00[a]	96.20[d]	0.42[b]	0.15[a]	0.07[a]	4.86[a]	1.17[a]	25.89[a]	10.70[a]	72.50[a]	7.25[a]	24 Hour	
2980.31[a]	96.33[e]	0.55[a]	0.12[a]	0.06[a]	3.76[a]	1.02[a]	23.26[a]	11.14[a]	85.62[a]	8.56[a]	0= EC	تنش شوری Salt Stress
2511.00[b]	96.73[d]	0.55[a]	0.10[b]	0.05[b]	3.51[b]	0.94[b]	22.55[b]	10.46[b]	75.00[b]	7.50[b]	2= EC	
2447.97[c]	97.16[c]	0.55[ab]	0.08[c]	0.04[c]	3.35[c]	0.84[c]	21.76[c]	9.50[c]	64.37[c]	6.43[c]	4= EC	
1598.13[d]	97.52[b]	0.46[b]	0.07[d]	0.03[d]	3.18[d]	0.74[d]	20.96[d]	8.63[d]	52.50[d]	5.25[d]	6= EC	
1029.88[e]	98.02[a]	0.35[c]	0.06[e]	0.02[e]	3.04[e]	0.62[e]	19.93[e]	7.66[e]	35.62[e]	3.56[e]	8= EC	

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال یک‌درصد بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 1% level (Tukey MRT).

جدول ۳- میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در برهم‌کنش هیدروپرایمینگ × تنش شوری

Table 3. Average characteristics of the study in hydropriming × salt stress interaction

تیمار Treatment		صفات مورد ارزیابی Traits Assessment							
هیدروپرایمینگ Hydropriming	تنش شوری Salt Stress	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle Length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule Length (cm)	وزن تر ریشه‌چه (گرم) Radicle Fresh Weight (g)	وزن تر ساقه‌چه (گرم) Plumule Fresh Weight (g)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle Dry Weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule Dry Weight (g)	ضریب آلومتریک Allometric Index	درصد آب بافت گیاهچه Seedling Tissu Water Percentage
		میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD	میانگین± انحراف استاندارد Means± SD
صفر Zero	0= EC	9.95±0.19	19.45±0.12	0.71±0.01	2.37±0.06	0.034±0.002	0.052±0.005	0.66±0.04	97.21±0.16
	2= EC	9.25±0.23	18.92±0.22	0.61±0.03	2.08±0.07	0.023±0.003	0.035±0.004	0.68±0.09	97.83±0.19
	4= EC	8.50±0.08	18.45±0.12	0.52±0.02	1.92±0.03	0.014±0.001	0.023±0.002	0.61±0.06	98.43±0.14
	6= EC	7.85±0.23	17.82±0.20	0.41±0.03	1.75±0.09	0.008±0.002	0.015±0.002	0.56±0.16	98.92±0.08
	8= EC	6.87±0.29	16.40±0.36	0.29±0.04	1.56±0.05	0.002±0.001	0.006±0.002	0.33±0.09	99.53±0.18
۸ساعت 8 Houre	0= EC	10.60±0.18	21.55±0.17	0.91±0.02	3.32±0.08	0.052±0.002	0.092±0.004	0.57±0.03	96.58±0.07
	2= EC	9.92±0.27	20.60±0.33	0.79±0.01	3.00±0.08	0.042±0.003	0.077±0.005	0.54±0.02	96.86±0.14
	4= EC	8.80±0.16	19.72±0.17	0.69±0.01	2.85±0.06	0.029±0.002	0.065±0.005	0.44±0.00	97.35±0.17
	6= EC	7.72±0.35	18.92±0.25	0.56±0.02	2.62±0.04	0.018±0.002	0.052±0.004	0.36±0.08	97.76±0.05
	8= EC	7.05±0.20	17.87±0.29	0.43±0.02	2.50±0.03	0.008±0.002	0.040±0.003	0.20±0.05	98.34±0.17
۱۶ساعت 16 Houre	0= EC	11.52±0.12	24.67±0.15	1.17±0.01	4.20±0.08	0.073±0.003	0.147±0.005	0.50±0.04	95.88±0.02
	2= EC	10.90±0.18	23.90±0.25	1.10±0.01	3.96±0.06	0.064±0.003	0.124±0.006	0.51±0.03	96.28±0.11
	4= EC	9.87±0.29	22.92±0.25	0.99±0.04	3.79±0.06	0.051±0.003	0.107±0.005	0.48±0.01	96.67±0.11
	6= EC	9.12±0.26	22.02±0.17	0.88±0.03	3.66±0.05	0.043±0.003	0.094±0.006	0.46±0.03	96.96±0.13
	8= EC	8.17±0.20	21.20±0.18	0.76±0.02	3.54±0.03	0.033±0.002	0.087±0.005	0.42±0.04	97.40±0.10
۲۴ساعت 24 Houre	0= EC	12.50±0.08	27.37±0.18	1.32±0.02	5.17±0.05	0.090±0.002	0.190±0.004	0.47±0.00	95.67±0.05
	2= EC	11.77±0.22	26.77±0.17	1.26±0.03	5.00±0.03	0.083±0.003	0.170±0.003	0.49±0.02	95.24±0.02
	4= EC	10.85±0.26	25.97±0.23	1.17±0.02	4.85±0.04	0.074±0.002	0.156±0.004	0.47±0.00	96.17±0.07
	6= EC	9.85±0.31	25.07±0.29	1.11±0.02	4.71±0.03	0.066±0.003	0.141±0.005	0.46±0.01	96.43±0.10
	8= EC	8.55±0.34	24.27±0.26	1.01±0.03	4.57±0.05	0.055±0.004	0.123±0.006	0.44±0.01	96.80±0.14

*میانگین صفات در هر سطح برهم‌کنش ± انحراف استاندارد

*Mean of traits in each of interaction level ± Standard Division

منابع

1. Abbassi, F., Koocheki, A., and Jafari, A. 2009. Evaluation of germination and vegetative growth of modder (*Rubia tinctorum* L.) under different levels of NaCl. Journal of Iranian Field Crop Research 7(2): 515-525. (In Persian with English Summary).
2. Abutalebian, M.A., Sharifzadeh, F., Jahansooz, M.R., Ahmadi, A., and Naghavi, M.R. 2008. Effect of seed priming in wheat (*Triticum aestivum* L.) differing climates Iran Tuesday on germination, seedling growth and yield. Iranian Journal of Field Crop Science 39(1): 145-154. (In Persian).
3. Agah, F., and Nabavi Kalat, S.M. 2013. Study of seed priming on improvement seed germination indicators of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under salinity stress. Journal of Seed Science and Technology 3(2): 53-61. (In Persian).
4. Agrawal, R. 2003. Seed Technology. Pub. Co. PVT. LTD. New Delhi. India.
5. Allen, G.J., Wyn Jones, R.G., and Leigh, R.A. 1995. Sodium transport measured in plasma membrane vesicules isolated from wheat genotypes with differing K^+/Na^+ discrimination traits. Plant, Cell and Environment 18: 105-115.
6. Artola, A., Carrillo-Castaneda, G., and Santos, G.D.L. 2003. Hydropriming: A Strategy to increase *Lotus Corniculatus* L. Seed vigor. Seed Science and Technology 31: 455-463.
7. Azarnivand, H., Zandi Esfahan, E., and Shahriary, E. 2005. Effect of salinity stress on germination of *Haloxylon aphyllum*, *Seidlitzia rosmarinus* and *Hammada salicornica*. Journal of Desert 11(1): 187-196.
8. Bagheri, A.R., and Hassanbaygi, M. 2009. Effect of different levels of salinity on germination and accumulation of sodium and potassium ions in bean seed. Journal of environmental Stresses on Plant Science 1(2): 137-142.
9. Basra, A.S., Farooq, M., Afzal, I., and Hussain, M. 2006. Influence of osmopriming on the germination and early seedling growth of coarse and fine rice. International Journal of Agriculture Biology 8: 19-21.
10. Buyukalaca, S. 1999. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling. Acta Horticulture 492: 77-84.
11. Chojnowski, F.C., and Come, D. 1997. Physiology and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and drying, storage and aging. Seed Science Research 7: 323-331.
12. Cicek, N., and Cakirlar, H. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology 28: 66-74.
13. Datta, K.S., and Dayal, J. 1991. Studies on germination and early seedling growth of gram (*Cicer arietinum* L.) as affected by salinity. In: K.K., Dhir, I.S., Dua, and K.S. Chark, (Eds.). New Trends in Plant Physiology p: 273-276.
14. Demir Kaya, M., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarici, Ö. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal Agronomy 24: 291-295.
15. Eisvand, H.R., Tavakkol Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H., and Hesamzadeh Hejazi, S.M. 2008. Improve the physiological quality of the seeds of decline in tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) using hormonal priming for stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 39(1): 53-65. (In Persian with English Summary).
16. Ellis, R.H., Hory, T.P., and Roberts, E.H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In: P.D. Hebblethwaite. Seed Production. Butterworth. London. p: 605-635.
17. Esmaeili Pour, N., and Majdam, M. 2009. Effect of hydropriming to improve germination and seedling growth of sweet sorghum under salt stress conditions. Journal of Special Crop Physiology- Islamic Azad University, Ahvaz, Iran 1(3): 51-59. (In Persian).
18. Fallah, A., and Babaei, M. 2006. The assessment of salinity stress on germination of rice. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 4: 12-18. (In Persian).
19. Farkhah, A., Heydari Sharifabad, H., Ghorbanali, H.M., and Shakerbazarno, H. 2003. Effect of salinity on seed germination of three species saltiphyt *Salsola dendroides*, *Alhagi persarum* and *Aeluropus lagopoides*. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 11(1): 1-3. (In Persian with English Summary).

20. Farooq, M., Basra, S.M.A., Hafeez-u-Rehman., and Saleem, A.B. 2008. Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum*L.) by improving chilling tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 194(1): 55-60.
21. Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A., and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology 34: 529-534.
22. Fowler, D.B., Gusta, L.V., and Tyler, N.J. 1981. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Science 21: 896-901.
23. Gama, P.B.S., Inanana, S., Tanaka, K., and Nakazawa, R. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. African Journal of Biotechnology 6: 79-88.
24. Gholami Tileh-boni, H., Salehi Balashahri, M., and Farhadi, R. 2012. The effect of priming and deterioration of seed germination and seedling growth changes of rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology 2(1): 1-13. (In Persian).
25. Gholami, P., Ghorbani, J., Ghaderi, S., Salarian, F., and Karimzadeh, A. 2010. Evaluation of germination indices of tropical vetch (*Vicia monantha*) in salinity and drought conditions. Rangeland 4(1): 1-11. (In Persian).
26. Giri, G.S., and Schilinger, W.F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence, and yield. Crop Science 43: 2135-2141.
27. Greenwood., M.E., and Macfarlen, G.R. 2009. Effects of salinity on competitive interactions between two Juncos species. Journal of Aquatic Botany 90: 23-29.
28. Grieve, C.M., Lesch, S., Francois, L.E., and Maas, E.W. 1992. Analysis of main-spike yield components in salt-stressed wheat. Crop Science 32: 697-703.
29. Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothakar, P., and Sodhi, P.S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in corn, rice and Chickpea in India using participatory method. Experimental Agriculture 35: 15-29.
30. Hassanzadeh Kahal Sofla, S., Taheri, G., and Mehrzad, J. 2012. Priming effects on germination of sweet corn (*Zea mays* cv. Basin) under sodium chloride stress. Seed Science and Technology 2(1): 62-70. (In Persian).
31. Hill, H.J. 1999. Advances in Seed Technology. Seed Dynamics, Inc. Originally Published in Journal of New Seeds, V. 1(1).
32. Hoseini, F., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A.M., and Chab, A.N. 2011. Evaluate the effect of oxygen tension on germination and seedling growth of five components of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 631-638. (In Persian).
33. Hussain, A., Khan, Z.I., Ashraf, M., Rashid, M.H., and Akhtar, M.S. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and COJ-84. International Journal of Agriculture and Biology 6(1): 188-191.
34. International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Zurich. Switzerland.
35. Judi, S., and Sharizadeh. F. 2004. Investigation of hydro priming effects on barley cultivars. Journal of Desert 11(1): 99-109. (In Persian).
36. Karaki, G.N. 1998. Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. Journal of Agronomy and Crop Science 181(4): 229-235.
37. Karimi, G., Heydari Sharifabad, H., and Osareh, M.H. 2004. Salinity effects on germination, seedling growth and proline content in pasture species *Atriplex verrucifera*. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 12(4): 419-433. (In Persian).
38. Kaur, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 2002. Effect of osmo and hydro priming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. Plant Growth Regulation 37: 17-22.
39. Kaura, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 2006. Effect of hydro and osmopriming of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regulation 49: 177-182.
40. Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Ikili, Y., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuls* L.). European Journal of Agronomy 24: 291-295.
41. Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., and Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed Science and Technology 31: 715-725.

42. Khalesro, S., and Aghaalikhani, M. 2007. Effect of salinity and water Deficit stress on seed germination. Pajouhesh & Sazandegi 77: 153-163. (In Persian).
43. Khan, M.A., Ungar, I.A., and Showalters, A.M. 2000. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.). Forssk. Journal of Arid Environment 45: 73-84.
44. Khodabakhsh, F., Amooaghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2011. Effect of hydro and osmopriming in two commercial chickpea cultivars on germination, growth parameters and nodules number in salt stress condition. Journal of Plant Biology 2(6): 71-86. (In Persian).
45. Khodadadi, M., Omidbaygi, R., Majidi, E., and Khoshkholghsima, N.A. 2003. The effect of seed priming on germination traits of onion (cv. Sefid Kashan) under salinity stress conditions. Journal of Soil and Water 17(1): 39-47. (In Persian with English Summary).
46. Kochaki, A., and Zarif Ketabi, H. 1996. Determine the optimum temperature for germination and monitored for salinity and drought effects of several range species. Journal of Desert 1(1): 24-36. (In Persian).
47. Ma, Q.Q., Wang, W., Li, Y.H., Li, D.Q., and Zou, Q. 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinbetaine. Journal of Plant Physiology 163: 165-175.
48. Mahdavi, B., and Modarres Sanavi, S.A.M. 2007. Germination and seedling growth in grass pea (*Lathyrus stivus*) cultivars under salinity condition. Pakistan Journal of Biological Sciences 10(2): 273-279.
49. Mahdavi, M. 2005. Applied Hydrology. Vol II. University of Tehran Press. (In Persian).
50. Mahmoudzadeh Ardahaei, B.S., Aliabadi Farahani, H., Farahvash, F., and Hassanpour Darvishi, H. 2010. The effect of hydropriming on seedling emergence in seeds of sunflower varieties. Journal of Crop Echo-Physiology 2(4): 355-366. (In Persian).
51. Majnoon-Hoseini, N. 1993. Legumes in Iran. University of Tehran Press. 240 p. (In Persian).
52. Mashi, A., and Galeshi, S. 2007. The effect of salinity on germination indexes of four Hull-less barley genotypes. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(6): 45-57.
53. Masoudi, P., Gazanchian, A., Jajarmi, V., and Bozorgmehr, A. 2008. Effect of seed priming on germination improvement and seedling vigor in three perennial grass species under saline conditions. Journal of Agricultural Sciences and Technology, Special Horticultural Science 22(1): 57-67. (In Persian).
54. Mazor, L., Perl, M., and Negbi, M. 1984. Changes in some ATP-dependent activities in seeds during treatment with polyethylene glycol and during the redlying process. Journal of Experimental Botany 35: 1119-1127.
55. McDonald, M.B. 2000. Seed Priming. In: M. Black and J.D. Bewley (Eds.). Seed Technology and Its Biological Basis, Sheffield Acad. Press, Sheffield. England. p: 287-326.
56. Mcmichal, B.L., and Quisen Berry, J.E. 1991. Genetic variation for root shoot relationships among cotton germplasm. Journal of Experimental Botany 36: 51-59.
57. Meloni, D.A., Gulotta, M.R., Martinez, C.A., and Oliva, M.A. 2004. The effect of salt stress on growth, nitrate reduction and praline and glycinebetaine accumulation in prosopis alba. Brazilian Journal of Plant Physiology 16: 39-43.
58. Powell, A.A. 1998. Seed improvement by selection and invigoration. Science of agriculture Piracicaba 55: 126-133.
59. Rajabi, R., and Postini, K. 2005. Effects of NaCl on thirty cultivars of bread wheat seed germination. Agricultural Science Journal 27: 29-45. (In Persian with English Summary).
60. Ramazani, M., and Rezaei Sookht Abandani, R. 2011. Effect of seed priming duration on germination and seedling growth parameters of rice (*Oryza sativa* cv. Tarom Daylamani). Journal of Biological Sciences Lahijan Branch 5(4): 93-107. (In Persian).
61. Rastgar, M.A. 2005. Forage Crops Cultivation. Brahmand Press. 520 p. (In Persian).
62. Redmann, R.E., Ql, M.Q., and Belyk, M. 1994. Growth of transgenic and standard canola (*Brassica napus* L.) varieties in response to soil salinity. Plant Science 74: 797-799.
63. Rehman, S., Harris, P.J.C., Bourne, W.F., and Wikin, J. 1997. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. Seed Science and Technology 25: 45-57.

64. Saglam, S., Day, S., Kaya, G., and Gurbuz, A. 2010. Hydropriming increases germination of lentil (*Lens culinaris* Medik) under water stress. Notulae Scienctia Biologicae 2(2): 103-106.
65. Sanchez, J.A., Munoz, B.C., and Fresneda, J. 2001. Combine effect of hardening hydration dehydration and heat shock treatment on the germination of tomato, pepper and cucumber. Seed Science and Technology 29: 691-697.
66. Shahsavand, K., Tavakol Afshari, R., and Chaichi, M.R. 2009. The effect of the osmopriming on seed germination of four rangeland species under drought stress. Rangeland 3(3): 479-490.
67. Shakarami, B., Dianati-Tilaki, G., Tabari, M., and Behtari, B. 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 18(2): 318-328. (In Persian with English Summary).
68. Sharma, A.D., Thakur, M., Rana, M., and Singh, K. 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphates activities in *Sorghum bicolor* L. Moench seeds. African Journal of Biotechnology 3: 308-312.
69. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazayefi, M., and Ghoreyshi-Nasab, M.J. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on physiological characteristics of some cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water stress during pod packaging. Journal of Agricultural Sciences Islamic Azad University of Tabriz 4(13): 13-29. (In Persian with English Summary).
70. Shoeoan, I.S., and Garo, O.P. 1985. Effect of different types of salinities during germination: seedling growth and water relation. Indian Journal of Plant Physiology 26: 263-369.
71. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.
72. Sivritepe, N., Sivritepe, H.O., and Eris, A. 2003.The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. Scientia Holticuturae 97: 229- 237.
73. Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coasts of Iran. Seed Science and Technology 29: 653-662.
74. Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E., and Latifi, N. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology 30: 51-60.
75. Soltani, E., Akram Ghaderi, F., and Maemar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal of Agriculture Science and Nature and Resource 14(5): 9-16. (In Persian).
76. Sung, F.J., and Chang, Y.H. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Science and Technology 21: 97-105.
77. Tajbakhsh, M. 1996. Seed, Recognition-Certification and Control. (1th Ed.). Tabriz Ahrar Press. (In Persian).
78. Tajbakhsh, M., and Sadeghi, A. 1999. Effect of NaCl salinity on the cell membrane and embryo in susceptible and resistant cultivars of barley. Seed and Plant Journal, Research Institute of the Ministry of Agriculture 15(3) 251-261. (In Persian).
79. Tamartash, R., Shokrian, F., and Kargar, M. 2010. Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. Rangeland 4(2): 288-297. (In Persian).
80. Vicente, O., Boscaiu, M., Naranjo, M.A., Esrrelles, E., Bellss, J.M., and Soriano, P. 2004. Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). Journal of Arid Environments 58: 463-481.
81. Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agriculture, Ecosystems & Environment 82: 105-119.
82. Wang, H.Y., Chen C.L., and Sung, J.M. 2003. Both warm water soaking and solid priming treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub optimal temperature. Seed Science and Technology 31: 47-56.
83. Windauer, L., Altuna, A., and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products 25: 70-74.
84. Yazdani Boyouki, R., Rezvani Moghaddam, P., Khazaei, H.R., Ghorbani, R., and Astaraei, A.R. 2010. Effects of salt and drought stress on seed germination of (*Silybum marianum*). Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 12-19. (In Persian).

85. Zahtabian, G., Azarnivand, H., Javadi, M.R., and Shahriyari, E. 2004. The effect of salinity stress on germination of two species of Agropyron (*Agropyron elongatum- Agropyron afghanicum*). Journal of Desert 10(2): 301-310.
86. Zeinali, E., Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Response of germination of components to salinity stress in oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences 33(1): 137-145. (In Persian with English Summary).
87. Zia, S., and Khan, M.A. 2004. Effect of light salinity and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*). Canadian Journal of Botany 82: 1-151.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 65-80

Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)

Ghanbari[1*], M., Mansour Ghanaei Pashaki[2], K., Safaei Abdolmanaf[2], S. & Aziz Ali-abadi[2], Kh.

1. Ph.D Student in Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
2. Former MSc Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University

Received: 31 July 2014
Accepted: 23 June 2015

Introduction

Legumes are the most important source of vegetable protein supply. Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) produces seeds contain 22-25 percent protein and high nutritional value for human and also is a major source of protein in most modern societies. Rapid seed germination and emergency, is an important factor determining the ultimate yield of the plant. Salinity is the most important non-life-threatening of plants, especially in the bean. Drought has affect plant growth by reducing water potential in the root zone or create toxicity the sodium and chlorine ions in seedling and or through nutrient imbalance by decrease in absorption rate or a reduction in the transmission rate of the shoots. Nowadays the seed pretreatment technique has introduced as an agent for improvement, seed germination and plant establishment under environmental stress. Seed priming with using pure water is a very simple and cost-effective method that reduce the time required for water absorption in seeds, the mean and percent of germination is improved and expedited emergence and establishment of seedling.

Materials & Methods

This study was conducted to evaluate the effect of hydropriming on germination component of mung bean under salinity stress, with a factorial experiment using a RBD design with four replications. The hydropriming at 4 levels (0, 8, 16 and 24 hours) and the salinity stress at 5 levels of 0, 2, 4, 6 and 8 dsi/m were used. Before running the test, seeds were washed with a solution of 10% sodium hypochlorite disinfectant for 15 minutes and then 3 times with distilled water. To hydropriming, Seeds were soaked according to levels specified time in distilled water at 25 °Celsius (room temperature). Then 25 seeds were placed within a sterile Petri dish with filter paper. The potential of zero bar was used for distilled water. Five ml of NaCl solution with the potential of 0, 2, 4, 6, 8 ds/m was added to each petri dish. Then petri dishes were coated by parafilm and placed in Germinator at 25 ° Celsius and in the dark for 8 days. The average and percent germination, the radicle and plumule length, fresh weight and dry weight, allometric index, seedling water percent and seed vigor of mung bean were measured.

Results & Discussion

The results showed that there were significant differences between treatments for all the variables. In addition, the interaction of hydropriming with salinity stress had a highly significant effect on radicle and plumule length, fresh weight and dry weight, allometric index, seedlings, water percent while there was no significant differences in treatments for average and percent germination and seed vigor. Mean comparisons showed that the highest percentage of germination, radicle and plumule length, dry weight and seed vigor were related to distilled water and 24 hours hydropriming treatment. The highest radicle and plumule fresh weight and allometric index were related to distilled water and 8 hour hydropriming. The lowest of seedling water percent was related to distilled water and 24 hour hydropriming. The lowest traits were observed in plants under salinity stress at 8 dsi/m and non-hydropriming except seedling water percent. The results of this study

* **Corresponding author:** majid.ghanbari@modares.ac.ir, Mobile: 09115513689

showed that with increasing of salinity all indicators of germination decreased. Hydropriming treatment improves seed germination indicators under salt stress in mungbean plant. Hydropriming improves cell division and growth seedling, increases the rate of net photosynthesis and protein synthesis and with modification of osmotic balance fixes turgor pressure in seedling and prevents plasmolysis of seedling. Hydropriming by increasing the availability of ATP, increase the integrity of cell membranes, change membrane components such as fatty acids and prevent spills out of the seeds during seed priming and thus increase seedling growth can improve germination indices.

Conclusion

Since the hydropriming is easy, low cost and low risk method, can be used as an effective strategy to increase the germination percentage, speed and uniformity of germination (McDonald, 2000), emergence of seeds and improving quality and quantity of the yield under the adverse conditions (Ma et al., 2006) and increase resistance to salinity in plants.

Key Word: Germination, Hydropriming, Salt, Seedling growth indicators, *Vigna radiate*

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۹۲-۸۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 81-92

تأثیر آب مغناطیسی و تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

مرتضی گلدانی[1*]، مریم جوادی[2] و احمد نظامی[3]

۱- عضو هیئت علمی (دانشیار) دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی (استاد) دانشکدهٔ کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، nezami@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۳

چکیده

ساختار مولکولی آب تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که باعث تغییراتی در روابط آب و رشد گیاه می‌شود. به‌منظور بررسی اثرات‌متقابل آب مغناطیس و شوری بر صفات جوانه‌زنی گیاهچه لوبیا رقم درخشان، آزمایشی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل نوع آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) و پنج‌سطح شوری (غلظت‌های صفر (شاهد)، ۴، ۶/۵، ۸/۵، و ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان‌داد که با افزایش تیمار شوری صفاتی مانند درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول و وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین زیست‌توده و شاخص بنیه بذر کاهش یافت. اما کاربرد آب مغناطیس، باعث بهبود کلیه صفات شد. کاربرد آب مغناطیس زیست‌توده و شاخص بنیه بذر را ۵۲ و ۲۴درصد در شرایط تنش شوری بهبود داد. اگرچه اثر ساده شوری باعث کاهش مقادیر کلروفیلa و b گردید، اما کاربرد آب مغناطیس میزان کلروفیل a را در شرایط شوری بهبود بخشید. به‌طورکلی نتایج نشان‌داد که قرارگرفتن آب آبیاری با تیمارهای شوری درمعرض میدان‌مغناطیسی می‌تواند اثرات شوری ناشی از کلرورسدیم را بر شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: تیمار فیزیکی، کلروفیل a، کلروفیل b، متوسط زمان جوانه‌زنی

مقدمه

باتوجه به جمعیت روبه افزایش جهان به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه، افزایش تقاضا برای غذا، کشاورزان را برآن داشته تا اقدام به کشت محصولات زراعی در اراضی نامساعد کنند (Kafi *et al*., 2009). در ایران حدود ۲۵میلیون هکتار از اراضی را خاک‌های شور و سدیمی تشکیل می‌دهد که نزدیک‌به ۱۵درصد از کل اراضی کشور را شامل می‌شود (Mohammadi, 2007). شوری می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند ایران تولید محصولات‌زراعی را به‌شدت محدود کند (Reynolds *et al*., 2005). تنش ناشی از شوری آب آبیاری و یا خاک با مختل‌ساختن متابولیسم طبیعی و یا فرآیندهای فیزیولوژیکی، رشد گیاه را محدود و درنهایت باعث کاهش و یا نابودی محصول می‌شوند (Shannon, 1986). تنش شوری از طریق تأثیر بر هدایت‌روزنه‌ای و میزان کلروفیل موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. شوری همچنین بر اجزای سیستم فتوسنتزی مانند آنزیم‌ها، کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها مؤثر است. تغییر در این‌عوامل به‌شدت و طول دوره تنش و همچنین گونهٔ گیاهی بستگی دارد. رشد و تولید گیاه وابسته به آسیمیلاسیون موجود و انتقال مجدد منابع آسیمیلاتی ناشی از فعالیت‌های فتوسنتزی است (Sultana *et al*., 1999). در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، مرحله جوانه‌زنی به خاطر تأثیری که بر تراکم گیاهان دارد بسیار مهم و حساس است، زیرا بقای گیاه و استقرار آن به‌مراحل ابتدایی رشد وابسته است (Jalali *et al*., 2008). شوری از طریق کاهش پتانسیل‌آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و کاهش یون‌های غذایی موردنیاز مثل کلسیم و پتاسیم بر جوانه‌زدن بذور و رشد آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Ghoulami Soltani *et al*., 2001; Leidi *et al*., 1991; & Fares, 2001). شوری در ابتدا باعث کاهش جذب آب توسط بذرها به‌دلیل پتانسیل پایین اسمزی محیط شده و در مرحله دوم باعث سمیت و ایجاد تغییر در

* **نویسندهٔ مسئول:** مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، همراه: ۰۹۱۵۱۰۷۹۷۹۰، goldani@um.ac.ir

فعالیت‌های آنزیمی می‌شود (Massai *et al*., 2004). شوری عمدتاً بر جوانه‌زنی بذر تأثیر می‌گذارد (Misra & Dwivedi, 2004) و به‌نوبه‌خود باعث کاهش شاخص جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاهچه می‌شود (Almansouri *et al*., 2001). تنش شوری عموماً باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه می‌شود (Gholinejad, 2012). عقیده بر این است که مقدار زیاد شوری خاک را می‌توان با استفاده از سیستم‌های زهکشی مناسب و شستشوی لایه شور خاک با مقدار کافی آب غیرشور کاهش داد. لیکن در عمل این روش‌های اصلاحی بسیار گران و یا غیرممکن است. از این نظر فناوری‌های ارزان‌تر می‌تواند مفید فایده قرار گیرد. اخیراً گفته شده است که با استفاده از فناوری مغناطیس و عبور آب شور از میدان مغناطیسی می‌توان به بهبود عملکرد در شرایط شور کمک نمود (Ranjbar *et al*., 2012). در آزمایش انجام‌شده بر روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*)، نتایج نشان‌داد که با افزایش سطح شوری از ۳/۷۵میکروزیمنس به ۵/۷۶میلی‌زیمنس، تمامی عوامل عملکرد کاهش یافتند؛ اما کاربرد آب مغناطیس تحت این شرایط توانست باعث بهبود عوامل عملکرد گردد، به‌گونه‌ای که وزن تَر و خشک کل گیاه در شوری ۳/۷۵میکروزیمنس را نسبت به شرایط غیرمغناطیس به‌ترتیب ۲۳ و ۶درصد افزایش داد. در سطح ۵/۷۶میلی‌زیمنس نیز این مقادیر به‌ترتیب ۲۷ و ۷درصد افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که تیمارهای مغناطیسی باعث کاهش اثرات تنش شوری در گیاه ریحان شده است که دلیل آن می‌تواند احتمالاً به‌خاطر خنثی‌شدن بار کاتیون‌های عناصرغذایی توسط میدان‌مغناطیسی و باقی‌ماندن آن‌ها در محلول خاک و در نتیجه جذب سریع‌تر آن‌ها توسط گیاه باشد (Banejad *et al*., 2013). Podleoeny *et al*, (2004)، باگذاشتن بذرهای لوبیا در میدان‌مغناطیسی متغیر، اثر میدان‌مغناطیسی را روی رویش بذرها قبل از کاشت بذر مطالعه کردند. بیرون‌آمدن جوانه‌ها بااستفاده از روش مغناطیسی منظم‌تر و یک‌دست‌تر بود و جوانه‌زنی ۲ تا ۳روز زودتر در مقایسه با تیمار شاهد اتفاق افتاد. آن‌ها همچنین افزایش میزان محصول در واحد سطح را به میدان‌مغناطیسی نسبت دادند. Bitonti *et al*, (2006) نشان‌دادند که قرارگیری گیاهچه‌های ذرت در میدان الکترومغناطیسی به‌مدت ۳۰ساعت، سرعت طویل‌شدن ریشه را ۳۰درصد نسبت به شاهد افزایش داد. Garcia & Arza (2001)، افزایش سرعت جذب آب و جوانه‌زنی را در بذور کاهوی درمعرض میدان‌مغناطیس ۱۰-۱ میلی‌تسلا مشاهده نمودند. آن‌ها بیان نمودند که میدان‌مغناطیسی با جریان‌های یونی در غشاء سلول جنین برهم‌کنش دارد. این اثرمتقابل تغییراتی در غلظت‌یونی و فشار اسمزی در هر دو طرف غشاء ایجادنموده و بنابراین باعث تغییراتی در روابط آب در بذر می‌گردد. آنزیم‌ها در طی جوانه‌زنی در بذور پیش‌تیمار شده با مغناطیس افزایش می‌یابند (Arbabian *et al*., 2001). میدان‌مغناطیسی مناسب باعث کاهش pH دیواره سلولی، از بین‌رفتن خواب بذر، تأثیر بر متابولیسم سلول‌های مریستمی، افزایش جذب و آسیمیلاسیون عناصرغذایی و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود (Kavi, 1977). باتوجه به روند روبه‌رشد جمعیت و گسترش منابع آب و خاک شور و همچنین ابهام در مورد تأثیر آب مغناطیسی بر رشد گیاهان‌زراعی طی مراحل مختلف رشدی، ضرورت دارد تأثیر آب مغناطیسی بر رشد گیاهان در مراحل حساس به تنش‌شوری خصوصاً در مرحله جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گیرد. لذا هدف از انجام آزمایش حاضر، مطالعه تأثیر آب مغناطیسی بر مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در گیاه لوبیا، تحت شرایط شور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات‌متقابل آب مغناطیس و شوری بر صفات قابل‌اندازه‌گیری در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای در گیاه لوبیا رقم درخشان، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در بهار سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل نوع آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) و پنج‌سطح شوری (غلظت‌های صفر (شاهد)، ۴، ۶/۵، ۸/۵ و ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. جهت اعمال شوری از نمک‌طعام استفاده‌شد که میزان نمک محلول از فرمول [EC= 640×TDS ($mg.l^{-1}$)] به‌دست آمد (Kafi *et al*., 2009)، به‌نحوی که افزایش غلظت‌های شوری به‌تدریج اعمال می‌شد (برای اطمینان بیشتر بعد از تهیه محلول‌ها، غلظت‌های شوری توسط هدایت‌سنج الکتریکی نیز اندازه‌گیری می‌شد). برای شروع کار، ابتدا تعداد ۲۵بذر (ضدعفونی‌شده با هیپوکلریت‌سدیم ۵درصد به‌مدت ۳دقیقه) با چهار تکرار درون پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر قرار داده‌شدند و سطوح شوری موردنظر روی آن‌ها اعمال شد. لازم به‌ذکر است که برای ایجاد آب مغناطیس، سطوح موردنظر شوری قبل از استفاده درمعرض میدان‌مغناطیسی ۶۵۰۰گاوس (دستگاه ایجادکننده میدان‌مغناطیسی ثابت شامل دو آهن‌ربا با قابلیت تنظیم فاصله از هم) به‌مدت یک‌ساعت قرارگرفتند. قرارگرفتن آب آبیاری درمعرض میدان‌مغناطیسی، باعث تغییر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی آب، قطبیت، کشش سطحی، رسانایی، pH و حلالیت نمک می‌شود (Smikhina, 1981; Srebrenik *et al*.,

1993; Amiri & Dadkhah, 2006; Otsuka & Ozeki, 2006). قرارگرفتن آب شور درمعرض میدان‌مغناطیسی نیز باعث تغییر در پیوندهای هیدروژنی و تحرک یون‌های سدیم و کلر می‌گردد (Chang & Weng, 2008) که این تغییرات در خواص آب می‌تواند رشد گیاهان را تحت‌تأثیر قرار دهد (Harsharn *et al.*, 2011).

در ادامه آزمایش، ابتدا کف پتری‌دیش‌ها با یک‌لایه کاغذ صافی واتمن پوشانده شد. برای تأمین آب موردنیاز بذور برای جوانه‌زنی، کاغذصافی‌ها با ۴سی‌سی از محلول موردنظر کاملاً خیس شدند. لازم به‌ذکر است که در طی انجام آزمایش و همزمان با خشک‌شدن پتری‌دیش‌ها، نمونه‌ها مجدداً با محلول موردنظر خیس شدند. پتری‌دیش‌ها به‌درون ژرمیناتور در دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد (بادقت ۱± درجه سانتی‌گراد) انتقال داده‌شده و شمارش بذور جوانه‌زده طی ۸روز (Harsharn *et al.*, 2011) و هر ۲۴ساعت یک‌بار صورت گرفت. مبنای جوانه‌زنی بذور، خروج ریشه‌چه از پوسته‌ی بذر به‌میزان ۲میلی‌متر درنظر گرفته شد. با شمارش بذور جوانه‌زده در هر روز متوسط زمان جوانه‌زنی[1] بر اساس معادله (۱) محاسبه‌گردید (Matthews & Khajeh Hosseini, 2006).

معادله (۱): $MGT = \Sigma(nt)/\Sigma(n)$

n = تعداد بذرهای جوانه زده جدید در هر روز

t = شماره روزی که اولین شمارش بذور جوانه‌زده انجام شده

درصد جوانه‌زنی[2] نیز از رابطه زیر محاسبه گردید (Agrawal, 1991).

معادله (۲): $GP = (\acute{N}/N) \times 100$

$\acute{N}$= تعداد بذرهای جوانه‌زده N= تعداد کل بذر

در ادامه صفاتی مانند طول و وزن تَر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، اندازه‌گیری و صفاتی مانند زیست‌توده و شاخص بنیه‌بذر (Seed Vigour) به‌ترتیب از معادله‌های (۳)، (Safarnejad *et al.*, 2007) و (۴)، (Abdul-baki & Anderson, 1970) محاسبه شد.

معادله (۳):

وزن‌خشک ساقه‌چه + وزن‌خشک ریشه‌چه = زیست‌توده کل

معادله (۴):

(طول ریشه‌چه+طول ساقه‌چه)×درصد جوانه‌زنی= شاخص بنیه بذر

درپایان این‌دوره و با تشکیل گیاهچه‌کامل، محتوی کلروفیل a و b محاسبه گردید. برای این‌کار، ابتدا ۰/۲گرم برگ‌تازه از گیاهچه (در مرحله ۲برگی) را کاملاً خردکرده و میزان ۱۰میلی‌لیتر متانول ۹۶درصد به آن اضافه شد. در مرحله بعد، نمونه حاصل توسط دستگاه هموژنایزر کاملاً ساییده‌شد و به‌صورت توده‌ی یکنواختی درآمد. مخلوط حاصل، از کاغذصافی ردشده و سپس به‌مدت ۱۰دقیقه، سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰دور در دقیقه انجام‌گرفت. بلافاصله محلول‌شناور به‌دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت Bio Quest انگلستان، مدل CE 2502) منتقل‌شده و میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۵۳ و ۶۶۶نانومتر قرائت گردید. نهایتاً غلظت کلروفیل‌ها بااستفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Dere & *et al.*, 1998)

$$Chla\ (\mu g/ml) = 15.65\ A666 - 7.340\ A653$$
$$Chlb\ (\mu g/ml) = 27.05\ A653 - 11.21\ A666$$
$$Cx+c = 1000A470 - 2.270\ Cha - 81.4Chb/227$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزارMSTAT-C و مقایسه میانگین داده‌ها بااستفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که سطوح شوری، میدان‌مغناطیسی و اثرات‌متقابل آن دو، تأثیر معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) بر اکثر صفات موردارزیابی در مرحله جوانه‌زنی داشت (جدول۱). تنها اثر ساده آب مغناطیسی بر کلروفیل a و b و اثرمتقابل شوری و آب مغناطیس بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار نبود.

نتایج نشان‌داد که سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) بر درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی داشت (جدول۲)؛ به‌گونه‌ای که با افزایش میزان شوری از سطح شاهد تا ۹/۵دسی‌زیمنس بر متر، درصد جوانه‌زنی ۱۴/۵درصد کاهش و متوسط زمان جوانه‌زنی ۴۹درصد افزایش یافت. تأثیر آب مغناطیسی نیز بر درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی، معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) شد (جدول۳)؛ به‌گونه‌ای که کاربرد آب مغناطیس باعث افزایش درصد جوانه‌زنی به‌میزان ۶درصد و کاهش متوسط جوانه‌زنی به‌میزان ۸درصد شد. اگرچه اثرات‌متقابل شوری و آب مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد، اما این اثرمتقابل بر متوسط زمان جوانه‌زنی تأثیری نداشت (جدول۴). آزمایشات صورت‌گرفته روی گیاهانی مانند گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، فلفل (*Capsicum frutescens* L.)، خیار (*Cucumis sativus*) و گندم (*Triticum aestivum*) نیز نشان‌داد که قرارگرفتن بذور این گیاهان درمعرض آب مغناطیس، باعث افزایش میزان جوانه‌زنی این گیاهان نسبت به شرایط بدون تیمار مغناطیس می‌گردد (Hilal & Hilal, 2000).

[1] Mean germination time

[2] Germination percentage

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف شوری و آب مغناطیس بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا

Table 1. Analysis of variance (mean squares) of different levels of Salinity stress and Magnetic water on germination and seedling growth indices of Bean

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه زنی MGT	طول ریشه Root length	طول ساقه Shoot length	وزن تر ریشه Root fresh Weight	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن‌خشک ریشه Root dry weight	وزن‌خشک ساقه Shoot dry weight	زیست‌توده Biomass	شاخص بنیه Vigor index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b b Chlorophyll
تنش شوری Salinity stress	4	313*	8.50 *	98.6 *	105 *	40647*	859634*	488*	15607*	21494*	396.7*	40.5*	18.6*
آب مغناطیس Magnetized water	1	313*	0.82 *	24.6*	18.7 *	29578*	200900*	81*	17184*	19866*	82*	4.35^{ns}	1.31^{ns}
شوری× آب مغناطیس Salinity × Magnetized water	4	313*	0.231^{ns}	8.50 *	1.36*	9752*	57085*	57*	4818*	5223*	13.5*	2.32*	1.13*
خطا Error	16	0.533	0.105	0.243	0.213	112	837	2.34	27.5	28.3	0.680	0.078	0.519
کل Total	29												

*, ** و ^{ns}: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج، یک‌درصد و غیرمعنی‌داری

* , ** and ^{ns} are significant at the 0/05, 0/01 level of probability and no significant, respectively

Morejon *et al*, (2007) نیز مشاهده نمودند که کاربرد آب مغناطیس باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه *Pinus tropicalis* گردید و قرارگرفتن آب درمعرض میدان‌مغناطیسی باعث افزایش درصد جوانه‌زنی از ۴۳ به ۸۱درصد گردید. به‌نظر می‌رسد تغییرات ناشی از تیمار مغناطیسی در سطوح داخل سلول، تراکم یون کلسیم و یون‌های دیگر نظیر پتاسیم در سرتاسر غشاءسلولی باعث تغییر در فشار اسمزی و قدرت بافت‌های سلول برای جذب آب شده Garcia & Arza, (2001) و قرارگیری بذور درمعرض آب مغناطیسی، باعث فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌های درگیر در مرحله جوانه‌زنی و تحرک مواد غذایی شود که در نتیجه آن سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن در بذور افزایش می‌یابد (Mahmood & Usman, 2014).

تیمار بذور با آب شور نشان‌داد که با افزایش سطح شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه لوبیا، به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) تحت تأثیر قرار گرفت (جدول۲)؛ به‌طوری‌که بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در شوری ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهچه نرمالی شکل نگرفت. نتایج نشان‌داد که نوع آب مورد استفاده نیز می‌تواند به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$)، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحت تأثیر قرار دهد (جدول۳). با کاربرد آب مغناطیس، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌ترتیب به‌میزان ۲۷ و ۲۴درصد بهبود یافت. Feizi *et al*, (2012) نشان دادند که کاربرد آب مغناطیس می‌تواند باعث افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه گوجه‌فرنگی شود؛ به‌گونه‌ای‌که قرارگرفتن آب درمعرض میدان‌مغناطیسی دایم با شدت ۳میلی‌تسلا، نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش طول گیاهچه به‌میزان ۳۳درصد گردید. در بررسی اثرات متقابل نیز بیشترین طول ریشه‌چه در تیمار ۴دسی‌زیمنس بر متر شوری، در حضور آب مغناطیس و تیمار شاهد بدون‌مغناطیس مشاهده شد که طول ریشه‌چه در این سطوح به‌طور معنی‌داری از سطح شاهد شوری با آب مغناطیس، بیشتر بود. اما در سایر تیمارهای شوری، کاربرد آب مغناطیس باعث بیشترشدن مقادیر طول ریشه‌چه نسبت به‌همان تیمارها و در شرایط عدم‌استفاده از آب مغناطیس بود. اگرچه طول ساقه‌چه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات‌متقابل آب مغناطیس و شوری قرار گرفت، اما در شوری ۸/۵دسی‌زیمنس بر متر، هیچ تفاوتی بین آب مغناطیس و غیرمغناطیس ایجاد نشد (جدول۴). آزمایش صورت‌گرفته بر روی غلاتی مانند گندم و جو (*Hordeum vulgare*) نشان‌داد که قرارگرفتن آب شور تحت تأثیر میدان‌مغناطیسی، تا حدودی می‌تواند منجربه کاهش اثرات شوری گردد؛ به‌گونه‌ای که کاربرد

آب شور مغناطیس در مقایسه با آب شور، در گیاهانی مانند گندم و جو باعث بهبود میانگین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌ترتیب به‌میزان ۲۰ و ۳۷/۵درصد گردید (Omran *et al.*, 2014). در توجیه این‌امر Harsharn *et al,* (2011) با قراردادن بذور نخود معمولی (*Cicer arietinum* L.) و نخود برفی (*Pisum sativum* L var. macrocarpon) درمعرض آب مغناطیس بیان‌نمودند که این احتمال وجود دارد تیمار مغناطیس باعث بهبود تحرک و انتقال موادغذایی در محور جنینی و درنتیجه باعث افزایش سرعت ظهور و میزان موادغذایی دردسترس گیاهچه شود.

شوری، آب مغناطیس و اثرات‌متقابل آن دو، تأثیر معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) بر وزن تَر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشتند. بیشترین وزن تَر ریشه‌چه در تیمارهای ۴ و ۶/۵دسی‌زیمنس بر متر شوری در حضور آب مغناطیسی مشاهده شد. اما وزن تَر ریشه‌چه در سطح شاهد مغناطیس حتی به‌طور معنی‌داری از شاهد غیرمغناطیس بیشتر بود. اما در سایر سطوح شوری و در هر دو حالت نوع آب، وزن تَر ریشه‌چه در آب مغناطیس بیشتر از آب غیرمغناطیس بود. بیشترین وزن‌خشک ریشه‌چه نیز در تیمار شاهد بدون کاربرد آب مغناطیس مشاهده‌شد؛ اما در سایر سطوح شوری، کاربرد آب مغناطیس سبب افزایش این صفت گردید. در بررسی وزن تَر و خشک ساقه‌چه، تفاوت معنی‌داری بین سطوح شاهد در هر دو حالت دیده نشد. اما در سایر سطوح شوری کاربرد آب مغناطیس، توانست وزن تَر و خشک ساقه‌چه را افزایش دهد (جدول۴). کاربرد آب مغناطیسی در جوانه‌زنی بذور ذرت (*Zea mays*) باعث افزایش شاخصه‌های جوانه‌زنی، از جمله وزن تَر و طول گیاهچه گردید (Aladjadjiyan, 2002) به‌نظر می‌رسد تیمار مغناطیسی نه‌تنها باعث نفوذ سریع‌تر آب به بذر می‌شود، بلکه بر سرعت واکنش‌های آنزیمی نیز از این طریق اثر می‌گذارد. افزایش جذب آب در اولین‌مرحله نیز باعث شتاب در آماس بذرها شده که پیامد آن افزایش وزن تر آن‌هاست. به‌علاوه افزایش وزن دانه‌رست‌ها ممکن است با افزایش متابولیسم سریع‌تر با محتوای آبی بیشتر در گیاهان ارتباط داشته باشد (Fischer *et al.*, 2004).

اثرات ساده و متقابل شوری و آب مغناطیس، زیست‌توده تولیدی و شاخص بنیه بذر در لوبیا را به‌طور معنی‌داری($P \leq ۰/۰۵$) تحت تأثیر قرار داد. بیشترین زیست‌توده تولیدی در تیمارهای ۴ و ۶/۵دسی‌زیمنس بر متر شوری مغناطیس، مشاهده شد. اگرچه در سطوح شاهد، در هر دو حالت آب مغناطیس و غیر مغناطیس، تفاوتی دیده نشد، اما زیست‌توده تولیدی در سایر سطوح شوری و در شرایط میدان‌مغناطیسی

جدول۲- اثر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا

Table 2. Effect of different levels of Salinity Stress on germination and seedling growth indices of Bean

تنش شوری Salinity stress	جوانه زنی (درصد) Germination (%)	متوسط زمان جوانه زنی (روز) MGT (day)	طول ریشه (سانتی متر) Root length(cm)	طول ساقه (سانتی متر) Shoot length (cm)	وزن تر ریشه (میلی گرم بر بوته) Root fresh weight (mg/plant)	وزن تر ساقه (میلی گرم بر بوته) Shoot fresh weight (mg/plant)	وزن‌خشک ریشه (میلی گرم بر بوته) Root dry weight (mg/plant)	وزن‌خشک ساقه (میلی گرم بر بوته) Shoot dry weight (mg/plant)	زیست‌توده (میلی گرم بر بوته) Biomass (mg/plant)	شاخص بنیه Vigor index	a‌کلروفیل Chlorophyll a (µg/ml)	b‌کلروفیل Chlorophyll b (µg/ml)
0	100^{a}	3^{d}	10.2^{a}	11.5^{a}	187^{c}	893^{a}	26.2^{a}	118^{a}	144.5^{a}	21.8^{a}	7.03^{a}	4.82^{a}
4	100^{a}	3.40^{d}	8.85^{b}	8^{b}	222^{a}	762^{b}	22^{b}	90^{b}	112^{b}	16.6^{b}	5.22^{b}	3.44^{b}
6.5	100^{a}	3.30^{d}	7.48^{c}	5.83^{c}	200^{b}	536^{c}	18.3^{c}	94.1^{b}	112^{b}	13.3^{c}	1.79^{c}	1.20^{c}
8.5	100^{a}	4.45^{b}	2.70^{d}	2.65^{d}	82.5^{d}	112^{d}	8.5^{d}	13^{c}	21.5^{c}	5.36^{d}	0^{d}	0^{d}
9.5	85.5^{b}	5.90^{a}	0.84^{e}	1.04^{e}	33.6^{e}	50^{e}	4.83^{e}	7^{c}	11.8^{d}	2^{e}	0^{d}	0^{d}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability

نسبت به شرایط غیرمغناطیس بیشتر بود. در سطوح شوری شاهد و ۴دسی‌زیمنس و حضور میدان‌مغناطیسی و سطح شاهد بدون میدان مغناطیس، تفاوت معنی‌داری در شاخص بنیه بذر مشاهده نشد؛ اما در سایر سطوح شوری، این شاخص با کاربرد آب مغناطیس، افزایش یافت (جدول۴). Bagheri *et al*, (2014) با انجام آزمایشی روی گیاه علف‌گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) مشاهده نمودند که اگرچه افزایش شوری از صفر به ۲۰۰میلی‌مولار، زیست‌توده و شاخص بنیه بذر را در این گیاه کاهش داد، اما استفاده از آب شور مغناطیس‌شده باعث بهبود این شاخص‌ها به‌ترتیب به‌میزان ۱۰ و ۸درصد گردید. به‌عقیده محققان تیمار مغناطیسی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده نظیر آلفاآمیلاز، دهیدروژناز و پروتئاز شده که این امر به جوانه‌زنی سریع‌تر و بهبود بنیه بذر و خصوصیات بهتر ریشه‌چه در بذرهای تیمارشده منجر می‌شود (Vashisth & Nagarajan, 2010).

اگرچه اثر تنش شوری و برهم‌کنش میان شوری و آب مغناطیس بر کلروفیل a و b معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) بود، اما اثر ساده آب مغناطیسی بر کلروفیل a و b معنی‌دار نشد. در آزمایش صورت‌گرفته روی گیاه گندم نیز نتایج نشان‌داد که اعمال آب مغناطیسی نسبت به غیرمغناطیس، میزان کلروفیل a را افزایش داد، اما تأثیری بر میزان کلروفیل b نداشت (Hozayn & Abdul Qados, 2010). افزایش شوری تا سطح ۶/۵دسی‌زیمنس بر متر، باعث کاهش کلروفیل a و b به‌ترتیب به‌میزان ۷۴/۵ و ۷۵درصد شد (جدول۲). کاربرد آب مغناطیسی باعث شد تا میزان کلروفیل a در سطح شوری صفر نسبت به شرایط غیرمغناطیس ۱۲درصد افزایش یابد؛ اما تفاوتی بین سطوح مشابه شوری در شرایط مغناطیس و غیرمغناطیس در کلروفیل b مشاهده نشد (جدول۴). اعمال اثرات مغناطیسی خارجی به اتم‌های سلول‌های گیاهی و رنگریزه‌های کلروپلاستی باعث ایجاد خواص مغناطیسی در آن‌ها می‌شود. این خواص سبب توانایی آن‌ها در جذب انرژی مغناطیسی و تغییر آن به انواع دیگر انرژی شده و این انرژی به ساختارهای دیگر سلول‌های گیاهی منتقل‌شده و نهایتاً باعث فعال‌شدن آن‌ها می‌شود (Aladjadjiyan, 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان‌داد که با افزایش تیمار شوری صفاتی مانند درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول و وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین زیست‌توده و شاخص بنیه بذر کاهش یافت. اما کاربرد آب مغناطیس، باعث بهبود کلیه صفات شد.

جدول۳- اثر آب مغناطیس بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا

Table 3. Effect of magnetic water on germination and seedling growth indices of Bean

نوع آب Kind of water	جوانه زنی (درصد) Germination (%)	متوسط زمان جوانه زنی (روز) MGT (day)	طول ریشه (سانتی متر) Root length(cm)	طول ساقه (سانتی متر) Shoot length (cm)	وزن تر ریشه (میلی گرم در بوته) Root fresh weight (mg/plant)	وزن تر ساقه (میلی گرم بر بوته) Shoot fresh weight (mg/plant)	وزن‌خشک ریشه (میلی گرم بر بوته) Root dry weight (mg/plant)	وزن‌خشک ساقه (میلی گرم بر بوته) Shoot dry weight (mg/plant)	زیست‌توده (میلی گرم) Biomass (mg/plant)	شاخص بنیه Vigor index	کلروفیل a Chlorophyll a (µg/ml)	کلروفیل b Chlorophyll b (µg/ml)
مغناطیس Magnetized	100^{a}	3.83^{b}	7^{a}	6.6^{a}	176^{a}	552^{a}	17.5^{a}	88.5^{a}	106^{a}	13.5^{a}	3.27^{ns}	2.15^{ns}
غیر مغناطیس non magnetic	94^{b}	4.16^{a}	5.11^{b}	5.01^{b}	113^{b}	388^{b}	14.3^{b}	40.6^{b}	54.8^{b}	10.1^{b}	2.34^{ns}	1.63^{ns}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability

جدول۴- تأثیر شوری و آب مغناطیس بر صفات جوانه‌زنی بذرلوبیا

Table 4. Effect of salinity and magnetic water on germination traits of Bean seed

نوع آب Kind of water	تنش شوری Salinity stress	جوانه زنی (درصد) Germination (%)	متوسط زمان جوانه زنی (روز) MGT (day)	طول ریشه‌چه (سانتی متر) Root length(cm	طول ساقه‌چه (سانتی متر) Shoot length (cm)	وزن تر ریشه (میلی گرم بر بوته) Root fresh weight (mg/plant)	وزن تر ساقه (میلی گرم بر بوته) Shoot fresh weight (mg/plant)	وزن‌خشک ریشه(میلی گرم بر بوته) Root dry weight (mg/plant)	وزن‌خشک ساقه(میلی گرم بر بوته) Shoot dry weight (mg/plant)	زیست‌توده (میلی گرم بر بوته) Biomass (mg/plant)	شاخص بنیه Vigor index	کلروفیل a Chlorophyll a (µg/ml)	کلروفیل b Chlorophyll b (µg/ml)
مغناطیس Magnetized	0	100 a	2.95 e	9.53 b	11.8 a	165 d	899 a	22.7 b	120 c	142 b	21.3 ab	7.46 a	4.80 a
	4	100 a	3.13 de	11.4 a	8 b	312 a	831 b	25.2 b	139 b	165 a	20 b	5.34 c	3.54 b
	6.5	100 a	3.3 de	8.73 b	7.14 c	235 b	788 b	20.1 c	154 a	174 a	15.9 c	3.59 d	2.41 c
	8.5	100 a	4.36 c	3.25 d	3 e	102 f	144 e	10.1 e	15 e	25 e	6.20 f	0 e	0 d
	9.5	100 a	5.42 b	1.69 e	2.09 e	67.3 g	100 ef	9.6 e	14 e	23.6 e	3.76 g	0 e	0 d
غیر مغناطیس non magnetic	0	100 a	3.02 e	11 a	11.2 a	207 c	885 a	29.6 a	117 c	146 b	22.2 a	6.61 b	4.85 a
	4	100 a	3.66 d	6.26 c	6.90 c	132 e	693 c	18.6 cd	41 d	59.6 c	13.2 d	5.11 c	3.34 b
	6.5	100 a	3.26 de	6.23 c	4.52 d	165 d	285 d	16.5 d	34 d	50.3 d	10.7 e	0 e	0 d
	8.5	100 a	4.51 c	2.15 e	2.37 e	63 g	80 f	6.8 f	11 e	17.6 e	4.53 g	0 e	0 d
	9.5	71 b	6.35 a	0 f	0 f	0 h	0 g	0 g	0 f	0 f	0 h	0 e	0 d

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال۵درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability

به‌طوری‌که استفاده از آب مغناطیس باعث کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان ۸درصد گردید. کاربرد آب مغناطیس همچنین زیست‌توده و شاخص بنیه بذر را ۵۲ و ۲۴درصد در شرایط تنش شوری بهبود بخشید. در بررسی سایر صفات نیز نتایج نشان‌داد که اگرچه اثر ساده شوری باعث کاهش مقادیر کلروفیلa و b گردید، اما کاربرد آب مغناطیس میزان کلروفیل a را در شرایط شوری بهبود بخشید. به‌طور کلی نتایج نشان‌داد که قرارگرفتن آب آبیاری با تیمارهای شوری درمعرض میدان‌مغناطیسی می‌تواند اثرات شوری ناشی از کلرور سدیم را بر شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش دهد و نقش مهمی در بهبود جوانه‌زنی و تسریع رشد گیاهچه لوبیا ایفا نماید.

منابع

1. Abdul-baki, A.A. and Anderson, J.D., 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barely. Crop Science 10: 31-34.
2. Agrawal, R.L., 1991. Seed Technology. Oxford and IBH Publishing. P: 305-374.
3. Aladjadjiyan A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. Journal of Central European Agriculture 3(2): 89-94.
4. Aladjadjiyan, A. 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. Agrophysics 24: 321-324.
5. Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses germination in durum wheat. Plant Soil 231: 243-254.
6. Amiri, M.C., and Dadkhah, A.A. 2006. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering 278: 252-255.
7. Arbabian, S., Majd, A., Falahian, F., and Samimi, H. 2001. The effect of magnetic field on germination and early growth in three varieties *Arachis hypogaea*. Journal of Biological Science 2: 3227-3535. (In Persian with English Summary).
8. Bagheri, A., Jafari, M., Movahedi Dehnavi, M., Javadi, S.A., and Jafari, A. 2014. Effect of magnetized seeds and magnetized saline water on seed germination and seedling growth of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*). International Journal of Biosciences 4(1): 264-271.
9. Banajad, H., Mokari Ghahroodi, M., Esnaashari, A., and Liaghat, M. 2013. Assessment of the interaction of magnetic water and salinity on yield and components of basil plant. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(7): 178-183. (In Persian with English Summary).
10. Bitonti, M.B., Mazzuca S., Ting T., and Innocenti A.M. 2006. Magnetic field affects meristem activity and cell differentiation in *Zea mays* roots. Plant Biosystems 140(1): 87-93.
11. Chang K.T., and Weng C.I. 2008. An investigation into structure of aqueous NaCl electrolyte solutions under magnetic fields. Computational Materials Science Journal 43: 1048-1055.
12. Dere, S., Gunes, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid content of some algae species using different solvents. Journal of Botany 22: 13-17.
13. Feizi, H., Rezvani Moghaddam, P., Sahabi, H., and Amirmoradi, S. 2012. Effect of magnetic field and hydropriming on germination and growth seedling on *Lycopersicum esculentum*. Journal of Horticultural Science. 26(3): 343-349. (In Persian with English Summary).
14. Fischer, G., Tausz, M., Kock, M., and Grill, D. 2004. Effects of weak 16 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. Bioelectromagnetics 25: 638-641.
15. Garcia R.F., and Arza P.L. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations. Bioelectromagnetics 22: 589-595.
16. Gholinejad, A. 2012. Effect of salinity stress on germination indices of wheat genotype. Seed Technology and Science 1(1): 14-21. (In Persian with English Summary).
17. Ghoulami, C., and Fares, K. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). Seed Science and Technology 29: 357-364. (In Persian with English Summary).

18. Harsharn, S., Grewal, L., Basant, L., and Maheshwari, N. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and Snow Pea and Chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. Journal of Bioelectromagnetics 32: 58-65.
19. Hilal, M.H., and Hilal, M.M. 2000. Application of magnetic technologies in desert agriculture: I. Seed germination and seedling emergence of some crops in a saline calcareous soil. Soil Science Journal 40: 413-422.
20. Hozayn, M., and Abdul Qados, A.M.S. 2010. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 677-682.
21. Jalali, V.R., Homayi, M., Saber, M., and Eskandari, M. 2008. Comparison of canola germination in solution of $CaCl_2$, $NaCl^+$ and natural saltwater. Journal Soil and Water 21(2): 209-218. (In Persian with English Summary).
22. Kafi, M., Borzoie, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., and Nabati, G. 2009. Physiology of Environmental Stress on Plant. P: 82-86. Jahad Mashhad University Press. 502pp.
23. Kavi, P.S. 1977. The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity. Science Culture 43: 405-406.
24. Leidi, E.O., Nogales, R., and Lips, S.H. 1991. Effect of salinity on cotton plants grown under nitrate and ammonium nutrition at different calcium levels. Field Crop Research 26: 35-44.
25. Mahmood, S., and Usman, M. 2014. Consequences of magnetized water application on maize seed emergence in sand culture. Journal of Agricultural Science and Technology 16: 47-55.
26. Matthews, S., and Khajeh-Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). Seed Science and Technology 34: 339-347.
27. Massai, R., Remorin, D., and Tattini. M. 2004. Gas exchange, water relation and osmotic adjustment in tow scion/rootstock combinations of prunes under various salinity concentrations. Plant and Soil 259: 153-162.
28. Misra, N., and Dwivedi, U.N. 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green cultivars. Plant Science 166: 1135-1142.
29. Mohammadi, M. 2007. Agriculture Pedology. Pub. Noor Bakhsh. p244.
30. Morejon L.P., Castro Palacio, J.C., Velazquez Abad, L.G., and Govea, A.P. 2007. Simulation of *pinus tropicalis* M. seeds by magnetically treated water. International Agrophysics 21: 173-177.
31. Otsuka, I., and Ozeki, S. 2006. Does magnetic treatment of water change its properties? Journal of Physical Chemistry 110: 1509-1512.
32. Omran, W.M., Mansour, M.F., and Fayez, K.A. 2014. Magnetized water improved germination, growth and tolerance to salinity of cereal crops. International Journal of Advanced Research 2(5): 301-308.
33. Podleoeny, J., Pietruszewski, S., and Podleoena, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. International Agrophysics 18: 65-71.
34. Ranjbar, G., Roosta, M.G., and Cheraghi, A.M. 2012. Assessment of the effect of magnetic water and salinity on growth indices of wheat. Journal of Water Research on Agriculture 26(3): 263-274. (In Persian with English Summary).
35. Reynolds, M.P., Mujeeb-Kazi, A., and Sawkins, M. 2005. Prospect for utilizing plant adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought and salinity prone environment. Annals of Applied Biology 146: 239-259.
36. Safarnejad, A., Sadr, S.V.A., and Hamidi, H. 2007. Effect of salinity stress on morphological characters of *Nigella sativa*. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 15(1): 75-84 (In Persian with English Summary).
37. Shannon, M.C., 1986. Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In: R.C. Staples and G.H. (Eds.). Toenniessn Salinity tolerance in Plants. 231-252. John Wiley and Sons.
38. Smikhina, L.P. 1981. Changes in refractive index of water on magnetic treatment. Colloid Journal 2: 401-404.
39. Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E., and Latifi, N. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology 30: 51-60. (In Persian with English Summary).

40. Srebrenik, S., Nadiv, S., and Lin, L.J. 1993. Magnetic treatment of water a theoretical quantum model. Journal of Magnetic and Electric Separation 5: 71-91.
41. Sultana, N., Ikeda, T., and Itoh, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211-220.
42. Vashisth A., and Nagarajan S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal Plant Physiology 167: 149-156.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 81-92

Effect of magnetized water and salinity stress on germination traits and seedling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Goldani[1*], M., Javadi[2], M. & Nezami[3], A.

1. Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. PhD. Student in Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Contribution from College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 27 August 2014
Accepted: 13 May 2015

Introduction

Increasing world population is facing critically depletion of water resources, which will be along with increasing food demands to cover the human needs all over the world. Therefore, water scarcity is increasingly a major limitation for increased agricultural production and food security in this century. The scarcity of qualified water, has made farmers to consider the water of marginal quality for usage in agriculture. The Water's molecular structure is affected by a magnetic field, so that a change in the water relations can affect the overall plant growth. One of the approaches that provides higher productivity and quality assurance is using static electromagnetic fields. The use of magnetically treated water for irrigation in agriculture is considered as one of the important environmental clean methods. The water treated in the magnetic field or pass through a magnetic device called magnetized water. The influence of magnetic field on various growth processes of plants such as seed germination, seedling growth, plant growth, yield and the properties of crop quality have been the object of several researches.

Salinity is defined as the presence of excessive concentration of soluble salts in the soil or in the irrigation water that suppresses plant growth and eventually yield. Salt stress has been identified as one of the most serious environmental factors limiting the productivity of crop plants. The deleterious effects of salinity on plant growth are associated with 1) low osmotic potential, 2) nutritional imbalance, 3) specific ion effect, or 4) a combination of these factors. In addition, there is evidence that salt stress can induce oxidative stress due to generation of reactive oxygen species.

Phaseolus vulgaris is an annual growing to 2 m height and is frost tender. Bean leaves are trifoliate (three-leaved), arranged in an alternate fashion on the stem and have oval or diamond-shaped leaflets. Leaf color can be green. The study was undertaken to evaluate the use of magnetically treated water in improving seed germination and early seedling growth (i.e., radical and plumule growth) of the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the presence and absence of salt stress. The work was carried out at the germination stage because germination is known as a key process that allows the seed embryo to grow and evolve into photosynthetic organism, and it is also a critical stage for plant response to salinity.

Materials and Methods

In order to investigate the influence of magnetized water and salinity on germination characteristics and seedling of bean (Derakhshan variety), an experiment was conducted based on complete randomized design in factorial arrangement with four replications at laboratory of the Agricultural College of Ferdowsi University of Mashhad in 2014. Water types consisted of two levels (magnetized water and tap water) and five salinity levels: 0, 4, 6.5, 8.5 and 9.5 ds/m.

The following indices were also measured:

Final Germination Percentage (FGP) and Germination Rate (GR) was calculate base on the below equation

$$FGP = (n / N) \times 100$$

* **Corresponding Author:** goldani@um.ac.ir, Mobile: +98 9151079790

where n is the number of seed germination in per day and N is total number of seeds

GR=$\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{gi}{di}\right)$

where giis the number of seed germination in every count and di is the number of days till day n th.

(Dere and et al., 1998) Chlorophyll concentration was calculated using the following formula

Chla (µg/ml) =15.65 A666 - 7.340 A653

Chlb (µg/ml) =27.05 A653 - 11.21 A666

Cx+c=1000A470 – 2.270 Cha – 81.4Chb/227

Traits as length and dry weight of plumule and radical, biomass and seed vigor index were measured too.

Data was analyzed using MSTAT-C software and means were compared using Dunkan multiple range test in 5 percent probability.

Results and Discussion

The results showed that germination percentage, mean germination time, length and dry weight of the plumule and radical, biomass and seed vigor index decreased with increasing salinity, but magnetized water improved them. Magnetic water increased germination by 6% and reduced the mean germination time by 8%. Magnetized water improved biomass and seed vigor by 52 and 24 percent, respectively. Using magnetic water, improved radical length and plumule by 27 and 24 percentage, respectively. The simple effect of magnetized water and salinity caused significant amounts of chlorophyll a and b and carotenoid. Application of magnetic water increased chlorophyll a (12%) in the salinity level of zero compared with non-magnetic. So that magnetized water improved amount of chlorophyll a and increased carotenoid under salinity conditions. Other results showed that plant cells treated with magnetic represent magnetic properties of atoms placed in them and activates them later on.

Conclusion

Overall, results showed that exposure to magnetic fields and irrigation water with different salinity levels, decreased salinity (NaCl) effects on bean, accelerated germination and seedling growth and had an important role in improving the beans germination rate.

Key words: Chlorophyll a, Chlorophyll b, Mean germination time, Physical treatment

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۰۴-۹۳، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 93-104

تأثیر دمای شبانه و نیتریک‌اکساید بر برخی ویژگی‌های فیزیو–بیوشیمیایی گیاه نخود

معصومه فرجی[۱] و نادر چاپارزاده[۲*]

۱ و ۲- به‌ترتیب، کارشناس‌ارشد و عضو هیئت علمی (دانشیار) گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۷

چکیده

تنش‌های محیطی از جمله دماهای پایین باعث کاهش تولید و کیفیت محصولات زراعی می‌شوند. نیتریک‌اکساید به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش مهمی در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش‌ها برعهده دارد. در این پژوهش تغییرات صفات فیزیو-بیوشیمیایی گیاه نخود تحت تیمار نیتریک‌اکساید و دمای شبانه موردبررسی قرار گرفت. وزن‌تَر بخش‌های هوایی و ریشه‌ها و ترکیباتی مانند پرولین، قندهای محلول و نامحلول، آسکوربات و فعالیت آنزیم‌های آسکوربات‌پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز سنجش شدند. نتایج نشان‌داد که اثر نیتریک‌اکساید بر وزن‌تَر بخش‌های هوایی و محتوای پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز معنی‌دار بود. تغییر دما بر وزن‌تَر ریشه، محتوای پرولین، قندهای محلول و نامحلول، آسکوربات، فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز تأثیر معنی‌دار داشت. برهم‌کنش نیتریک‌اکساید و دما بر وزن‌تَر ریشه و بخش‌های هوایی، محتوای پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز تأثیر معنی‌داری را نشان داد. چنین ارزیابی می‌شود که متابولیسم نخود به دمای شبانه وابسته بوده و تیمار نیتریک‌اکساید الگوی تغییرات متابولیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

کلمات کلیدی: سرما، متابولیسم، نخود، نیتریک‌اکساید

مقدمه

کشت حبوبات به‌دلیل اهمیت فراوان آن‌ها در تغذیه انسان و دام در سال‌های اخیر توسعه چشمگیر یافته است. به‌خاطر همزیستی ریشه حبوبات با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا، کشت این گیاهان نقش مهمی در افزایش حاصلخیزی خاک داشته و به‌همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت می‌شوند (Namvar *et al*., 2011). دانه نخود دارای مقدار قابل‌توجهی پروتئین و همچنین عناصر ضروری مانند کلسیم، فسفر، آهن و ویتامین‌هایی نظیر نیاسین و ریبوفلاوین می‌باشد (Akhar *et al*., 2011). کیفیت پایین محصول نخود عمدتاً به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نسبت‌داده می‌شود. در سال‌های اخیر برای افزایش مقدار و ارتقاء کیفیت محصول تحت تنش‌های غیرزیستی، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی همچون نیتریک‌اکساید (Nitric Oxide, NO) موردتوجه قرارگرفته است (Chohan *et al*., 2012). NO یک مولکول فعال زیستی است که نقش مهمی در پاسخ به انواع تنش‌های دمایی، خشکی، علف‌کش‌ها، سمیت فلزات سنگین و... ایفاء می‌کند (Liu *et al*., 2011). NO با بالابردن ظرفیت توان دفاعی می‌تواند گیاهان را در برابر شرایط نامساعد محیطی محافظت نماید. در تجربه‌های آزمایشگاهی از سدیم‌نیتروپروساید به‌عنوان ترکیب آزادکننده نیتریک‌اکساید استفاده می شود (Ruelland & Zachowski, 2010). دماهای پایین همانند دیگر تنش‌های محیطی موجب کاهش تولید محصولات زراعی می‌شوند. در واقع دماهای پایین تغییرات متعددی را در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و هموستازی گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان موجب می‌گردند. پیش‌تیمار با نیتریک‌اکساید می‌تواند فعالیت آنزیم‌های جاروب‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن را القاء و یا بیان بعضی از ژن‌های مربوط به تنش اکسیداتیو را افزایش دهد (Palmieri *et al*., 2008). گزارش‌هایی از نقش نیتریک‌اکساید در تحمل تنش دمایی در دست است (Siddiqui *et al*., 2010). باتوجه به این‌که کاهش دما به‌ویژه در مقاطع حساس رشد و نموی گیاه، باعث کاهش تولید و کیفیت محصول می‌گردد، بنابراین در این مطالعه سعی‌شده اثرات پیش‌تیمار NO بر برخی تغییرات فیزیو-بیوشیمیایی که به موازات افت دمای شبانه در گیاه نخود رخ می‌دهد، آشکار گردد. تنها با

* **نویسندهٔ مسئول:** نشانی: تبریز کیلومتر ۳۵ جاده مراغه دانشگاه شهید مدنی آذربایجان ، گروه زیست شناسی، دکتر چاپارزاده، صندوق پستی ۱۶۱-۵۳۷۱۴،
همراه: ۰۹۱۴۴۱۱۰۶۶۸، nchapar@azaruniv.ac.ir

شناخت دقیق فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دخیل در حساسیت و یا مقاومت گیاهان به دماهای پایین، می‌توان نسبت به ارائه راهکار و تفسیر در مورد سایر گیاهان اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاهان: بذور سالم نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم ILC482 با هیپوکلریت سدیم یک‌درصد ضدعفونی و با آب‌مقطر شستشو داده شدند. جوانه‌زنی بذرها بر روی کاغذ صافی مرطوب به‌مدت چهارروز صورت گرفت. سپس دانه‌رست‌ها به گلدان‌های حاوی پرلیت انتقال‌یافته و به‌مدت ۱۰روز در شرایط کنترل‌شده با تناوب نوری ۱۴ساعت نور و ۱۰ساعت تاریکی نگهداری شدند. در این‌مدت گلدان‌ها به‌طور یک‌روزدرمیان با آب‌مقطر و محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. گلدان‌های حاوی دانه‌رست‌های ۱۰روزه به دو گروه تقسیم گردیدند: گروه اول با محلول هوگلند بدون سدیم نیتروپروساید و گروه دوم با محلول هوگلند حاوی۰/۱ میلی‌مولار سدیم‌نیتروپروساید (به‌عنوان دهندهٔ NO) به‌صورت یک‌روزدرمیان تا روز شانزدهم تیمار شدند. گلدان‌های مذکور از روز شانزدهم به‌مدت سه‌شبانه‌روز متوالی تحت تیمارهای دمایی روز/شب به‌صورت ۲۵/۲۵، ۱۵/۲۵ و ۵/۲۵ سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌ها، ۴۸ساعت پس از اعمال آخرین‌تیمار برداشت و برای آنالیزهای بیوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند.

اندازه‌گیری وزن‌تَر ریشه و بخش‌های هوایی: وزن‌تَر ریشه‌ها و بخش‌های هوایی با ترازوی حساس توزین شد.

اندازه‌گیری پرولین: بافت برگی‌تَر با سولفوسالیسیلیک‌اسید سه‌درصد همگن و سانتریفیوژ گردید. عصارهٔ رویی با معرف نین‌هیدرین و اسیداستیک مخلوط و در حمام آب‌جوش قرار داده‌شد. پس از توقف واکنش در آب‌یخ و افزودن تولوئن، میزان جذب نوری فاز رنگی در طول موج ۵۲۰nm تعیین و مقدار پرولین برحسب میکرومول بر گرم وزن‌تَر گزارش گردید (Bates *et al.*, 1973).

اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول: بافت برگی‌تَر با اتانول ۸۰درصد همگن و بعد از قراردادن در حمام آب‌جوش سانتریفیوژ گردید. جهت رسوب کلوئیدهای محلول، به مایعِ رویی استات‌سرب اشباع اضافه و سانتریفیوژ گردید. سپس به مایعِ رویی حاصل، سدیم‌هیدروژن‌فسفات اضافه و دوباره سانتریفیوژ گردید و با آب‌مقطر به‌حجم رسانده شد. جهت سنجش قندهای محلول کل، عصارهٔ رویی با محلول آنترون مخلوط و در حمام آب‌جوش قرار داده‌شد. پس از توقف واکنش در آب‌یخ میزان جذب در طول موج ۶۲۵ nm اندازه‌گیری شد. مقدار قند در هر نمونه بااستفاده از منحنی استاندارد گلوکز خالص تعیین و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تَر گزارش گردید (Somogyi *et al.*, 1952).

اندازه‌گیری محتوای قندهای نامحلول: رسوب حاصل از سنجش قندهای محلول با HCl نیم‌نرمال مخلوط و در حمام آب‌جوش قرار داده‌شد. پس از سانتریفیوژ، مایعِ رویی حاصل با NaOH نیم‌نرمال، تیتر و در نهایت با آب‌مقطر به حجم رسانده شد. جهت سنجش قندهای نامحلول از عصارهٔ رویی برای واکنش با آنترون همانند قندهای محلول استفاده و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تَر گزارش گردید.

اندازه‌گیری آسکوربات: بافت برگی‌تَر با تری‌کلرواستیک‌اسید ۶درصد همگن و سانتریفیوژ گردید. مایعِ رویی با محلول حاوی بافرفسفات‌سدیم (۲۰۰میلی‌مولار و pH=۷/۴)، آب‌مقطر دوبارتقطیر، تری‌کلرواستیک‌اسید ۲/۵٪، اسیدفسفریک ۸/۴درصد و ۲و۲ بی‌پیریدین ۰/۸درصد مخلوط شد. سپس به آرامی کلریدآهن ۰/۳درصد اضافه و بعد از قرارگیری در حمام آب با دمای ۴۲درجه سانتی‌گراد، میزان جذب در ۵۲۵nm اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار آسکوربات بر حسب میکرومول بر گرم وزن‌تَر گزارش گردید (Chaparzadeh *et al.*, 2004).

استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها: بافت برگی‌تَر در دمای۴درجه سانتی‌گراد با بافرفسفات‌سدیم (۱۰۰ mM و ۷/۵ = pH) حاوی (۰/۱ mM EDTA) و پلی‌وینیل‌پیرولیدون (یک‌درصد) همگن و سانتریفیوژ گردید. از محلولِ رویی جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات‌پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز استفاده شد.

جهت سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز، مایعِ رویی با دو بافر واکنشی که یکی حاوی آسکوربات ۲۵۰ µM و بافرفسفات‌سدیم (۵۰mM و pH=۷) و (۰/۵ mM EDTA) و دیگری حاوی آب‌اُکسیژنه ۱/۵ mM و بافرفسفات‌سدیم (۵۰mM و pH=۷) بود، مخلوط گردید. میزان جذب در ۲۹۰ nm اندازه‌گیری و فعالیت آنزیمی بااستفاده از ضریب‌تصحیح ۲/۸ $mM^{-1}cm^{-1}$ به‌صورت واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین گزارش شد (Cho *et al.*, 2012).

جهت سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، مقداری مایعِ رویی با بافر واکنشی (۱۰۰ mM و pH = ۶/۸) حاوی پیروگالل ۲۰ mM مخلوط گردید. تغییر جذب در ۴۲۰nm دقیقه اندازه‌گیری و فعالیت آنزیمی به‌صورت جذب بر میلی‌گرم پروتئین گزارش گردید (Simaei *et al.*, 2011).

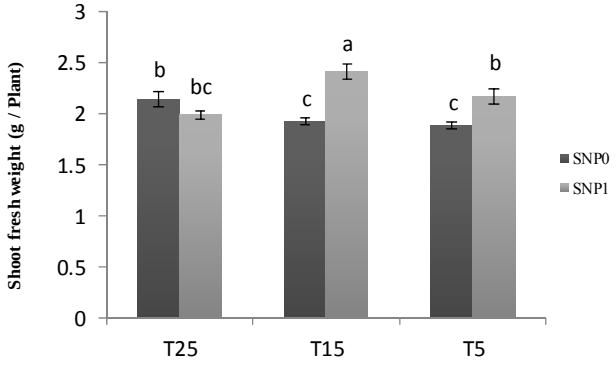
تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه۱۶ و Excel استفاده گردید. آزمایش با چهار تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها (± خطای معیار) با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن‌تَر ریشه و بخش‌های هوایی

نتایج حاصل از جدول تجزیه‌واریانس نشان‌داد که اثر کلی دما روی وزن‌تَر بخش‌های هوایی تـأثیر معنـی‌دار نداشـت. اثـر NO و برهم‌کنش آن با دما بر وزن‌تَر بخش‌های هوایی معنی‌دار بود (جدول۱). در واقع با کاهش دما و در غیـاب NO از میـزان وزن‌تَر بخش‌های هوایی کاسته شـد، در حضـور NO بیشـترین مقدار وزن‌تَر بخـش‌هـای هـوایی در دمـای ۱۵درجـه مشـاهده گردید (شکل۱). عامل NO بر وزن‌تَر ریشه تأثیری نداشـت. اثـر دما و برهم‌کنش NO و دما بر روی وزن‌تَر ریشه معنـی‌دار بـود (جـدول۱). در حضـور NO، بیشـینه مقـدار وزن‌تَـر ریشـه در دماهـای ۲۵ و ۱۵درجـه و کمینـه مقـدار در دمـای ۵درجـه مشاهده شد. در نبود NO کمترین مقدار وزن‌تَر ریشـه متعلـق به دمای ۱۵درجه بود (شکل۲). هرگونهٔ گیاهی دمای خاصی را برای رشدونمو بهینهٔ خود لازم دارد. دماهای پـایین، بـر رشـد، بقاء، تولیدمثل و توزیع گیاهان اثر می‌گذارند. کاهش رشد، یک پاسخ عمومی گیاهان تحت تنش برای فـایق‌آمـدن بـه شـرایط ناگوار محسوب می‌شود. درواقـع کـاهش رشـد بـا کـاهش وزن نشان‌داده می‌شود. مهار رشد تحت تنش سرما در گیاه بـرنج بـا کاهش زیست‌توده گزارش‌شده است (Aghaee *et al*., 2011). این کاهش ممکـن اسـت بـه‌علـت محـدودشـدن جـذب آب و موادغذایی توسط ریشه‌ها باشد. همچنین کاهش دما به‌علت اثر منفی روی آسیمیلاسیون(CO_2 (Assimilation باعث کـاهش فتوسنتزخالص و محدودشدن فرآیندهای شیمیایی می‌گردد که به‌نوبهٔ خود از طریق کاهش تقسیم سلولی و طویل‌شدن سـلول نهایتاً منجربه کاهش رشـد گیـاه مـی‌شـود (Aghaee *et al*., 2011). اثر تنظیمی NO بر روی رشد ممکن اسـت بـه غلظـت NO و برهم‌کنش آن با گونه‌های فعال اکسیژن ارتبـاط داشـته باشد. NO با تأثیر بر سیالیت لایه لیپیدی غشاء سلولی و سپس شل‌شدگی دیواره سلولی می‌تواند توسعه سلول را تسریع نمایـد (Leshem & Haramaty, 1996). در واقع افزایش رشد گیـاه در غلظت پایین NO به‌وسیله کاهش سطح چوبی‌شدن دیـواره سلولی و تسریع توسعه سلول اتفاق می‌افتد. سـطح بـالای NO ممکن است با ایجاد تنش اکسـیداتیو غشـاء، دیـواره سـلولی را تخریب و باعث مهار رشد گیـاه گـردد (Wang *et al*., 2010). باتوجه به نتایج این تحقیق، چنین استنباط می‌شود کـه دمـای ۱۵درجـــه ســـانتی‌گـــراد و غلظـــت ۰/۱ میلـــی‌مـــولار سدیم‌نیتروپروسـاید حالـت مطلـوب رشـد گیـاه نخـود در ایـن آزمایش باشد. تصور می‌شود NO با اثرات چنـدجانبـه خـود، از جمله تسریع توسـعه سـلولی(احتمالاً بـا تـأثیر بـر چربـی‌هـای غشایی) با اثرات منفی کاهش دما، از جمله کاهش رشد مقابلـه می‌کند.

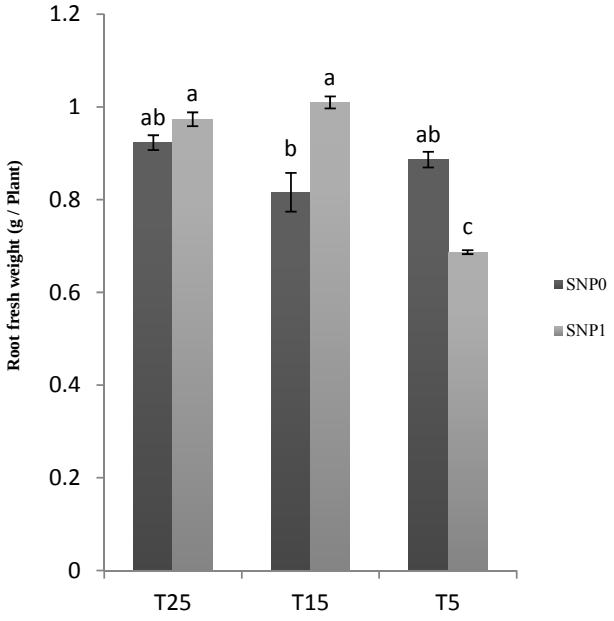


شکل۱- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر وزن تر بخش هوایی

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 و SNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و ۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig.1. The effect of nitric oxide and temperature on shoot fresh weight

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.



شکل۲- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر وزن تر ریشه

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 و SNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و ۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig.2. The effect of nitric oxide and temperature on root fresh weight

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.

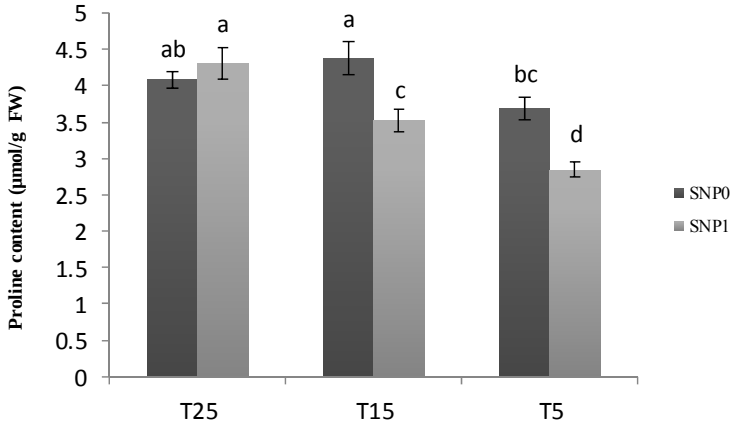
پرولین

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر دما و NO و نیز برهم‌کنش بین آن‌ها بر روی محتوای پرولین معنی‌دار بود (جدول۱). کاهش دما در حضور NO باعث کاهش معنی‌دار در محتوای پرولین گردید، به‌طوری‌که کمترین مقدار پرولین در دمای ۵درجه مشاهده شد. در عدم حضور NO بیشترین مقدار پرولین به دمای ۱۵درجه اختصاص یافت (شکل۳). گیاهان پرولین را در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی انباشته می‌کنند. نقش پرولین درونی تحت تنش اکسیداتیو، پایدارکردن کمپلکس‌های پروتئینی، تنظیم pH سیتوزولی و یا به‌عنوان یک جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد (Hayat *et al*., 2012). سطح بالای پرولین در گیاهان سرمادیده تنها دلالت بر تحمل سرمایی نیست، بلکه می‌تواند نشانگر آسیب سرمایی هم باشد. بنابراین انباشتگی پرولین در شرایط خاص دارای معانی مختلفی است (Aghaee *et al*., 2011). افزایش محتوای پرولین در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش‌شوری بااستفاده از NO گزارش‌شده است (Hayat *et al*., 2012). همچنین بسته به‌نوع ژنوتیپ هم افزایش و هم کاهش پرولین در گیاه پنبه تحت تنش سرما مشاهده‌شده است (Azymi *et al*., 2012). پرولین توانایی کاهش آسیب سرمایی را در گیاهان حساس به سرما دارد (Theocharis *et al*., 2012). در گیاهان سطح پرولین به عملکرد آنزیم‌های بیوسنتزی و تجزیه‌کننده بستگی دارد. در شرایط تنش میزان رونویسی ژن‌های مسیر بیوسنتزی پرولین افزایش می‌یابد (Hare *et al*., 1999). در آزمایش حاضر احتمالاً NO به‌همراه کاهش دما به‌عنوان علامتی برای کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتزکننده و یا افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده عمل می‌نماید.

قندهای محلول و نامحلول

اثر دما و NO و نیز برهم‌کنش بین آن‌ها بر محتوای قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول۱). کاهش دما در حضور یا عدم‌حضور NO، موجب افزایش معنی‌دار میزان قندهای محلول بافت‌ها گردید (شکل۴). دما بر محتوای قندهای نامحلول مؤثر بود، ولی NO و برهم‌کنش NO و دما بر محتوای قندهای

نـامحلول تـأثیری نداشـت (جـدول۱). چگـونگی تغییـرات در محتوای قندهای نامحلول همانند قندهای محلول بود (شکل۵).



شکل۳- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر محتوای پرولین

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 وSNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

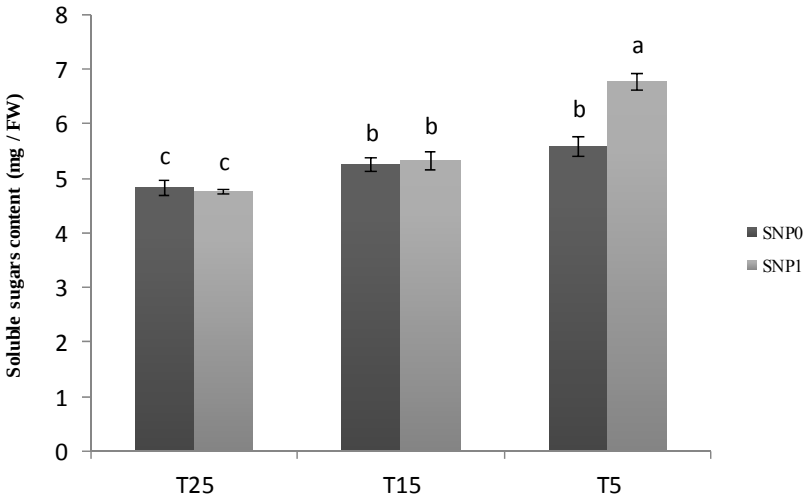
Fig. 3. The effect of nitric oxide and temperature on proline contents

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.

متابولیسم کربوهیدرات‌ها یک مسیر مهم در به‌دام‌انداختن انرژی فتوسنتزی و تأمین‌کننـده کـربن مـوردنیـاز گیـاه اسـت. به‌طورکلی دماهای پایین، جابه‌جـایی محصـولات فتوسـنتزی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها را تحت تـأثیر قـرار مـی‌دهنـد. بـرای مثال، تغییرات در عوامل محیطی مانند دما، نور، آب و... منجربه کاهش معنی‌داری در بازده فتوسنتزی در بافت‌های منبع شده و بنابراین تأمین قندهای محلـول بـه بافـت‌هـای مقصـد کـاهش می‌یابد. تحت تنش و نیز در ژنوتیپ‌های مختلـف، غلظـت‌هـای قندی و تخصیص بین منبـع-مقصـد در انـدام‌هـای مختلـف از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کنند. مثلاً دماهای پـایین، خشـکی، شوری باعث افزایش غلظت قندهای محلول شـده، درحـالی‌کـه تابش نـور، فلـزات‌سـنگین، کمبـود مـوادغـذایی و اُزن غلظـت قندهای محلول را کاهش مـی‌دهنـد(Strand *et al*.,1999 & Gill *et al*., 2001). متابولیسم قنـدها فرآینـدی پویـا اسـت و نوسانات قنـدها مـی‌توانـد بـه‌علـت تغییـرات در آسمیلاسـیون دی‌اکسیدکربن و روابط مبدأ-مقصد و فعالیت آنزیم‌های دخیـل باشد. مسیرهای علامتی قندها با مسـیرهای تنشـی بـه‌منظـور تنظیم متابولیسم با هم‌دیگر تعامل دارند. قندهای تولیدشده در طی فتوسنتز برای بیوسنتز پلی‌سـاکاریدهای نشاسـته و سـلولز مورداستفاده قرار می‌گیرنـد (Rosa *et al*., 2009). در دماهـای پایین کاهش تنفس می‌تواند نقش مهمی را در افـزایش غلظـت کربوهیدرات‌ها داشته باشد. علت تجمع قندهای محلول در طی تـنش، تجزیـه قنـدهای نـامحلول (نشاسـته) مـی‌باشـد کـه بدین‌طریق پتانسیل اسمزی حفظ‌شده و خطـر دهیدراتاسـیون کاهش می‌یابد. بنابراین قندهای محلول به‌عنوان حفاظت‌کننـده سرمایی عمل می‌کننـد (Windt & Hasselt, 1999). کـاهش میـزان قنـدهای محلـول در گیاهـان نخـود تحـت تیمـار NO گزارش‌شده است (Ganjewala *et al*., 2008)؛ ولی در تجربـهٔ حاضر چنین‌نتیجه‌ای تأیید نگردید و از طرفی در *Matricaria chamomilla* باعـث افـزایش محتـوای قنـدها شـده اسـت (Kovacik *et al*., 2010). باتوجـه بـه نتـایج بـه‌دسـت‌آمـده، می‌توان چنین ارزیابی کرد که کاهش دمای شبانه بـا تـأثیر بـر متابولیسم، موجب انباشتگی قندها جهـت حفاظـت بافـت‌هـا از آسیب‌های احتمالی می‌گردد.

آسکوربات

NO و نیز برهم‌کنش NO و دما بـر محتـوای آسـکوربات تأثیری نداشت ولی اثر دما معنی‌دار بود (جدول ۱). کاهش دما باعث افزایش محتوای آسکوربات شـد، بـه‌طـوری‌کـه بیشـترین مقدار در دمای ۵درجـه و کمتـرین مقـدار در دمـای ۲۵درجـه مشاهده گردید (شکل۶).

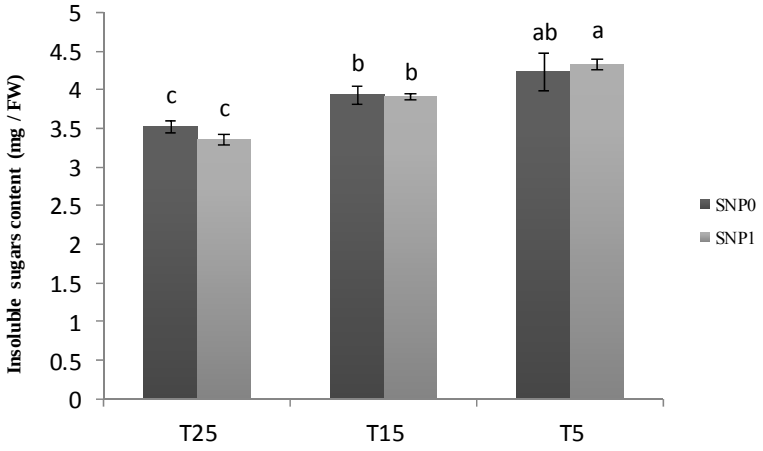


شکل۴- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر قندهای محلول

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 وSNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 4. The effect of nitric oxide and temperature on soluble sugars

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.



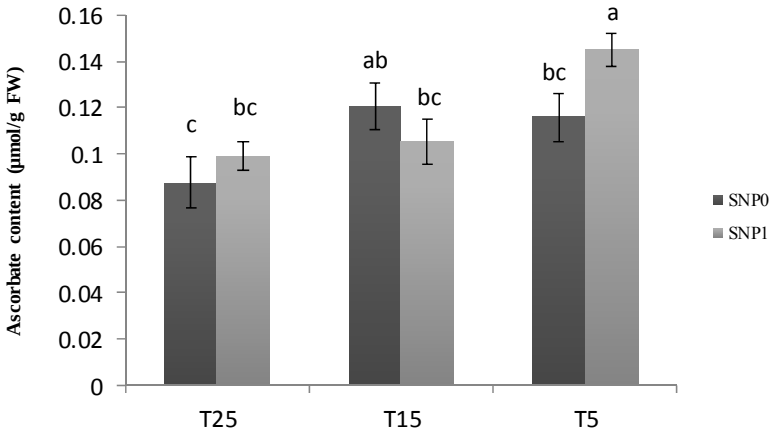
شکل۵- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر قندهای نامحلول

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 وSNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 5. The effect of nitric oxide and temperature on insoluble sugars

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.

آسکوربات مولکول کوچک و آنتی‌اکسیدانت محلول در آب است که به‌عنوان یک سوبسترای اصلی در مسیر چرخه‌ای سم‌زدایی آنزیمی هیدروژن‌پراکسید مورداستفاده قرار می‌گیرد. آسکوربات برای تنظیم فتوسنتز، توسعه سلولی، طویل‌شدن ریشه و در برخی واکنش‌های آنزیمی ضروری است. آسکوربات از طریق دخالت در تولید گلوتاتیون احیاء در چرخه آسکوربات‌گلوتاتیون، گونه‌های فعال اکسیژن را از بین برده و بدین‌ترتیب توانایی گیاهان را در مقابل عوامل تنش‌زا تقویت می‌کند (Shah *et al*., 2011). بنابراین افزایش مقدار آسکوربات در دماهای پایین را می‌بایست برای حفاظت گیاهان از تنش القاشده ارزیابی نمود.



شکل۶- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر محتوای آسکوربات

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 و SNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و ۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 6. The effect of nitric oxide and temperature on ascorbate contents

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.

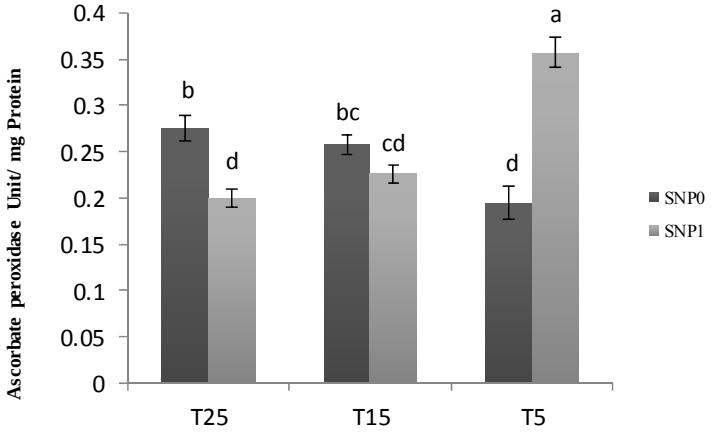
فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز

بر اساس داده‌های آنالیز واریانس، اثر کلی NO بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز معنی‌دار نشد، ولی اثر دما و نیز برهم‌کنش NO و دما بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار بود(جدول۱). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم در حضور NO در دمای ۵درجه و در غیاب آن در دمای ۲۵درجه می‌باشد (شکل۷). آسکوربات‌پراکسیدازها عمدتاً در گیاهان‌عالی، جلبک‌ها و بعضی سیانوباکترها وجود دارند. بیان ژن‌های آسکوربات‌پراکسیداز می‌تواند به‌وسیله عواملی مانند شوری، تابش UV، حمله پاتوژنی و دماهای بالا و پایین القاء شود (Dabrowska *et al*., 2007). افزایش بیان آسکوربات‌پراکسیداز سیتوزولی در گوجه‌فرنگی و در گیاه ذرت تحت تنش سرما گزارش شده است (Wang *et al*., 2005). آسکوربات‌پراکسیدازها به‌وسیله آسکوربات به‌عنوان دهنده الکترون و با احیاء H_2O_2 به آب، به‌طور مستقیم در جاروب‌کردن گونه‌های فعال اکسیژن دخالت دارند. گزارش‌شده است که آسکوربات‌پراکسیدازِ پراکسی‌زومی در پاسخ به انواع تنش‌های اکسیداتیوی مانند سرما، گرما، نور انباشته می‌شود (Murgia *et al*., 2004). در این مطالعه، در دمای پایین تیمار NO موجب افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز شده است که احتمالاً به‌علت توانایی گیاه در حفاظت پروتئین‌های آنزیمی در دمای پایین می‌باشد. در واقع، ارتباط بین فعالیت و بیان ژن آسکوربات‌پراکسیداز در کنار سایر عوامل مؤثر در تحمل، موجب بروز چنین پاسخی شده است (شکل۷).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر NO و دما بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز معنی‌دار بود. برهم‌کنش NO و دما بر فعالیت آن تأثیری نداشت (جدول۱). در تمام دماهای مذکور، NO فعالیت آنزیم را افزایش داد، ولی بیشترین فعالیت

آنزیم مربوط به دمای ۱۵درجه و کمترین فعالیت آن مربوط به دمای ۲۵درجه بود (شکل۸).

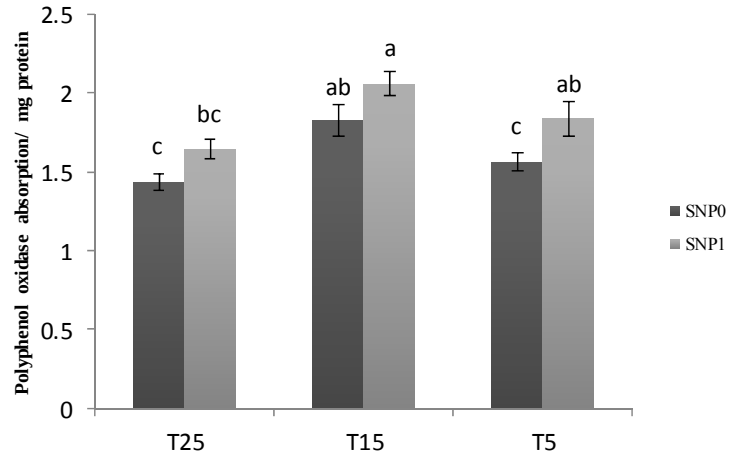


شکل۷- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز

T5، T15 و T25، به‌ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP0 و SNP1 به‌ترتیب سدیم‌نیتروپروساید صفر و ۰/۱ میلی‌مولار را نشان می‌دهند.
حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 7. The effect of nitric oxide and temperature on Ascorbate peroxidase

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.



شکل۸- اثر نیتریک‌اکساید و دما بر فعالیت پلی فنل اکسیداز

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

T_5، T_{15}وT_{25} به ترتیب دماهای شبانه ۵، ۱۵و ۲۵درجه سانتی‌گراد و SNP_0 و SNP_1 به ترتیب سدیم نیتروپروسایدصفر و۰/۱ میلی‌مولار را نشان می دهند.

Fig. 8. The effect of nitric oxide and temperature on Polyphenol oxidase

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability. T5, T15 and T25 indicate night temperatures at 5, 15 and 25, respectively. SNP0 and SNP1 indicate sodium nitroprusside at 0 and 0.1 millimolar, respectively.

در گیاه کاهو در تیمارهای دمایی شبانه‌روزی مختلف بیشینه‌فعالیت آنزیم در ۲۰/۱۳ (شب/روز) گزارش‌شده است (Chon *et al*., 2012). چنین ارزیابی شده است که، دماهای پایین موجب افزایش فعالیت این آنزیم شده و توان آنتی‌اکسیداتیو افزایش می‌یابد (Boo *et al*., 2011). ازطرف دیگر در هندوانه دمای ۱۵درجه سانتی‌گراد با ایجاد تنش

سرمایی موجب کاهش فعالیت آنزیم نسبت به دماهای بالاتر می‌شود (Rivero *et al*., 2001). پلی‌فنل‌اکسیدازها یا تیروزینازها، آنزیم‌های حاوی مس هستند که اکسیداسیون ترکیبات‌فنلی به کوئینون‌ها را کاتالیز می‌کنند. همچنین پلی‌فنل‌اکسیداز در تولید گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارد (Mayer, 2006). پلی‌فنل‌اکسیدازها در اکثر گیاهان‌عالی یافت می‌شوند و مسئول قهوه‌ای‌شدن یا رسیدن میوه‌ها و سبزیجات می‌باشند. می‌توان چنین ارزیابی کرد که NO با فعال‌سازی آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز یا ممانعت از تخریب آن می‌تواند دلایلی برای افزایش فعالیت این آنزیم در مطالعه حاضر باشد. علاوه بر آن NO می‌تواند با تأثیر بر فعالیت فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، سوبسترای لازم برای پلی‌فنل‌اکسیدازها را فراهم نموده و بدین‌طریق فعالیت آن‌ها را در سطح بالایی نگه دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌داد که کاهش دمای شبانه بر روی برخی نشانگرهای بیوشیمیایی تأثیر معنی‌دار می‌گذارد. این تغییرات در ریشه و بخش‌هوایی الگوی یکسانی را نشان ندادند. در دماهای پایین شبانه، تیمار نیتریک‌اکساید با تأثیر بر آنتی‌اکسیدانت‌های غیرآنزیمی (آسکوربات) و آنزیمی (آسکوربات‌پراکسیداز) از تأثیر منفی کاهش دما بر رشد گیاه نخود جلوگیری می‌کنند.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهش‌وفناوری دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به سبب حمایت‌های مالی کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Aghaee, A., Moradi, F., Zare-Maivan, H., Zarinkamar,F., Irandoost, H. P., and Sharifi, P. 2011. Physiological responses of two rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to chilling stress at seedling stage. African Journal of Biotechnology 10(39): 7617-7621.
2. Akhar, F. K., Bagheri, A., Moshtaghi, N., and Nezami, A. 2011. The effect of gamma radiation on freezing tolerance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) at in vitro culture. Journal of Biological and Environmental Sciences 5: 63-70.
3. Azymi, S., Sofalian, O., Jahanbakhsh, G.S., and Khomari, S. 2012. Effect of chilling stress on soluble protein, sugar and proline accumulation in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(12): 825-830.
4. Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.
5. Boo, H.O., Heo, B.G., Gorinstein, S., and Chon, S.U. 2011.Positive effects of temperature and growth conditions on enzymatic and antioxidant status in lettuce plants. Plant Science 181: 479-484.
6. Chaparzadeh, N., D'Amico, M.L., Khavari-Nejad, R.A., Izzo, R., and Navari-Izzo F. 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* L. under salinity conditions. Plant Physiology and Biochemistry 42: 695-701.
7. Cho, S.C., Chao, Y.Y., Hong, C.Y., and Kao, C.H. 2012. The role of hydrogen peroxide in cadmium-inhibited root growth of rice seedling. Plant Growth Regulation 66: 27-35.
8. Chohan, A., Parmar, U., and Raina, S. K. 2012. Effect of sodium nitroprusside on morphological characters under chilling stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Environmental Biology 33: 695-698.
9. Chon, S.U., Boo, H.O., Heo ,B.G., and Gorinstein, S. 2012. Anthocyanin content and the activities of polyphenol oxidase, peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in lettuce cultivars. International Journal of Food Sciences and Nutrition 63(1): 45-48.
10. Dabrowska, G., Kata, A., Goc, A., Szechynska-Hebda, M., and Skrzypek, E. 2007. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 49(1): 7-17.
11. Ganjewala, D., Boba, S., and Raghavendra, A.S. 2008. Sodium nitroprusside affects the level of anthocyanin and flavonol glycosides in pea (*Pisum sativum* L. cv. Arkel) leaves. Acta Biologica Szegediensis 52(2): 301-305.
12. Gill, P.K., Sharma, A.D., Singh, P., and Bhullar, S.S. 2001. Effect of various abiotic stresses on the growth soluble sugar and water relations of sorghum seedlings grown in light and darkness. Bulgarian Journal of Plant Physiology 27: 72-84.
13. Hare, P.D., Cress, W.A., and Staden, V. 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. Journal of Experimental Botany 50: 413-434.

14. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., and Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments. Plant Signaling and Behavior 7(11): 1456-1466.
15. Hayat, S., Yadav, S., Wani, A.S., Irfan, M., Alyemini, M.N., and Ahmad, A. 2012. Impact of sodium nitroprusside on nitrate reductase, proline content, and antioxidant system in tomato under salinity stress. Horticulture, Environment and Biotechnology 53(5): 362-367.
16. Kovacik, J., Grz, J., Klejdus, B., Stork, F., Marchiosi, R., and Ferrarese-Filho, O. 2010. Lignification and related parameters in copper-exposed *Matricaria chamomilla* roots: role of H_2O_2 and NO in this process. Plant Science 179: 383-389.
17. Liu, X., Wang, L., Liu, L., Guo, Y., and Ren, H. 2011. Alleviating effect of exogenous nitric oxide in cucumber seedling against chilling stress. African Journal of Biotechnology 10: 4380-4386.
18. Mayer, A.M. 2006. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? Phytochemistry 67: 2318-2331.
19. Murgia, I., Tarantino, D., Vannini, C., Bracale, M., Carravieri, S., and Soave C. 2004. *Arabidopsis thaliana* plants overexpressing thylakoidalascorbate peroxidase show increased resistance to Paraquat induced photooxidative stress and to nitric oxide-induced cell death. The Plant Journal 38: 940-953.
20. Namvar, A., Sharif, R. S., and Khandan, T. 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. Ekologija 57: 97-108.
21. Palmieri, M.C., Sell, S, Huang, X., Scherf, M., Werner, T., Durner, J., and Lindermayer, C. 2008. Nitric oxide-responsive genes and promoters in *Arabidopsis thaliana*: a bioinformatics approach. Journal of Experimental Botany 59:177-186.
22. Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Garcıa, P.C., Lopez-Lefebre, L.R., Sanchez, E., and Romero, L. 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. Plant Science 160: 315-321.
23. Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J.A., Hilal, M., and Prado, F.E. 2009. Soluble sugars: metabolism, sensing and abiotic stress: a complex network in the life of plants. Plant Signaling and Behavior 4: 388-393.
24. Ruelland, E., and Zachowski, A. 2010. How plants sense temperature. Environmental and Experimental Botany 69: 225-232.
25. Shah, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Shah, T., Wu, W., Wang, K., Khan, Z.H., Zhu, L., and Chen, C. 2011. Physiological and biochemical changes in rice associated with high night temperature stress and their amelioration by exogenous application of ascorbic acid (vitamin C). Australian Journal Crop Science 5(13): 1810-1816.
26. Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., and Basalah, M.O. 2010. Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. Protoplasma 248(3): 447-455.
27. Simaei, M., Khavari-Nejad, R.A., Saadatmand, S., Bernard, F., and Fahimi, H. 2011. Effects of salicylic acid and nitric oxide on antioxidant capacity and proline accumulation in *Glycine max* L. treated with NaCl salinity. African Journal of Agricultural Research 6: 3775-3782.
28. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry 195: 19-23.
29. Strand, A., Hurry, V., Henkes, S., Huner, N., Gustafsson, P., Gardestrom, P., and Stitt, M. 1999. Acclimation of *Arabidopsis* leaves developing at low temperatures. Increasing cytoplasmic volume accompanies increased activities of enzymes in the Calvin cycle and in the sucrose biosynthesis pathway. Plant Physiology 119: 1387-1397.
30. Theocharis, A., Clement, C., and Barka, E.A. 2012. Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures. Planta 235(6): 1091-1105.
31. Wang, H., Zhang, S., Zhang, W., Wei, C., and Wang, P. 2010.Effects of nitric oxide on the growth and antioxidant response of submerged plants *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle. African Journal of Biotechnology 9: 7470-7476.
32. Wang, Y., Wisniewski, M., Meilan, R., Cui, M., Webb, R., and Fuchigami, L. 2005. Overexpression of cytosolic ascorbate peroxidase in tomato confers tolerance to chilling and salt stress. Journal of the American Society for Horticultural Science 130(2): 167-173.
33. Windt, C.W., and Hasselt, P.R. 1999.Development of frost tolerance in winter wheat as modulated by differential root and shoot temperature. Plant Biology 1: 573-580.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 93-104

The effects of night temperature and nitric oxide on some physio-biochemical characters of Pea plants

Faraji[1], M. & Chaparzadeh[2*], N.

1&2. Respectively, MSc. & Associate professor, Department of Biology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Received: 1 November 2014
Accepted: 6 April 2015

Introduction

Plant responses to environmental stress have a central role in agricultural production. Responses results from events occurring at all levels of the organization, from biochemical reactions in cells to whole plant physiology. Many plants are injured when exposed to low non-freezing temperatures. However, data on the effects of night temperatures are scarce. On the other hand, nitric oxide (NO), as a plant growth regulator, has an important role in ameliorating stress induced damage in plants. Therefore, the aim of this work was to evaluate the role of NO during low temperature nights. In this research the changes in some physio-biochemical characters of Pea plants under NO and night temperature treatments were studied.

Materials and Methods

The fresh weights of roots and shoots, the contents of proline, soluble and insoluble sugars, ascorbic acid, and the activities of ascorbate peroxidase and polyphenol oxidase were evaluated. Seeds of chickpea, *Cicer arietinum* L. ILC482 variety were surface sterilized in sodium hypochlorite solution 1%, rinsed with sterilized water and germinated on moist filter papers in the dark for four days. Seedlings were transferred to plastic pots containing half-strength Hoagland solution, and were placed at 14 h photoperiod. Plants aged 14 days were randomly subdivided into two groups. One group received half-strength Hoagland solution (control) and another group was subjected half-strength Hoagland solution containing NO (0.1mM) for two days. Then, plants divided into three groups and, for 3 days, were subjected to 25/25, 25/15 and 25/5 ºC (day/night) regimes. After two days, shoots and roots were weighted for recording fresh weights. For assay of proline content, aliquots of fresh tissues were homogenized in 3% sulphosalicylic and centrifuged. Free proline contents were quantified using ninhydrin reagent and expressed as µmol/g FW. The total soluble sugars were determined by anthrone reaction at 625 nm in an 80% hot ethanol extract and expressed as mg/g FW. Later insoluble sugars were extracted from residues with HCl and determined by Anthrone reaction. In assay of ascorbate contents, 6% trichloroacetic acid extracted leaf tissues were mixed with 2,2-dipiridil. Then, for reduction of Fe^{3+} to Fe^{2+} by ascorbic acid mixture was incubated at 42 ºC and the absorbance values were recorded at 525 nm. Data expressed as µmol/g FW. For Enzyme assays, aliquots of fresh leaves were ground in cold extraction 100 mM phosphate buffers (pH 7.5) at 0-4 °C. After centrifugation of homogenates, enzymes assays were performed in the supernatant at 25 °C. Ascorbate peroxidase activity was measured by following the oxidation of ascorbate at290 nm. The Activity of Polyphenol oxidase in presence of pyrogallol was determined by measuring the increase in absorbance at 420 nm. The experiment was arranged in a completely randomized design with four replicates. The data were statistically analyzed by using Duncan's multiple range test to separate the means at $p \leq 0.05$.

* **Corresponding Author:** nchapar@azaruniv.ac.ir, Mobile: +98 9144110668

Results and Discussion

The fresh weights of roots and shoots, the contents of proline, soluble and insoluble sugars, ascorbic acid, and the activities of ascorbate peroxidase and polyphenol oxidase were evaluated. The results showed that nitric oxide pretreatment had a significant effect on the fresh weight of shoots, proline and soluble sugars contents, and polyphenol oxidase activity. Changes of night temperature were effective on all of the examined factors except shoots fresh weights. Interaction between nitric oxide and the temperature had a significant effect on fresh weights of roots and shoots, proline and soluble sugars contents, and ascorbate peroxidase activity. Data showed that maximum growth of plants occurred at 15 °C night temperature in the presence of NO. Proline contents of leaves were significantly decreased by falling night temperatures. NO treatments led to more reduction in proline under low night temperatures. In higher plants, proline is normally accumulated in response to stress factors. Night temperature reduction and NO treatment, probably, can act as signal for decreasing proline biosynthetic enzymes activities or for increasing proline degradative enzymes activities. Both soluble and insoluble sugars were increased significantly by falling night temperatures, and NO treatments had a positive effect. We can assume that falling of night temperatures can affect tissues metabolism, for preventing of damages, by accumulation of sugars. Falling of night temperatures increased ascorbate contents of leaves. Generally, ascorbate has antioxidative properties and high levels of foliar ascorbate can offer tolerance to plants under unfavorable conditions. Ascorbate peroxidase plays an important role in the metabolism of H_2O_2 in higher plants. In this study, falling of night temperatures led to decrease in the enzyme activity. However, enzyme activity increased significantly with the NO treatment at 5 °C. Ascorbate peroxidase activity is directly involved in the protection of plant cells against unfavorable environmental conditions.

Conclusion

In conclusion, falling night temperatures can significantly affect some biochemical markers of plants. The changes in roots and shoots are not showing the same patterns. Under low night temperatures, NO treatment can induce non enzymatic (ascorbate) and enzymatic (ascorbate peroxidase) defense systems for overcoming the deleterious effects of low temperature.

Key words: Low temperature, Metabolism, Nitric oxide, Pea plant

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۲۰-۱۰۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 105-120

تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل فنولوژی بر برخی شاخص‌های رشدی ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) در منطقه مشهد

فریده سادات حسینی[1]، احمد نظامی[2*]، مهدی پارسا[2] و کمال حاج محمدنیا قالی‌باف[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، fa.hoseini64@gmail.com
۲- اعضای هیئت علمی (به‌ترتیب، استاد و دانشیار) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹

چکیده

آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی نیاز آبی گیاه، یکی از روش‌های مؤثر برای دست‌یابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات رشدی سه رقم عدس، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت بلوک نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. در این آزمایش، آبیاری تکمیلی (آبیاری در تمام مراحل فنولوژی گیاه، انجام یک‌بار آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی، گلدهی، غلاف‌دهی، پُرشدن دانه‌ها و بدون‌آبیاری طی فصل رشد) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه‌رقم عدس (رباط، کالپوش و گچساران) به‌عنوان فاکتور فرعی درنظر گرفته‌شدند. نمونه‌برداری تخریبی برای محاسبه شاخص‌های رشدی و عملکرد محصول به‌ترتیب در طول فصل و پایان فصل‌رشد انجام شد. نتایج نشان داد وزن‌خشک تجمعی، شاخص سطح‌برگ، سرعت‌رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص و عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، نسبت به سایر تیمارهای آبیاری تکمیلی در طول فصل‌رشد بیشتر بود، به‌طوری‌که یک‌نوبت آبیاری در مرحله گلدهی با حداکثر تولید مادهٔ خشک (۵۰۷/۴ گرم در متر مربع)، شاخص سطح‌برگ (۳/۶)، سرعت‌رشد محصول (۱/۳۵ گرم بر مترمربع زمین بر درجه‌روز رشد)، سرعت‌رشد محصول (۰/۰۴ گرم برگرم بر درجه‌روز رشد)، سرعت فتوسنتز خالص (۱/۷۵ گرم بر مترمربع برگ بر درجه‌روز رشد) و عملکرد دانه (۱۲۱۳ کیلوگرم در هکتار) در رتبه بعد از آبیاری‌کامل قرار گرفت. در بین ارقام عدس مورد آزمایش، رقم رباط در اکثر شاخص‌های رشدی برتر از ارقام دیگر بود. بنابراین در شرایط کمبود آب، انجام آبیاری‌تکمیلی در مرحله گلدهی عدس با تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه و با توجه به برتری شاخص‌های رشدی آن نسبت به سایر مراحل رشدی، عملکرد بیشتر محصول را سبب می‌شود. در مجموع نتایج این آزمایش توجه به شاخص‌های رشدی در پیش‌بینی عملکرد محصول عدس را مورد تأیید قرار داد.

واژه‌های کلیدی: سرعت‌رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص، شاخص سطح‌برگ، وزن‌خشک تجمعی

مقدمه

عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست است که ۹۲درصد سطح زیرکشت آن در ایران به‌صورت دیم است (Parsa & Bagheri, 2008). این گیاه پس از سویا از نظر پروتئین مقام دوم را در بین حبوبات دارا بوده و با حدود ۲۸درصد پروتئین، از حبوبات عمده در کشورهای در حال‌توسعه بوده و به‌عنوان مکملی برای غلات و منبعی بسیار عالی جهت تأمین پروتئین و اسیدهای‌آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می‌شود (Erskine & Saxena, 1993). نتایج بررسی‌ها نشان‌داده است که در اغلب گیاهان زراعی از جمله عدس، وقوع تنش‌خشکی در برخی از مراحل فنولوژی گیاه خسارات جبران‌ناپذیری را بر عملکرد وارد می‌نماید. بنابراین شناخت مراحل حساس و بحرانی گیاه به تنش‌خشکی و تأمین رطوبت موردنیاز در مراحل زمانی فوق نقش مؤثری در افزایش عملکرد و استفادهٔ بهینه از منابع آب و خاک ایفا می‌نماید (Oweis *et al*., 2004; Silim *et al*., 1993).

آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی نیاز گیاه، یکی از روش های مؤثر در جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد

* **نویسنده مسئول**: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، همراه: ۰۹۱۵۳۱۶۳۳۴۸،
nezami@um.ac.ir

(Parsa & Bagheri, 2008). در این‌روش، اثرات تنش‌خشکی بر گیاه کاهش یافته و رطوبت مناسبی برای گیاه، به‌ویژه در مراحل حساس رشد فراهم می گردد و به‌دنبال آن عملکرد بهبود می‌یابد (Oweis & Hachum, 2006; 2008 ,Rezaeyan zade). در یک بررسی عملکرد دانه و زیست‌توده عدس با انجام آبیاری تکمیلی افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد آبیاری تکمیلی به‌میزان دوسوم آبیاری‌کامل، بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده را تحت تیمارهای آبیاری تکمیلی داشت (Oweis *et al*., 2004). نتایج بررسی دیگری نشان‌داد که انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی یکی قبل از گلدهی و دیگری در مرحله پُرشدن دانه، به‌طور متوسط عملکرد عدس را تا ۲۰درصد نسبت به کشت دیم افزایش داد (Hamdi *et al*., 1992)، اما درصورت محدودیت آب، یک‌بار آبیاری‌تکمیلی در مرحله گلدهی عدس در افزایش عملکرد دانه تأثیر به‌سزایی داشته است (Zang *et al*., 2000).

تجزیه و تحلیل کمّی رشد، روشی برای توجیه واکنش‌های گیاه به شرایط محیطی در طول دورهٔ رشدی گیاه می‌باشد (Ghasemi golazani *et al*., 1997). بر اساس تحقیقات، با افزایش مقدار رطوبت قابل‌دسترس برای گیاه، وزن‌خشک تجمعی (TDW)[1] و در نتیجه عملکرد محصول افزایش می‌یابد (Prasad *et al*., 1978; Siddique *et al*., 2000). Shobiri *et al*, (2007) با بررسی محدودیت آب بر رشد سه‌رقم نخود گزارش دادند که آبیاری در مرحله گلدهی در مقایسه با آبیاری قبل از گلدهی و تیمار بدون‌آبیاری، سرعت‌رشد محصول (CGR)[2] بیشتری داشت. در تیمار تنش رطوبتی، به‌دلیل کاهش شاخص سطح‌برگ (LAI)[3] و بسته‌شدن روزنه‌ها و متعاقباً کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال‌مواد به دانه و تجمع مادهٔ خشک در پنبه کاهش یافت (Jami alahmadi, 1998). Rezaeyan zade (2008) گزارش کرد که اگر با آبیاری تکمیلی از تنش در مرحلهٔ گلدهی جلوگیری شود، سرعت جذب‌خالص (NAR)[4] افزایش‌یافته و شیب اُفت آن کندتر می‌شود. آزمایش Ghasemi golazani *et al*, (1997) نیز نشان‌دهندهٔ کاهش سرعت‌رشد نسبی (RGR)[5] ارقام نخود تحت شرایط تنش خشکی بود.

با توجه به مطالب ارائه شده، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل فنولوژیک بر تجزیه و تحلیل رشدی و عملکرد سه رقم عدس بود.

مواد و روش‌ها

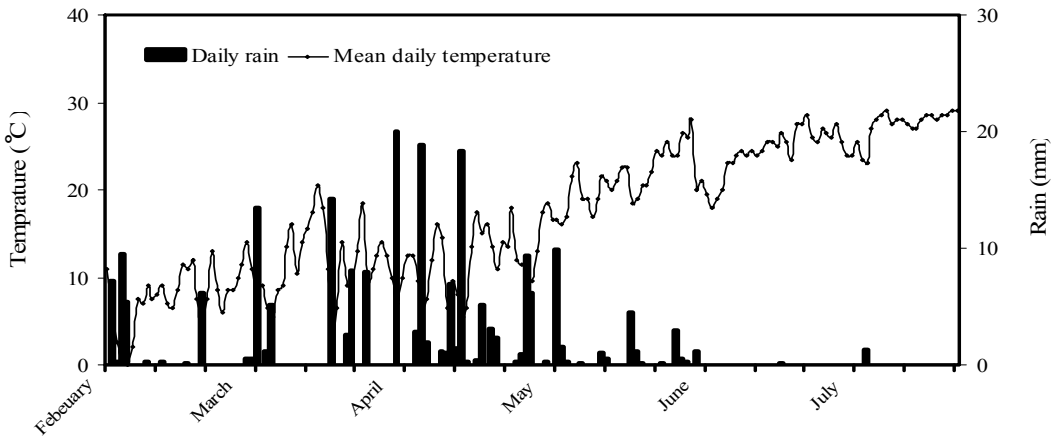
این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۲۸۶ میلی‌متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه برابر ۴۳ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد و نوع خاک سیلتی لوم) به‌صورت بلوک نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. شِش سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (در تمام مراحل فنولوژیک گیاه)، انجام یک‌نوبت آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی، گلدهی، غلاف‌دهی، پُرشدن دانه‌ها (با حداقل ۵۰درصد وقوع مرحله فنولوژی موردنظر در بوته‌های هر کرت) و نیز تیمار بدون‌آبیاری طی فصل رشد، به‌عنوان عامل اصلی و سه نمونه عدس رباط و کالپوش (به‌ترتیب توده‌های محلی رایج در مناطق خراسان‌شمالی با شمارهٔ ثبت MLC245[6] و شاهرود با شمارهٔ ثبت MLC183) و رقم گچساران، به‌عنوان عامل فرعی درنظر گرفته شدند.

بر اساس آمار هواشناسی شهر مشهد طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، میزان نزولات جوی در طول فصل رشد ۲۶۱ میلی‌متر بود، که ۱۵۸ میلی‌متر (حدود ۶۱ درصد) آن در طول فصل رشد گیاه زراعی نازل‌شد (شکل ۱). در طی فصل رشد عدس، درجه‌حرارت به زیر صفر درجه سانتی‌گراد نرسید و در خردادماه با دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مواجه شد که حداکثر درجه‌حرارت در ماه مذکور در ۶ روز به ۳۴ درجه سانتی‌گراد رسید (شکل ۱).

بذور ضدعفونی‌شده عدس در عمق ۳-۲ سانتی‌متری خاک و با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع در نیمه ی دوم اسفندماه کشت شدند. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۳/۷۵ متر و هر کرت دارای ۱۰ ردیف کشت با فاصله ۳۷/۵ سانتی‌متر بود. در همه تیمارها یک‌نوبت آبیاری پس از کاشت جهت اطمینان از سبزشدن یکنواخت بذور، انجام‌شد و پس از آن آبیاری‌های بعدی باتوجه به تیمارهای آزمایش، زمانی‌که حداقل ۵۰ درصد از بوته‌ها به مرحله رشدی موردنظر رسیدند، اعمال گردید (IBPGR, 1985).

1- Total dry weight
2- Crop growth rate
3- Leaf area index
4- Net assimilation rate
5- Relative growth rate

6- Mashhad Lentil Collection



شکل ۱- دمای متوسط هوا و بارندگی روزانه طی فصل رشد عدس بهاره در مشهد، سال ۸۸-۱۳۸۷

Fig. 1. Daily mean air temperature and rain during growing season of spring lentil in Mashhad, 2008-2009

در طول فصل‌رشد، زمان وقوع هر یک از مراحل فنولوژی در طول یک‌متر از دو ردیف وسط هر کرت با درنظرگرفتن اثر حاشیه‌ای مشخص و ثبت گردید. به‌منظور بررسی خصوصیات رشدی گیاه، دو هفته پس از سبزشدن بوته‌ها به‌فواصل هر۷روز تا رسیدگی نهایی (۱۰ مرحله)، از هر کرت فرعی تعداد۱۰بوته به‌طور تصادفی از بوته‌های رقابت‌کننده برداشت شد.

اندازه‌گیری سطح‌برگ بوته‌ها به‌کمک دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Leaf area meter) مدل Δ T انجام شد. وزن‌خشک نیز با قراردادن نمونه‌های برگ و گیاه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دیجیتال به‌دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام‌گرفت. اعداد حاصل جهت تعیین شاخص‌های رشدی مانند TDW، LAI، CGR، RGR و NAR مورداستفاده قرار گرفتند. چون سرعت رسیدن به مراحل رشدی گیاه تحت تأثیر مستقیم درجه‌حرارت گیاه قرار می‌گیرد، لذا در محاسبه توابع‌رشدی گیاه به‌جای زمان از درجه‌روز رشد (GDD)[1] استفاده شد (Russel *et al*., 1984). برای محاسبه GDD با استفاده از آمار هواشناسی در سال مذکور و دمای پایه عدس (T_b) معادل ۵ درجه سانتی‌گراد (Aase *et al*., 1996) از معادله ۱ استفاده شد.

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

که در این معادله T_{min} و T_{max}، به‌ترتیب حداقل و حداکثر دمای‌روزانه به درجهٔ سانتی‌گراد در سال مذکور می‌باشد. برای محاسبه شاخص‌های رشدی بر اساس میانگین طول مدت‌زمان مورد مطالعه (t_2-t_1)، از معادلات متوسط ذیل (معادلات ۲ تا ۵) استفاده شد (Gordner *et al*., 1985؛ Panahyan & Jamaati, 2009).

$$LAI= (1/G_A)(L_{A2}+L_{A1})/2] \quad (۲)$$

$$CGR= (1/GA)(W2–W1)/(t2–t1)] \quad (۳)$$

$$RGR= (lnW2–lnW1)/(t2–t1) \quad (۴)$$

$$NAR=[(W_2–W_1)/(t_2–t_1)][(lnL_{A2}–lnL_{A1})/(L_{A2}–L_{A1})] \quad (۵)$$

که در معادلات فوق، W: وزن‌خشک اندام‌هوایی (گرم)، t: درجه‌روزهای رشد، G_A: سطح زمین (مترمربع)، و L_A: سطح‌برگ (مترمربع) می‌باشند.

جهت تعیین عملکرد دانه، در پایان فصل رشد، بوته‌های عدس از سطحی معادل ۷/۵ مترمربع برداشت و در هوای آزاد خشک گردید. رسم نمودار شاخص‌های رشدی و رگرسیون‌خطی به‌کمک نرم‌افزار Excel 2007 صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن‌خشک تجمعی (TDW): منحنی تغییرات وزن‌خشک اندام‌های هوایی عدس نسبت به درجه‌روزهای رشد برای تیمارهای مختلف نشان داد که روند وزن‌خشک در اغلب تیمارها به‌صورت سیگموئیدی (S شکل) بود (شکل‌های ۲ و ۳). بیشترین مقدار مادهٔ خشک بوته‌های عدس در رژیم آبیاری‌کامل (۶۳۵/۲ گرم در مترمربع) و کمترین آن در تیمار بدون‌آبیاری (۳۵۹/۱ گرم در مترمربع) با کسب ۹۶۰ درجه‌روز رشد به‌دست آمد. در میان سطوح آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گلدهی در۸۵۰درجه‌روز رشد به بالاترین میزان تولید مادهٔ خشک (۵۰۷/۴ گرم در مترمربع) خود رسید، درحالی‌که

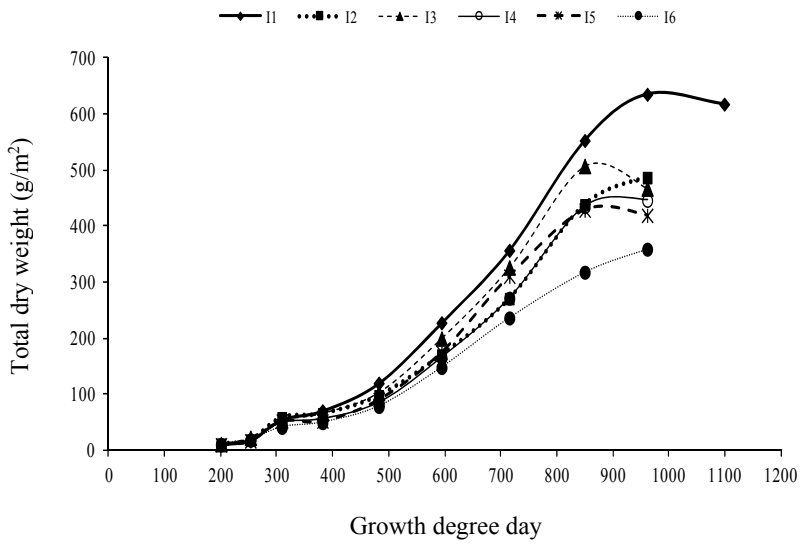
1- Growth degree day

آبیاری در مرحله تشکیل دانه کمترین مادهٔ خشک (۴۲۸/۸ گرم در مترمربع) را تولید کرد. مقدار مادهٔ خشک در تیمارهای آبیاری‌تکمیلی پس از ۸۵۰ درجه‌روز رشد روند نزولی نشان داد، در صورتی‌که تیمار آبیاری‌کامل به‌دلیل فراهمی رطوبت تا ۹۶۰ درجه‌روز رشد افزایش داشت و پس از این مرحله روند کاهشی نشان داد (شکل ۲).

به‌نظر می‌رسد که آبیاری در مرحله گلدهی باعث تداوم رشد رویشی گیاه، افزایش ارتفاع و همچنین تولید شاخه‌های بیشتر شده که عامل عمده افزایش وزن‌خشک در این تیمار می‌باشد (Panahyan & Jamaati, 2009). نتایج بررسی Rezaeyan zade (2008) بر روی نخود نشان داد که آبیاری‌تکمیلی در مرحله گلدهی سبب افزایش تولید مادهٔ خشک در این تیمار (۴۵۸ گرم در مترمربع) شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان تجمع مادهٔ خشک را پس از تیمار آبیاری‌کامل تولید کرد. Amiri deh ahmadi *et al*, (2011) نیز با اعمال تیمار تنش در مرحله گلدهی نخود، کمترین میزان مادهٔ خشک را در این مرحله به‌دست آوردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که تنش در این مرحله سبب ریزش گل‌ها و عدم تشکیل دانه شد. به‌طورکلی وزن‌خشک گیاه زراعی در هر مرحله از رشد به وزن‌خشک اولیه، دوام‌رشد و سرعت‌رشد محصول بستگی دارد (Karimi & Siddique, 1991).

در بین ارقام مورد بررسی بالاترین مادهٔ خشک تولیدی را رقم رباط (۵۱۵/۰گرم در مترمربع) پس از کسب ۹۶۰ درجه‌روز داشت، در صورتی‌که در شرایط مذکور ارقام کالپوش و گچساران به‌ترتیب با تولید ۴۶۳/۸ و ۴۵۳/۲ گرم در مترمربع مادهٔ خشک کمتری تولید کردند. در تمامی ارقام پس از رسیدن به حداکثر مادهٔ خشک به‌علت سایه‌اندازی برگ‌های بالاتر و پیری برگ‌های پایین گیاه و ریزش آن‌ها، وزن‌خشک گیاه کاهش یافت (Gordner *et al*., 1985). با وجود این، ارقام رباط و کالپوش به‌دلیل دیررس‌بودن، حدود یک‌هفته بیشتر به رشد خود ادامه دادند و به‌دلیل دوام بافت‌های سبز گیاه، فتوسنتز بیشتری داشته و در نتیجه مادهٔ خشک بیشتری تولید کردند (شکل ۳).

Panahyan & Jamaati (2009) در بررسی سه رقم عدس در چهار تیمار آبیاری (آبیاری به‌ترتیب ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، و تیمار بدون آبیاری)، اظهار داشتند که با افزایش سن گیاه خصوصاً پس از گلدهی به‌دلیل افزایش سطح‌برگ، فتوسنتز و به‌تبع آن وزن خشک افزایش یافت و در مراحل انتهایی به‌دلیل ریزش و سایه‌اندازی برگ‌ها، وزن‌خشک عدس کاهش یافت.

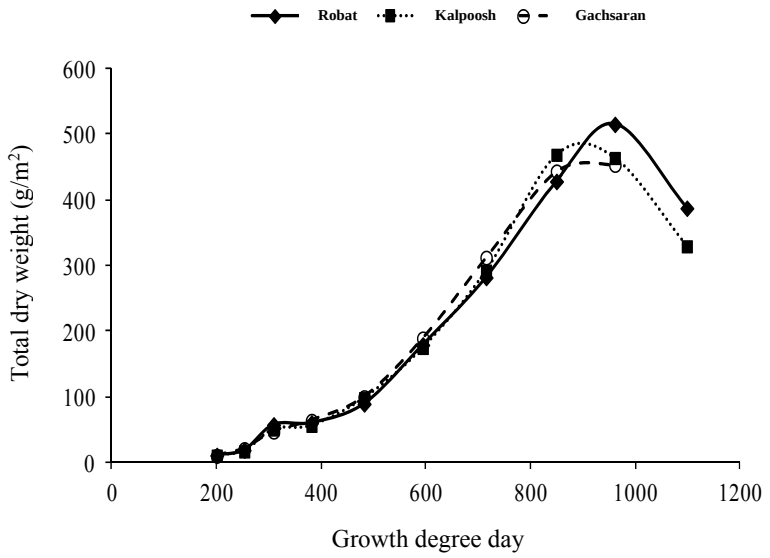


شکل ۲- تغییرات وزن‌خشک تجمعی عدس تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

I_1: آبیاری کامل (۸۰)، I_2: آبیاری در مرحله شاخه‌دهی (۷۰)، I_3: آبیاری در مرحله گلدهی (۷۵)، I_4: آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۶۵)، I_5: آبیاری در مرحله تشکیل دانه (۶۰)، I_6: بدون‌آبیاری (۴۵). مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 2. TDW changes under various irrigation treatments in lentil

I_1: full irrigation (80), I_2: one irrigation at branching stage (70), I_3: one irrigation at flowering stage (75), I_4: one irrigation at podding stage (65), I_5: one irrigation at seed setting stage (60), I_6: without irrigation (45). Values in parenthesis are SE.



شکل ۳- تغییرات وزن‌خشک تجمعی در ارقام عدس رباط (۷۰)، کالپوش (۶۵) و گچساران (۷۵)
مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 3. Changes of accumulative TDW in lentil cultivars of Robat (70), Kalpoosh (65) and Gachsaran (75)
Values in parenthesis are SE.

آزمایش Samad *et al*, (2010) بر روی ۱۵ ژنوتیپ عدس نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مادهٔ خشک تولیدی تفاوت معنی‌داری داشتند.

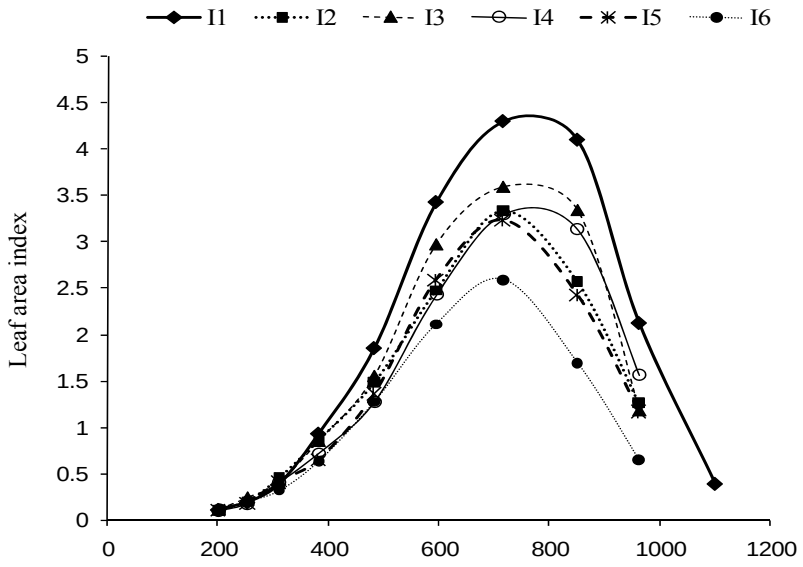
شاخص سطح‌برگ (LAI): در همه تیمارهای آبیاری، با افزایش سن گیاه شاخص سطح‌برگ افزایش یافت و در ۷۱۵ درجه‌روز به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن روند نزولی داشت. بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح‌برگ با دریافت ۷۱۵ درجه‌روز رشد به‌ترتیب در تیمار آبیاری‌کامل (۴/۳) و در تیمار بدون‌آبیاری (۲/۶) به‌دست آمد. در بین سطوح آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گلدهی با متوسط ۳/۵ و آبیاری در مرحله تشکیل دانه با متوسط ۳/۲ نیز به‌ترتیب بیشترین و کمترین LAI را داشتند (شکل ۴).

در بررسی انجام‌شده بر روی نخود، شاخص سطح‌برگ در ۹۵ روز پس از کاشت یعنی هم‌زمان با مرحله تشکیل غلاف‌ها، به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن به‌دلیل پیری برگ‌ها کاهش یافت (Karim & Fattah, 2007). در پژوهش Amiri deh ahmadi *et al*, (2011) کمترین مقدار سطح‌برگ نخود به‌ترتیب مربوط به اعمال تنش در مراحل پُرشدن دانه، گلدهی و غلافدهی بود؛ زیرا بخش مهمی از رشد رویشی در نخود در مرحله زایشی صورت می‌گیرد. وجود تنش در این‌مرحله، سبب کاهش سطح‌برگ و تسریع پیری در گیاه می‌شود.

Singh (1995) نیز گزارش کرد، اعمال تنش‌خشکی در کلیه مراحل رشد، شاخص سطح‌برگ لوبیا را کاهش داد، ولی تنش اعمال شده در مرحله قبل از گل‌دهی، این شاخص را به‌شدت تحت تأثیر قرار داد.

Silim *et al*, (1993) نیز معتقدند که تنش‌رطوبتی از طریق تسریع پیری و ریزش برگ‌ها، سطح‌برگ گیاه را کاهش می‌دهد. به‌نظر می‌رسد تشکیل سریع‌تر کانوپی و توزیع بهتر تشعشع به‌علت فراهمی رطوبت، در تیمارهای آبیاری‌تکمیلی و آبیاری در مرحله گلدهی عامل تأخیر در ریزش برگ‌ها است، در نتیجه با انجام یک‌نوبت آبیاری در مرحله گلدهی عدس و تأمین رطوبت موردنیاز گیاه، می‌توان شاخص سطح‌برگ عدس را افزایش داد. تأثیر مثبت آبیاری در افزایش شاخص سطح‌برگ نخود در بررسی‌های Goldani & Rezvani moghadam (2007) و Rezaeyan zade (2008) نیز تأیید شده است.

در ارقام عدس نیز شاخص سطح‌برگ با دریافت ۷۱۵ درجه‌روز رشد، به حداکثر خود رسید. شاخص سطح‌برگ در رقم رباط بالاتر از ارقام کالپوش و گچساران بود. پس از دوره مذکور تا پایان رشد گیاه، شاخص سطح‌برگ رقم رباط با شیب ملایم‌تری کاهش یافت، در صورتی‌که این کاهش در رقم گچساران بیشتر بود (شکل ۵).

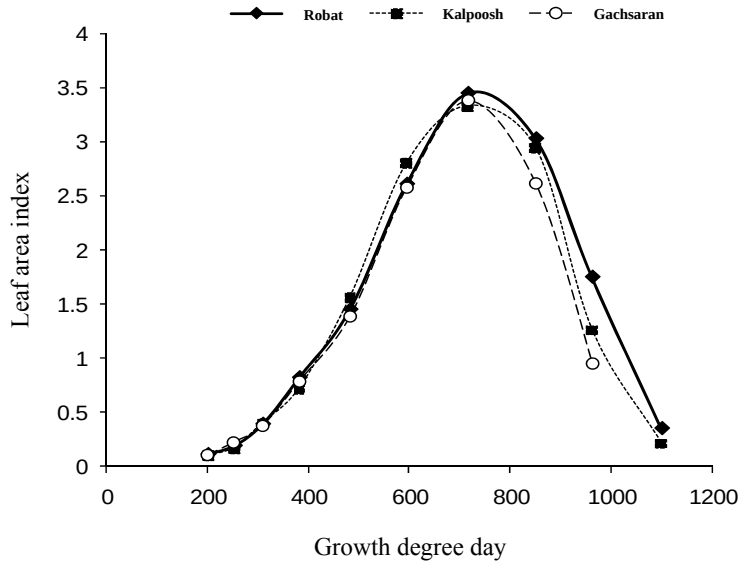


شکل ۴- تغییرات شاخص سطح‌برگ عدس تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

I_1: آبیاری کامل (۰/۵۰)، I_2: آبیاری در مرحله شاخه‌دهی (۰/۴۰)، I_3: آبیاری در مرحله گلدهی (۰/۴۵)، I_4: آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۰/۳۵)، I_5: آبیاری در مرحله تشکیل دانه (۰/۳۸)، I_6: بدون آبیاری (۰/۳۰). مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 4. LAI changes under various irrigation treatments in lentil

I_1: full irrigation (0.50), I_2: one irrigation at branching stage (0.40), I_3: one irrigation at flowering stage (0.45), I_4: one irrigation at podding stage (0.35), I_5: one irrigation at seed setting stage (0.38), I_6: without irrigation (0.30)
Values in parenthesis are SE



شکل ۵- تغییرات شاخص سطح‌برگ در ارقام عدس رباط (۰/۴۰)، کالپوش (۰/۴۵) و گچساران (۰/۴۲)

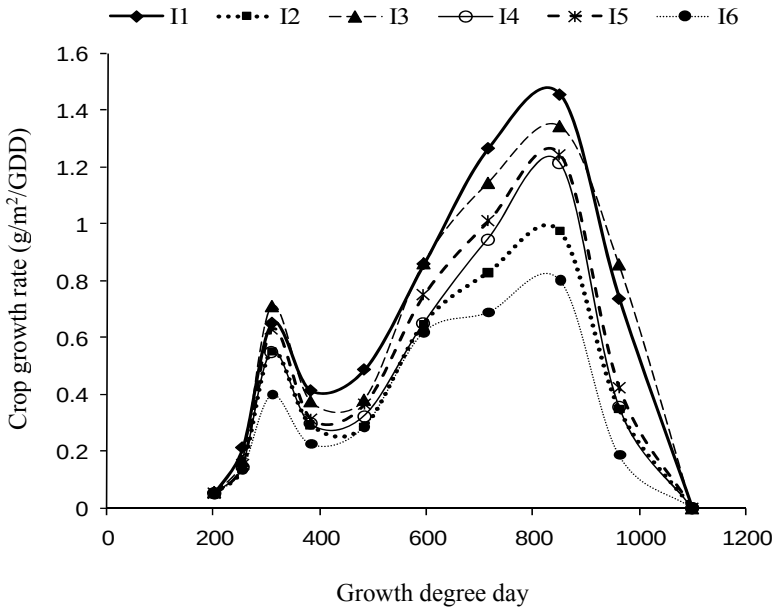
مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 5. LAI changes in lentil cultivars of Robat (0.40), Kalpoosh (0.45) and Gachsaran (0.42)
Values in parenthesis are SE.

در آزمایش Parsa *et al*, (2010) که در آن، اثر آبیاری تکمیلی بر شاخص‌های رشد سه‌رقم نخود مورد بررسی قرار گرفت نیز منحنی تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام نخود روند متفاوتی نشان داد، به‌طوری‌که حداکثر شاخص سطح‌برگ در ارقام ILC482، جم و کرج به‌ترتیب معادل ۲/۹۸، ۲/۵۲ و ۲/۲۳ بود.

سرعت‌رشد محصول (CGR): سرعت‌رشد محصول در همه سطوح آبیاری ابتدا افزایش و در مراحل انتهایی رشد کاهش یافت. این امر با افزایش سطح‌برگ در اوایل فصل رشد و افزایش جذب تشعشع خورشیدی و در نتیجه افزایش سرعت تجمع مادهٔ خشک در گیاه قابل‌توجیه است، چرا که همزمان با پیرشدن و سایه‌اندازی برگ‌ها و کاهش سرعت تجمع مادهٔ خشک، سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد (Gordner *et al*., 1985; Nasirzade *et al*., 2007). بیشترین میزان سرعت‌رشد محصول در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار بدون آبیاری مشاهده شد. در بین سطوح آبیاری تکمیلی نیز آبیاری در مرحله گلدهی بیشترین سرعت رشد (۱/۳۵ گرم بر مترمربع زمین در درجه‌روز رشد) را داشت (شکل ۶).

گزارش‌های سایر محققان نیز نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آب گیاه، سرعت رشد گیاه به‌دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز، کاهش می‌یابد (Clarke & Simpson, 1978; Pannu & Singh, 1993; Prasad *et al*., 1978). افت شدید سرعت‌رشد محصول در تمام سطوح‌آبیاری از ۳۱۰ تا ۳۸۰ درجه‌روز احتمالاً به‌دلیل افزایش بارندگی در بین دو مرحله نمونه‌گیری (۳۱۰ تا ۳۸۰ درجه‌روز) بود، زیرا در طی این‌هفته میزان بارندگی حدود ۲۷/۲۱ میلی‌متر بود که روزهای ابری و کاهش تشعشع (۶ روز هوای ابری) در این‌مدت سبب کاهش سرعت‌رشد محصول شده است (شکل ۱). بررسی Akmal *et al*, (2011) نیز مؤید اثر میزان تشعشع بر سرعت‌رشد محصول می‌باشد.



شکل ۶- تغییرات سرعت‌رشد محصول عدس تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

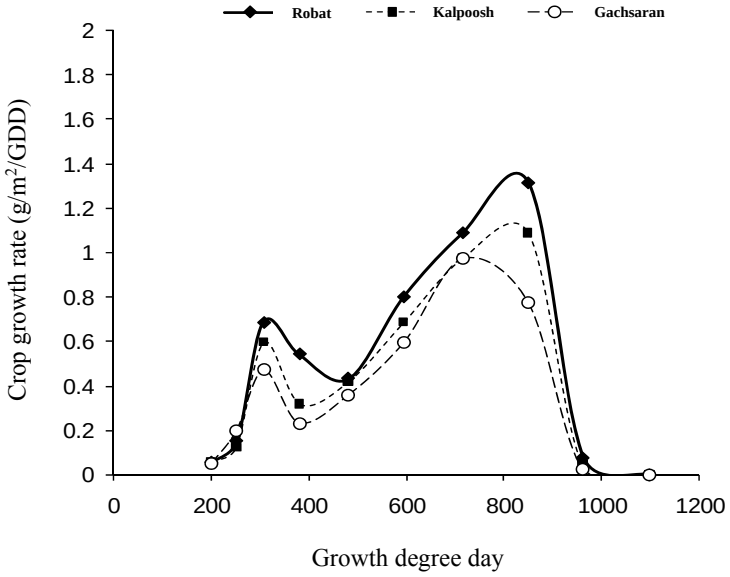
I_1: آبیاری کامل (۰/۱۸)، I_2: آبیاری در مرحله شاخه‌دهی (۰/۱۴)، I_3: آبیاری در مرحله گلدهی (۰/۱۷)، I_4: آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۰/۱۵)، I_5: آبیاری در مرحله تشکیل دانه (۰/۱۶)، I_6: بدون آبیاری (۰/۱۰). مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 6. CGR changes under various irrigation treatments in lentil

I_1: full irrigation (0.18), I_2: one irrigation at branching stage (0.14), I_3: one irrigation at flowering stage (0.17), I_4: one irrigation at podding stage (0.15), I_5: one irrigation at seed setting stage (0.16), I_6: without irrigation (0.10)
Values in parenthesis are SE.

در پژوهشی، بیشینه سرعت‌رشد محصول در گیاه عدس در ۱۰۰ روز پس از گلدهی مشاهده شد، پس از آن به‌سرعت کاهش یافت (Asgharipour & Rafiei, 2010). در بررسی دیگری بر روی عدس نیز میزان سرعت‌رشد گیاه با افزایش درجه‌روز رشد، افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشینه سرعت‌رشد در ۵۱۴ درجه‌روز رشد (۷۵ روز پس از کاشت) بود و پس از این‌مرحله روند کاهشی داشت (Panahyan & Jamaati, 2009).

حداکثر سرعت‌رشد محصول در رقم رباط با مقدار ۱/۳۱ گرم بر مترمربع درجه‌روز رشد، بیش از دو رقم دیگر بود. در رقم کالپوش نیز علی‌رغم افزایش سرعت‌رشد محصول از ۲۵۰ تا ۳۱۰ درجه‌روز به‌دلیل افزایش سطح‌برگ (شکل ۵)، افت شدید CGR در ۳۸۰ درجه‌روز رشد به‌دلیل کاهش تشعشع حاصل از بارش زیاد اتفاق افتاد (شکل ۱)، که در نتیجه سرعت‌رشد محصول کم‌تری نسبت به رقم رباط نشان داد. رقم گچساران که یک رقم اصلاح‌شده است با دریافت ۷۱۵ درجه‌روز رشد به بیشینه سرعت‌رشد خود (۰/۹۷ گرم بر مترمربع در درجه‌روز) رسید که این‌امر می‌تواند به‌دلیل زودرسی رقم مذکور بوده باشد (شکل ۷). به‌طور کلی نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کم‌بود رطوبت خصوصاً در مرحله گلدهی عدس، سبب کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش تولید و سرعت تجمع مادۀ خشک در واحد سطح شد.



شکل ۷- تغییرات سرعت‌رشد محصول در ارقام عدس رباط (۰/۱۷)، کالپوش (۰/۱۳) و گچساران (۰/۱۰)

مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

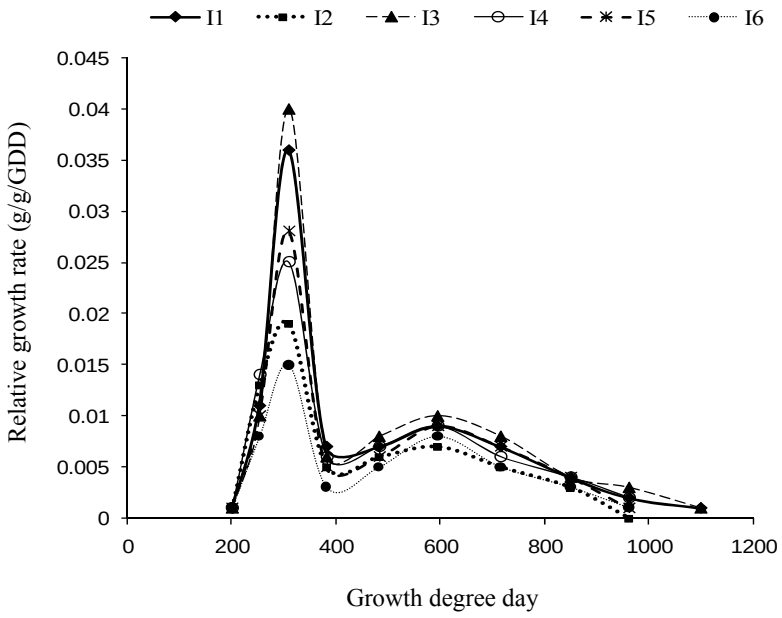
Fig. 7. CGR changes in lentil cultivars of Robat (0.17), Kalpoosh (0.13) and Gachsaran (0.10)

Values in parenthesis are SE.

سرعت‌رشد نسبی (RGR): سرعت‌رشد نسبی در کلیه تیمارهای آبیاری تا ۳۱۰ درجه‌روز رشد به‌دلیل افزایش در فتوسنتز و تولید مادۀ خشک بالا افزایش یافت، اما از ۳۱۰ تا ۳۸۰ درجه‌روز رشد، به‌علت کاهش تشعشع در این‌مدت (شکل۱) افت شدید را نشان دادند. RGR مجددا افزایش یافت و در ۵۹۰ درجه‌روز رشد، بیشترین و کمترین سرعت‌رشد نسبی در تیمارهای آبیاری‌تکمیلی به‌ترتیب در مرحله گلدهی (۰/۰۱) و شاخه‌دهی (۰/۰۰۷گرم برگرم بر درجه‌روز رشد) مشاهده شد (شکل ۸).

در ابتدای فصل رشد، میزان سرعت‌رشد نسبی به‌علت نفوذ بیشتر نور به داخل کانوپی، سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها و در نتیجه تنفس کمتر، بالاتر می‌باشد (Karimi & Siddique, 1991)، اما با افزایش سن گیاه بافت های ساختمانی نیز به گیاه افزوده شده و در نتیجه رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد (Oweis *et al*., 2004; Silim *et al*., 1993). در بررسی Panahyan & Jamaati (2009)، سرعت‌رشد نسبی عدس با کسب ۳۱۰ درجه‌روز به حداکثر مقدار خود رسید، پس از آن کاهش یافت تا در ۵۵۰ درجه‌روز به صفر رسید و پس از آن منفی شد. در نخود نیز دو تیمار آبیاری‌کامل و آبیاری‌تکمیلی

در مرحله گلدهی، باعث افزایش سرعت‌رشد نسبی شد و در نتیجه منحنی با شیب کندتری کاهش یافت (Rezaeyan zade, 2008). گزارش‌های سایر محققان نیز بیان‌گر این مطلب است که تنش‌خشکی و کمبود رطوبت سبب کاهش سرعت رشد نسبی گیاه می‌گردد (Amiri deh ahmadi *et al*., 2011; Tavakoli *et al*., 1989).



شکل ۸- تغییرات سرعت‌رشد نسبی عدس تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

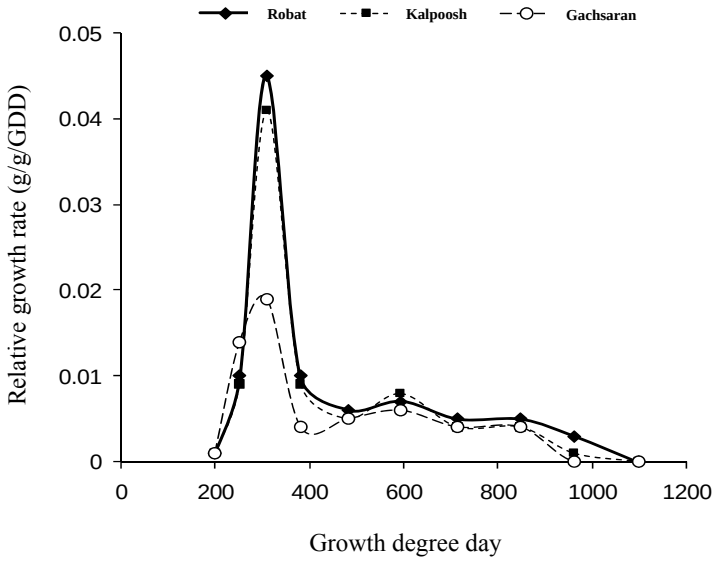
I_1: آبیاری کامل (۰/۰۰۴)، I_2: آبیاری در مرحله شاخه‌دهی (۰/۰۰۳)، I_3: آبیاری در مرحله گلدهی (۰/۰۰۲۵)، I_4: آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۰/۰۰۲۵)، I_5: آبیاری در مرحله تشکیل دانه (۰/۰۰۳۵)، I_6: بدون آبیاری (۰/۰۰۲). مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 8. RGR changes under various irrigation treatments in lentil

I_1: full irrigation (0.004), I_2: one irrigation at branching stage (0.003), I_3: one irrigation at flowering stage (0.0025), I_4: one irrigation at podding stage (0.0025), I_5: one irrigation at seed setting stage (0.0035), I_6: without irrigation (0.002)
Values in parenthesis are SE.

روند تغییرات سرعت‌رشد نسبی برای ارقام نشانگر سرعت رشد نسبی بالاتر رقم رباط (۰/۰۴۵ گرم/گرم/درجه‌روز رشد) نسبت به سایر ارقام بود. رقم گچساران با RGR معادل ۰/۰۱۹ گرم/گرم/درجه‌روز رشد، کمترین میزان سرعت‌رشد نسبی را داشت و شیب افت سرعت‌رشد نسبی نیز در این رقم بالاتر بود، به‌طوری‌که در ۹۶۰ درجه‌روز رشد به صفر رسید. در پایان دوره رشد به‌دلیل رسیدگی فیزیولوژیک، افزایش تنفس گیاه و همچنین کاهش فتوسنتزجاری، مقدار سرعت‌رشد نسبی در تمامی ارقام کاهش یافت (شکل ۹). در این ارتباط، تغییرات RGR نسبت به درجه‌روزهای رشد بین سه‌رقم نخود نشان داد که رقم ILC482 از سرعت‌رشد نسبی بیشتر و روند نزولی ملایم‌تری نسبت به ارقام جم و کرج برخوردار بود (Parsa *et al*., 2010). Prasad *et al*, (1978) نیز اظهار داشتند که ژنوتیپ‌ها با گذشت زمان، روند نزولی و یکنواختی از لحاظ سرعت‌رشد نسبی ندارند.

سرعت فتوسنتزخالص (NAR): بالاترین مقدار فتوسنتز خالص با دریافت ۳۱۰ درجه روز رشد حاصل شد که بیشترین و کمترین میزان فتوسنتز خالص به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری کامل (۱/۸۴) و تیمار بدون‌آبیاری (۱/۳۱ گرم/مترمربع/درجه‌روز رشد) بود. هم‌چنین فتوسنتز خالص در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی با شیب ملایمی کاهش یافت، که احتمالاً به‌دلیل توزیع مناسب‌تر پوشش گیاهی و به‌دنبال آن دریافت بهتر تشعشع توسط کانوپی گیاهی بوده است (شکل ۱۰).

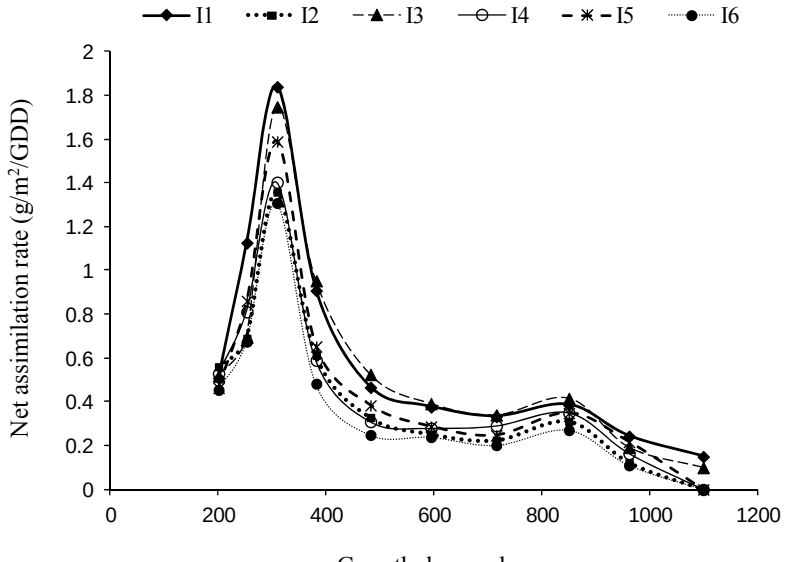


شکل ۹- تغییرات سرعت‌رشد نسبی در ارقام عدس رباط (۰/۰۰۵)، کالپوش (۰/۰۰۴) و گچساران (۰/۰۰۳)

مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 9. RGR changes in lentil cultivars of Robat (0.005), Kalpoosh (0.004) and Gachsaran (0.003)

Values in parenthesis are SE.



شکل ۱۰- تغییرات سرعت فتوسنتز خالص عدس تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

I_1: آبیاری‌کامل (۰/۲۰)، I_2: آبیاری در مرحله شاخه‌دهی (۰/۱۶)، I_3: آبیاری در مرحله گلدهی (۰/۱۴)، I_4: آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (۰/۱۲)، I_5: آبیاری در مرحله تشکیل دانه (۰/۱۳)، I_6: بدون‌آبیاری (۰/۱۲). مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

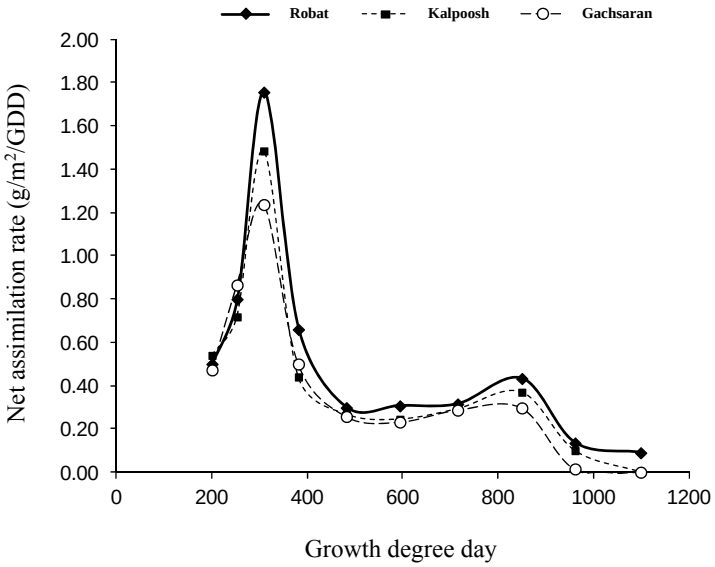
Fig. 10. NAR changes under various irrigation treatments in lentil

I_1: full irrigation (0.20), I_2: one irrigation at branching stage (0.16), I_3: one irrigation at flowering stage (0.14), I_4: one irrigation at podding stage (0.12), I_5: one irrigation at seed setting stage (0.13), I_6: without irrigation (0.12)

Values in parenthesis are SE.

افت شدید سرعت فتوسنتز خالص از ۳۱۰ تا ۳۸۰ درجه‌روز رشد نیز ممکن است به‌دلیل بارندگی و کاهش تشعشع باشد (شکل ۱).

مقدار فتوسنتز خالص با گذشت زمان و افزایش سن گیاه روند نزولی نشان می‌دهد که این افت‌نسبی در شرایط محیطی نامناسب و خصوصاً تنش‌خشکی، تشدید می‌شود. چرا که با افزایش سن گیاه به‌تدریج سطح‌برگ افزایش‌یافته و با افزایش سایه اندازی برگ‌ها، کاهش راندمان تولید در هر برگ و در نتیجه فتوسنتز خالص را به‌دنبال دارد (Gordner *et al*., 1985; Koocheki, A., & Banayan avval, M. 1997). Amiri deh ahmadi *et al*, (2011) گزارش‌کردند که تنش در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی باعث افت شدید سرعت فتوسنتز خالص نخود شد. این محققان رشد فعال نخود در مرحله زایشی را دلیل کاهش شدید NAR ذکر کردند. در صورتی‌که بتوان با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی از وقوع تنش در این مرحله جلوگیری کرد، فتوسنتز خالص افزایش می‌یابد و شیب افت سرعت فتوسنتز خالص، کمتر می‌شود (Rezaeyan zade, 2008).



شکل ۱۱- تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در ارقام عدس رباط (۰/۱۸)، کالپوش (۰/۱۶) و گچساران (۰/۱۳)
مقادیر داخل پرانتزها خطای استاندارد است.

Fig. 11. NAR changes in lentil cultivars of Robat (0.18), Kalpoosh (0.16) and Gachsaran (0.13)
Values in parenthesis are SE.

بیشترین فتوسنتز خالص به‌ترتیب در ارقام رباط (۱/۷۶ گرم/مترمربع/درجه‌روز رشد)، کالپوش (۱/۴۹ گرم/مترمربع/درجه‌روز رشد) و گچساران (۱/۲۴ گرم/مترمربع/درجه‌روز رشد) در ۳۱۰ درجه‌روز مشاهده شد (شکل ۱۱). در رقم گچساران با وجود میزان فتوسنتز خالص کمتر در مقایسه با رقم کالپوش، میزان فتوسنتز خالص با شیب ملایم‌تری نسبت به رقم کالپوش کاهش پیدا کرد که احتمالاً به خصوصیات مورفولوژیکی و توزیع‌هندسی مناسب‌تر برگ‌های این رقم مربوط می‌شود. در همین راستا، Parsa *et al*, (2010) بیان‌داشتند که سرعت فتوسنتز خالص در رقم نخود ILC482 با شیب ملایم‌تری نسبت به ارقام جم و کرج کاهش‌یافت و به‌نظر می‌رسد که این عامل یکی از دلایل بالاتر بودن عملکرد دانه در این رقم باشد.

عملکرد دانه: آبیاری‌تکمیلی در مرحله گلدهی با تولید ۱۲۱۳ کیلوگرم دانه در هکتار پس از تیمار آبیاری‌کامل (۱۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱). آبیاری‌تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی، غلافدهی و پُرشدن دانه نیز عملکرد محصول را به‌ترتیب ۲۶/۳، ۴۶/۶ و ۴۴/۵ درصد نسبت به تیمار بدون‌آبیاری افزایش داد (داده‌ها نشان‌داده نشده‌اند).

با برازش داده‌های میانگین عملکرد دانه عدس در تیمارهای آبیاری در مقایسه با حداکثر شاخص‌های رشدی مشخص شد که بین آن‌ها رابطه خطی با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که ضرایب همبستگی

(r) بین عملکرد دانه با وزن‌خشک تجمعی برابر **۰/۹۳، با شاخص سطح‌برگ برابر **۰/۹۲، با سرعت‌رشد محصول برابر **۰/۹۰، با سرعت‌رشد نسبی برابر *۰/۸۹ و با سرعت فتوسنتز خالص برابر **۰/۹۲ به‌دست آمد (جدول ۱).

همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود در تیمارهایی مانند آبیاری‌کامل و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی که شاخص‌های رشدی از مقدار بیشتری برخوردار بودند، عملکرد محصول بیشتری نیز حاصل‌شده است. در این‌راستا Karim & Fattah, (2007) نیز ارتباط خطی و مثبت بین عملکرد دانه نخود (*Cicer arietenum* cv. Bari Chhola-6) با شاخص‌های رشدی LAI (R^2= ۰/۹۱**)، CGR (R^2= ۰/۸۷**) و NAR (R^2= ۰/۸۳**) را گزارش دادند.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی عدس

Table 1. Correlation coefficients among seed yield and growth indices of lentil

شاخص‌های رشدی Growth indices	وزن‌خشک تجمعی Total dry weight	شاخص سطح‌برگ Leaf area index	سرعت‌رشد محصول Crop growth rate	سرعت‌رشد نسبی Relative growth rate	سرعت فتوسنتزخالص Net assimilation rate
عملکرد دانه عدس Seed yield of lentil	0.93**	0.92**	0.90**	0.89*	0.92**

*, **, Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان‌داد که مرحله گلدهی، حساس‌ترین مرحله فنولوژی به تنش‌خشکی بود؛ به‌طوری‌که کمبود رطوبت در این مرحله، سبب کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش تولید و سرعت تجمع مادهٔ خشک در واحد سطح گردید. هر چند تیمار آبیاری کامل از نظر اغلب صفات نسبت به سایر تیمارها برتری داشت، ولی در شرایط کمبود آب، انجام یک نوبت آبیاری‌تکمیلی در مرحلهٔ گلدهی عدس سبب بهبود تجمع مادهٔ خشک، شاخص سطح‌برگ، سرعت‌رشد محصول، سرعت‌رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص و در نتیجه عملکرد محصول نسبت به سایر تیمارهای آبیاری تکمیلی شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن‌خشک تجمعی (**۰/۹۳)، شاخص سطح‌برگ (**۰/۹۲)، سرعت‌رشد محصول (**۰/۹۰)، سرعت‌رشد نسبی (*۰/۸۹) و سرعت فتوسنتز خالص (**۰/۹۲) نیز توجه به شاخص‌های رشدی در پیش‌بینی عملکرد اقتصادی عدس را مورد تأیید قرار داد.

منابع

1. Aase, J.K., Pikul, J.L., Prueger, J.H., and Hatfield, J.L. 1996. Lentil Water use and fallow water loss in a semiarid climate. Agronomy Journal 88: 723-728.
2. Akmal, M., Farid, U., Asim, M., and Raziuddin, F. 2011. Crop growth in early spring and radiation use efficiency in alfalfa. Pakistan Journal of Botany 43(1): 635-641.
3. Amiri deh ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjeali, A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian with English Summary).
4. Asgharipour, M., and Rafiei, M. 2010. Intercropping of isabgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 9(1): 62-69.
5. Clarke, J.M., and Simpson, G.M. 1978. Changing irradiance in *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Experimental Botany 45: 931-936.
6. Erskine W., and Saxena, M.C. 1993. Lentil in south Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11-15 March 1991, New Delhi, India, ICARDA, Aleppo, Syria, 236 pp.
7. Ghasemi golazani, K., Mohamadi, S., Rahimzadeh khooei, P., and Moghadam, M. 1997. Quantitative connection between density and yield of three chickpea cultivars on different planting dates. Journal of Plant Physiology and Breeding 7: 59-73. (In Persian with English Summary).

8. Goldani, M., and Rezvani moghadam, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Journal of Agricultural Science & Natural Resources 14: 229-242. (In Persian with English Summary).
9. Gordner, F., Pearce, R., and Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Ames USA. 327 p.
10. Hamdi, A., Erskine, W., and Gates, P. 1992. Adaptation of lentil seed yield to varying moisture supply. Crop Sciences 32: 987-990.
11. IBPGR, ICRISAT and ICARDA. 1985. Lentil Descriptors (*Lens culinaris* Medik.). ICRISAT, Patancheru, India.
12. Jami alahmadi, M. 1998. Effect of planting date and timing of irrigation cutting on growth, yield and quantities characteristics of cotton (Varamin cultivar). MSc. Thesis. University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
13. Karim, M.F., and Fattah, Q.A. 2007. Growth analysis of chickpea cv. Bari Chhola-6 as affected by foliar spray of growth regulators. Bangladesh Journal of Botany 36(2): 105-110.
14. Karimi, M.M., and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 783-788.
15. Koocheki, A., and Banayan avval, M. 1997. Pulse Crops. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. 236 p. (In Persian).
16. Nasirzade, A., Hossaini marvast, S.A, and Mazaherian D. 2007. Study of density effect on the growth physiological indices of three seed corn (*Zea mays* L.) cultivars in Marvast of Yazd region. 9th Iranian Crop Science and Breeding Congress, Tehran. p. 153. (In Persian with English Summary).
17. Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 80: 57-73.
18. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.
19. Panahyan, M., and Jamaati, SH. 2009. Study of variation trend of growth indices in lentil under drought stress. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(4): 4314-4326.
20. Pannu, R.K., and Singh, D.P. 1993. Effect of irrigation on water use efficiency, growth and yield. I: mung bean. Field Crops Research 31: 87-100.
21. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. 522 p. (In Persian).
22. Parsa, M., Ganjeali, A., Rezaeyan zade, A. and Nezami, A. 2010. The effects of supplementary irrigation on yield and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad region. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 310-321. (In Persian with English Summary).
23. Prasad, V.V., Pandey, S.R.K., and Saxena, M.C. 1978. Physiological analysis of yield variation in gram (*Cicer arietinum*) genotypes. Indian Journal of Plant Physiology 21: 228-234.
24. Rezaeyan zade, A. 2008. Effects of supplemental irrigation on yield and yield components and growth index of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
25. Russel, M.A., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., and Power, J.F. 1984. Growth analysis based on degree-days. Crop Science 24: 28-32.
26. Samad, M.A., Yasmin, A., and Mondal, M.M.A. 2010. Role of morpho-physiological attributes on yield in lentil. International Journal of Sustainable Crop Production 5(4): 42-45.
27. Shobiri, S., Ghasemi golazani, K., Golchin, A., and Saba, J. 2007. Effect of limit water on growth and yield three chickpea cultivars in Zanjan. Journal of Agricultural Science & Natural Resources 14: 34-47. (In Persian with English Summary).
28. Siddique, K.H.M., Sedgley, R.H., and Marshal, C. 2000. Effects of plant density on growth and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crop Research 31: 193-203.
29. 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: 137-146.
30. Singh, S.P. 1995. Selection for water stress tolerance in interracial populations of common bean. Crop Science 35: 118-128.

31. Tavakoli, H., Karimi, M., and Moosavi, S.F. 1989. Effect of irrigation regimes on vegetative and reproductive components of corn. Iranian Journal of Agricultural Science 22: 35-46. (In Persian with English Summary).
32. Zang, H., Pala, M., Oweis, Y., and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research 51: 295-304.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 105-120

Effects of supplementary irrigation at phenological stages on some growth indices of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad region

Hosseini[1], F.S., Nezami[2*], A., Parsa[2], M. & Hajmohammadnia Ghalibaf[3], K.

1. Former MSc Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Contributions from Department of Agronomy, Faculty of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 29 December 2014
Accepted: 10 August 2015

Introduction

Lentil with about 28 percent protein occupies the second after soybean. It is one of the major crops in developing countries as a complement to cereals and is an excellent source of protein and amino acids in the diet. Results of studies shown that for most crops, including lentil, the occurrence of drought stress in some phenology stages cause irreparable damages to yield. Therefore, understanding the critical stages of plant to drought stress in order to provide the required humidity at the time plays an important role in yield performance and efficient use of water and soil resources. Supplementary irrigation at critical stages of water requirements of lentil is one of the most effective methods to achieve sustainable production in arid and semi-arid regions.

Materials & Methods

In order to study the effects of supplementary irrigation on growth characteristics of three lentil cultivars, an experiment was carried out as a strip block based on a randomized complete block design with three replications at Research Field, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad during 2008-9 growing season. Treatments were supplementary irrigated (full irrigation; one irrigation at each stage of branching, flowering, podding, seed setting (with an incidence of phenological stage at least 50 percent of plants a plot), and no irrigation) as main plots, and three lentil cultivars (Robat, & Kalpoosh (the local population in North Khorasan with the registration number of MLC245, and MLC183, respectively), and Gachsaran) as subplots. Lentil disinfected seeds were sown at depth of 2-3 cm and density of 200 plants/m^2 in the second half of March. The size of experimental plots were 5×3.75 m and each plot had 10 rows with spacing of 37.5 cm. All treatments were irrigated once after planting to ensure the emergence of uniform seeds. Next irrigation was followed according to the treatments (IBPGR, 1985). Destructive sampling were performed to calculate the growth indices (such as TDW, LAI, CGR, RGR and NAR) from 10 plants chosen randomly from competing plants regarding the marginal effects from two weeks after plants emergence to final maturity (every 7 days; 10 steps). At the end of the growing season, seed yield was determined from 7.5 m^2. The growth degree days (GDD) was used instead of calendar time to calculate growth indices using equation (1). The growth indices of LAI, CGR, RGR and NAR were calculated using equations (2-5). Growth Indices and linear regression curves were fitted using Excel 2007 software.

$$GDD = \sum \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b \right] \quad \text{(Equation 1)}$$

where GDD is the growth degree days, T_{max} and T_{min} are maximum and minimum daily temperature during test, respectively. T_b is plant base temperature (= 5 °C for lentil).

* **Corresponding author:** nezami@um.ac.ir, Mobile: +98 9153163348

$LAI= (1/G_A)[(L_{A2}+L_{A1})/2]$ (Equation 2) $CGR= (1/G_A)[(W_2–W_1)/(t_2–t_1)]$ (Equation 3) $RGR= (\ln W_2–\ln W_1)/(t_2–t_1)$ (Equation 4) $NAR= [(W_2–W_1)/(t_2–t_1)] [(\ln L_{A2}–\ln L_{A1})/(L_{A2}–L_{A1})]$ (Equation 5) where G_A is ground area (m^2), L_A is leaf area (m^2), W is shoot dry weigh (g) and t is GDD.

Results & Discussions

Results indicated that supplementary irrigation in flowering stage increased total dry weight (TDW), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) compared to other supplementary irrigations. Complete irrigation showed the highest growth characteristics during the growing season. Maximum values of total dry weight (507.4 gm^{-2}), leaf area index (3.6), crop growth rate (1.35 gm^{-2} GDD^{-1}), relative growth rate (0.04 gg^{-1} GDD^{-1}), net assimilation rate (1.75 of gm^{-2} GDD^{-1}) and seed yield (1213 kg ha^{-1}) were obtained from irrigation at flowering stage following full irrigation. Amiri deh ahmadi *et al*. (2011) concluded that drought stress at flowering stage, reduced peas dry matter to minimum values. Singh (1995) also reported that water stress in all stages of growth, decreased leaf area index of beans, but stress before flowering had the greatest impact. Other researchers showed that in terms of drought, crop growth rate decreased due to the decline in photosynthesis and respiration rate. Other researchers concluded that stress and lack of moisture reduced plant relative growth rate. The amount of net photosynthesis and aging leaves reduced over time and this reduction was intensified in difficult environmental conditions, especially drought. Robat was the best of three cultivars in growth indices. Moreover, the positive and significant correlation between grain yield and total dry weight (0.93**), leaf area index (0.92**), crop growth rate (0.90**), relative growth rate (0.89*) and net assimilation rate (0.92**), have highlighted the importance of growth indices to predict the economic performance of lentils.

Conclusion

In general, it seems in water scarcity conditions, supplementary irrigation at flowering stage could supply necessary moisture for plants and improve their crop yield.

Key words: Crop growth rate, Leaf area index, Net assimilation rate, Total dry weight

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۳۴-۱۲۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 121-134

ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات کمّی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در شرایط دیم

حدیث حسنی[1*]، داریوش نباتی‌احمدی[2]، پیام پزشک‌پور[3] و کریم سرخه[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیارگروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، خوزستان، ایران

۳- استادیار پژوهش و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵

چکیده

دانه گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) حاوی منبع مهم پروتئین بوده و نقش بارزی در رژیم غذایی انسان دارد. از این‌رو آگاهی از روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی نخود بسیار مهم و ضروری می‌باشد. مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی معیارهای عملکرد در نخود با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به عامل‌ها و برآورد وراثت‌پذیری صفات انجام گردید. این مطالعه بااستفاده از ۱۳ژنوتیپ نخود در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خرم‌آباد واقع در سراب چنگایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار درسال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. ژنوتیپ‌ها شامل ۱۱ژرم‌پلاسم و دو رقم اصلاح‌شده و محلی (آزاد و شاهد محلی گریت) بودند. صفات کمّی اندازه‌گیری‌شده طبق پارامترهای آماری تجزیه و تحلیل گردید که در این راستا تجزیه واریانس نشان داد که صفات ارتفاع از اولین‌غلاف و تعداد غلاف پوک در بوته بیشترین تنوع را دارند. تجزیه به‌عامل‌ها، ۱۹صفت زراعی را به چهار مؤلفهٔ اصلی تفکیک نمودند که مجموعاً ۷۸/۷۲درصد از کل تغییرات در شرایط دیم را شامل می‌شدند؛ به‌گونه‌ای که عامل اول، دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب ۳۹/۰۶درصد، ۱۸/۱درصد، ۱۳/۲۱درصد و ۸/۳۳درصد از کل تغییرات را به‌خود اختصاص دادند. از طرف دیگر تجزیهٔ خوشه‌ای به‌روش فاصله اقلیدسی، ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات مذکور در دو گروه تقسیم‌بندی نمود. اکثر صفات از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند و اختلاف پایینی بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ضریب تغییرات ژنوتیپی وجود داشت که این‌نتیجه حاکی از آن است که تغییرات بیشتر تحت تأثیر ساختار ژنتیکی بودند تا محیط.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به‌عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، نخود کابلی، وراثت‌پذیری

مقدمه

حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم دنیا را تشکیل می‌دهند، چراکه مقادیر قابل‌توجه پروتئین مرغوب در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب ارزشمند غذایی فراهم نماید. در مناطق غرب کشور، نخود به‌عنوان یک گیاه بهاره، غالباً به‌صورت دیم کشت‌شده و با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک چرخهٔ زیستی خود را تکمیل می‌کند (Malhotra & Saxena, 2002). باتوجه به گسترش روزافزون کشت و تولید نخود، بررسی تنوع ژنتیکی (بررسی صفات مختلف مؤثر بر عملکرد) آن از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در میان عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به‌طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات‌غذایی می‌شود. براساس گزارش فائو ۹۰درصد از کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰میلی‌متر در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (Anonymous, 2008).

در یک مطالعه (Fayyaz & Talebi 2009) مشخص‌شد که روابط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و صفات تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک و شاخص‌برداشت وجود دارد. همچنین در این آزمایش اثرات مستقیم و معنی‌داری از طرف صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته بر روی عملکرد دانه مشاهده شد. با استفاده از همبستگی‌های فنوتیپی و تجزیه به عامل‌ها، Toker & Cagirgan (2004) ۱۷ژنوتیپ نخود کابلی را در منطقه مدیترانه‌ای غرب ترکیه موردمطالعه قرار دادند. عملکرد بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و غلاف در بوته و رابطه منفی و معنی‌داری با وزن بذر و واکنش به بیماری بلایت نخود داشت.

* نویسندهٔ مسئول: Dr_hassani_hadis@yahoo.com

Çiftçi *et al*, (2004) در مطالعه برروی ۱۴رقم نخود اثرات مثبت و معنی‌داری برای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد غلاف در گیاه با عملکرد نهایی مشاهده کردند.

این تحقیق به‌منظور بررسی صفات مختلف مؤثر بر عملکرد نخود زراعی و شناسایی صفاتی که ازنظر روش‌های آماری بیشترین تأثیر را می‌توانند بر روی عملکرد داشته‌باشند، صورت گرفت. با شناسایی این صفات امکان برنامه‌ریزی اصلاحی در جهت انتخاب صفات مؤثر در بهبود عملکرد فراهم خواهد شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد، ۱۳ژنوتیپ نخود (جدول شماره ۲) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی شهرستان خرم‌آباد با عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۶دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۰۰متر از سطح دریا در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲ موردبررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل ۴خط کاشت به طول ۴متر، بافاصله ۳۰سانتی‌متر، با تراکم ۵۰دانه در متر مربع بود که در تاریخ ۲۵آبان‌ماه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ کاشته شدند.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به پارامترهای هواشناسی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم خرم‌آباد

Table 1. Information of meteorological parameters 1392- 1393 crop year Agricultural Research Station of Khorramabad

متوسط دمای حداکثر Mean Max. temp.	متوسطه دمای حداقل Mean min. temp.	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	تعداد روزهای زیر صفر No. days below zero	متوسطه دما (سانتی‌گراد) Abs. Mean. temperature (C)	حداکثر دما (سانتی‌گراد) Abs. Max. Temp. (C)	حداقل دما (سانتی‌گراد) Abs. Min. Temp. (C)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	ماه month	
29.9	8	26	0	18.9	33.4	1.8	0	October	مهر
19.7	6.3	60	0	13	27.2	1.2	69.6	November	آبان
13.9	2.6	65	6	8.3	20.8	-4.6	71.6	December	آذر
10.2	-2	63	22	4.1	16.6	-7	70.8	January	دی
12.5	-0.6	61	15	5.9	18.8	-7.6	40.8	February	بهمن
17.3	9.3	61	3	10.6	22.4	-2	68.4	March	اسفند
20.9	5.3	57	1	13	29.8	-1.4	86.9	April	فروردین
28.2	10.8	48	0	19.5	33.6	5.8	22.8	May	اردیبهشت
33.2	13.5	35	0	23.4	36.6	9.6	2	June	خرداد
			47				294.15	Sum	جمع

تنها آب‌مصرفی، آب باران بود که در جدول شماره ۱ آمار هواشناسی این سال آورده‌شده است. عملیات آماده‌سازی زمین، تهیه بستر بذر و کاشت به‌صورت دستی انجام گرفت. در این طرح کوددهی لازم نبود. باتوجه به نیاز مزرعه، عملیات وجین علف‌های‌هرز به کمک نیروی انسانی و به‌صورت دستی انجام شد. برداشت یک‌هفته بعد از زردشدن ۹۰درصد غلاف‌ها صورت گرفت. صفات مورد بررسی شامل تعداد گره، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، ارتفاع اولین‌غلاف از سطح زمین، ارتفاع کل، وزن صددانه، عملکرد کاه، وزن غلاف با دانه، تلاش بازآوری (نشان دهندهٔ میزان مواد آسیمیلاتی است‌که گیاه به تولید اندام‌های زایشی اختصاص می‌دهد)، نسبت وزن پوسته غلاف با دانه به وزن خشک کل (که بر حسب درصد به‌دست آمد و معادل انگلیسی آن Effort productivity می‌باشد)، وزن خشک کل، بهره‌وری از بارش (این صفت به این مفهوم است که به‌ازای هر میلی‌متر بارش سالانه باران و برف چند کیلوگرم دانه تولید شده است که از تقسیم عملکرد دانه بر میزان بارندگی طول دوره رشد گیاه (۳۶۰ میلی‌متر) به‌دست آمد)، شاخص برداشت (از نسبت وزن دانه (عملکرد اقتصادی) به عملکرد بیولوژیک برحسب درصد به‌دست آمد)، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف دوبذری در بوته، تعداد غلاف پوک در بوته، تعداد غلاف بارور و عملکرد دانه بودند.

برای محاسبه وراثت‌پذیری‌عمومی هر صفت از رابطه زیر استفاده شد:

$$H_{bs}^2 = \left(\frac{VG}{VP}\right) \times 100$$

که در آن H_{bs}^2 وراثت‌پذیری عمومی، VG واریانس ژنتیکی و VP واریانس فنوتیپی بود.

جدول ۲- ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 2. 13 Kabuli chickpea genotypes

Number of genotypes شماره ژنوتیپ	genotype ژنوتیپ
1	X98TH75K1-83
2	FLIP98-55C
3	SAR79J78K3-86
4	SAR79J18K1-86
5	SAR79J15K3-86
6	SAR79J610K1-86
7	SAR79J78K5-85
8	SAR79J87K1-85
9	SAR79J38K8-85
10	SAR79J710K2-85
11	FLIPO3-110C
12	AZAD
13	LOCALCHECK

پس از آزمون نرمال‌بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل تجزیهٔ واریانس، وراثت‌پذیری تجزیه به عامل‌ها و تجزیهٔ کلاستر با نرم‌افزارهای Statistica، SPSS16، MSTATC، EXCEL2010 و SAS9 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها، از نظر صفات مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهندهٔ وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌هاست (جداول ۳). نتایج حاصله شامل میزان حداقل، حداکثر، میانگین داده‌ها و ضریب‌تغییرات برای صفات در جدول۴ نشان داده‌شده است. صفت ارتفاع اولین‌غلاف از سطح زمین و تعداد غلاف پوک در بوته بیشترین پراکنش را به‌ترتیب با میزان ضریب تغییرات ۲۱/۰۷ و ۱۸/۷۸ و تعداد شاخه ثانویه با میزان ضریب تغییرات ۲/۷ کمترین پراکنش را دارا بودند. مقایسات میانگین به‌روش دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد توسط نرم افزار MSTATC انجام گرفت که مهم‌ترین آن‌ها به‌صورت شکل آورده‌شده است (شکل۱ تا ۴). می‌توان نتیجه گرفت که در بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ارتفاع از اولین‌غلاف و تعداد غلاف پوک در بوته بیشترین تنوع وجود دارد و امکان استفاده از این صفات به‌منظور انتخاب و اصلاح برای دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب در بین ژنوتیپ‌های نخود کابلی در شرایط دیم جای بررسی بیشتری دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام و لاین‌های پیشرفته نخود تحت شرایط دیم

Table 3. Analysis of variance for agronomic traits studied under dry pea cultivars and advanced lines

		میانگین مربعات Mean squares					
منابع تغییر S. O. V	درجه آزادی df	تعداد گره Number of nodes	شاخه اصلی Primary branch	شاخه ثانویه Secondary branches	ارتفاع از اولین غلاف Height of the first pod	ارتفاع کل Total height	تعداد غلاف در بوته number of pods per plant
تکرار (Replication)	3	1.45*	0.17*	0.027*	24.78**	4.36**	1.04**
رقم (Variety)	12	28.72**	2.53**	0.22*	33.07ns	66.91**	168.96**
خطای کل (Error)	36	0.78	0.055	0.013	21.42	8.82	3.13
ضریب تغییرات (CV٪)		3.29	8.7	2.7	21.07	6.18	3.65

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار درسطح ۵درصد و ۱درصد

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام و لاین‌های پیشرفته نخود تحت شرایط دیم

Table3. Analysis of variance for agronomic traits studied under dry pea cultivars and advanced lines

میانگین مربعات Mean squares						
وزن خشک کل Total dry weight	وزن صد دانه Seed 100 weight	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pods	تعداد غلاف پوک در بوته Empty pods per plant	تعداد غلاف دو بذری در بوته 2seed pods per plant	تعداد غلاف تک بذری در بوته Single seed pod	منابع تغییر S.O.V
488.12	2.14	0.57	0.53	0.001	0.57	تکرار (Replication)
2202.47**	43.14**	128.75**	51.73**	2.79**	120.47**	رقم (Variety)
518.46	7.59	3.08	1.7	0.12	3.13	خطای کل (Error)
13.10	8.28	4.62	18.78	3.6	5.56	ضریب تغییر (CV٪)

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار درسطح ۵درصد و ۱درصد

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

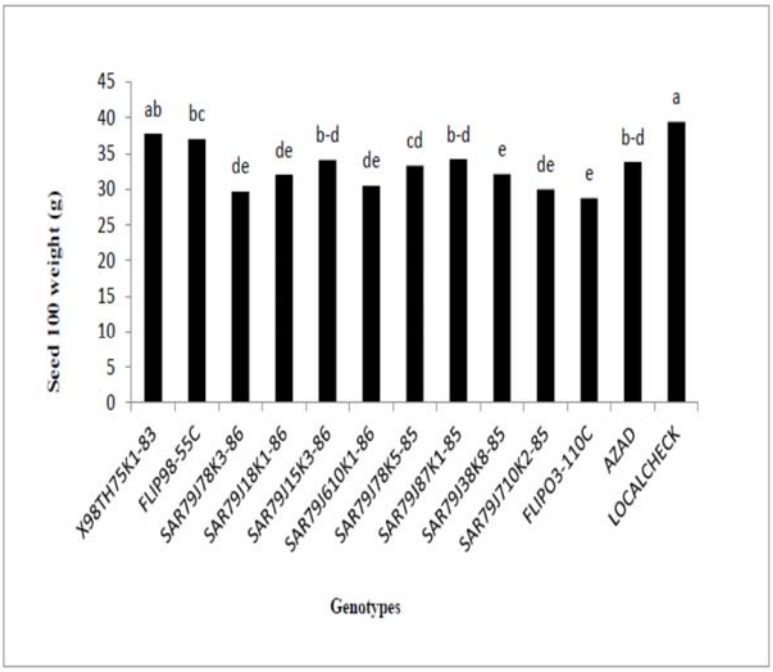
ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام و لاین‌های پیشرفته نخود تحت شرایط دیم

Table 3. Analysis of variance for agronomic traits studied under dry pea cultivars and advanced lines

میانگین مربعات Mean squares						
تلاش بازآوری Effort productivity	شاخص برداشت HI	عملکرد بیولوژیک BM	وزن غلاف با دانه weight of the seed pod	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاه Straw yield	منابع تغییر S.O.V
33.26	6.37	16719.25	212.33	8748.15	4200.1	تکرار (Replication)
99.88ns	45.46*	181239.39**	731.37*	86783.06**	50008.81**	رقم (Variety)
69.67	29.27	31455.15	345.18	24286.01	5414.27	خطای کل (Error)
13.17	11.55	8.61	16.96	16.08	6.51	ضریب تغییرات (CV٪)

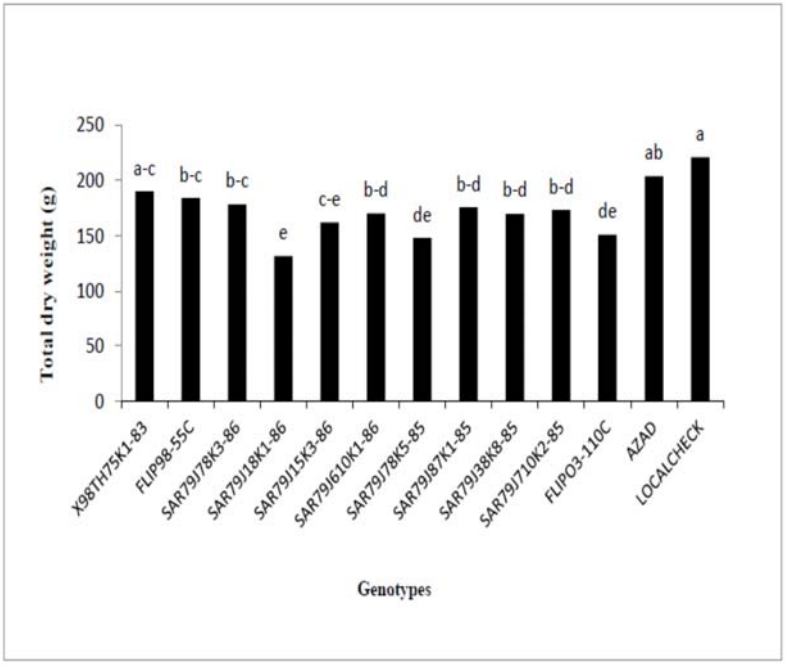
ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار درسطح ۵درصد و ۱درصد

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



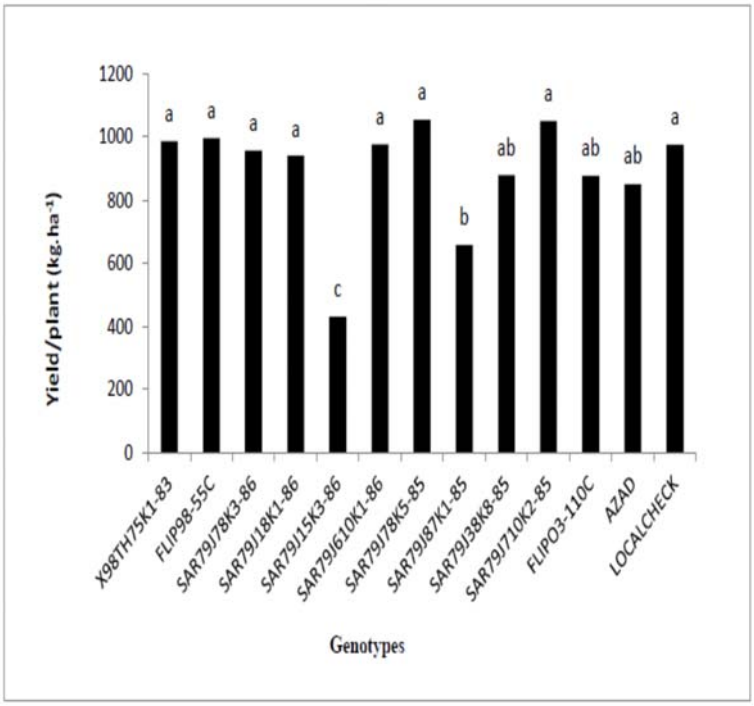
شکل ۱- اثر ژنوتیپ ها بر وزن صد دانه

Fig. 1. Effect of genotype on seed 100 weight



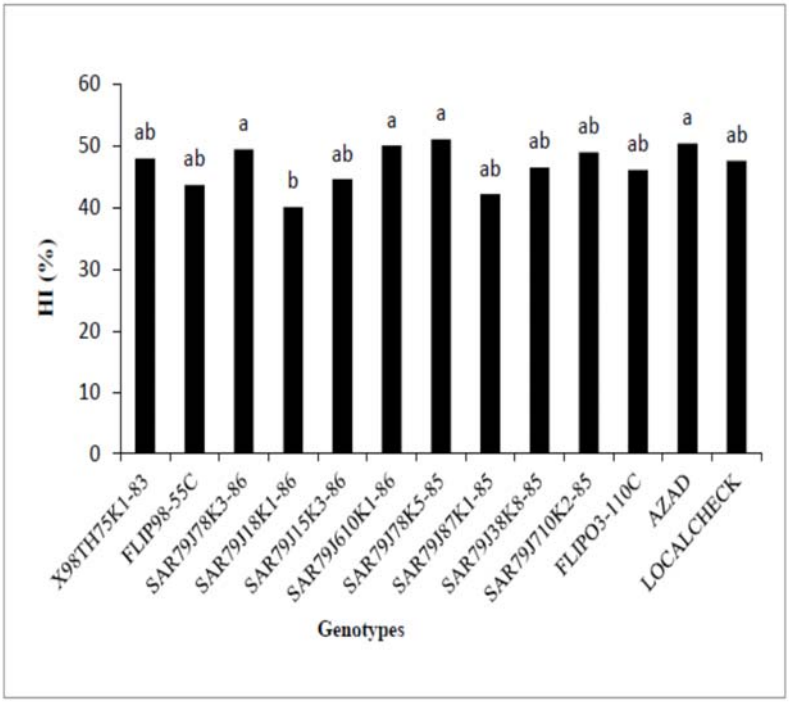
شکل ۲- اثر ژنوتیپ‌ها بر وزن خشک کل

Fig. 2. Effect of genotype on total dry weight



شکل ۳- اثر ژنوتیپ‌ها بر عملکرد

Fig. 3. Effect of genotype on yield plant



شکل 4- اثر ژنوتیپ‌ها بر شاخص برداشت

Fig. 4. Effect of genotype on the HI

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که به‌جز ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و تلاش بازآوری (نسبت وزن غلاف با دانه به وزن خشک کل برحسب درصد) سایر صفات تحت‌تأثیر رفتار ژنتیکی متفاوت در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی در این شرایط جغرافیایی قرار دارند، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های SAR79J710K2-85، SAR79J78K5-85، LOCALCHECK و FLIP98-55C بود و ژنوتیپ SAR79J15K3-86 کمترین میزان عملکرد را داشت.

تجزیه به عامل‌ها

این تجزیه همانند تجزیه به‌مؤلفه‌ها به‌منظور کاهش حجم داده‌ها است و زمانی کاربرد دارد که همبستگی بین داده‌ها بالا باشد. چهار عامل اول در حدود۷۸/۷۲درصد از کل تغییرات را با استفاده از صفات مورد مطالعه بیان نمودند. عامل اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۳۹/۰۶درصد، ۱۸/۱درصد، ۱۳/۲۱درصد و ۸/۳۳درصد از کل تغییرات را بیان نمودند (جدول۳). بزرگترین ضرایب عامل منفی در عامل اول شامل بهره‌وری از بارش، وزن خشک کل، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخه اولیه، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره، تعداد غلاف تک‌بذری و تعداد غلاف بارور بودند. عامل‌اول مؤلفه عملکرد و اجزای عملکرد نامیده شد (شکل ۵).

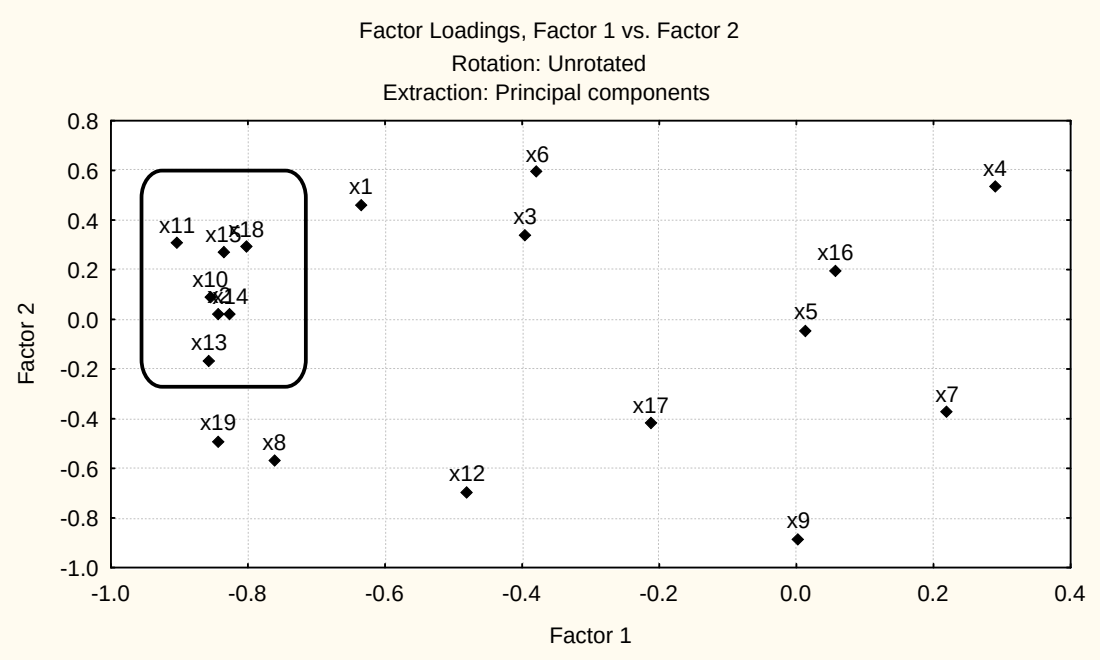
جدول ۴- آمارتوصیفی صفات کمی مورد بررسی در۱۳ژنوتیپ نخود کابلی

Table 4. Descriptive statistics for quantitative traits in 13 Kabuli chickpea genotypes

Traits	صفات	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	ضریب تغییرات C.V.
Number of nodes	تعدادگره	20.4	32.2	26.95	3.29
Primary branch	شاخه اولیه	1	4.5	2.7	8.7
Secondary branches	شاخه ثانویه	3.78	2.8	4.2	2.7
Height of the first pod (cm)	ارتفاع اولین غلاف	15.2	48.75	21.96	21.07
Total height (cm)	ارتفاع کل	35.56	57.6	48.09	6.18
Seed 100 weight (g)	وزن صد دانه	25.09	43.06	33.26	8.28
Straw yield	عملکرد کاه	896.64	1455.96	1130.29	6.51
weight of the seed pod (g)	وزن غلاف با دانه	59.97	163.06	109.57	16.96
Effort productivity	تلاش بازآوری	32.16	80.16	63.39	13.17
Total dry weight (g)	وزن خشک کل	118.6	300.87	173.82	13.10
Efficiency of rain	بهره‌وری از بارش	6.52	6.80	6.66	2.13
HI	شاخص برداشت	34.44	58.40	46.82	11.55
BM (kg)	عملکرد بیولوژیک	1441.8	2650.44	2060.25	8.61
number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته	36.16	64.6	48.54	3.65
Single seed pod	غلاف تک بذری	20	43.4	31.83	5.56
2seed pods per plant	غلاف ۲ بذری دربوته	7.96	11.84	9.66	3.6
Empty pods per plant	غلاف پوک در بوته	1.6	16.2	7.04	18.78
Fertile pods	تعداد غلاف بارور	29.6	53.15	41.5	4.62
Seed yield (kg)	عملکرد دانه	527.64	1391.16	969.26	16.08

Sabokdast & Khylparast (2008) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در لوبیا سه عامل را استخراج کردند که ۷۸/۷درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. عامل اول شامل وزن غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته بود که عامل عملکرد و اجزای عملکرد نام‌گذاری شد. بار عامل‌ها در مؤلفه اول، سهم بیشتری در توجیه عامل اول داشتند ولی با اثر منفی. همچنین بزرگترین ضرایب مثبت عامل دوم شامل ارتفاع از اولین‌غلاف و وزن صددانه و بزرگترین ضریب منفی شامل تلاش بازآوری بود. در این عامل، صفت تلاش بازآوری سهم بیشتری با اثر منفی ازخود نشان داد که مؤلفه تلاش بازآوری نام گرفت. در عامل سوم تعداد غلاف دوبذری بیشترین بار عامل منفی را دارا بود. این عامل، مؤلفه تعداد غلاف دوبذری نامیده شد. در عامل چهارم تعداد غلاف پوک در بوته بیشترین ضریب منفی را دارا بود که مؤلفه پوکی غلاف نام‌گذاری شد.

در تحقیق Toker & Cagirgan (2004) بر روی ۱۷رقم نخود، صفات به سه عامل تفکیک‌شدند که ۹۲/۹درصد کل واریانس را توجیه کردند. عامل اول با واریانس ۵۱/۳درصد شامل عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت و عامل دوم با واریانس ۲۴/۸درصد شامل تعداد شاخه و غلاف در بوته و عامل سوم با واریانس ۱۶/۸درصد شامل وزن دانه بود. نتایج براساس مشاهدات نشان‌دهنده تأثیر بالای بار عامل صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته می‌باشد که در آزمایش ما با بار عامل منفی همراه بود. تجزیه به عامل‌ها نشان می‌دهد که اگرچه نمی‌توان عامل‌های انتخابی را به‌روش مستقیم اندازه گرفت، اما می‌توان با تغییر در اجزای آن‌ها در جهت افزایش یا کاهش عملکرد برای اصلاح آن‌ها اقدام کرد.



شکل۵- مقایسه فاکتور اول و دوم در تجزیه به عامل‌ها

Fig. 5. Comparison of the first and second factor analysis

x1: تعدادگره، x2: شاخه اولیه، x3: شاخه ثانویه، x4: ارتفاع از اولین غلاف، x5: ارتفاع کل، x6: وزن صد دانه، x7: عملکرد کاه، x8: وزن غلاف با دانه، x9: تلاش بازآوری، x10: وزن خشک کل، x11: بهره‌وری از بارش، x12: شاخص برداشت، x13: عملکرد بیولوژیک، x14: تعداد غلاف در بوته، x15: تعداد غلاف تک بذری، x16: تعداد غلاف دو بذری در بوته، x17: تعداد غلاف پوک در بوته، x18: تعداد غلاف بارور، x19: عملکرد دانه

x1: Number of nodes, x2: Primary branch, x3: Secondary branches, x4: Height of the first pod, x5: Total height, x6: Seed 100 weight, x7: Straw yield, x8: weight of the seed pod, x9: Effort productivity, x10: Total dry weight, x11: HI, x12: Efficiency of rain, x13: BM, x14: number of pods per plant, x15: Single seed pod, x16: 2 seed pods per plant, seed x17: Empty pods per plant, x18: Fertile pods, x19: Yield

جدول ۴- تجزیه به عامل‌ها در ۱۳ژنوتیپ نخود کابلی

Table 3. Factor analysis in 13 Kabuli chickpea genotypes

Traits	صفات	اول مؤلفهٔ Factor 1	دوم مؤلفهٔ Factor 2	سوم مؤلفهٔ Factor 3	مؤلفهٔ چهارم Factor 4
Number of nodes	تعدادگره	-0.63	0.46	0.09	-0.37
Primary branch	شاخه اولیه	-0.84	0.02	0.20	-0.03
Secondary branches	شاخه ثانویه	-0.39	0.34	0.56	-0.18
Height of the first pod	ارتفاع اولین غلاف	0.28	0.53	-0.36	-0.48
Total height	ارتفاع کل	0.013	-0.04	-0.65	-0.09
Seed 100 weight	وزن صد دانه	-0.37	0.59	0.13	0.43
Straw yield	عملکرد کاه	0.21	-0.37	-0.62	0.20
Weight of the seed pod	وزن غلاف با دانه	-0.76	-0.56	-0.05	0.09
Effort productivity	تلاش بازآوری	0.002	-0.88	-0.06	0.03
Total dry weight	وزن خشک کل	-0.85	0.08	0.005	0.06
Efficiency of rain	بهره وری از بارش	-0.90	0.30	0.10	0.04
HI	شاخص برداشت	-0.48	-0.69	0.15	-0.16
BM	عملکرد بیولوژیک	-0.85	-0.16	-0.20	0.26
Number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته	-0.82	0.017	-0.25	-0.36
Single seed pod	غلاف تک بذری	-0.83	0.26	-0.29	0.11
2Seed pods per plant	غلاف ۲ بذری دربوته	0.05	0.19	-0.84	-0.22
Empty pods per plant	غلاف پوک در بوته	-0.21	-0.41	0.19	-0.77
Fertile pods	تعداد غلاف بارور	-0.80	0.29	-0.41	0.08
Seed yield	عملکرد دانه	-0.84	-0.48	-0.03	0.05
Eigen value	مقدار ویژه	7.42	3.44	2.51	1.58
Total variance	درصدواریانس کل	39.06	18.10	13.21	8.33
Cumulative Eigen value	مقدار ویژه تجمعی	7.42	10.86	13.37	14.95
Cumulative Percentage	درصد تجمعی	39.06	57.17	70.39	78.72

وراثت‌پذیری

مطالعه حاضر تنوع ژنتیکی زیادی را در ژرم پلاسم نشان داد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تمام صفات به جز صفت بهره‌وری از بارش وراثت‌پذیری بالایی از خود نشان دادند. وراثت‌پذیری عمومی صفت تعداد شاخه اولیه ۹۷/۸۶ با بیشترین میزان وراثت‌پذیری و صفت بهره‌وری از بارش با ۳۱/۰۳ به‌عنوان کمترین میزان وراثت‌پذیری برآورد شد (جدول۵). تمام صفات به‌جز صفت بهره‌وری از بارش، وراثت‌پذیری بالایی از خود نشان دادند. درمطالعه‌ای (Derya *et al*,. 2006) که برروی ۱۵ژنوتیپ نخود کابلی صورت گرفت، بیشترین میزان وراثت‌پذیری برای صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و تعداد غلاف پُر در بوته مشاهده شد. چنانچه

به‌نژادگران نیاز به انتخاب برای صفات داشته‌باشند، می‌توانند با تمرکز بر عملکرد و اجزای عملکرد صفات‌مطلوب را درنظر گیرند. وراثت‌پذیری برای صفات ارتفاع از اولین‌غلاف و تلاش بازآوری به‌علت غیرمعنی‌دارشدن مقدارF آن‌ها محاسبه نشد (جدول ۲). اختلاف پایینی بین GCV و PCV مشاهده شد؛ بدین مفهوم که واریانس ژنتیکی بیش از واریانس محیطی است که نشان داد تأثیر محیط در این صفات کم بوده و ژنوتیپ نقش مؤثرتری را دارا است. این نتیجه شانس بزرگی برای پیشرفت ژنتیکی این صفات در نخود را به ارمغان خواهد داشت. باتوجه به این تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم موجود می‌توان برای بهبود ارقام موجود در برنامه‌های به‌نژادی و همچنین توسعه ارقام مطلوب از طریق هیبریداسیون از این ازقام استفاده کرد.

تجزیهٔ کلاستر

تجزیهٔ کلاستر روشی است که براساس آن می‌توان جمعیت‌ها را طبق فاصله ژنتیکی گروه‌بندی نمود. تجزیهٔ کلاستر، زمانی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور همزمان چندین صفت مورد بررسی قرار گیرند. در این تحقیق ژنوتیپ‌ها به دو گروه تفکیک شدند. براساس جدول تجزیهٔ کلاستر ژنوتیپ‌های FLIPO3-110C، SAR79J87K1-85، SAR79J15K3-86، SAR79J78K5-85 و SAR79J18K1-86 در گروه اول قرارگرفتند و ژنوتیپ‌های X98TH75K1-83، LOCALCHECK، AZAD، FLIP98-55C، SAR79J15K3-86، SAR79J710K2-85، SAR79J610K1-86 و SAR79J38K8-85 در گروه دوم دسته‌بندی شدند. باتوجه به شکل‌های۱ تا ۵ و شکل۶، ژنوتیپ‌های گروه اول در صفات تعداد گره، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف دوبذری در بوته، عملکرد دانه، وزن صددانه، وزن غلاف با دانه، وزن خشک کل و عملکرد بیولوژیک ازنظر مقایسه میانگین دارای مقادیر کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های گروه دوم بودند. همچنین ژنوتیپ‌های گروه اول ازنظر صفات ارتفاع از اولین‌غلاف، تعداد غلاف تک‌بذری در بوته، تعداد غلافِ‌پوک در بوته، عملکرد کاه، شاخص برداشت و تلاش بازآوری بیشترین مقادیر را نسبت به ژنوتیپ‌های گروه دوم دارا بودند.

ادامه جدول ۵- وراثت‌پذیری عمومی صفات کمی مورد بررسی و اجزای آن در ۱۳ژنوتیپ نخود کابلی

Table 5. Heritability values for quantitative traits in 13 Kabuli chickpea genotypes

Traits	صفات	VG	VE	VP	(hi^2)	PCV	GCV	ECV	GA
Number of nodes	تعدادگره	28.525	0.78	29.3	97.33	20.08	19.81	3.27	7.58
Primary branch	شاخه اولیه	2.51	0.05	2.5	97.86	59.30	58.66	8.67	2.24
Secondary branches	شاخه ثانویه	0.21	0.01	0.2	94.34	11.26	10.94	2.67	0.67
Height of the first pod	ارتفاع از اولین غلاف	27.715	21.4	49.13	56.40	31.90	23.96	21.06	9.81
Total height	ارتفاع کل	64.705	8.82	73.5	88	17.82	16.72	6.17	12.01
Seed 100 weight	وزن صد دانه	41.24	7.59	48.83	84.45	21	19.30	8.28	9.78
Straw yield	عملکرد کاه	75519.49	5414.27	80933.76	93.31	25.16	24.31	6.50	398.51
Effort productivity	تلاش بازآوری	82.46	69.67	152.13	54.20	19.45	14.32	13.16	17.27
Total dry weight	وزن خشک کل	2072.85	518.46	2591.31	79.99	29.28	26.19	13.09	71.30

VG: واریانس ژنوتیپی، VE: واریانس محیطی، VP: واریانس فنوتیپی، (hi^2): وراثت پذیری عمومی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی، ECV: ضریب تغییرات محیطی، GA: پیشرفت ژنتیکی

GV: Genotype Variance, EV: Error Variance, PV: Phenotype Variance, (hi2): Heritability, PCV: Phenotypic Coefficient of Variation, GCV: Genotypic Coefficient of Variation, ECV: Environmental Coefficient of Variation, GA: Genetic Advance

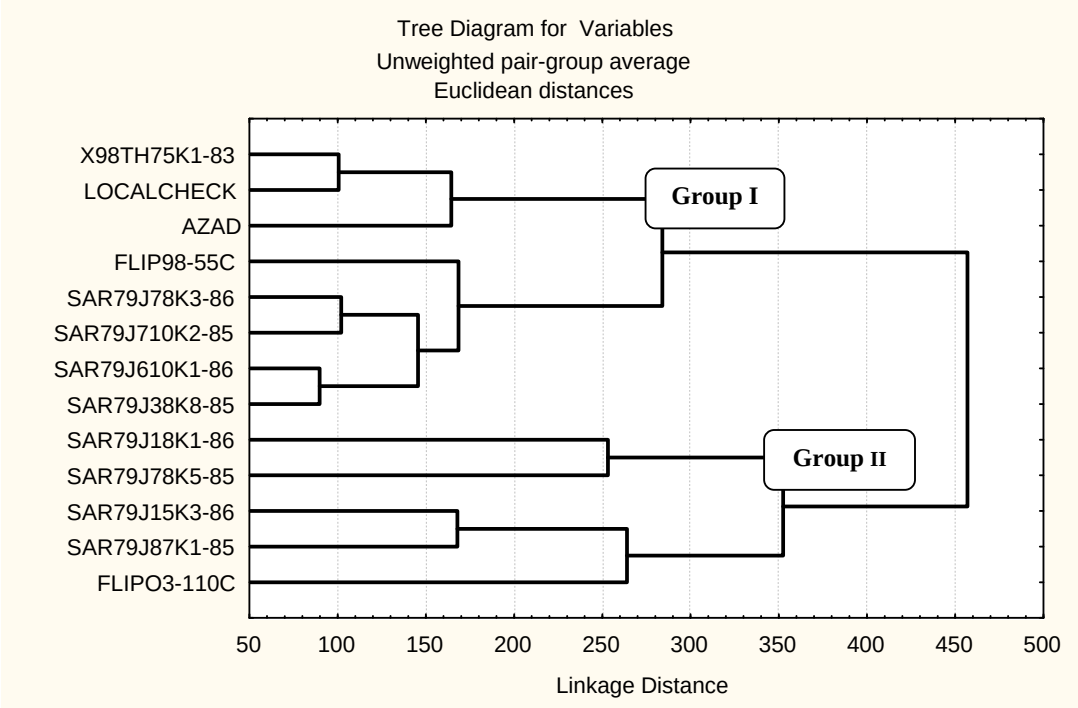
ادامه جدول ۵- مقادیر وراثت پذیری عمومی صفات کمّی مورد بررسی در۱۳ژنوتیپ نخود کابلی

Table 5. Heritability values for quantitative traits in 13 Kabuli chickpea genotypes

Traits	صفات	VG	VE	VP	(hi^2)	PCV	GCV	ECV	GA
Efficiency of rain	بهره‌وری از بارش	0.0135	0.03	0.04	31.03	3.13	1.74	2.60	0.29
HI	شاخص برداشت	38.14	29.27	67.41	56.58	17.53	13.19	11.55	11.50
BM	عملکرد بیولوژیک	173375.6	31455.14	204830.7	84.64	21.96	20.21	8.60	633.97
number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته	168.175	3.14	171.31	98.16	26.96	26.71	3.65	18.33
Single seed pod	غلاف تک‌بذری	119.68	3.13	122.81	97.45	34.80	34.36	5.55	15.52
2Seed pods per plant	غلاف دوبذری دربوته	2.76	0.12	2.88	95.83	17.56	17.19	3.58	2.37
Empty pods per plant	غلاف پوک در بوته	51.305	1.7	53	96.79	103.38	101.71	18.51	10.19
Fertile pods	تعداد غلاف بارور	127.98	3.08	131.06	97.64	27.58	27.25	4.22	16.03
Seed yield	عملکرد دانه	43937.31	24286.01	68223.32	64.40	26.94	21.62	16.07	365.88

VG: واریانس ژنوتیپی، VE: واریانس محیطی، VP: واریانس فنوتیپی، (hi^2): وراثت پذیری عمومی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی، ECV: ضریب تغییرات محیطی، GA: پیشرفت ژنتیکی

GV: Genotype Variance, EV: Error Variance, PV: Phenotype Variance, (hi2): Heritability, PCV: Phenotypic Coefficient of Variation, GCV: Genotypic Coefficient of Variation , ECV: Environmental Coefficient of Variation , GA: Genetic Advance



شکل۶- تجزیهٔ کلاستر در۱۳ژنوتیپ نخود کابلی

Fig. 6. Cluster analysis in 13 Kabuli chickpea genotypes

در گروه اول ژنوتیپ‌های دو رقم محلی رفتاری مشابه ژنوتیپ‌های خارجی از خود نشان دادند که این‌امر بیان‌گر وجود صفات مشابه میان آن‌ها می‌باشد (شکل۶).

ژنوتیپ X98TH75K1-83 با دو رقم (AZAD&LOCALCHECK) در زیرگروه گروه اول قرار گرفتند که رقم X98TH75K1-83 و LOCALCHECK در یک دسته قرار داشتند. صفات تعداد غلاف تک‌بذری، ارتفاع کل بوته، وزن غلاف با دانه، شاخص‌برداشت و عملکرد دانه در این دو ژنوتیپ ازنظر مقایسه میانگین مقادیر تقریباً یکسانی از خود نشان‌دادند که نشان‌دهنده سازگاری بیشتر ژنوتیپ X98TH75K1-83 با محیط در شرایط دیم بود.

منابع

1. Atta, B.M., Haq, M.A., and Shah, T.M. 2008. Variation and inter-relationships of quantitative traits in chickpea *(Cicer arietinum L.*). Pakistani Journal of Botany 40(2) 637-647.
2. Anonymous, 2008. Food Outlook, Global Market Analysis. http://www.fao.food outlook.com
3. Çiftçi, V.N., Toay, Y., and Doan, Y. 2004. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum L.*). Asian Journal of Plant Science 3(5): 632-635
4. Derya, O.Y., Anlarsal, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.
5. Erskin, W., Sarker, A., and Kumar, S. 2011. Crops that Feed the World 3 Investing. In: Lentil improvement toward a food secure world. Food Security 3: 127-139.
6. Fayez, F., and Talebi, T. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Iran Agronomy Researches 7(1): 137-143.
7. Khan, R., Farhatullah, and Khan, H. 2011. Dissection of genetic variability and heritability estimates of chickpea germplasm for various morphological markers and quantitative traits. Sarhad Journal of Agricultural Research 27(1): 67-72.
8. Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 2002. Strategies for Overcoming Drought Stress in Chickpea. Caravan, ICARDA, 17p.
9. Sabokdast, M., and Khyalparast, F. 2008. A study of relationship between grain yield and yield components in Common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris L.*). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural of Resource 11(42): 123-134 (In Persian).
10. Saleem, M., Arshad, M., and Ahsan, M. 2008. Genetic variability and interrelationship for grain yield and its various components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Research 46(2): 109-116.
11. Toker, G., and Cagirgan, M.I. 2004. The use of phenotypic correlation and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Hereditas 140: 226-228.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 121-134

Assessment of genetic diversity and heritability of quantitative characters in Kabuli type chickpea germplasms under dryland conditions

Hassani[1*], H., Nabati Ahmadi[2], D., Pezeshkpour[3], P. & Sorkheh[2], K.

1. MSc. Student, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2. Assistant Professor, Department of Crop and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Kuzestan, Iran
3. Contribution from Research Center and Natural Resources, Lorestan

Received: 13 December 2014
Accepted: 7 October 2015

Introduction

Legumes are important sources of good quality protein in diet of people and they are valuable as animals feeding. The seed of chickpea plant (*Cicer arietinum* L.) contains essential protein sources, which plays a significant role in the human diet. Among legumes the resistance of chickpea to dehydration conditions causes a higher productivity. Chickpea has a moderate tolerance to drought conditions, but dehydration reduces its yield significantly. This Characteristics of dehydration tolerance are especially important in plant breeding.

The purpose of this study was to evaluate different characteristics affecting the yield of Chickpea and identify the traits that are the most effective methods on yield. Recognizing these traits in breeding programs is useful to select traits can affect the yield.

Materials & Methods

Understanding the concept of the yield and yield components performance in chickpea breeding programs will be very essential. Cluster analysis, factor analysis, and estimate of heritability were achieved to evaluate the yield performances of chickpea in the present study. A randomized completed block design with four replications was set to investigate thirteen chickpea germplasm at the Research Station of the Agricultural Research Center and Natural Resource at the Khoramabad, Chingai Sarab during 2013-14. These genotypes were included eleven cultivars and two available cultivars (Azad and Local check). Statistical procedures were applied to analyses of data for quantitative traits. Broad sense heritability (h2) was calculated, following Burton. The expected Genetic Advance (GA), with 1% selection intensity (K), was also calculated using the following formula:

$Gs = K . \tilde{A}p . h2$

Where Gs is Genetic Advance, Ãp is phenotypic standard deviation of mean performance of population, K (2.06) is the constant standardized selection-differential at 5% and h2 is broad sense heritability.

$h2\ B = Vg/Vp$

Where Vg genetic variance = (variance between-accessions - variance within-accessions)/n, Vp

phenotypic variance = [(variance between-accessions – variance within-accessions)/n] + variance within-accessions, n = number of replications.

* **Corresponding author:** dr_hassani_hadis@yahoo.com

Genetic advance (GA) = K × (Vp) 0.5 × h2 B

Where K = selection intensity at 5% (2.06), Vp = phenotypic variance, h2 B = heritability (broad sense).

Phenotypic coefficient of variability (PCV) = Phenotypic variance (Vp) /Mean value of the trait× 100

Genotypic coefficient of variability (GCV) = Genotypic variance (Vg) / Mean value of the trait× 100

Results & Discussion

The study of morphological traits among genotypes significant difference was observed in the 1 or 5 percent, which indicates a high genetic variation among studied genotypes. Analysis of variance indicated that the height of plant that measured from the first pod and the number of hollow pods had the highest variance. Nineteen agronomic traits have been classified into four groups which expressed 78/72% diversity of the total variation according to the principle components analysis Each of the first, second, third and fourth components were able to allocate 39.6%, 18.1%, 13.21% and 8.33% respectively. On the other hand cluster analysis using Euclidean distance capable of ranking these genotypes into two groups based on plant characteristics and showing that local cultivars possess similar genetic materials as advanced cultivars. The majority of the traits had high heritability and observed low differentiation between phenotypic coefficient variables and genotypic coefficient variables which demonstrated that the plant diversity was due to genetic make-up rather than environmental factor. Genotype × environment interactions are important sources of variation in crops and the term stability is sometimes used to characterize a genotype, shows a relatively constant yield, independent of changing environmental conditions. The quantitative traits genotypes X98TH75K1-83, LOCALCHECK, AZAD, FLIP98-55C, SAR79J15K3-86, SAR79J710K2-85, SAR79J610K1-86 and SAR79J38K8-85 the cluster analysis were the first group in terms of high yield, according being to the high levels of yield and indigenous masses LOCALCHECK in the group can be concluded that most of these genotypes show adaptation with the environment that has been dry conditions.

Conclusion

Identification of the yield relationship and traits is an appropriate guide for reformers in the future breeding programs in selecting the best traits. According to the genetic diversity of Present germplasm, they can be used to improve varieties and can also be used to develop genotypes hybridization of these varieties. In the future, it can be found through screening plants that have the greatest resistance as a heritability parents or hybridization of production lines resistant to drought or dry use. It is should be mentioned that the old chickpea landraces and adaptability to environmental conditions with good genes are the genes that can be used in breeding programs.

Key words: Analysis; Factor analysis, Heritability, Kabuli chickpea

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۴۴-۱۳۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 135-144

اثر عمق کاشت و مالچ بر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک درمراحل مختلف رشد نخود تحت شرایط دیم

مسلم فطری [۱*]، محمداقبال قبادی[۲]، مختار قبادی[۲] و غلامرضا محمدی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵

چکیده

از موارد مهم موفقیت در شرایط دیم، عمق کاشت مناسب و کاهش هدررفت رطوبت می‌باشد. بر این اساس، به‌منظور بررسی اثرات انواع مالچ بر ذخیره رطوبت خاک در شرایط کشت دیم نخود رقم ILC481 آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، در سال زراعی ۱۳۹۱- ۱۳۹۰ به‌اجرا درآمد. فاکتورها شامل تیمارهای مالچ (تیمار شاهد (بدون مالچ)، مالچ کلش ذرت، مالچ کلش گندم، مالچ کود دامی، مالچ خاکی (استفاده از پنجه غازی) و تیمار آبیاری تکمیلی (برای مقایسه با شرایط ایده‌آل) به‌عنوان کرت اصلی و عمق کاشت (۴، ۸ و۱۲سانتی‌متر) به‌عنوان کرت فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد رطوبت خاک در مرحله غلاف‌بندی در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری بین انواع مالچ‌ها و در عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری بین عمق‌های مختلف کاشت و انواع مالچ‌ها و همین‌طور اثرات متقابل مالچ در عمق کاشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بین تیمارها (مالچ‌ها و عمق‌های مختلف کاشت) رطوبت در عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری خاک، در تمامی مراحل رشد رویشی، گلدهی، غلاف‌دهی و رسیدگی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در بین مالچ‌ها، به‌ترتیب کود دامی، کلش گندم، مالچ خاکی و کلش ذرت بیشترین اثر در حفظ رطوبت نشان دادند. عمق کاشت ۱۲سانتی‌متری نیز سبب تخلیه رطوبت بیشتری از اعماق ۳۰ تا۶۰سانتی‌متر شد. عملکرد دانه به‌ترتیب در مالچ کلش گندم ۳۰درصد، مالچ کوددامی ۱۸درصد، مالچ کلش ذرت ۱۶درصد و مالچ خاکی ۱۲درصد نسبت به تیمار شاهد (خاک لخت با میزان ۲۸۲/۸کیلوگرم در مترمربع) افزایش داشت. عملکرد دانه در انواع مالچ‌ها، به‌ترتیب در مالچ کلش گندم ۳۱درصد، مالچ کود دامی۳۷درصد، مالچ کلش ذرت ۳۸درصد و مالچ خاکی ۴۰درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی کاهش داشت. در کل نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از مالچ و عمق کاشت بیشتر می‌تواند باعث حفظ رطوبت و مصرف بهتر آن توسط نخود در شریط دیم باشد.

واژه‌های کلیدی: حفظ رطوبت، خاک‌پوش، عمق کاشت، نخود

مقدمه

در حال حاضر کمبود آب از دغدغه‌های مهم کشورهای جهان می‌باشد. تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش نزولات جوی به‌ویژه در عرض‌های میانی کره زمین، آب قابل‌دسترس را محدود می‌کند (Seneviratne *et al.*, 2006). نزدیک به ۸۰درصد اراضی زراعی جهان قابل‌آبیاری نیست و عملکرد پایین و غیراقتصادی محصولات کشاورزی آن، بر معیشت ۴۳درصد جمعیت جهان تأثیر منفی دارد (FAO, 2009). مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۴/۷میلیون کیلومتر مربع (حدود ۴۰درصد سطح زمین) وسعت داشته و کمبود آب مشخصهٔ اصلی این مناطق و خشکی مهم‌ترین عامل تنش در گیاهان آن‌ها است (Sloan *et al.*, 1990). این مناطق دارای بارندگی کمتر از ۲۵۰میلی‌متر و تبخیر بیش از ۱۰۰۰میلی‌متر می‌باشند. در شرایط دیم، آب عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است. اولین گام بسیار مؤثر در دیمکاری ذخیره بارش سالیانه در خاک است. مقدار بارانی که در خاک نفوذ می‌کند، بستگی به میزان نفوذپذیری خاک و روان‌آب دارد. اگر مقدار کل بارندگی مؤثر کافی باشد، با کاهش روان‌آب و افزایش نفوذ آب، مقدار رطوبت ذخیره‌شده در خاک را می‌توان به‌اندازه‌ای افزایش داد که اثرات مفیدی بر روی تولید داشته باشد (Wilhelm *et al.*, 2004). در شرایط دیم در مناطقی که دارای خشکی انتهای فصل رشد هستند، لازم است خاک

* **نویسندهٔ مسئول:** همدان، میدان رسالت، بلوار چمران، ۱۲متری جاوید، کوچه میثاق، بن‌بست میعاد، پلاک۲۷، تلفن ثابت: ۲۶۲۴۲۳۰-۰۸۱۱، همراه: ۰۹۱۸۳۱۲۴۴۵۰، moslemfetri@yahoo.com

دارای خصوصیاتی باشد که بتواند آب را ذخیره کند و سپس به‌طور مناسبی در اختیار گیاه قرار دهد. بقایای سطحی قادر خواهند بود با نفوذپذیری بهترِ قطرات باران و جلوگیری از روان‌آب فرسایش آبی را کاهش دهند (Potter *et al*., 1995). Unger (1994) مشخص نمود که هرچه میزان بقایا در نزدیکی سطح خاک بیشتر از بقایای مخلوط‌شده با اعماق خاک باشد، میزان ذخیره آب در گیاه بیشتر می‌شود و همچنین، باعث کاهش پتانسیل فرسایش خاک می‌شود و این موضوع به‌ویژه برای مناطق کم‌باران و کشت‌های دیم بسیار حائز اهمیت است. Jalota (1993) گزارش کرد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک حدود۴۰ تا۷۰درصد از اتلاف آب از سطح خاک به‌وسیله تبخیر می‌باشد که می‌توان به‌وسیله مواد پوشاننده خاک از آن جلوگیری نمود و این آب را در اختیار گیاه قرار داد. Pawar (1990) در تحقیق خود توانسته است با استفاده از پلاستیک به‌عنوان ماده پوشاننده خاک در اقلیم نیمه‌خشک، میزان مصرف آب را تا ۵۰درصد کاهش دهد، بدون این‌که در تولید محصول کاهشی مشاهده نماید. Opara *et al*., (1992) گزارش نموده‌اند که تیمار پوشش پلاستیکی در مقایسه با دیگر مالچ‌ها، تأثیر بیشتری بر حفظ رطوبت خاک در دوره‌های خشکی داشته است. حجم بالای رطوبت ذخیره‌شده به ساختار توسعه‌یافته خاک و به کاهش تبخیر به وسیله مالچ گیاهی بستگی دارد، اما بااین‌حال تحقیقات نشان می‌دهد که میزان رطوبت خاک با مالچ و بقایای گیاهی همبستگی بیشتری دارد (Aggarwal *et al*., 1992). Monzon *et al*, (2006) بیان‌کردند، پوشش زمین به‌وسیله بقایای گیاه و کاه‌وکلش، مادهٔ آلی خاک و ذخیره آب را افزایش‌داده و با استفاده از کاه‌وکلش تبخیر از خاک کاهش می‌یابد که مقدار آن بستگی به میزان بارش و شرایط اقلیمی دارد. مالچ سبب نگه‌داشتن رطوبت کافی برای افزایش فعالیت میکروبی، افزایش تحرک موادغذایی و استفاده مطلوب‌تر گیاه از آن‌ها برای رشد می‌شود (Dahiya *et al*., 2007). Zhang & Sun, (2007) نیز گزارش کردندکه استفاده از مالچ و کاه میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهد. مطالعات Schillinger & Young, (2004) نشان داده‌اند که خردکردن و نگه‌داری بخشی از بقایای گندم در مقایسه با حالات سوزاندن و جمع‌آوری کامل آن‌ها موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردد. تغییرات سال‌به‌سال بارش، تغییرات مقدار و پراکنش (توزیع) نزولات جوی، تغییرات درجه‌حرارت و عدم وقوع بارش در بخشی از سال زراعی سبب می‌شوند که خطرپذیری در زراعت دیم بالا بوده و ضریب اعتماد و درجه ثبات و پایداری تولید، کاهش یابد. لذا باید از ابزارها و شیوه‌های مختلفی که در استفاده بهتر محصولات دیم از رطوبت مطرح‌اند، جهت حل این معضلات برای کاهش ریسک و ایجاد ثبات و پایداری عملکرد استفاده نمود. در کشور ایران، نخود نسبت به سایر حبوبات از سطح زیر کشت، تولید و اهمیت بیشتری برخوردار است. با افزایش تولید و تجارت نخود، نیاز به بهبود روش‌های تولید آن روزبه‌روز بیشتر احساس می‌شود، به‌طوری‌که در کشورهای تولیدکننده تحقیقات به‌زراعی آن، توجه متخصصین را به خود جلب‌کرده است.

در این آزمایش سعی بر آن بود تا برخی از راه‌کارهای تأمین رطوبت خاک را مورد ارزیابی قرارداده و تأثیر آن‌ها در حفظ رطوبت خاک و متعاقباً عملکرد نخود مشخص شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۶دقیقه تا ۳۵درجه و ۱۵دقیقه عرض شمالی و ۴۵درجه و۲۴دقیقه تا ۴۸درجه و ۳۰دقیقه طول خاوری از نصف النهار گرینویچ، با ارتفاع ۱۳۱۹متر از سطح دریا ومتوسط بارندگی ۴۵۰ تا ۴۸۰میلی‌متر به‌اجرا در آمد. وضعیت هواشناسی سال اجرای آزمایش به تفکیک ماه در جدول ۱ (ایستگاه هواشناسی کرمانشاه) و وضعیت خاک محل اجرای آزمایش از نظر فیزیکی و شیمیایی در جدول ۲ آمده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی تیمارهای حفظ رطوبت (شاهد بدون هیچ عامل تأمین و حفظ رطوبت، مالچ کلش ذرت به‌میزان یک‌کیلوگرم در متر مربع، مالچ کلش گندم به میزان یک‌کیلوگرم در متر مربع، کود دامی پوسیده به میزان ۳کیلوگرم درمترمربع ، مالچ خاکی استفاده از پنجه‌غازی جهت قطع لوله‌های موئین و آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف‌بندی گیاه) بودند. کرت‌های فرعی شامل عمق کاشت (۴، ۸ و۱۲سانتی‌متر) بودند. آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف‌بندی که حساس‌ترین مرحله تنش رطوبتی در نخود در مرحله نیام‌بندی و شروع پُرشدن دانه می‌باشد، انجام شد. عملیات تهیه بستر کرت‌های آزمایشی به‌طور یکسان، با توزیع مقدار ۱۰۰کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۵۰کیلوگرم اوره شروع شد. به کمک فاروئر مخصوص غلات (دارای شیاربازکن به ارتفاع ۲۵سانتی‌متر) پشته‌هایی به‌فاصله ۲۵سانتی‌متر از هم‌دیگر ایجاد شدند. هر واحد آزمایشی، شامل ۶خط کاشت به طول ۳متر بود. بین واحدهای آزمایشی درون هر تکرار، دو پشته به‌صورت نکاشت، برای خنثی‌کردن اثر فاکتور آزمایشی، درنظرگرفته شد. روی پشته‌ها با فاصله ۱۰سانتی‌متر از یکدیگر، دوعدد بذر نخود به اعماق ۴، ۸، ۱۲سانتی‌متر با ایجاد سوراخ‌هایی با میله مدرج در تاریخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۲ کاشت شدند. درنهایت تراکم بوته

۴۰بوته در مترمربع به‌دست آمد. عملیات داشت برای همه واحدهای آزمایشی شامل مبارزه با علف‌های‌هرز (وجین دستی)، تنک‌کردن بوته‌های اضافه (برش از سطح خاک)، به‌طور یکسان انجام گردید. تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف‌بندی در یک نوبت صورت گرفت. بررسی رطوبت خاک در مراحل اولیه رشد، به‌دلیل یکسان‌بودن تیمارها در عمق‌های کاشت در کرت‌های اصلی میان مالچها و در مرحله غلاف‌بندی با افزایش توسعه ریشه از تمامی تیمارها انجام شد. جهت برآورد میزان رطوبت خاک، نمونه‌برداری توسط اوگر در عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰سانتی‌متری از سطح خاک در مراحل رشد (شروع رشد طولی، گلدهی، غلاف‌دهی و پُرشدن دانه) صورت گرفت. نمونه‌ها بلافاصله در پلاستیک‌های دربسته به آزمایشگاه منتقل و توزین شدند و بعد از محاسبه وزن تر، نمونه‌ها ۴۸ساعت در آون ۱۲۰درجه خشک و مجدداً وزن شدند و با استفاده از رابطه درصد رطوبت‌وزنی، درصد رطوبت خاک محاسبه شد. میزان عملکرد دانه در مترمربع نیز با برداشت دو مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه محاسبه شد. بیوماس کل نیز از حاصل‌جمع عملکرد دانه به همراه وزن خشک بوته به‌دست آمد. تجزیه داده‌ها با نرم افزار SAS و MSTAT-C انجام شد. میانگین‌ها بااستفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد مقایسه شدند.

جدول ۱- وضعیت هواشناسی محل اجرای آزمایش به تفکیک ماه در سال زراعی ۹۱-۹۰

Table 1. Average weather conditions during the seasons from 2012-2013 at Kermanshah, Iran

ماه Month	مهر Oct	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar	فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul	مرداد Aug	شهریور Sep
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	0.0	131	0.8	10.4	68.2	34.3	35.6	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average Temperature (°C)	18.7	10.6	3.1	4.4	3.0	4.4	11.9	17.8	23.9	27.0	29.0	25.5
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Maximum Temperature(°C)	32.4	24.6	18.8	15.8	14.9	22	19.2	26.5	33.7	36.9	39.0	36.0
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	2.5	-1.9	-7.8	-9.0	-11.2	-11.2	4.7	9.3	14.2	17.0	19.0	15.0
تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)	205.3	57.5	0.2	-	-	-	82.2	120.5	304.6	361.2	367.8	284.6

جدول ۲- وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil in field

خصوصیات خاک Characteristics	عمق خاک(سانتی‌متر) Soil depth (cm)	
	0-30	30-60
Sand (2-0.05 mm) (%) شن(درصد)	7.0	6.4
Silt (0.05-0.002 mm) (%) سیلت(درصد)	44.0	42.5
Clay (< 0.002 mm) (%) رس(درصد)	49.0	51.1
pH اسیدیته	7.8	7.7
Organic matter (%) مواد آلی(درصد)	1.0	0.5
Total nitrogen (%) نیتروژن کل(درصد)	0.11	0.09
Available phosphorus (mg kg^{-1}) فسفر	10.1	8.3
Exchangeable potassium (mg kg^{-1}) پتاسیم	280.0	303.7

نمونه‌برداری جهت آزمایش خاک قبل از کشت انجام شد

Soil was sampled before sowing

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها نشان داد که در مرحله غلاف‌بندی از نظر رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری اثر مالچ بر رطوبت خاک معنی‌دار شد و همین‌طور در عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری خاک نیز بین عمق‌های مختلف کاشت، انواع مالچها و بین اثرات متقابل مالچ در عمق کاشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری خاک در مرحله غلاف‌بندی تیمارهای مختلف

به‌ترتیب مالچ کود دامی، کلش گندم، مالچ خاکی، کلش ذرت و شاهد (بدون مالچ) روند کاهشی در درصد رطوبت خاک را نشان دادند (جدول ۴). کاهش درصد رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری در تیمار بدون مالچ نسبت به سایر تیمارها در جدول ۴ مشخص شده است. در عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری خاک تیمارهای مختلف مالچ کود دامی، کلش گندم، مالچ خاکی، کلش ذرت و شاهد (بدون مالچ) به‌ترتیب با ۱۵/۴۶، ۱۵/۰۱، ۱۴/۰۹، ۱۳/۷۲، ۱۱/۱۵درصد رطوبت خاک، روند کاهشی نشان دادند (جدول ۴). به‌طور طبیعی با اعمال آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف‌بندی این تیمار بیشترین میزان رطوبت خاک را نسبت به سایر تیمارها در هر دو عمق نمونه‌برداری داشت. در بین عمق‌های مختلف کاشت نیز عمق ۱۲سانتی‌متر با میانگین ۱۴/۱۳درصد نسبت به عمق ۸سانتی‌متر با میانگین ۱۵/۱ و عمق ۴ سانتی‌متر با ۱۴/۹۳درصد رطوبت بیشتری را به خود اختصاص داد، به‌طوری که در عمق کاشت پایین‌تر بذر، درصد رطوبت برداشتی از عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌مترخاک افزایش داشت (جدول ۴). بررسی اثرات متقابل انواع مالچ تحت تأثیر عمق‌های مختلف کاشت در زمان غلاف‌بندی نشان داد که میزان برداشت رطوبت خاک از عمق کاشت ۱۲ سانتی‌متر بیشتر بوده است (شکل ۱).

باتوجه به نتایج حاصل در مراحل رشد طولی گیاه نخود و گلدهی در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری خاک اختلاف معنی‌داری از نظر رطوبت در بین تیمارها وجود نداشت. در مراحل غلاف‌بندی و پُرشدن دانه در عمق ۰ تا ۳۰سانتی‌متری خاک روند کاهش رطوبت خاک در تیمار مالچ کود دامی کندتر بوده و نسبت به سایر مالچ‌ها در این مراحل رطوبت بیشتری را داشت. بعد از آن مالچ کلش گندم روند کندتری داشت (جدول ۵). روند کاهش رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در کلیه تیمارهای مالچی دیگر نسبت به تیمار شاهد کندتر بود. به‌نظر می‌رسد، باتوجه به نتایج تیمارهای مالچ به‌عنوان عامل ذخیره رطوبت خاک در مقایسه با تیمار شاهد نقش بسیار مؤثری داشتند. در مواردی‌که در شرایط دیم بقایا به‌صورت ۱۰۰درصد به‌کار برده شود، با حفظ رطوبت و ایجاد نفوذپذیری مناسب باعث می‌گردد که گیاه بتواند حداکثر بهرهٔ لازم را از رطوبت کسب نماید (Potter *et al.*, 1995). Greb (1966) گزارش کرد که میزان یک‌تن در هکتار بقایا (در مقایسه با تیمار بدون بقایا) قادر خواهد بود که ۳۰درصد از سطح خاک را بپوشاند و به میزان ۱۶درصد از دست‌رفتن آب را به‌دلیل کاهش تعرق ناشی از انعکاس نور خورشید کاهش دهد.

در تمامی مراحل چهارگانه نمونه‌برداری (رشد طولی، گلدهی، غلاف‌دهی و پُرشدن دانه) در عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری خاک اختلاف بسیار معنی‌داری ($p<0/01$) در بین تیمارها مشاهده گردید (جدول ۵). تیمار مالچ کود دامی در مرحله رشد طولی با میانگین ۲۰/۸۱درصد بیشترین میزان رطوبت خاک را داشت و بعد از آن به‌ترتیب مالچ کلش گندم، مالچ خاکی، مالچ کلش ذرت، شاهد و آبیاری تکمیلی (هنوز اعمال نشده بوده است) در مرتبه‌های بعدی قرارگرفتند (جدول ۵). در مرحله گلدهی نیز بیشترین میزان رطوبت خاک در تیمار مالچ کود دامی مشاهده شد و میزان تبخیر آب کمتر از سایر تیمارها و روند کاهش رطوبت خاک با اعمال مالچ کوددامی کندتر از سایر تیمارها بود. بقیه تیمارهای مالچ در یک طبقه بوده و شاهد (بدون مالچ) با کمترین میزان رطوبت حفظ‌شده در گروه جداگانه‌ای طبقه‌بندی می‌شود. نتایج حاصل در مرحله غلاف‌بندی به تفکیک تمامی تیمارها پیش‌تر توضیح‌داده شد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت با اعمال تیمار آبیاری‌تکمیلی در مرحله غلاف‌بندی به‌طور طبیعی روند کاهشی این تیمار برهم‌خورده و مالچ کود دامی در بین تیمارهای مالچی نیز از نظر رطوبت برتری داشت و روند کاهش رطوبت در آن کندتر بود. شاهد در این مرحله به‌شدت کاهش رطوبت را در مقایسه با سایر تیمارهای مالچ نشان داد (شکل ۲). در مرحلهٔ رسیدگی گیاه در نمونه‌گیری از عمق ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری تیمار آبیاری تکمیلی، همچنان بیشترین میزان رطوبت را داشت و سایر تیمارهای مالچی شامل مالچ کود دامی، مالچ کلش گندم، مالچ خاکی و مالچ کلش ذرت در یک طبقه قرار گرفتند و شاهد با ۸/۵۹درصد کمترین میزان رطوبت را داشت (جدول ۵). Price *et al*, (1998) نیز حفظ آب در خاک و کاهش دمای خاک را در نتیجهٔ استفاده از مالچ گزارش کردند. افزایش رطوبت خاک در حضور مالچ توسط Rahman *et al*, (2005) و Bilalis *et al*, (2003) نیز گزارش شده است. محتوای آب بیشتر خاک و کاهش تبخیر که توسط مالچ‌ها حاصل می‌شود، از دلایل عمده افزایش جوانه‌زنی، سبزشدن و رشد گیاهچه‌ها هستند (Malhi *et al*., 2006). مالچ‌های کلشی و بقایای گیاهی به‌علت از بین‌بردن اثر برخورد قطره‌های باران با خاک، نفوذپذیری را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهند و به‌دنبال آن میزان رطوبت خاک را بالا می‌برند. (Fristchi, 2005). Zhang & Sun (2007) نیز با آزمایشی بر روی گندم گزارش کردند که استفاده از مالچ کاه میزان تبخیر از سطح خاک را ۱۹درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش‌داده است. باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها از نظر عملکرد دانه بین انواع مالچ‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). عملکرد دانه به‌ترتیب در مالچ کلش گندم ۳۰درصد، مالچ کود دامی ۱۸درصد، مالچ کلش ذرت ۱۶درصد

و مالچ خاکی ۱۲درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. عملکرد دانه در انواع مالچ‌ها به‌ترتیب در مالچ کلش گندم ۳۱درصد، مالچ کود دامی۳۷درصد، مالچ کلش ذرت ۳۸درصد و مالچ خاکی ۴۰درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی کاهش داشت. از نظر بیوماس کل تیمارهای مختلف مالچ کلش گندم، کود دامی، مالچ خاکی، کلش ذرت و شاهد (بدون مالچ) به‌ترتیب با میانگین‌های ۷۳۲/۷۲، ۶۶۱/۸۹، ۶۲۴/۳۶، ۶۲۳/۶۴ و ۵۹۱/۳۱گرم در متر مربع در یک گروه قرار گرفتند. باوجود قرارگیری میانگین‌ها در آزمون دانکن در یک طبقه اختلاف بین عملکرد بیولوژیک مالچ کلش گندم و شاهد قابل‌توجه است (جدول ۵). در بین عمق‌های مختلف کاشت عمق ۱۲سانتی‌متر با میانگین ۷۷۴/۰۲گرم درمترمربع نسبت به عمق ۸سانتی‌متر با ۶۹۹/۸۵ و ۴سانتی‌متر با ۶۳۹/۶۲گرم بیوماس بیشتری را به‌خود اختصاص داد، به‌طوری‌که با افزایش عمق کاشت، میزان بیوماس کل تولیدی افزایش داشت (جدول ۵). تیمارهای مختلف مالچ کلش گندم، کود دامی، کلش ذرت و مالچ خاکی به‌ترتیب در یک گروه قرار گرفتند. باوجود پایین‌تربودن عملکرد آن‌ها نسبت به آبیاری تکمیلی تمامی این تیمارهای مالچی نسبت به شاهد (بدون مالچ) عملکرد بیشتری را به خود اختصاص دادند و تیمار شاهد با میانگین ۲۸۲/۸گرم در مترمربع، کمترین عملکرد را تولید نمود (جدول۴). باتوجه به نتایج حاصل از آزمایش اخیر، اعمال تیمارهای مالچ در جلوگیری از کاهش رطوبت اثرگذار بود و در نتیجه عملکرد دانه تیمارها نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب تیمار آبیاری تکمیلی ۸۸درصد، مالچ کلش گندم۳۰درصد، مالچ کود دامی۱۸درصد، مالچ کلش ذرت ۱۶درصد و مالچ خاکی ۱۲درصد سبب افزایش عملکرد نخود دیم شدند. بیشتر گزارش‌ها مؤید آن است که عملکرد گیاهان به‌علت استفاده از مالچ در مقایسه با خاک بدون مالچ، افزایش‌یافته است و غالب مواد مالچی در افزایش عملکرد مؤثر بوده‌اند (Bruce *et al*., 2006; Zhang & Sun, 2007). اگر چه Maskina *et al*, (1993) گزارش کردند که افزایش عملکرد در واحد سطح در اثر استفاده از مالچ عموماً زیاد نبوده که با نتایج حاصل مغایر است، این‌گونه نتایج متفاوت شاید به‌دلیل تفاوت در شرایط اقلیمی خصوصاً درجه‌حرارت محیط باشد، ولی برخی از پژوهشگران آن را قابل‌توجه دانستند. بیشتر گزارش‌ها مؤید این‌است‌که عملکرد گیاهان به‌علت استفاده از مالچ در مقایسه با خاک بدون مالچ، افزایش‌یافته و غالب مواد مالچی در افزایش عملکرد مؤثر بوده‌اند (Bruce *et al*., 2006). Bahrani *et al*, (2006) نیز بیان‌داشتند که عملکرد دانه ذرت با نگه‌داشتن بقایای گندم تا ۵۰درصد بقایا افزایش‌یافته است. افزایش عملکرد در سیستم مالچ می‌تواند در نتیجهٔه نگه‌داشتن رطوبت کافی که باعث افزایش فعالیت میکروبی، افزایش تحرک مواد غذایی و استفاده بهتر محصول برای رشد مطلوب‌تر می‌شود، باشد (Schonbeck & Evanylo, 1998 ; *et al*., Dahiya 2007).

جدول ۳- تجزیه واریانس رطوبت خاک در زمان غلاف‌بندی تحت تأثیر انواع مالچ و عمق‌های کاشت (میانگین مربعات)

Table 3. Analysis of variance of soil moisture during poding time and depth of sowing affected mulch types (mean-square)

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	رطوبت خاک Soil moisture عمق خاک Soil depth 0-30	30-60	بیوماس کل Total biomass	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Repeat	2	1.48^{ns}	8.49 ^{ns}	80111^{ns}	27655^{ns}
انواع مالچ Mulch types	5	79.07**	57.97**	20096**	71117**
خطا Error	10	1.45	2.29	26726	8319
عمق کاشت Planting depth	2	0.26 ^{ns}	4.82**	81576**	29959**
اثرات متقابل مالچ در عمق کاشت Mulch × Planting depth	10	0.20^{ns}	0.82*	8154 ^{ns}	1857 ^{ns}
خطا Error	24	0.23	0.34	3927	837
ضریب تغییرات(%) CV	-	3.66	4.01	8.89	8.03

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵درصد (آزمون دانکن)

ns, * and ** : Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین رطوبت خاک در زمان غلاف‌بندی تحت تأثیر انواع مالچ و عمق‌های کاشت

Table 4. Comparison of mean soil moisture in poding time and depth of sowing affected mulch types

تیمارها Treatments	رطوبت در زمان غلاف‌بندی (درصد) Moisture in podding time (%)		بیوماس کل (گرم درمترمربع) Total biomass (g/m²)	عملکرد دانه (گرم درمترمربع) Grain yield (g/m²)
	عمق خاک (سانتی‌متر) Depth soil (cm)			
	0-30	30-60		
انواع مالچ Mulch types				
شاهد(بدون مالچ) Control (no mulch)	9.65^{e}	11.15^{d}	591.31^{b}	282.88^{c}
مالچ کلش گندم Wheat straw mulch	13.27^{bc}	15.01^{bc}	732.72^{b}	367.21^{b}
مالچ خاکی Soil mulch	12.32^{cd}	14.09^{bc}	624.36^{b}	318.01^{b}
مالچ کود دامی Farmyard manure mulch	14.31^{b}	15.461^{b}	661.89^{b}	332.48^{b}
مالچ کلش ذرت Corn stubble mulch	11.41^{d}	13.72^{c}	623.64^{b}	328.18^{b}
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	18.31^{a}	18.89^{a}	993.06^{a}	533.14^{a}
عمق کاشت (سانتی‌متر) Planting depth (cm)				
4	13.07^{a}	14.93^{a}	639.62^{c}	321.46^{c}
8	13.25^{a}	15.10^{a}	699.85^{b}	356.67^{b}
12	13.31^{a}	14.13^{b}	774.02^{a}	402.81^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Within each column, mean followed by a different letter are significantly different at 5% level (DMRT).

جدول ۵- نتایج حاصل از تجزیه وتحلیل داده‌های رطوبت خاک در مراحل مختلف رشدی نخود تحت تأثیر انواع مالچ

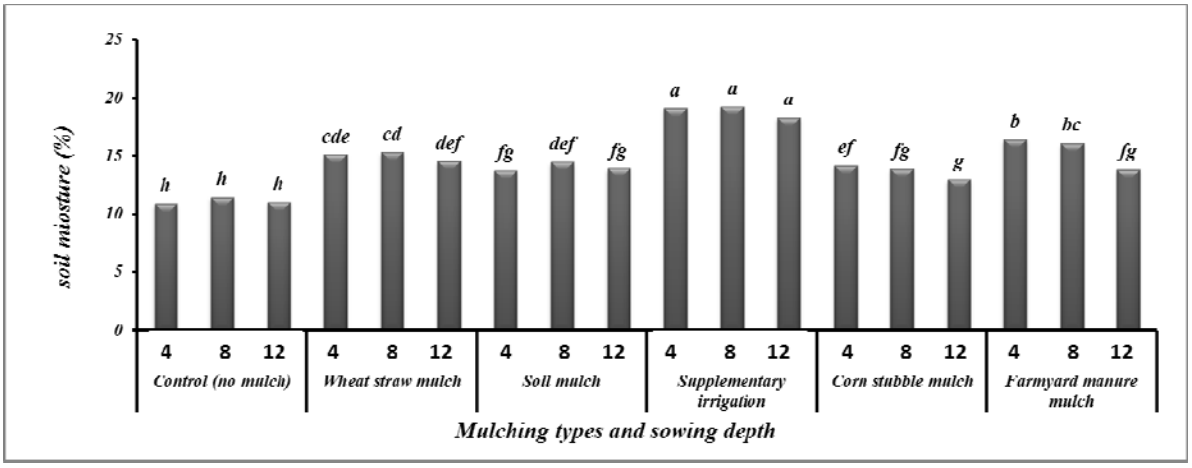
Table 5. The results of the analysis of the soil moisture data at different growth stages of chickpea under mulching types

تیمارها Treatments	رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد (درصد) Soil moisture at different stages (%)							
	شروع رشد طولی Vegetative growth		گلدهی Flowering		غلاف‌بندی Pod development		پُرشدن دانه Grain filling	
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
شاهد(بدون مالچ) Control (no mulch)	16.5^{a}	18.45^{d}	12.86^{a}	15.37^{c}	9.73^{e}	11.48^{d}	7.58^{d}	8.59^{c}
مالچ کلش گندم Wheat straw mulch	15.98^{a}	19.33^{cd}	15.32^{a}	16.83^{b}	13.26^{bc}	15.33^{bc}	10.1^{c}	12.13^{b}
مالچ خاکی Soil mulch	17.56^{a}	19.63^{bc}	14.87^{a}	16.98^{b}	12.22^{cd}	14.52^{c}	9.85^{c}	12.06^{b}
مالچ کود دامی Farmyard manure mulch	17.92^{a}	20.81^{a}	16.19^{a}	18.59^{a}	14.28^{b}	16.1^{b}	11.56^{b}	12.89^{b}
مالچ کلش ذرت Corn stubble mulch	17.18^{a}	18.87^{d}	14.61^{a}	16.16^{bc}	11.5^{d}	13.92^{c}	9.89^{c}	12.31^{b}
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	16.34^{a}	18.9^{d}	14.^{a}	16.71^{bc}	18.54^{a}	19.24^{a}	14.75^{a}	15.83^{a}
اختلاف معنی‌دار P- value	1.71^{ns}	3.69**	3.84^{ns}	3.42**	27.35**	19.83**	17.14**	15.99**

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵درصد (آزمون دانکن). حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

ns, * and ** : Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Within each column, mean followed by a different letter are significantly different at 5% level (DMRT)



شکل ۱– رطوبت خاک در زمان غلاف‌بندی تحت تأثیر اثرات متقابل انواع مالچ و عمق‌های کاشت

Fig. 1. Effect of mulch treatments in planting depth on soil moisture at the poding time

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی باتوجه به نتایج حاصل می‌توان گفت در تیمارهای مالچ روند کاهش رطوبت خاک نسبت به تیمار شاهد کندتر بود. در بین مالچ‌ها نیز مالچ کود دامی قابلیت بیشتری از خود در حفظ رطوبت نشان داد. بعد از آن مالچ کلشِ گندم نسبت مالچ خاکی (اعمال پنجه‌غازی جهت قطع لوله‌های موئین) و کلش ذرت قابلیت بیشتری داشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد در مناطقی که امکان آبیاری تکمیلی وجود دارد، استفاده از این تیمار کارآیی بالاتری نسبت به کاربرد مالچ در تأمین رطوبت لازم برای گیاه دارد. کاشت عمیق‌تر بذر (۱۲سانتی‌متری) سبب تخلیه رطوبتی بیشتری از اعماق شد که احتمالاً صرف تعرق گیاه می‌شود و در بیوماس نقش دارد. تحت شرایط معمول، افزایش سهم تعرق از میزان تبخیر و تعرق انجام‌شده در مزرعه، از اهداف عمده مدیریت زراعی کارآمد می‌باشد. به‌عبارت دیگر، هرچه سهم تعرق یا کارآیی‌تعرق (میزان عملکرد دانه به‌ازای آب مصرف‌شده به‌وسیله گیاه از طریق تعرق) افزایش یابد، به‌همان نسبت پتانسیل تولید مادهٔ خشک و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد باتوجه به نتایج حاصل، جهت نیل به این هدف، استفاده از مالچ می‌تواند گزینه مناسبی باشد. اعمال تیمارهای مالچی نظیر مالچ کلشی و مالچ کود دامی و یا حتی قطع لوله‌های موئین توسط مالچ خاکی می‌تواند در کاهش تلفات رطوبت مؤثربوده و در افزایش عملکرد محصول کمک کند. درصورت داشتن آب، در مواقع مورد نیاز، انجام آبیاری‌تکمیلی کارآیی بیشتری نسبت به مالچ داشته و سبب جهش چشمگیری در منحنی عملکرد می‌شود.

منابع

1. Aggarwal, P., Bhardmaj, S.P., and Khullar, A.K. 1992. Appropriate tillage systems for rainfed wheat in Doon valley. Annals of Agricultural Research 13: 116-173.
2. Bahrani, M.J., Raufat, M.H., and Ghaderi, H. 2006. Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. Soil and Tillage Research 94: 305-309.
3. Bilalis, D., Sidiras, N., Economou, A., and Vakali, C. 2003. Effect of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in *Vicia faba* crops. Journal of Agronomy and Crop Science 189: 233-241.
4. Bruce, A.L., Brouder, S.M., and Hill, J.E. 2006. Winter straw and water management: effects on soil nitrogen dynamics in California rice systems. Reproduced from Agronomy Journal 98: 1050-1059
5. Dahiya, R., Ingwersen, J., and Streck, T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. Soil and Tillage Research 96(1-2): 52-63.
6. Fristchi, F.B., Roberts, B.A., Rains D.W., Travis, R.L., and Hutmacher, R.B. 2005. Nitrogen recovery from 15N-labeled incorporated cotton residues and recovery of residual fertilizer N by Acala and Pima cotton. Soil Science Society of America Journal 69: 718-728.

7. Fristchi, F.B., Roberts, B.A., Rains D.W., Travis, R.L., and Hutmacher, R.B. 2005. Recovery of residual fertilizer-N and cotton residue-N by Acala and Pima cotton. Soil Science Society of America Journal 69: 718-728.
8. Greb, B.W. 1966. Effect of surface-applied barley straw on soil water losses by solar distillation. Soil Science Society of America Proceedings 30: 786-788.
9. Jalota, S.K. 1993. Evaporation through soil mulch in relation to characteristics and evaporability. Australian Journal of Soil Research 31: 131-136.
10. Malhi, S.S., Lemke, R., Wang, Z.H., and Chhabra, S. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emission. Soil Tillage Research 90: 171-183.
11. Maskina, M.S., Power, J.F., Dorani, J.W., and Wilhelm, W.W. 1993. Residual effects of no-tillage residues on corn yield and nitrogen uptake. Soil Science Society of America Journal 57: 1555-1560.
12. Monzon, J.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H. 2006. Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. Filed Crops Research 98(2-3): 83-90.
13. Opara, O., Salau, O., and Swennen, R. 1992. Response of plantain to mulch on a tropical ultisol: Part II. Effect of different mulching materials on soil hydrological properties. International Agrophysics 6: 3-4.
14. Pawar, H.K. 1990. Use of plastic as mulch in scheduling of irrigation to ginger in semiarid climate. Proceeding of the 11th International Congress on the Use of Plastics in Agriculture, New Delhi India, P: 1090-1099.
15. Potter, K., Torbert, H., and Morrison, T. 1995. Tillage and residue effect on infiltration and sediment losses on verti soils. Transactions of the ASAE 38(5): 1413-1419.
16. Price, J.L., Rochefort, F., and Quin, C. 1998. Energy and moisture considerations on cutover peatlands: surface microtopography, mulch cover and Sphagnum regeneration. Ecological Engineering 10: 293-312.
17. Rahman, A.M., Chikushi, J., Saifizzaman, M., and Lauren, J.G. 2005. Rice straw mulching and nitrogen of no-till wheat following rice in Bangladesh. Field Crops Research 91: 71-81.
18. Schillinger, W.F., and Young, D.L. 2004. Cropping systems research in the world's driest rainfed wheat region. Agronomy Journal 96: 1182-1187.
19. Schonbeck, W.M., and Evanylo, G.K. 1998. Effects of mulches on soil properties and tomato production I. Soil temperature, soil moisture and marketable yield. Journal of Sustainable Agriculture 13: 55-81.
20. Seneviratne, S.I., Luthi, D., Litschi, M., and Schar, C. 2006. Land- atmosphere coupling and climate change in Europe. Nature 443: 205-209.
21. Sloan, R.J., Patterson, R.P., and Carter, T.E. 1990. Field drought tolerance of soybean plant introduction. Crop Science 30: 118-123.
22. Unger, P.W. 1994. Residue management for winter barley and grain sorghum, production with limited irrigation. Soil Science Society of America Journal 58: 537-542.
23. Wilhelm, W.W., Johnson, J.M.F., Hatfield, J.L., and Linden D.R. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal. Agronomy Journal 96: 1-17.
24. Zhang, C., and Sun, P. 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. Annals of Applied Biology 150(3): 261-268.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 135-144

Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rainfed farming

Fetri[1*], M., Ghobadi[2], M.E., Ghobadi[2], M. & Mohammadi[3], G.

1. Former MSc. Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2, 3. Assistant & Associate Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 28 December 2014
Accepted: 25 April 2015

Introduction

In dry areas, water is the limiting factor in improving agricultural production. Saving the annual precipitation in the soil is very effective in dryland farming. The amount of rainfall that infiltrates the soil depends on the amount of soil permeability and runoff. The surface remains will be able to better permeable prevent runoff and raindrops and reduce erosion. In addition, evaporation can be reduced about 40 to 70 percent and this water is available for plants. Moreover, mulch keeps sufficient moisture to increase the microbial activity, rise mobility and better food for plant growth. Therefore, various tools and techniques should be used in rain-fed conditions to reduce risk of water losing and create sustainable performance. In this work, some types of mulch and their impact on soil moisture and yield of chickpea are evaluated in dryland conditions.

Materials & Methods

This experiment was carried out on chickpea (var. ILC481) as a split plot in a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the research farm of Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran during 2011-2012. The main plot treatments were moisture retention, including control without mulch, corn, straw mulch (1 kg/m^2) wheat straw mulch (1 kg/m^2), farmyard manure mulch (3 kg/m^2), soil, mulch (using the sweep to cut pipes capillary) and supplemental irrigation at podding stage (to compare with the ideal condition). The sub plots were sowing depth 4, 8 and 12 cm. The annual rainfall was 305.5 mm during the studied year and soil texture was clay. Each plot consists of 6 planting lines with length of 3 meters. Sowing date was done on 16 October 2011. Plant density was 40 plants per square meter with 25 cm between row spacing and 10 cm in the rows. In this work, measured traits were included soil moisture at different growth stages (vegetative stage, flowering, pod and grain filling) at depths of 0-30 and 30-60 cm, grain yield and biomass. In order to estimate soil moisture content, sampling was conducted by auger. Data were analyzed using the SAS and MSTATC softwares and the means were compared using the Duncan test at the 5% level.

Results & Discussion

Results showed that there are significant differences at podding stage (depth 0-30 cm) between different types of mulch and between sowing depth (30-60 cm), different mulching types and also the interaction between mulch and sowing depth. Soil moisture (depth of 30-60 cm) was significant for all treatments (mulching and sowing depths) and for different growth stages, including vegetative growth, flowering, podding and maturity stages. The mulches which could preserve the highest percent of soil moisture were farmyard manure mulch, wheat straw mulch, soil mulch and corn straw mulch, respectively. The lowest soil moisture content (average depths of 0-30 and 30-60 cm) was obtained under no mulch condition and at reproductive phase, flowering, podding and

* **Corresponding Author:** moslemfetri@yahoo.com, Mobile: +98 9183124450

grain filling (8.0, 10.6, 14.1 and 17.4 percent, respectively) and the maximum soil moisture content for farmyard manure mulch were 12.2, 15.1, 17.3 and 19.3 percent, respectively. Sowing depth of 12 cm decreased the more moisture from depth 30-60 cm. Grain yield increased under wheat straw mulch (30%), manure mulch (18%), corn straw mulch (16%), and soil mulch (12%) compared to the control (non-mulching), respectively. Grain yield reduced under wheat straw mulch (31%), manure mulch (37%), corn straw mulch (38%) and soil mulch (40%) compared to supplemental irrigation, respectively.

Conclusion

The results revealed that under mulch treatments the soil moisture trends were slower compared to treatments without mulch. Farmyard manure mulch indicated the highest ability to retain moisture and after that wheat straw and corn stubble mulch demonstrated the highest ability to retain the moisture. Thus, it seems that in areas that there is the possibility of supplementary irrigation, use of these treatments will provide more moisture for plants. Furthermore, a deeper planting seed (12 cm) causes moisture depletion from greater depths. According to the results, it seems that the use of deeper sowing depth and mulching can be an appropriate technique for dryland condition.

Key words: Chickpea, Moisture retention, Mulching, Sowing depth

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۶۰-۱۴۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 145-160

بررسی صفات مهم مورفولوژیکی و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medic) تحت سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ

فرشته دارابی[1*]، علی حاتمی[2]، محمدجواد زارع[2] و رحیم ناصری[1]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد دانه عدس رقم زیبا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سایه‌اندازی با سطوح عدم سایه (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه و بیوپرایمینگ (پیش‌تیمار بذر) با سطوح تلقیح با باکتری آزسپریلیوم (*Azospirillum brasilense*) و عدم تلقیح بود. نتایج نشان داد با افزایش سایه‌اندازی و حضور باکتری آزسپریلیوم بر ارتفاع بوته و تعداد کل گره ریشه افزوده شد؛ به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته (۴۴سانتی‌متر) و کل گره ریشه (۱۱/۳گره) در تیمار ۱۰۰درصد سایه‌اندازی و تلقیح با آزسپریلیوم مشاهده شد. در این پژوهش تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد گل در بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، تعداد گره فعال ریشه و عملکرد دانه با افزایش سایه‌اندازی و عدم تلقیح با باکتری آزسپریلیوم کاهش معنی‌داری از خود نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در بوته (۹۱برگ)، تعداد شاخه در بوته (۱۵/۳شاخه)، تعداد گل در بوته (۶۵گل)، وزن خشک برگ (۱/۶گرم)، وزن خشک ساقه (۲/۲گرم)، تعداد گره فعال ریشه (۱۶/۶ گره) و عملکرد دانه (۲۹۹۴کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم سایه‌اندازی و تلقیح با آزسپریلیوم مشاهده شد. در این آزمایش نشان داده شد که باکتری آزسپریلیوم روی عدس اثر مثبت داشته است و در حضور این باکتری صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه از وضعیت بهتری برخوردار بودند. حضور باکتری آزسپریلیوم با گیاه عدس موجب گردید که بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از حضور سایه جبران گردد.

واژه‌های کلیدی: آزسپریلیوم، تعداد شاخه، ریشه، ساقه

مقدمه

بقولات دانه‌ای ازجمله عدس (*Lens culinaris* Medik.) منبع عمده پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده و نقش مهمی در حاصلخیزی خاک، کاهش شیوع علف‌های‌هرز، بیماری‌ها و آفات در تناوب با محصولات زراعی ایفا می‌کنند (Maleki *et al.*, 2011). رشد گیاه دربرگیرنده مجموعه‌هایی از فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که این فرآیندها اثرات متقابل با یکدیگر برقرار نموده و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله نور قرار می‌گیرد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 1997). تغییر در سطوح تشعشع نوری، فتوپریود و سایر عوامل محیطی می‌تواند توزیع ماده خشک در قسمت‌های مختلف گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Raven, 2005). کاهش مواد ذخیره‌ای ناشی از سایه‌اندازی در اوایل دوره پُرشدن دانه عملکرد نهایی را در پایان دوره پُرشدن آن محدود می‌کند، حتی اگر سایه در دوره باقیمانده حذف شود (Kobata *et al.*, 2000). سازگاری مورفولوژیکی گیاهان به کمبود نور یک استراتژی سازگاری برای جبران فتوسنتز کمتر در واحد سطح برگ است. از جمله پاسخ‌های تطبیقی گیاه به تابش کم، افزایش طول ساقه می‌باشد (Corre, 1983). در مطالعات Hadi *et al*, (2006) افزایش سطوح سایه موجب افزایش رشد بخش‌های هوایی به دلیل دوام بیشتر دوره رشد رویشی و افزایش نسبت رشد ساقه به ریشه شد، درحالی‌که گیاهان قرار گرفته در نور کامل خورشید بسیار متراکم‌تر و حجیم‌تر شدند و تراکم ریشه‌ای بالاتری را بدست آوردند.

* **نویسنده مسئول**: ایلام، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، صندوق پستی: ۵۱۶-۶۹۳۱۵، همراه: ۰۹۱۹۷۰۳۹۶۹۸، m.darabi8161@yahoo.com

مطالعات Hebert *et al*, (2001) نشان داد که کاهش در مقدار نور قابل‌دسترس برای گیاه از طریق سایه‌اندازی، بیوماس ریشه‌های نابجا در گیاه ذرت را بیشتر از تعداد ریشه‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد و با توجه به این نتیجه مشخص می‌شود که سیستم ریشه اولیه با کاهش مواد پرورده چندان تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد و این مسئله می‌تواند از سازگاری ویژه گیاه در ارتباط با تعداد ریشه ناشی شود، به این ترتیب که ابتدا تعداد ریشه بیشتری تشکیل می‌شود و سپس ریشه‌های جانبی منظمی به‌وجود می‌آیند و در افزایش ظرفیت جذب آب و عناصر مشارکت می‌کنند. تغییرات در تعداد و وزن سیستم ریشه‌ای به کاهش ویژه‌ای در وزن ریشه‌های اولیه منجر می‌شود، پدیده‌ای که می‌تواند سایر تفاوت‌های مورفولوژیک مانند کاهش در ابعاد، تولید ریشه‌های جانبی کمتر و کاهش میزان طویل‌شدن محورهای ریشه‌ای را نیز به‌دنبال داشته باشد (Hebert *et al*., 2001). میزان نور در طی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه، سطح برگ و شکل آن را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و در واقع، برگ‌های در معرض سایه سطح بیشتری نسبت به برگ‌های در معرض نور نشان می‌دهند، ولی برگ‌های تحت نور ضخیم‌تر هستند (لایه‌های بیشتری از سلول‌های پالیساد مزوفیلی دارند). همچنین، این برگ‌ها وزن بیشتری را به‌ازای هر واحد سطح برگ دارند (Fails *et al*., 1982). در بررسی‌های Wadud *et al*, (2002) تعداد برگ تحت تأثیر سطوح مختلف سایه کاهش یافت. در بررسی‌های Bell *et al*, (1999) گیاهان رشدیافته در سایه، ساقه‌های بلندتر و نازک‌تر و شاخ و برگ کمتری نسبت به گیاهان واقع در نور کامل خورشید تولید کردند. در حال‌حاضر، کودهای زیستی (باکتری‌های افزاینده رشد) جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح می‌باشند (Azadi *et al*., 2013). از جمله باکتری‌های افزاینده رشد می‌توان به ازتوباکتر، آزسپریلیوم و سودوموناس اشاره نمود (Soleymanifard *et al*., 2014). باکتری‌های افزاینده رشد، گروهی از باکتری‌ها هستند که به‌صورت کلونی در ریشه گیاهان، توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین و جیبرلین را دارند که در افزایش رشد ریشه نقش مفید، مؤثر و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردند (Soleymanifard & Naseri, 2014). بیوپرایمینگ و کودهای زیستی در نظام‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک جهت افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Sharma, 2003). اثرات تلقیح آزسپریلیوم روی لگوم‌ها توجه زیادی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. این پاسخ مفید در تلقیح گیاهان، به اثرات مطلوب آزسپریلیوم روی تعداد گره‌ها، رشد، وزن خشک و تثبیت نیتروژن در گره‌ها نسبت داده شده است. فیتوهورمون‌های تولید شده توسط آزسپریلیوم، تمایز سلول‌های اپیدرمی در ریشه‌های موئین را بهبود داده‌اند و تعداد مکان‌های آلودگی ریزوبیوم را افزایش می‌دهند و در نتیجه گره‌های بیشتری تشکیل می‌شوند (Yahalom *et al*.,1991). تلقیح آزسپریلیوم با گیاه عدس موجب افزایش تعداد کل گره‌ها، وزن خشک گره‌ها و عملکرد دانه و کاه شده است (Yadav *et al*., 1992). نور از عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط و زراعت-جنگل محسوب می‌شود.

با توجه به این‌که اطلاعاتی در مورد نقش سایه‌اندازی و برهمکنش سایه‌اندازی×باکتری آزسپریلیوم وجود ندارد، این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی و پیامدهای ناشی از کاهش نور و نیز اثر متقابل آن در عدس اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با طول جغرافیایی '۲۸ °۴۶، عرض جغرافیایی'۲۷ °۳۳ و ارتفاع ۱۱۷۴متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. آب و هوای منطقه مورد آزمایش نیمه‌مرطوب با تابستانی گرم و خشک و زمستان نسبتاً سرد و متوسط بارندگی سالانه آن ۶۰۰میلی‌متر می‌باشد (Naseri *et al*., 2010). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش، سایه‌اندازی شامل عدم سایه (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه، و بیوپرایمینگ شامل پیش‌تیمار بذر (تلقیح با باکتری آزسپریلیوم و عدم تلقیح) بود. باکتری مورد نظر، در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام جداسازی و تکثیر شد (Zarea *et al*., 2012).

جهت تلقیح بذور با باکتری آزسپریلیوم، ابتدا بذرها در هیپوکلریت سدیم ۳درصد به‌مدت ۳دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. بعد سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو گردیدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. سپس به محلول حاوی باکتری آزسپریلیوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) منتقل گردیدند و در شیکر (۸۰دور در دقیقه) به مدت دو ساعت قرار گرفتند تا نفوذ باکتری به داخل و پوست دانه امکان‌پذیر گردد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil experimental site

اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) E.C(dS/m)	کربن آلی(درصد) O.C (%)	کل نیتروژن(٪) Total nitrogen (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفرقابل جذب (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	بافت خاک Soil texture
7.4	0.97	1.28	0.12	310	7.2	لوم رسی (Loam Clay)

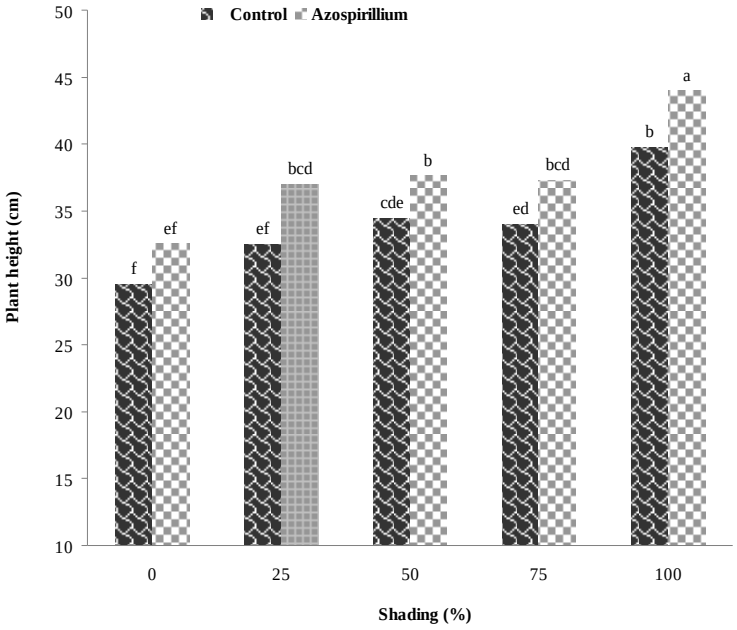
سپس جهت این‌که تلقیح بذر با باکتری بهتر انجام گیرد، از شکر در این آزمایش استفاده شد. پس از اتمام تلقیح بذور با باکتری آزسپریلیوم، عملیات کاشت عدس رقم زیبا در تاریخ ۳اسفندماه۱۳۹۱ به روش دستی انجام شد. زمین محل اجرای آزمایش در تابستان شخم عمیق زده‌شد و در اواسط آذرماه عملیات آماده‌سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک‌زنی، و کرت‌بندی انجام گرفت. بلافاصله پس از کاشت، همه مزرعه به‌روش جوی‌وپشته آبیاری گردید. مزرعه آزمایشی در طول دوره رشد، در فاصله زمانی هفت‌روز به‌صورت مرتب آبیاری شد. واحد آزمایشی در ابعاد ۲×۱/۳۰متر ایجاد و در هر واحد آزمایشی پنج‌ردیف به طول ۲متر و به فاصله ۲۵سانتی‌متر از هم‌دیگر در جهت شمالی- جنوبی بود. فاصله بذور در روی ردیف ۲سانتی‌متر درنظر گرفته شد. در این پژوهش تراکم ۲۰۰بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. با توجه به آزمون خاک (جدول ۱) و نیاز گیاه میزان ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵کیلوگرم در هکتار کود اوره استفاده شد و نیازی به استفاده از کود پتاس در این آزمایش نبود. در این پژوهش از توری‌های مخصوص با جنس برزنتی با ضخامت مناسب برای سایه‌اندازها استفاده شد. توری‌ها به‌صورت ردیفی برش داده شد و روی چارچوب‌هایی به ابعاد ۲×۲ با توجه به ابعاد کرت‌ها نصب گردید و در ارتفاع یک‌متری روی کرت‌ها قرار داده شدند. برای اعمال تیمار ۲۵درصد سایه، شبکه‌هایی متشکل از توری‌هایی با نسبت یک به چهار (یک لایه)، برای ۵۰درصد سایه از نسبت دو به چهار (دو لایه)، برای ۷۵درصد از نسبت سه به چهار (سه لایه) و برای ۱۰۰درصد از نسبت چهار به چهار (چهار لایه) استفاده شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد گل در بوته، از هر کرت با رعایت حاشیه، ۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و میانگین تعداد صفات موردنظر آن‌ها ثبت شد. به‌منظور شمارش تعداد کل گره‌های ریشه و تعداد کل گره‌های فعال ریشه بعد از یک روز از اتمام آخرین آبیاری (در این آزمایش، آبیاری توسط سیفون که دارای قطر و اندازه یکسان بود، انجام شد) و در مرحله گلدهی، ریشه پنج بوته عدس از هر کرت از عمق ۵۰سانتی‌متری از خاک بیرون کشیده شدند و خاک اطراف ریشه با آب شستشوگردید. پس از انتقال سریع ریشه‌ها به آزمایشگاه، گره‌های تشکیل‌شده بر روی ریشه با دقت از ریشه جدا گردید. تعداد کل گره و تعداد کل گره‌های فعال اندازه‌گیری شد. جهت بررسی فعال‌بودن گره‌ها، تمامی گره‌ها با تیغ تیز از وسط بریده شد و گره‌هایی که صورتی مایل به قرمز بودند به‌عنوان گره‌های فعال درنظرگرفته شدند (Beck *et al.*, 1993). تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS (Version 9.1) و آزمون مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار انجام شد. برای طراحی نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشانگر این است که اثر متقابل سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین۴۴سانتی‌متر در تیمار ۱۰۰درصد سایه و تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم و کمترین میزان با میانگین ارتفاع ۲۹/۵سانتی‌متری در عدم سایه و عدم تلقیح با باکتری حاصل گردید (شکل۱). میانگین درصد تغییرات ارتفاع بوته در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به ترتیب ۸، ۱۲، ۹، ۹۹ و ۱۰ درصد بود. ازجمله پاسخ‌های تطبیقی گیاه به تابش کم، افزایش طول ساقه است (Corre *et al.*, 1983). گیاهان قرارگرفته در سایه در مقایسه با گیاهان رشدکرده در مقابل نور کامل خورشید از رشد طولی بیشتری برخوردارند (Alvarenga, 2003). احتمالاً اثر سایه، ناشی از افزایش میزان اکسین است که احتمالاً این اثر در حضور جیبرلین تشدید می‌گردد. از نظر تئوری در گیاهانی که در سایه قرار دارند، اکسین کمتری توسط نور تجزیه می‌شود؛ چون تابش شدید سبب کاهش اکسین و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Fails *et al.*, 1982). تحت شرایط سایه مقدار کربوهیدرات در دسترس به‌دلیل کاهش تولیدات فتوسنتزی، محدود و به کاهش رشد ساقه و ریشه منجر

می‌شود. همچنین پنجه‌زنی کاهش و تراکم بوته در واحد سطح تقلیل می‌یابد (Bell *et al.*, 1999). کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع از طریق مکانیسم‌های مختلفی همچون تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز در گیاهان می‌شود (Larsen *et al.*, 2009).



شکل۱- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر ارتفاع بوته

Fig. 1. Interaction effect between shading and bio-priming on plant height

تعداد برگ در بوته

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر برهمکنش سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). تیمار عدم سایه و تلقیح با باکتری با میانگین ۹۱عدد بیشترین و تیمار ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۲۵عدد کمترین تعداد برگ را دارا بودند (شکل۲). میانگین درصد تغییرات تعداد برگ در بوته در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین در سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به ترتیب ۲/۷، ۳۰/۳۶، ۳۴/۷، ۱۳/۹ و۳۵/۳درصد بود. گیاهچه‌های در معرض نور بیشتر، توزیع مواد خشک بیشتری را در مقایسه با گیاهچه‌های در سایه شدید نشان دادند و تعداد بیشتری برگ تولید شد (Alvarenga *et al.*, 2003). Ali (1999) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد. Haque *et al*, (2009) نیز گزارش دادند که با افزایش شدت نور تعداد برگ در بوته افزایش می‌یابد. باکتری آزسپیریلوم در ترشح هورمون‌های جیبرلین و اکسین مؤثر هستند و این هورمون‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها و تقسیمات سلولی بیشتر می‌شوند و بدین‌ترتیب می توانند در افزایش برگ‌ها مؤثر باشند (Soleymanifard *et al.*, 2013).

تعداد شاخه در بوته

این صفت تحت تأثیر اثر متقابل سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). بیشترین تعداد شاخه در بوته در نور کامل (عدم سایه) به همراه تلقیح با باکتری و کمترین تعداد در ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح تولید گردید (شکل۳). میانگین درصد تغییرات تعداد شاخه در بوته در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به ترتیب ۱۷/۳، ۲۲/۲، ۴۵/۱۱، ۲۸/۵ و ۱۳/۴درصد بود. کاهش کمیت و کیفیت نور می‌تواند شاخه‌های فرعی را تغییر دهد (Deregibus, 1985). این واکنش‌های فتومورفولوژیک بوسیله سیستم فیتوکروم القاء می‌شود (Fails *et al.*, 1982). Wan & Ronald (1998) گزارش کردند که در کل، ایجاد شاخه‌های فرعی در سایه‌اندازی با محدودیت بیشتری مواجه می‌شود.

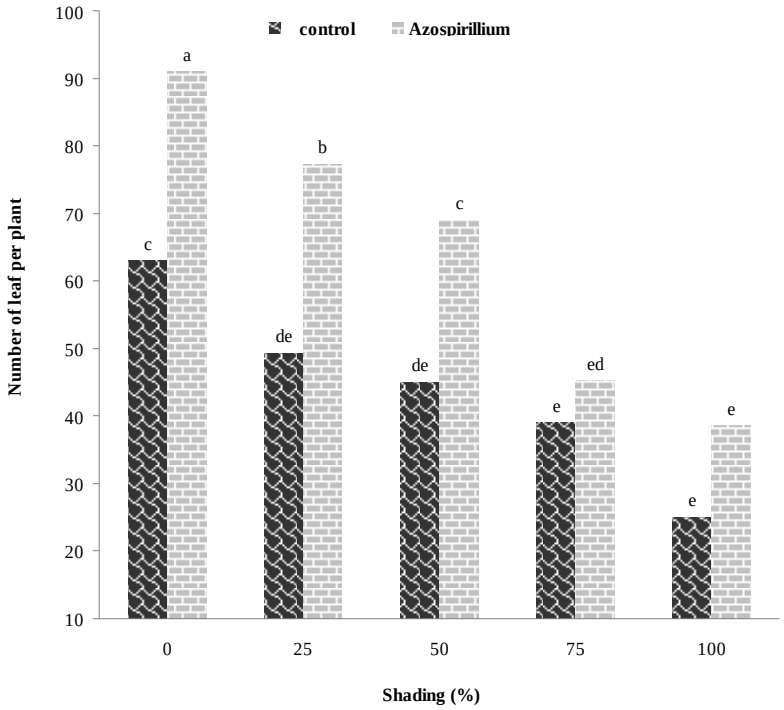
جدول۲- میانگین مربعات برخی صفات مورفولوژیکی عدس تحت سطوح مختلف سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ

Table 2. Mean square of some morphological traits of lentil under different level of shading and bio-priming

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	تعداد شاخه در بوته Number of branch per plant	تعداد گل در بوته Number of flower per plant	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	تعداد گره فعال ریشه Active node in root	تعداد کل گره ریشه Total node in root	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	14.46^{ns}	4.9^{ns}	9.7^{ns}	3.6^{ns}	0.019^{ns}	0.04^{ns}	4.93^{ns}	3.03^{ns}	784^{ns}
Shading	سایه اندازی	4	43.82 **	1515. 5 **	67.11**	75.71**	0.137**	1.74**	44.8**	18.21**	285508**
Bio-priming	بیوپرایمینگ	1	100.65**	2980**	16.13*	154.13**	0.203*	1.75**	90.13**	76.8**	2302808**
Shading × Bio-priming	سایه اندازی× بیوپرایمینگ	4	48.11**	507.7**	20.55**	285.38**	0.456**	0.22*	56.3**	12.05**	125692**
Error	خطای آزمایشی	18	3.35	17.52	2.47	8.19	0.026	0.049	2.52	2.44	24731
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		5.1	7.71	17.88	5.44	20.15	15.25	20.55	11.95	8.74

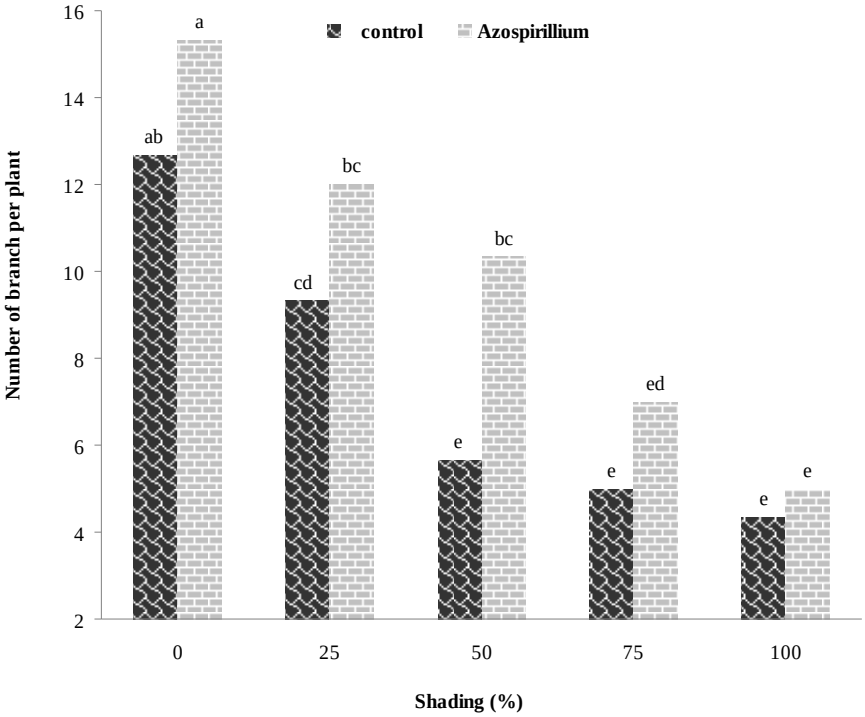
ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively

^{ns} ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل۲- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر تعداد برگ در بوته

Fig. 2. Interaction effect between shading and bio-priming on number of leaf per plant

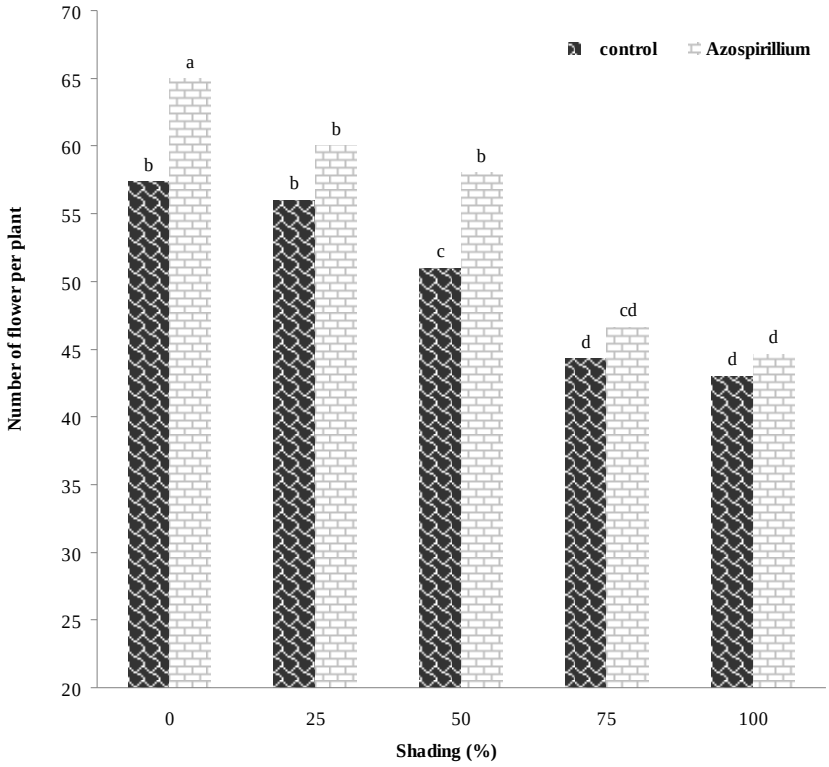


شکل۳- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر تعداد کل شاخه در بوته

Fig. 3. Interaction effect between shading and bio-priming on number of branch per plant

تعداد گل در بوته

تعداد گل در بوته تحت تأثیر اثر متقابل سایه‌اندازی× بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۲). با افزایش سطوح سایه تعداد گل در بوته کاهش یافت، به‌طوری‌که که بیشترین تعداد گل در بوته مربوط به عدم سایه به همراه تلقیح با باکتری با میانگین ۶۵عدد و کمترین تعداد گل در تیمار ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۴۳عدد به‌دست آمد (شکل۴). میانگین درصد تغییرات تعداد گل در بوته در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به‌ترتیب ۱۱/۸، ۶/۶، ۱۲، ۵ و ۳/۷درصد بود. نتایج حاصل از اثرات متقابل نشان داد که با افزایش سطوح سایه‌اندازی تعداد گل در بوته کاهش یافت و این کاهش در تیمارهای تلقیح شده با باکتری کمتر بود. سایه از طریق کاهش هورمون محرک گلدهی (فلوریژن) باعث کاهش تعداد گل می‌شود (Roussopoulos *et al.*, 1998).

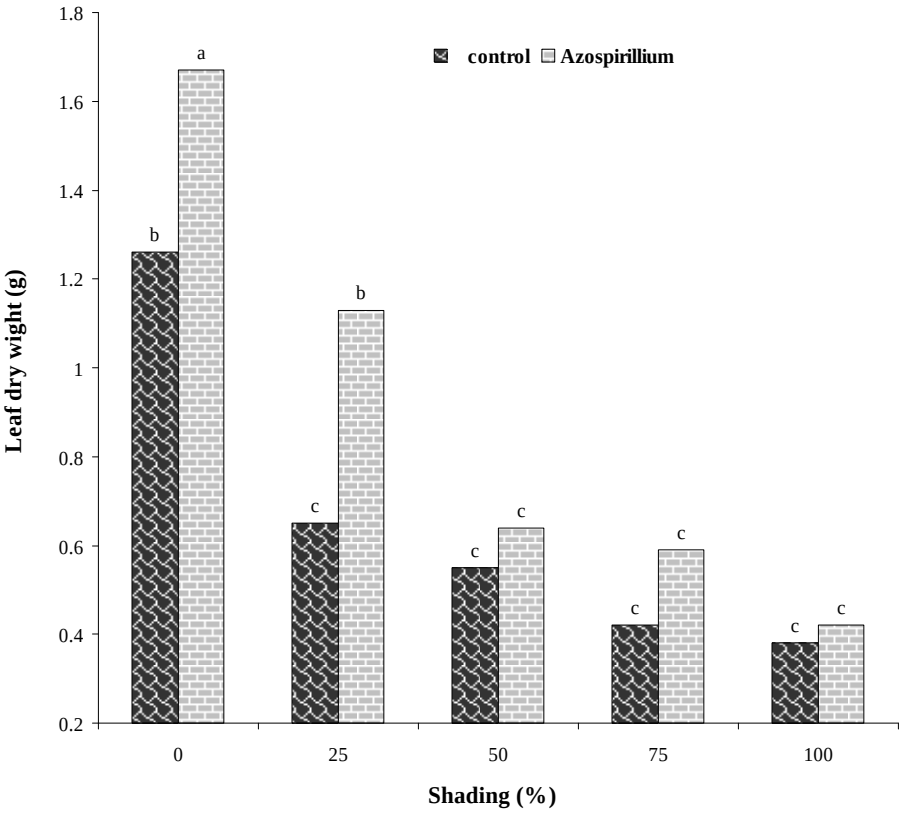


شکل۴- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر تعداد گل در بوته

Fig. 4. Interaction effect between shading and bio-priming on number of flower per plant

وزن خشک برگ

این صفت تحت تأثیر اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). عدم سایه و تلقیح با باکتری با میانگین ۱/۶۷گرم بیشترین و ۱۰۰درصد سایه و عدم کاربرد باکتری با میانگین ۰/۳۸گرم کمترین میزان وزن خشک برگ حاصل گردید (شکل۵). میانگین درصد تغییرات وزن خشک برگ در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به‌ترتیب ۲۴/۵، ۴۲/۴، ۱۴، ۲۸/۸ و ۹/۵ درصد بود. برگ‌های در معرض سایه سطح بیشتری نسبت به برگ‌های در معرض نور نشان می‌دهند، ولی برگ‌های تحت نور ضخیم‌تر هستند (لایه‌های بیشتری از سلول‌های پالیساد مزوفیلی دارند)، همچنین، این برگ‌ها وزن بیشتری را به ازای هر واحد سطح برگ دارند (Fails *et al.*, 1982). بنابراین به نظر می‌رسد بالابودن وزن خشک برگ بالاتر می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد دانه باشد، زیرا مواد فتوسنتزی تولید شده به دانه‌ها انتقال می‌یابند (Soleymanifard *et al.*, 2013).



شکل۵- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر وزن خشک برگ

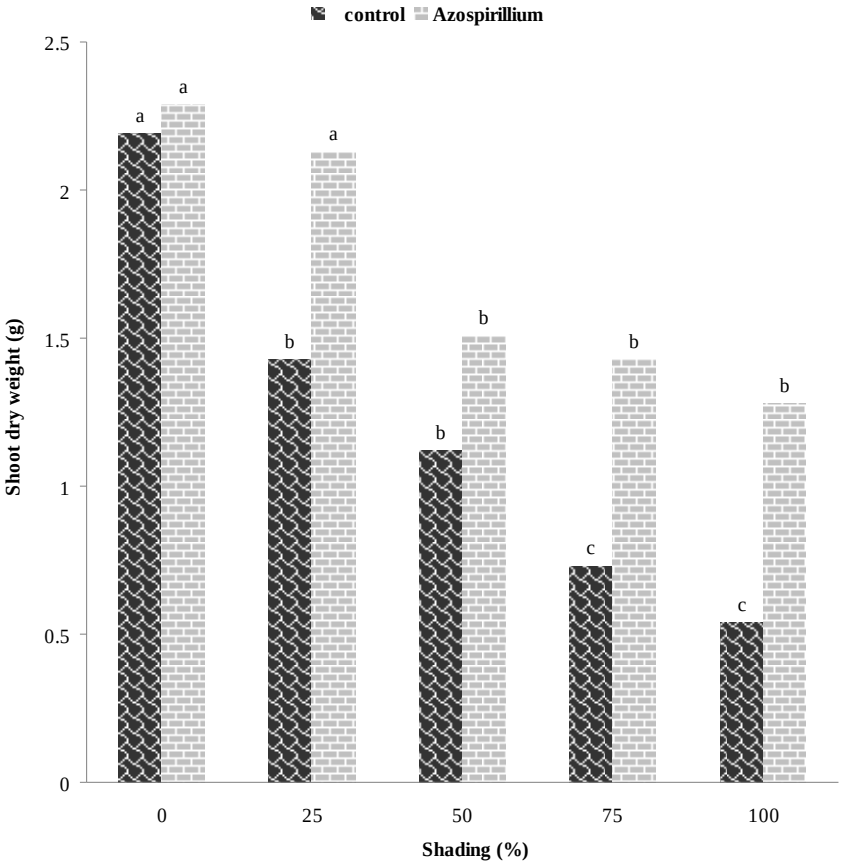
Fig. 5. Interaction effect between shading and bio-priming on leaf dry weight

وزن خشک ساقه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که با افزایش سایه، وزن خشک ساقه کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ساقه به‌ترتیب در تیمارهای عدم سایه تحت شرایط تلقیح با باکتری با میانگین ۲/۹گرم و تیمار ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۰/۵۴گرم حاصل گردید (شکل۶). میانگین درصد تغییرات وزن خشک ساقه در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به‌ترتیب ۳۷/۵، ۳۲/۸، ۲۵/۸، ۴۸/۹ و ۵۷/۸ درصد بود. دلیل آن را می‌توان به انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی بیشتر به جمعیت گیاهی با نور کامل نسبت داد. Yasari *et al*, (2007) نیز گزارش کردند که تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد باعث افزایش وزن خشک ساقه نسبت به شاهد می‌شود. در آزمایشات Wadud *et al*, (2002) در بین سطوح مختلف سایه، بیشترین وزن ساقه در نور کامل و کمترین آن در ۲۵درصد نور کامل خورشید حاصل شد. این افزایش وزن ساقه به‌واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌تواند باشد (Zaied *et al.*, 1982).

تعداد گره فعال ریشه

نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که صفت تعداد کل گره فعال ریشه تحت تأثیر سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). با افزایش سطوح سایه، تعداد گره فعال ریشه کاهش می‌یابد به‌طوری‌که در شرایط عدم سایه همراه با تلقیح با باکتری آزسپریلیوم با میانگین ۱۶ بیشترین و شرایط ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۳، کمترین تعداد گره فعال در ریشه حاصل گردید (شکل۷).



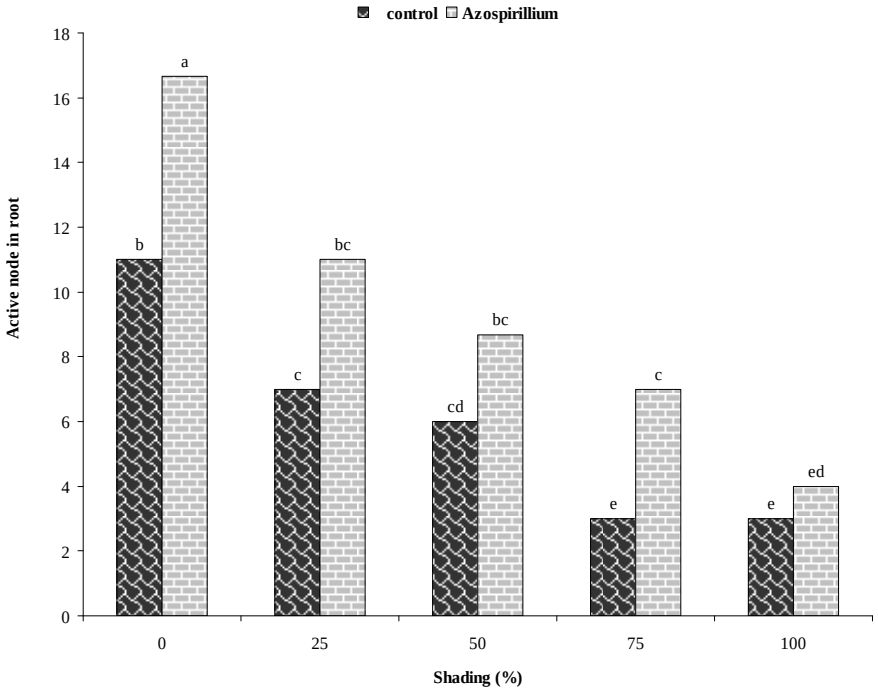
شکل۶- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر وزن خشک ساقه

Fig. 6. Interaction effect between shading and bio-priming on shoot dry weight

میانگین درصد تغییرات تعدادگره فعال ریشه در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه،۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به‌ترتیب ۳۴، ۳۶/۳، ۵۷/۷، ۳۰ و ۲۵درصد بود. نتایج حاصل از اثرات متقابل نشان داد باوجود این‌که با افزایش میزان سایه‌اندازی در مجموع، تعداد گره فعال ریشه کاهش می‌یابد، اما نمونه‌های تیمارشده با باکتری در کلیه شرایط نسبت به عدم تلقیح با باکتری تعداد گره فعال بیشتری داشته‌اند. فیتوهورمون‌های تولیدشده توسط آزسپریلیوم، تمایز سلول‌های اپیدرمی در ریشه‌های موئین را بهبود داده‌اند و در نتیجه گره‌های بیشتری تشکیل می‌شوند (Yahalom *et al.*,1991).

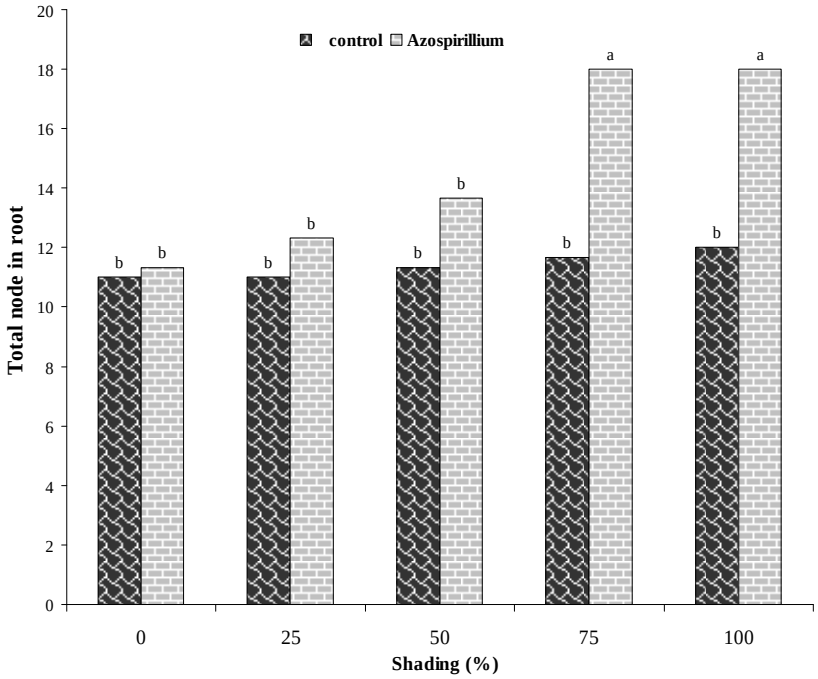
تعداد گره ریشه

اثر متقابل سایه‌اندازی×بیوپرایمینگ بر صفت تعداد گره ریشه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). بیشترین تعداد گره ریشه مربوط به تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به همراه تلقیح با باکتری با میانگین ۱۸عدد بود. شرایط عدم سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۱۱عدد کمترین تعداد گره ریشه را دارا بودند (شکل۸). میانگین درصد تغییرات تعداد گره ریشه در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه، ۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به ترتیب ۳، ۱۰/۷، ۱۷/۱، ۳۵/۱ و ۳۳/۳درصد بود. با افزایش سطوح سایه‌اندازی و عدم تلقیح با باکتری تعداد گره ریشه افزایش یافت. تلقیح آزسپریلیوم با گیاه عدس موجب افزایش تعداد کل گره‌ها، وزن خشک گره‌ها شده است. این اثرات متقابل بیشتر با افزایش ماده آلی در حضور محیط رشد گیاه به‌دست آمده است (Yadav *et al.*,1992).



شکل۷-اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر تعداد گره فعال ریشه

Fig. 7. Interaction effect between shading and bio-priming on active node in root



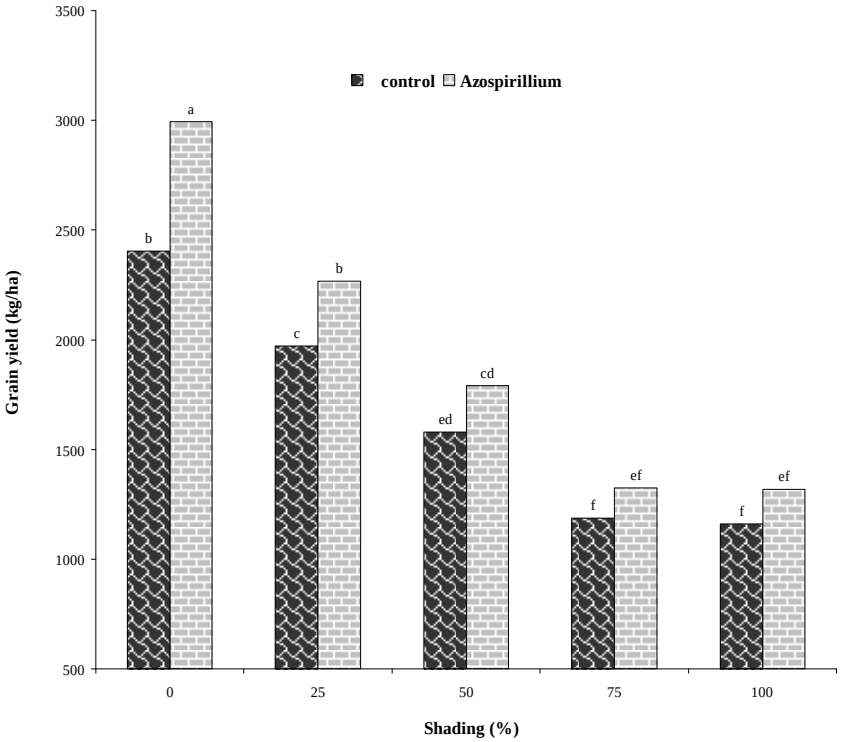
شکل۸- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیوپرایمینگ بر تعداد گره ریشه

Fig. 8. Interaction effect between shading and bio-priming on total node in root

عملکرد دانه

داده‌های جدول تجزیه واریانس بیان‌گر این است که اثر متقابل سایه اندازی×بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲). تحت شرایط عدم سایه و تلقیح با باکتری با میانگین۲۹۹۴/۹کیلوگرم در هکتار بیشترین و در ۱۰۰درصد سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین ۱۱۵۹کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد دانه حاصل شد (شکل۹). میانگین درصد تغییرات عملکرد دانه در تلقیح با باکتری در سطوح عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه نسبت به عدم تلقیح و همین سطوح عدم سایه،۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد سایه به‌ترتیب ۱۹/۷، ۱۳، ۱۱/۷، ۱۰/۵ و ۱۲درصد بود. وجود سایه در طول دوره گلدهی، به‌طور معنی‌داری موجب کاهش سرعت فتوسنتز برگ‌ها می‌شود و این امر، عملکرد پایین را در پی خواهد داشت. در صورت اعمال سایه مقدار ریبولوزبی‌فسفات سنتاز کاهش می‌یابد و گزارش شده است که همبستگی بالایی بین کاهش عملکرد و کاهش فعالیت ریبولوزبی‌فسفات سنتاز وجود دارد (Blenkinsop, 1974). نتایج حاصل حاکی از کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در این شرایط است. با کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز انرژی قابل‌دسترس و کربوهیدرات در گیاه کاهش می‌یابد (Touchette & Burkholder, 2000) و این امر می‌تواند ظرفیت ذخیره‌سازی ذخایر نیتروژن را کاهش دهد و باعث کاهش عملکرد دانه شود. سایه‌اندازی در طول دوره پُرشدن دانه، عملکرد دانه در گیاهان ذرت، سویا و آفتابگردان را نیز کاهش داده است (Andrade, 1995).

افزایش عملکرد دانه ناشی از تلقیح بذر به‌وسیله باکتری‌های محرک رشد، ناشی از افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس‌ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی موجب بهبود رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شوند (Hassanabadi *et al.*, 2010). در بررسی تأثیر باکتری کودهای زیستی بر رشد و عملکرد دانه ماش مشخص شد که عملکرد ماش با استفاده از کودهای زیستی افزایش معنی‌داری یافت (Mohammadzadeh *et al.*, 2011). Mohammadi *et al*, (2011) تأثیر معنی‌دار و مثبت سویه‌های باکتری بر روی عملکرد دانه در لوبیا را گزارش کردند.



شکل۹- اثر متقابل سایه‌اندازی و بیو پرایمینگ بر عملکرد دانه

Fig. 9. Interaction effect between shading and bio-priming on grain yield

Taher Khani *et al*, (2009) گزارش کردند که در مجموع کاشت بذور تلقیح شده با انواع مایه تلقیح توانست حدود ۴۳درصد محصول لوبیا را نسبت به شاهد (بدون تلقیح) افزایش دهد. نتایج حاصل از اثرات متقابل نشان داد باوجود این‌که با افزایش میزان سایه‌اندازی، در مجموع، عملکرد دانه کاهش می‌یابد، اما نمونه‌های تیمارشده با باکتری در کلیه شرایط نسبت به عدم تلقیح با باکتری مقدار بیشتری تولید داشته‌اند. حضور باکتری باعث می‌شود که بخشی از کاهش عملکرد ناشی از حضور سایه جبران گردد.

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نقش باکتری آزسپریلیوم بر روی عدس رقم زیبا، مثبت و در حضور این باکتری صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه از وضعیت بهتری برخوردار هستند. حضور باکتری با گیاه باعث گردید که بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از حضور سایه جبران گردد، بنابراین در شرایطی که احتمالاً وجود سایه مثل شرایط آگروفارستری که در مناطق غرب کشور به‌خصوص استان ایلام که معمولاً کشت حبوبات در مناطقی که درختان بلوط وجود دارد صورت می‌گیرد، می‌تواند نقش منفی در رشد گیاه داشته باشد. همچنین استفاده از باکتری آزسپریلیوم می‌تواند موجب کاهش اثرات منفی تنش نوری گردد.

منابع

1. Ali, M.A. 1999. Performance of red amaranth and lady's finger growth at different orientations and distances under guara and drumstick trees. MSc. Thesis, BSMRAU. Gazipure, Bangladesh.
2. Andrade, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research 42: 1-12.
3. Alvarenga, A.A., Castro, E.M., Castro Lima Junior, E., and Magalhaes, M.M. 2003. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of Croton urucurana Baill in Southeastern Brazil. Revista Arvore 27: 53-57.
4. Azadi, S., Siadat, A., Naseri, R., Soleymanifard, A., and Mirzaei, A. 2013. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillium brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. Journal of Crop Ecophysiology 5 (26): 129-146. (In Persian with English Summary).
5. Bell, E.G., and Dannenberger, T.K. 1999. Temporal shade on creeping Bentgrass Turf. Crop Science. 39: 1142-1146.
6. Beck, D.P., Materon, L.A., and Afandi, F. 1993. Practical Rhizobium-Legume Technology Manual. ICARDA, Aleppo, Syria.
7. Blenkinsop, P.G., and Dale, J.E. 1974. The effect of shade treatment and light intensity on ribulose-l-5-diphosphate carboxylase activity and fraction I protein level in the first leaf of barley. Journal of Experimental Botany 25 (88): 899-912.
8. Corre, W.J. 1983. Growth and morphogenesis of sun and shade plants on the influence of light intensity. Acta Botanica Neerlandica 32: 49-62.
9. Deregibus, V.A., Sanchez, R.A., Casal, J.J., and Triica, M.J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. Journal of Applied Ecology 22: 199-206.
10. Fails, B.S., Lewis, A.J., and Barden, J.A. 1982. Net photosynthesis and transpiration of sun and shade grown *Ficuse benjamina* leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science 107: 758-761.
11. GhassemiGolezani, K., Movahedi, M., Rahimzadeh Khoi, F., and Moghaddam, M. 1997. Effects of water deficit on growth and yield of two chickpea cultivars at different densities. Journal of Agricultural Science 3 (4): 17-43. (In Persian with English Summary).
12. Hadi, H., Ghassemi-GoIezani, K., Rahimzade Khoei, F., Valizadeh, M., and Shakiba, M.R. 2006. Responses of common bean (*Phaseulus vulgaris* L.) to different levels of shade. Agronomy Journal 5(4): 595-599.
13. Haque, M.M., Hasauzzaman, M., and Rahman, M.L. 2009. Effect of light intensity on the morpho-physiology and yield of bottle ground (*Lagenaria vulgaris*). Academic Journal of Plant Sciences 2: 158-161.
14. Hassanabadi, T., Ardakani, M.R, Rejali, F, Paknejad, F., and Eftekhari, A. 2010. Simultaneous applications of biological and chemical fertilizers on the morphological characteristics of barley.

Proceedings of the First National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Product. Research Center of Agriculture and Natural Resources of Esfahan. (In Persian)
15. Hebert, Y., Ghingo, E., and Loudet, O. 2001. The response of root/shoot partitioning and root morphology to light reduction in maize. Crop Science 41: 363-371.
16. Kobata, T., Sugawara, M., and Takatu, S .2000. Shading during the early grain filling period doesn't affect potential grain dry matter increase in rice. Agronomy Journal 92: 411-417.
17. Larsen, J., Cornejo, P., and Miguel Barea, J. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. Soil Biology and Biochemistry 41: 286-292.
18. Malek Maleki, F., Majnoon Hosseini, N., and Alizadeh, H. 2011. Effect of plant density on grain yield in two lentil cultivars. Iranian Journal of Crop Science 1: 33 -40.
19. Mohammadzadeh, A., Majnon Hosseini, N., Gaffari, M., Asadi, S., Dosti, A., and Khavazi, K. 2011. Effect on seedling emergence, growth-promoting bacteria in leaf senescence and yield of two varieties of red beans (*Phaseolus vulgaris* L). Iranian Journal of Crop Plants 43: 590-600. (In Persian with English Summary).
20. Mohammadi, M., Majnoonon Hoseini, N., Esmaeili, A., Dashtaki, M., and Alipour. H., 2011. Effect of different strains of *Rhizobium* and nitrogen fertilizer on leaf chlorophyll, grain yield and its components of three common beans. Iranian journal of Agricultural Science. 3: 535-543. (In Persian with English Summary).
21. Naseri, R., Fasihi, Kh., Hatami, A., and Poursiahbidi, M.M. 2010. Effect of planting pattern on yield, yield components, oil and protein contents in winter safflower *cv. Sina* under rainfed conditions. Iranian Journal of Crop Science 12(3): 227-238. (In Persian with English Summary).
22. Raven, J.A., Andrews, M., and Quigg, A. 2005. The evolution of oligotrophy: implications for the breeding of crop plants for low input agricultural systems. Annals of Applied Biology 146: 261-280.
23. Roussopoulos, D., Liakatas, A., and Whitington, W.J. 1998. Cotton responses to different light temperature regimes. Journal of Agricultural Science 131: 227-283.
24. Sharma, A.K. 2003. Bio-Fertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios India.
25. Soleymanifard, A., and Naseri, R. 2014. The Effects of urea fertilizer and *Azotobacter* and *Azospirillum* on physiological characteristics of Maize (*Zea mays* L.) at Khash, Iran. Journal of Crop Ecophysiology. 8(3): 301-316. (In Persian with English Summary).
26. Soleymanifard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., and Piri, E. 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phonology traits, grain yield and yield components of three maize (*Zea mays* L.) cultivars. Journal of Crop Ecophysiology 1(25): 71-90. (In Persian with English Summary).
27. Taher Khani, M., Noormohammadi, Gh, Mirhadi, M.J., Heidari Sharif Abadi, H., and Shirani Rad., A.H. 2009. Inculcation with different strains of *Rhizobium* on nitrogen fixation in different bean cultivars. Journal of New Findings 14: 23-36. (In Persian with English Summary).
28. Touchette, B.W., and Burkholder, J.M. 2000. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in sea grasses. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 250: 133-167.
29. Wadud, M.A., Rahman, G.M.M., Chowdury, M.J.U., and Mahboob, M.G. 2002. Performance of red amaranth under shade condition for agro-forestry system. International Journal of Biological Sciences 2: 765-766.
30. Wan, C., and Ronald, E. 1998. Tillering responses to red: far-red light ratio during different phonological stages in *Eragrostis curvula*. Environmental and Experimental Botany 40: 247-254.
31. Yadav, K., Prasad, V., Mandal, K., and Ahmad, N. 1992. Effect of co-inoculation (*Azospirillum* and *Rhizobium* strains) on nodulation, yield, nutrient uptake and quality of lentil in calcareous soil (*Lens culinaris*). LENS Newsletter 19: 29-31.
32. Yahalom, E., Dovrat, A., Okon, Y., and Czosnek, H. 1991. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strain Cd and *Rhizobium* on the root morphology of burr medic (*Medicago polymorpha* L.). Israel Journal of Botany 40: 155-164.
33. Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2007. Effect of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculation and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. Asian Journal of Plant Science 6 (1): 77-82.
34. Zaied, K.A., Abd-El-Hady, A.H., Afify, A.H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Science 6: 344-358.

35. Zarea, M.J., Hajinia, S., Karimi, N., Mohammadi Goltapeh, E., Rejali, F., and Varma, A., 2012. Effect of *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. Soil Biology and Biochemistry 45: 139-146.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 145-160

Investigation of important morphological traits and grain yield of lentil under shading and bio-priming

Darabi[1*], F., Hatami[2], A., Zare[2], M.J. & Naseri[1], R.

1. Ph.D Student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam, Iran

Received: 3 February 2015
Accepted: 16 April 2015

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medic) is a member of the leguminosae (Fabaceae) family and an important pulse crop grown in Iran. Growth of lentil plant is highly sensitive to environmental conditions, especially solar radiation, high temperature and water availability. One of the important reasons for unstable lentil yield is the indeterminate growth habit of lentil plants. Extensive vegetative growth, lodging, pod abortion due to limited light interception in the lower part of the canopy, excessive flower and pod shedding, and competition between pods and vegetative parts for photosynthates are all the consequences of indeterminacy and late maturity. Radiation (sunlight) is one the limiting factors in mixed and agroforestry cultivation systems. Crop yield is a function of radiation intercepted over the growing season, the efficiency of converting the intercepted radiation to biomass and the partitioning efficiency of biomass to seed yield. Therefore, in agroforestry production systems, maximizing the limited solar radiation with improved crop management practices such as seed inoculation with plant growth promoting rizobacteria (PGPR) could lead to yield improvement. Intensive use of chemical fertilizers has produced environmental problems and increased the production costs. The recent economic crisis and environmental problems has raised interest in environmental friendly sustainable agricultural practices, which can reduce input costs. N_2-fixing may be important for plant nutrition by increasing nitrogen uptake by the plants, and playing a significant role as plant growth promoting rhizobacteria in the bio-fertilization of crops. Plant growth-promoting rhizohacteria are able exit a beneficial upon plant growth. Nitrogen fixation and P. solubilization production of antibiotic and increased root dry weight are the principal mechanism for the PGPR. A number of different bacteria promote plant growth, including *Azospirillum* sp., *Azospirillum* species are plant growth-promotive bacteria whose beneficial effects have been postulated to be partially due to production of phytohormons, including gibberellins.

Materials and Methods

An experimental field to study the effect of light intensity on lentil cultivars was conducted using a factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Ilam University during the 2012-2013 growing season. Studied factors included shading (control (without shading), 25, 50, 75 and 100% by shading) and bio-priming (control and inoculation with Azospirillum). Lentil Seeds (Lens culinaris Medik.) cultivar ILL4400 were sown on 21 February, 2013. 5 rows with 25 cm width and 2 m long designed in a 2×1.3 m plots and seeds planted with 2 cm intervals in North to South direction. Special net cloth with exact thickness was used for shading. The nets were cut and attached on 2×2 m frames according to the plot size and placed 1 m height on plots. During the growth season, hand weeding was done in necessary times, too. Samplings were included plant height, number of branches per plant, number of flowers per plant, leaf dry weight, shoot dry weight,

[*]**Corresponding Author:** m.darabi8161@yahoo.com, Mobile: +98 9197039698

active node in the root, total nodes in root and grain yield. For analysis of variance SAS software version 9.1 was used and graphs charted with excel.

Results and Discussion

Interaction effects between shading ×bio-priming had the significant effect on studying traits. Increasing the shading and application of *Azospirillum* increased plant height and total nodes in the root, so that the highest plant height (44 cm) and total nodes in the root (11.3 nodes) were obtained from 100% shading and application of *Azospirillum*. In this study, the number of leaves per plant, the number of branches per plant, total of flowers per plant, leaf dry weight, shoot dry weight, active node in root and grain yield decreased with increasing shading × check treatment so that the highest number of leaf per plant (91 leaves), number of branch per plant (15.6 branches), total flower per plant (65 flowers), leaf dry weight (1.6 g), shoot dry weight (2.2 g), active node in root (16.6 nodes) and grain yield (2994 kg/ha).

Conclusion

This study indicated that *Azospirillum* had a positive effect on lentil and morphologic traits and grain yield revealed a better status in the presence of *Azospirillum*. In fact, *Azospirillum* could alleviate the partial of grain yield in presence of shading. In general, using bio-fertilizers and manage integrated nourishment quantitatively and qualitatively is one of the efficient ways to improve plant production. Moreover, the environment would have a better condition if chemical fertilizer consumption reduces. Recent studies demonstrated that using bio- fertilizers not only improve the soil physiological structure but also increase organic matters content and nitrogen available to coexistent plant. Undoubtedly, before massive production and widely application of such products, it is necessary to implement and replicate this experiment in different regions.

Key words: *Azospirillum*, Number of branch, Root, Stem

نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۷۳-۱۶۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 161-173

تأثیر محلول‌پاشی میکرو و نانوذرات اکسیدآهن به‌همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)

دنیا نوذری‌راد[۱]، مهدی برادران فیروزآبادی[۱]، حسن مکاریان[۱*]، ناصر فرخی[۲] و احمد غلامی[۱]

۱- به‌ترتیب، دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت و اعضای هیئت علمی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- عضو هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی دانشکدهٔ مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۲

چکیده

آهن عنصری مهم و دارای نقش حیاتی در انسان و گیاه می‌باشد. از طرفی مشکلاتی در جذب این عنصر توسط برگ گیاهان وجود دارد. به‌همین منظور آزمایشی در جهت ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی آهن و نانوذرات آن همراه با مواد افزودنی بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی در پنج سطح از میکروذرات و نانوذرات اکسیدآهن (هر یک در غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر) و مواد افزودنی در سه سطح (صفر، D.G ADJUVANT و RCP-5) بودند. اعمال تیمارها ۵۵ روز بعد از کشت در آغاز مرحله گلدهی صورت گرفت. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. بالاترین مقادیر آهن برگ (۳۱۱میلی‌گرم در کیلوگرم) و آهن غلاف (۵۱/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در سطح ۰/۲۵ میکروذرات اکسیدآهن در ترکیب با D.G ADJUVANT به‌دست آمد. نانوذرات آهن ۰/۵ همراه با RCP-5 بالاترین درصد پروتئین را نشان دادند. در تیمار ۰/۵ میکروذرات اکسیدآهن بالاترین مقادیر کاروتنوئید و محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد مواد افزودنی سبب بهبود جذب اکسیدآهن به هر دوشکل میکرو و نانوذرات در گیاه لوبیاسبز گردید.

کلمات کلیدی: جذب برگی، حبوبات، ریزمغذی‌ها، مویان

مقدمه

آهن یکی از ۱۶عنصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاه است. در بیشتر مناطق ایران، خاک دارای pH بالا و همچنین آهکی است. در این نوع خاک‌ها حلالیت ریزمغذی‌ها پایین است و به‌همین دلیل جذب این عناصر کم و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد (Musavi, 2011). اگرچه آهن به‌مقدار کم برای گیاه نیاز است، ولی برای بسیاری از ترکیبات مهم و فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان ضروری است. آهن در فرآیند ساخت کلروفیل مشارکت کرده و برای فعالیت بعضی آنزیم‌ها لازم است (Hochmuth, 2011). کمبود آهن تعداد و اندازه کلروپلاست را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که گزارش شده است گرانا و غشای لاملای کلروپلاست در گیاهان ذرت دچار کمبود آهن کاهش می‌یابد (Stocking, 1975). گزارش شده است که در چغندرقند کمبود آهن منجر به کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل و کاروتنوئید در واحد سطح برگ می‌شود و به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به‌دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنین کاهش کارآیی فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی دچار کاهش می‌شود (Morales *et al*., 1998). تیمار آهن بیشترین شاخص سطح برگ را در گیاه ذرت‌علوفه‌ای در مقایسه با سایر تیمارها تولید کرد که این عکس‌العمل، نقش آهن را در افزایش میزان کلروفیل نشان می‌دهد و به‌دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد که خود منجر به افزایش بیشتر شاخص سطح برگ می‌گردد (Soleymani *et al*., 2011). همچنین کاربرد آهن سبب افزایش معنی‌دار غلظت و جذب آهن در دانه، برگ، پرچم و افزایش پروتئین دانه گندم می‌شود (Abbas *et al*., 2009). مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند، تأثیر به‌سزایی دارند و این به‌دلیل واردشدن این عناصر به قسمت‌های

* **نویسندهٔ مسئول**: گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود. همراه: ۰۹۱۵۳۵۹۸۴۰۴ h.makarian@yahoo.com

خوراکی این گیاهان مانند گندم، جو، حبوبات و قسمت‌های سبزی و غیره است که به‌عنوان غذای روزمره مصرف می‌شوند. لذا یکی از راه‌های ساده و اقتصادی برای نیل به خودکفایی و جامعه‌ای سالم و تندرست اضافه‌کردن عناصر ریزمغذی به خاک و یا مصرف آن به‌صورت محلول‌پاشی می‌باشد، تا بدین‌ترتیب علاوه‌بر افزایش تولید، غلظت عناصر ریزمغذی در محصولات کشاورزی افزایش یابد (Ghaderi & Malakooti, 2009). در محلول‌پاشی، میزان کاربرد عناصر نسبت به استفاده برای خاک، کمتر است، علاوه‌براین، کاربرد یکنواخت و به آسانی صورت می‌گیرد. همچنین، تأثیر محلول‌پاشی در پاسخ به کمبود ریزمغذی‌ها سریع بوده و پس از مشاهده علائم کمبود در تمام فصل رشد می‌تواند انجام شود (Zayed, *et al*., 2011). در همین راستا گزارش‌شده است که محلول‌پاشی آهن در چغندرقند روش مؤثری برای جبران کمبود آهن است و نسبت به روش مصرف خاکی تأثیر بیشتری دارد (Mortvedt, 1986). همچنین مصرف برگی عنصر ریزمغذی آهن موجب افزایش ارتفاع ساقه و در نتیجه عملکرد ماده خشک ذرت شده است (Whitty & Chambliss, 2005).

تغییرات ایجادشده در طبیعت در اثر کاربرد مواد شیمیایی مختلف به‌منظور افزایش بهره‌وری گیاهان، منجر به جستجوی روش‌های جدید جهت کاهش آلودگی آب، خاک و جو شده است (Aladjadjiyan, 2007). یکی از راه‌کارهای جدید برای افزایش امنیت‌غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد (Musavi & Rezaei, 2011). مواد تولیدشده بر اساس فناوری نانو علاوه بر ایمنی بهداشتی بالاتر دارای قیمت کمتر و کیفیت بالاتر هستند (Warad & Dutta, 2006). Zhang *et al*, (2005) در مطالعه خود مبنی بر تأثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) در اسفناج گزارش کردند که بذرهایی که با نانو TiO_2 تیمار شده‌بودند گیاهانی تولید کردند که وزن خشک آن‌ها ۷۳درصد بیش‌تر بود. مطالعات Sheykhbagloo (2012) نشان داد که محلول‌پاشی با تیمار ۰/۷۵گرم در لیتر نانواکسیدآهن اثر مثبت و معنی‌داری بر افزایش میزان عناصر معدنی (آهن، منیزیم، کلسیم و فسفر) دانه سویا در مقایسه با تیمار شاهد داشت.

در کنار انجام محلول‌پاشی به‌جای مصرف خاکی مواد مغذی، استفاده از ترکیباتی که موجب تشدید اثربخشی عناصر محلول‌پاشی‌شده روی گیاه شوند نیز گامی مؤثر در کاهش مصرف مواد شیمیایی خواهد بود که علاوه‌بر این‌که هزینه تحمیل‌شده به کشاورز را کاهش می‌دهد، سبب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد. مویان‌ها[1] ازجمله مواد افزودنی استفاده‌شده در کشاورزی می‌باشند که به‌منظور تغییر یا بهبود عملکرد عناصر فعال در یک فرآورده برای کنترل آفت و بیماری به‌کار برده می‌شوند. مویان‌ها معمولاً کشش سطحی پاشش را کاهش می‌دهند و متعاقباً موجب کاهش زاویه تماس با سطح برگ شده و خیس‌شدن بهتر سطح برگ را سبب می‌شوند. چنین خصوصیاتی موجب جذب ماده مؤثر بیشتر از طریق روزنه و کوتیکول خواهد شد (Penner, 2000). (1967) Edding & Brown در مطالعات خود نشان دادند که افزودن مویان‌ها منجر به افزایش جذب آهن از طریق برگ در گیاه سورگوم و لوبیا قرمز شد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده به‌نظر می‌رسد کاربرد مویان بتواند جذب برگی آهن و نانوذرات آن را در گیاه لوبیاسبز افزایش دهد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر محلول‌پاشی اکسیدآهن نانو و میکرو به همراه مواد افزودنی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی لوبیاسبز بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۶درجه و ۲۹دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۵درجه و ۵۷دقیقهٔ شرقی از نصف‌النهار گرینویچ انجام شد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۶۶متر، میانگین بارندگی سالانه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای منطقه به‌ترتیب ۱۳- و ۳۹درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ویژگی‌های خاک مزرعه در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی پنج‌غلظت آهن به‌صورت صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر از میکروذرات آهن، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر از نانوذره آهن به‌عنوان سطوح فاکتور اول و مادهٔ افزودنی در سه سطح صفر، D.G ADJUVAN با غلظت ۰/۳ میلی‌لیتر در لیتر و RCP-5 با غلظت ۰/۵میلی‌لیتر در لیتر به‌عنوان سطوح فاکتور دوم بودند (غلظت مواد افزودنی با توصیه شرکت سازندهٔ آن، شرکت راک‌شیمی، انتخاب شد). زمین در سال قبل به‌صورت آیش بود. عملیات کاشت لوبیاسبز در تاریخ اول تیرماه ۱۳۹۱ به‌صورت دستی و در عمق ۳سانتی‌متری در محل داغ‌آب انجام شد. در هر کرت آزمایشی ۴خط کشت به طول ۳متر قرار داشت.

1- ADJUVANT

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Physical and chemical analysis of soil

نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	آهن Iron	سولفات Soulphat	منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	مواد آلی(٪) Organic matter (%)	اسیدیته (pH)
	(ppm)			(mg/kg)				
0.09	15	114	3.40	5.1	20	32	0.53	8.0

فاصله بین خطوط ۵۰سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰سانتی‌متر بود. دو خط کشت به‌عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش درنظر گرفته‌شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای هر ۷روز یک‌بار انجام شد. محلول‌پاشی اکسیدآهن با غلظت‌های موردنظر طی یک مرحله همراه با مواد افزودنی ۵۵ روز پس از کشت هم‌زمان با شروع گلدهی انجام شد. شکل قابل‌استفاده عنصر در هر دو حالت میکرو و نانوذره اکسیدآهن بود. قطر نانو ذرات اکسیدآهن ۴۰-۲۰ نانومتر و میکروذرات آن ۱۰میکرومتر بود. نانوآهن از شرکت نانوپیشگامان‌مواد و آهن میکروذره از شرکت سپاهان‌طب اصفهان تهیه گردید. پس از جداسازی برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ[1] ، شاخص سطح برگ محاسبه گردید. میزان عنصر آهن در برگ، ۱۰روز پس از محلول‌پاشی (۶۵روز پس از کاشت) و در غلاف ۸۵ روز پس از کشت با دستگاه ICP[2] (مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. اندازه‌گیری پروتئین غلاف پس از برداشت به روش کجلدال[3] انجام شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا ۶/۲۵ درنظر گرفته‌شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب عملکرد در درصد پروتئین دانه استفاده گردید.

محاسبه مقدار آب نسبی برگ از معادله زیر انجام شد (Mohsenzadeh *et al*, 2003).

معادله(۱):

= مقدارآب نسبی

۱۰۰×{(وزن خشک-وزن اشباع)/(وزن خشک-وزن تر)}

برای استخراج کلروفیل از برگ، ۰/۰۱گرم دیسک برگی از برگ‌های هم‌سن تهیه‌شده و پس از اضافه‌شدن ۶میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید به‌مدت ۴ساعت در دمای ۷۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ ، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدلJenway6305 قرائت شدند (Hiscox & Israelstam, 1978). مقادیر کلروفیل a، b و کاروتنوئید از روابط زیر به‌دست آمد. سپس این مقادیر بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه گردیدند.

$$chla_{(\mu g/ml)} = (۱۲/۲۵\ A۶۶۳) - (۲/۵۵\ A۶۴۵) \quad (۲)$$

$$chlb_{(\mu g/ml)} = (۲۰/۳۱\ A۶۴۵) - (۴/۹۱\ A۶۶۳) \quad (۳)$$

(۴)

$$carotenoids_{(\mu g/ml)} = (۱۰۰۰\ A۴۷۰ - ۱/۹۰\ chla - ۶۳/۱۴\ chlb)/۲۱۴$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 1999) و مقایسه میانگین‌ها بااستفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

هیچ‌کدام از منابع تغییر بر شاخص سطح برگ تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در آزمایش Shariatmadari *et al*, (2011) شاخص سطح برگ آفتابگردان در محلول‌پاشی با غلظت پایین سولفات آهن (یک‌درهزار) تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، درحالی‌که در غلظت‌های بالای سولفات آهن، این صفت افزایش معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد. به‌نظر می‌رسد غلظت‌های آهن به‌کاررفته در آزمایش ما نتوانسته است صفات کمی گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین باوجود تأثیر معنی‌دار غلظت‌های آهن به‌کاررفته بر صفات کیفی در این آزمایش، صفات کمّی تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار نگرفت.

ارتفاع ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر اصلی مواد افزودنی بر صفت ارتفاع ساقه معنی‌دار ($p< ۰/۰۱$) است. همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود هر دو ماده افزودنی به‌صورت معنی‌دار و تقریباً به‌یک‌اندازه ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد افزایش دادند. استفاده از RCP-5 ۱۵/۳۱درصد و D.G ADJUVANT ۱۳/۹۴درصد ارتفاع ساقه را بهبود داد. بیشترین ارتفاع با میانگین ۱۳/۴۰سانتی‌متر در RCP-5 مشاهده شد.

1- Leaf area meter
2- Inductively Coupled Plasma
3- Kejeldal

Parr & Norman (1964) بیان کردند که نقش بعضی مویان‌ها در سیستم بیولوژیکی تنها محدود به کاهش کشش سطحی نیست، بلکه احتمالاً مربوط به تأثیر بیوشیمیایی آن‌ها است. البته نحوه فعالیت مویان‌ها در سیستم بیولوژیکی هنوز مشخص نیست، اما احتمالاً به علت تنوع شیمیایی مواد تشکیل‌دهنده آن‌هاست. مواد افزودنی استفاده شده در این پژوهش از پلی‌مرهای کربوکسیلات هستند و باتوجه به نقش کربوکسیلات در سیستم فتوسنتز، احتمالاً به‌همین علت در بعضی صفات مانند ارتفاع، مواد افزودنی به تنهایی تأثیر مثبت داشته‌اند. در همین راستا Echer & Rosolem (2012) گزارش کردند که استفاده از ماده افزودنی سیلیکون ارگانیک روی تنظیم‌کننده‌های رشد تأثیر گذاشته و از این طریق روی رشد گیاه پنبه موثر بوده است.

عدم معنی‌داری اثر آهن بر ارتفاع بوته در پژوهش حاضر درحالی رقم خورد که برخی تحقیقات بیان‌گر اثر مثبت این عنصر بوده‌اند. به‌عنوان مثال بیشترین ارتفاع گیاه گندم رقم آتیلا با میانگین ۶۳/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار نانوذرات اکسیدآهن یک‌درصد بود (Mazaherinia *et al*. 2010).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی

Table 2: Analyses of variances of some physiological traits of green bean due to foliar application of iron and additive materials.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean Square (MS)									
		سطح برگ Leaf area index	ارتفاع Height	آهن غلاف Pod Fe	آهن برگ Leaf Fe	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	پروتئین غلاف Pod protein	پروتئین Protein	محتوای نسبی آب برگ Relative Water Content
تکرار Replication	2	0.06	1.58	164.80	365.33	0.003	0.077	0.0024	13.92	3010.78	185.80
آهن Iron(A)	4	0.01^{ns}	3.70^{ns}	242.78**	16426.67^{ns}	0.031^{ns}	0.035^{ns}	0.0027*	5.76**	136121.67**	58.41*
مواد افزودنی Additive material (B)	2	0.007^{ns}	14.55**	317.07**	5516.93**	0.0004^{ns}	0.022^{ns}	0.0009^{ns}	0.92^{ns}	92029.33**	111.38*
مواد افزودنی × آهن A×B	8	0.01^{ns}	2.97^{ns}	426.91**	6980.006**	0.017^{ns}	0.032^{ns}	0.0014^{ns}	2.58*	297470.31**	41.04^{ns}
خطا Error	28	0.02	2.06	23.68	1449.05	0.015	0.021	0.0009	0.84	9506.61	21.14
CV(%)		22.32	11.27	18.60	19.34	15.46	14.99	26.31	5.07	9.38	6.87

ns: non-significant, * & **: Significant at α=0.05 & α=0.01, receptively

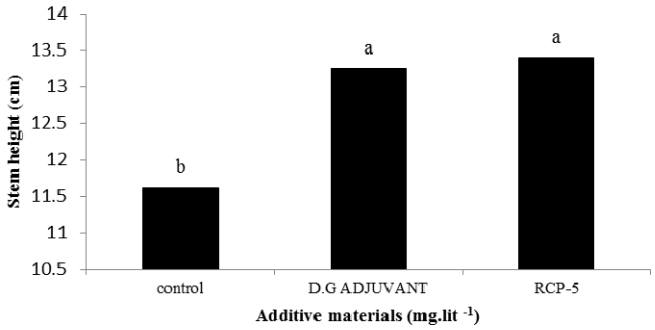
ns و ** و * به‌ترتیب به‌مفهوم معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌داری می‌باشد

محتوای آهن برگ

نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول ۲) که تیمارهای مواد افزودنی و اثر متقابل آهن و مواد افزودنی بر صفت آهن برگ بسیار معنی‌دار شد. ترکیبات تیماری حاصل از آهن و مواد افزودنی از لحاظ تأثیرگذاری بر میزان آهن برگ در شکل ۲ مقایسه شده است. ملاحظه می‌گردد که محلول‌پاشی با هر دو فرم آهن با غلظت ۰/۲۵گرم در لیتر بدون وجود افزودنی نتوانست تأثیری بر آهن برگ داشته باشد، ولی اضافه‌شدن D.G ADJUVANT در همین شرایط میزان آهن برگ را به‌طور چشمگیری ارتقاء بخشید. بیشترین آهن برگ نیز در همان ترکیب تیماری ثبت گردید که بیشترین آهن غلاف وجود داشت. به این ترتیب، میزان آهن در برگ گیاهانی که آهن میکروذرات ۰/۲۵گرم در لیتر را به همراه D.G ADJUVANT دریافت کرده بودند، ۱۲۳/۵۸درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. شایان ذکر است اضافه‌شدن RCP-5 نیز در این شرایط تأثیر مثبت داشت که البته به لحاظ آماری نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به‌نظر می‌رسد در غلظت ۰/۵گرم در لیتر آهن در هر دو فرم میکرو و نانو نیازی به ماده افزودنی نباشد، چراکه این مواد افزودنی در آهن میکرو ۰/۵ اثر منفی داشتند و در نانوآهن ۰/۵ اثر معنی‌داری نداشتند. اگرچه افزودن RCP-5 به نانوآهن ۰/۵گرم در لیتر موجب بهبود آهن برگ گردید تا حدی که با

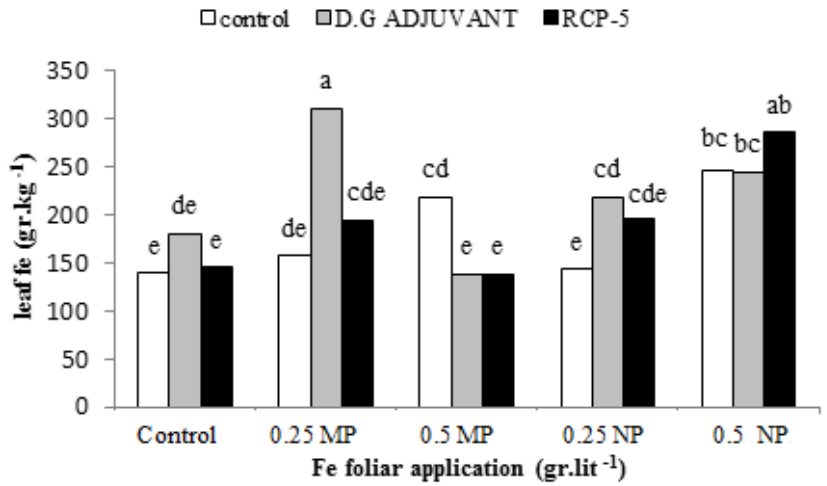
بیشترین مقدار ثبت‌شده برای این صفت در یک گروه آماری قرار گرفت. این درحالی‌است که آهن ۰/۵گرم در لیتر به‌تنهایی در هر دو فرم میزان آهن برگ را نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد.

لذا از نتایج حاصل چنین استنباط می‌شود که می‌توان با افزودن موادی مانند D.G ADJUVANT و RCP-5 به محلول‌هایی با غلظت پایین آهن نتایجی معادل کاربرد غلظت‌های بالای آهن را از لحاظ تغییر در میزان این عنصر در برگ به‌دست آورد. گزارش‌شده است که در نتیجه کاربرد $CaCl_2$ در ترکیب با مویان RSO5 میزان کلسیم سیب به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش معنی‌دار نفوذ کلسیم از طریق کوتیکول میوه گوجه‌فرنگی با مویان RSO5 مشاهده شد. این احتمال وجود دارد که با اضافه‌کردن مویان‌های چربی‌دوست به محلول، سطح تماس بین قطرات محلول پاشیده‌شده با کوتیکول افزایش‌یافته و لذا جذب آهن بیشتری حاصل‌شده است (Schmitz-Eiberfer *et al*., 2002)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی مواد افزودنی بر ارتفاع ساقه لوبیاسبز

Fig. 1. Mean comparison effect of additive materials foliar application on green bean stem height

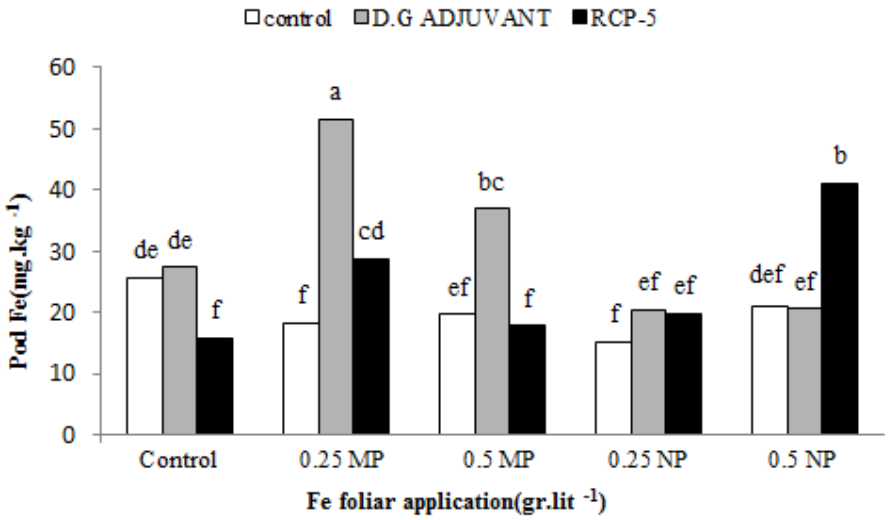


شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر آهن برگ لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 2. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean leaf iron (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

محتوای آهن غلاف

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان آهن موجود در غلاف نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن، مواد افزودنی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آهن غلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) شد (جدول ۲). در هر چهار سطح حاصل از آهن میکرو و نانو و غلظت‌های آن‌ها در شرایط عدم حضور ماده افزودنی اختلاف قابل‌توجهی در میزان آهن غلاف به‌دست نیامد و در مجموع کمتر از گیاهان شاهد بود.



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر آهن غلاف لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 3. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean pod iron (MP: micro-particle, NP: nano- particle.)

افزودن D.G ADJUVANT در هر دو غلظت آهن میکرو مؤثرتر واقع شد و سبب افزایش آهن غلاف نسبت به گیاهان شاهد گردید، به طوری‌که در مجموع بالاترین مقدار (۵۱/۴۷میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر غلاف) از ترکیب تیماری آهن میکروذرات ۰/۲۵ × D.G ADJUVANT به‌دست آمد که به لحاظ آماری نیز نسبت به سایر ترکیبات تیماری برتر بود. توأم‌شدن نانوذرات آهن ۰/۵ با RCP-5 نیز به‌طور قابل‌توجهی آهن غلاف را بهبود بخشید (شکل ۳).

در مطالعه Mahmoudi *et al*, (2005) کمبود آهن منجر به کاهش معنی‌دار محتوای آهن بقولات مورد بررسی شد، هرچند این کاهش محتوای آهن بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود. گزارش شده است که مویان‌های اضافه‌شده به محلول کلسیم می‌تواند حلال‌ها و مواد مرطوب‌کننده[1] را فعال کند و تماس و نفوذ محلول را در برگ افزایش دهد (Uhlig & Wissemeier, 2000). Harker & Ferguson, (1991) نیز پیشنهاد کردند که می‌توان از طریق اضافه‌کردن مویان به محلول، نفوذ کلسیم محلول‌پاشی‌شده را بهبود داد.

کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد هیچ‌کدام از منابع تغییر بر صفات کلروفیلa و کلروفیلb تأثیر معنی‌داری نداشت. در پژوهشی تأثیر محلول‌پاشی برخی عناصر غذایی بر خصوصیات کمی و کیفی پسته مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که بین میزان کلروفیل در تیمارهای مختلف کاربرد عناصر غذایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بیشترین میزان کلروفیل در تیمار کاربرد منگنز و آهن و کمترین آن در شاهد مشاهده شد (Davary nejad *et al*., 2009). همین محققان اشاره کرده‌اند که آهن از عناصر مهم در تولید کلروفیل و در نهایت فتوسنتز می‌باشد و یکی از دلایل کاهش تأثیر آن روی کلروفیل، تحرک کم آن در گیاه می‌باشد. بنابراین، چنین به‌نظر می‌رسد که عدم تأثیرگذاری آهن روی کلروفیل در آزمایش ما در اثر محدودیت تحرک آن در گیاه بعد از جذب‌شدن باشد.

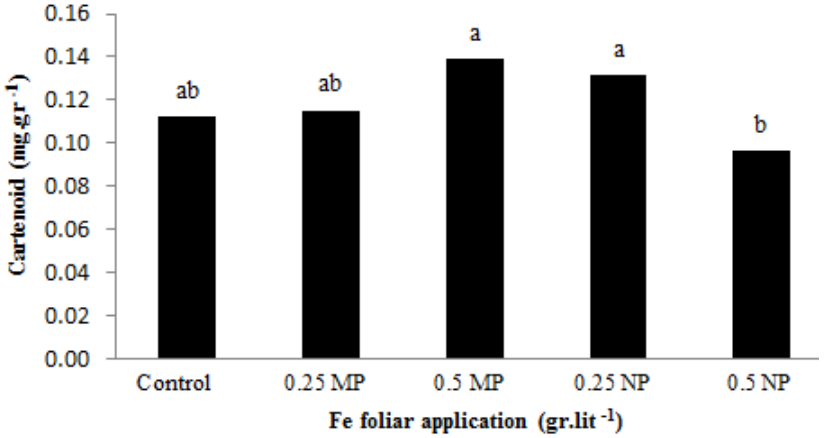
کاروتنوئید

از بین منابع تغییر، تنها اثر آهن ($p<0/05$) بر کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌گردد در فرم آهن میکرو با افزایش غلظت آهن میزان کاروتنوئید بهبود یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئید در غلظت ۰/۵گرم در لیتر آهن میکرو با میانگین ۰/۱۴میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد که ۲۷/۲۷درصد بیشتر از شاهد بود، البته این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در فرم نانو افزایش غلظت آهن تأثیر منفی بر میزان کاروتنوئید داشت. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد، نانو آهن ۰/۵ با میانگین ۰/۰۹میلی‌گرم بر گرم وزن تر مقادیر پایینی از میزان

1- Humectants

کاروتنوئید را به نمایش گذاشت. نکته قابل‌توجه این‌است‌که به لحاظ تأثیرگذاری بر کاروتنوئید برگ با نصف غلظت آهن به شکل نانو (نانو آهن ۰/۲۵) تقریباً نتیجه‌ای معادل آهن میکرو ۰/۵گرم در لیتر به‌دست آمد. وجود کاروتنوئید در برگ علاوه‌بر کمک در جذب نور توسط سیستم آنتنی برگ، از نظر محافظت کلروفیل در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن نیز مفید است.

در مطالعات Peyvandi *et al*, (2011) اختلاف معنی‌داری در محتوای کاروتنوئید بین شاهد و مصرف آهن (نانوکلات و میکرو) در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) مشاهده نشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی آهن بر کاروتنوئید برگ لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 4. Mean comparison effect of iron foliar application on green bean leaf carotenoid (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

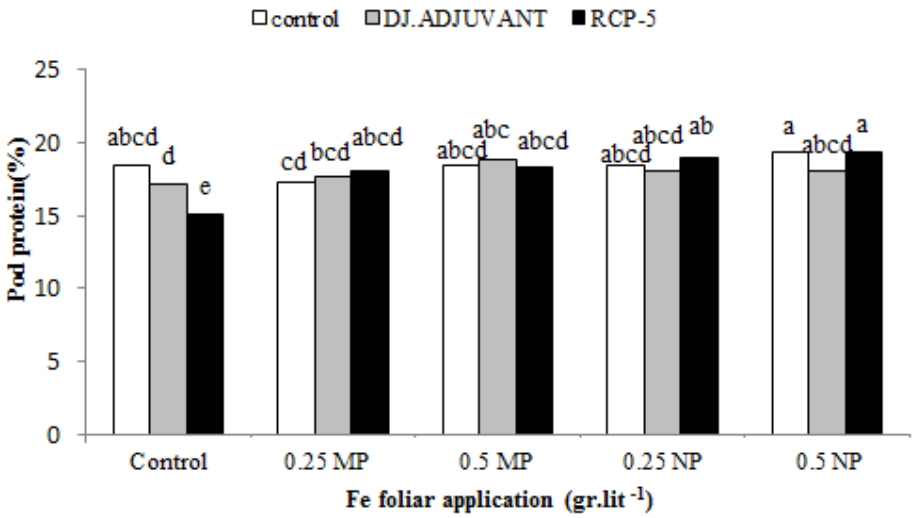
پروتئین غلاف

اثر آهن ($p\leq$۰/۰۱) و اثر متقابل آن با مواد افزودنی ($p\leq$۰/۰۵) بر صفت پروتئین غلاف معنی‌دار شد (جدول ۲). پروتئین موجود در غلاف گیاهان شاهد ۱۸/۴۵درصد بود (شکل ۵). محلول‌پاشی با هر دو ماده افزودنی به‌تنهایی در سطح صفر آهن، سبب کاهش پروتئین گردید. این کاهش در اثر RCP-5 از نظر آماری معنی‌دار بود، به‌این‌ترتیب کمترین پروتئین غلاف به میزان ۱۵/۱۵درصد در این شرایط ثبت گردید. پروتئین غلاف در سایر ترکیبات تیماری بین ۱۷/۲۰ تا ۱۹/۴۰ درصد متغیر بود، ولی اختلاف آن‌ها با یکدیگر و با شاهد معنی‌دار نبود. بااین‌وجود، بیشترین مقدار پروتئین غلاف در ترکیب تیماری نانوآهن ۰/۵ × RCP-5 به‌دست آمد. هم‌چنین، همین سطح از آهن بدون مادهٔ افزودنی با میانگین ۱۹/۳۵درصد مشاهده شد.

گزارش‌شده است که آهن در سنتز پروتئین نقش دارد و از آنجایی‌که نقش آهن در سنتز پروتئین همراه با کلروفیل می‌باشد، کمبود آهن سبب کاهش کلروفیل و در نتیجه منجر به کاهش درصد پروتئین می‌شود (Davrynejad *et al*., 2010). باتوجه به این‌که عنصر آهن یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (Tewari *et al*., 2005) پس می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند پروتئین‌سازی افزایش یابد.

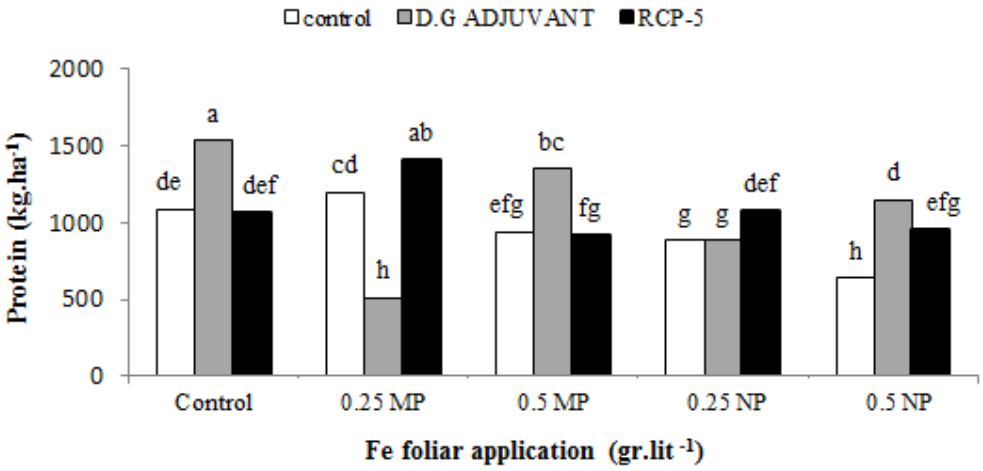
عملکرد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر آهن، ماده افزودنی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد پروتئین معنی‌دار ($p<$۰/۰۱) بود. در سطح صفر، آهن ۰/۵ و نانوآهن ۰/۵گرم در لیتر، محلول‌پاشی آهن همراه‌شده با D.G ADJUVANT عملکرد پروتئین را افزایش داد. بالاترین عملکرد پروتئین در سطح صفر آهن و محلول‌پاشی با D.G ADJUVANT به‌دست آمد. در غلظت ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن این ماده افزودنی تأثیر مثبت نداشت و حتی تأثیر منفی بر این صفت داشت؛ به‌طوری‌که در ترکیب تیماری ۰/۲۵ آهن میکرو×D.G ADJUVANT با میانگین ۵۰۷کیلوگرم در هکتار مقادیر پایینی از این صفت دیده شد. در سطح ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن، ماده افزودنی RCP-5 مفید واقع شد، به‌طوری‌که در سطح ۰/۲۵ میکرو افزایش حاصل‌شده به‌گونه‌ای بود که با ترکیب تیماری آهن صفر× D.G ADJUVANT (بیشترین عملکرد پروتئین) اختلاف معنی‌دار نداشت.



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر پروتئین غلاف لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 5. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean pod protein (MP: micro- particle, NP: nano- particle)



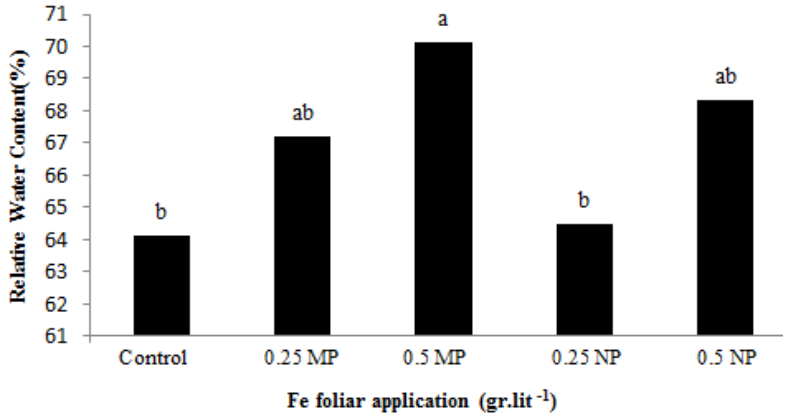
شکل ۶- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر عملکرد پروتئین لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 6. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean protein yield (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

محتوای نسبی آب برگ

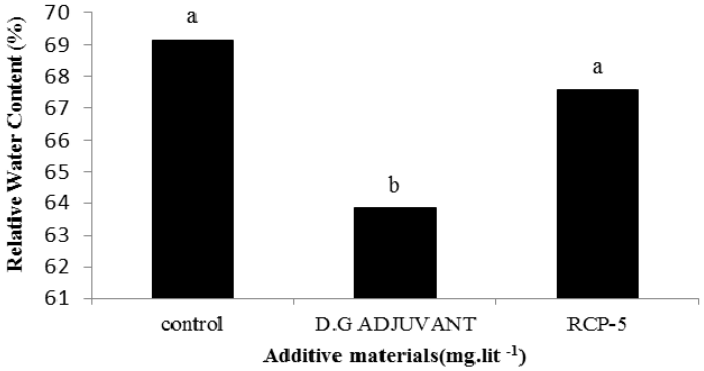
اثر آهن و ماده افزودنی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار ($p<0/05$) شد (جدول ۲). در هر دو فرم آهن با افزایش غلظت آهن میزان آب نسبی برگ نسبت به شاهد افزایش یافت، اما تنها در تیمار آهن ۰/۵ میکروذرات این افزایش معنی‌دار بود و بیشترین آب برگ با میانگین ۷۰/۱۰درصد در همین تیمار دیده شد که نسبت به شاهد ۶درصد محتوای آب برگ را افزایش داد (شکل۷).

کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (Venkateswarlu & Ramesh, 1993). در آزمایشی روی گیاه برنج کمبود آهن تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد آب نسبی گیاه نداشت، ولی سمیت آهن در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن منجر به کاهش درصد آب نسبی در این گیاه شد (Kiani chalmardi & Abdolzadeh, 2012).



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن بر آب نسبی برگ؛ (MP: میکرو ذرات، NP: نانو ذرات)

Fig. 7. Mean comparison effect of iron foliar application on green bean leaf relative water contents (MP: micro- particle, NP: nano- particle)



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی مواد افزودنی بر محتوای آب نسبی برگ لوبیاسبز

Fig. 8. Mean comparison effect of additive materials foliar application on green bean relative water contents

استفاده از مواد افزودنی در هر دو فرم اثر منفی بر محتوای نسبی آب برگ داشت. البته استفاده از D.G ADJUVANT به‌صورت معنی‌داری آب نسبی برگ را (۵/۳۱درصد) نسبت به شاهد کاهش داد، ولی بین RCP-5 و شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۸). یکی از اثرات مویان‌ها حل‌کردن کوتیکول گیاه می‌باشد، به‌طوری‌که از این طریق سبب افزایش نفوذ علف‌کش‌ها به درون گیاه می‌شوند (Kargar *et al*., 2014). احتمالاً در آزمایش ما نیز D.G ADJUVANT با خراش‌دهی و حل‌کردن کوتیکول ضمن افزایش جذب آهن، سبب تبخیر بیشتر آب از سطح کوتیکول و کاهش محتوای نسبی آب برگ گردیده است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که کاربرد ماده افزودنی D.G ADJUVANT در غلظت پایین آهن میکروذرات سبب افزایش میزان آهن در برگ و غلاف شد. در غلظت بالای نانوآهن محلول‌پاشی با RCP-5 مقادیر بالایی از پروتئین مشاهده شد. هر دو ماده افزودنی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع لوبیاسبز گردید. براساس نتایج آزمایش، استفاده از مواد افزودنی تأثیر معنی‌داری در جذب و نفوذ اکسیدآهن به شکل میکرو و نانوذره از طریق برگ دارد. افزایش جذب آهن تحت تأثیر مواد افزودنی می‌تواند در غلظت‌های کم تأثیراتی معادل غلظت‌های بالا نشان دهد. در نتیجه، امکان کاهش مصرف و صرفه اقتصادی را برای مصرف‌کننده فراهم می‌کند.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس بابک سلیم‌زاده و شرکت راک‌شیمی که مواد افزودنی را سخاوتمندانه در اختیار ما گذاشتند، همچنین از همکاری صمیمانه سرکار خانم مهندس زهرا محمدخانی و جناب مهندس هادی قاسمی در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Abbas, G., Khan, M.Q., Khan, M.J., Hussain, F., and Hussain, I. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). The Journal of Animal and Plant Sciences 19(3): 135-139.
2. Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture 8: 369-380
3. Davrynejad, Gh., Azizi, M., and Akheratee, M. 2010. Effect of foliar nutrition on quality, quantity alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Horticultural Sciences 23(2): 1-10. (In Persian with English Summary).
4. Edding, J.L., and Brown, A.L. 1967. Absorption and translocation foliar-applied Iron. Plant Physiology 42: 15-19.
5. EcherI F. R., and Rosolem, C. A. 2012. Plant growth regulator losses in cotton as affected by adjuvants and rain. Ciência Rural, Santa Maria 42(12): 2138-2144.
6. Ghaderi, J., and Malakouti, M.J. 2009. Manganese role in enhancing and enriching the grain research organization agricultural extension soil and water research institute. Technical bulletin No 46. (In Persian with English Summary).
7. Harker, F.R., and Ferguson, I.B. 1991. Effect of surfactant on calcium penetration of cuticles from apple fruit. Science of Horticulture 64: 225-233.
8. Hiscox, J.D., and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany 57: 1332-1334.
9. Hochmuth, G. 2011. Iron (Fe) Nutrition of Plants. University of Florida If as Extension. Sl 353. P: 1-8.
10. Kargar, M., Rashed Mohasse, M.H., Nezami, A., and Izedi Darbandi, E. 2014. Optimizing efficacy of clodinafop-propargyl with adjuvants on little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) control. Journal of Plant Protection 2(28): 155-163. (In Persian with English Summary).
11. KianiChalmardi, Z., and Abdolzade, A. 2013. Effect of silicon in reduce the Iron deficiency and toxicity stress in hydroponically grown rice plants. Journal of Science and Technology 3(12): 79-88. (In Persian with English Summary).
12. Mahmoudi, H., Ksouri, R., Gharsalli, M., and Lachaal, M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Plant Physiology 162(11): 1237-1245.
13. Mazaherinia, S., Astaraei, A., Fotovat, A.R., and Maneshi, A. 2010. Effect of iron oxide (nano and ordinary) with compost of granular sulfur on iron concentration and growth of wheat crop. Journal of Iranian Agricultural Research 8(5): 855-861.(In Persian)
14. Mohsenzadeh, S., Farrahi-aschtiani, S., Malboobi, M.A., and Ghanati, F. 2003. Effect of drought and chlorocholine chloride on seedling and photosynthesis of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pajouhesh- va- Sazandegi 60: 56-64. (In Persian)
15. Morales, F., Abadía, A., and Abadía, J. 1998. Photosynthesis, quenching of chlorophyll fluorescence and thermal energy dissipation in iron-deficient sugar beet leaves. Australian Journal of Plant Physiology 25: 403-412.
16. Mortvedt, J.J. 1986. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problem. Journal of Plant Nutrition 9: 691-974.
17. Mousavi, S.R. 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Australian Journal of Basic and Applied Science 5(9): 1503-1509.
18. Musavi, S.R., and Rezaei, M. 2011. Nanotechnology in agriculture and food production. Journal of Applied Environmental and Biological Science 1(10): 414-419.
19. Parr J.F., and Norman, A.G. 1964. Effects of nonionic surfactants on root growth and cation uptake. Plant physiology 39: 502-507.
20. Penner, D. 2000. Activator adjuvant. Weed Technology 14: 785-791.
21. Peyvandi, M., Kamali Jamakani, Z., and Mirza, M. 2011. Comparison of nano Fe chelat with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Satureja hortensis*. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 2(5): 25-32. (In Persian with English Summary).
22. Schmitz-Eiberfer, M.A., Haefs, R., and Noga, G.J. 2002. Enhancing biological efficacy and rainfastness of foliar applied calcium chloride solutions by addition of rape seed oil surfactants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 165(5): 634-639.
23. Shariatmadari, M.H., Zamani, G.R., and Sayari, M.H. 2011. Effect of salinity stress and iron spraying on leaf area index, light absorption and relations with yield in sunflower (*Helianthus annuns* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(2): 285-293. (In Persian with English Summary).

24. Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbaksh Shishevan, M., and Seyed Sharifi, R. 2012. Effect on foliar nano oxide iron mineral elements in soybean. First National Congress on Modern Agricultural Science and Technology. September 19-21, 2012. Zanjan University. (In Persian with English Summary).
25. Soleymani, A., Firouz, M., and Narnjany, l. 2012. Effect of application solution micronutrients on some physiological parameters affecting plant growth and dry matter yield of forage maize. Iranian Journal of Agricultural Research. 9(3): 340-347. (In Persian).
26. Stocking, C.R. 1975. Iron deficiency and the structure and physiology of maize chloroplasts. Plant physiology 55: 626-631.
27. SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.
28. Tewari, R.K., Kumar, P., and Sharma, P.N. 2005. Sign of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. Plant Science 169: 1037-1045.
29. Uhlig, B.A., and Wissemeier, A.H. 2000. Reduction of nano-ionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. Crop Protection 19: 13-19.
30. Venkateswarlu, B., and Ramesh, K. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of ground nut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Science 90: 179-185.
31. Warad, H.C., and Dutta, J. 2006. Nanotechnology for Agriculture and Food Systems-A Review. Asian Institute of Nanotechnology. 496 pp.
32. Whitty, E.N., and Chambliss, C.G. 2005. Fertilization of field and forage crops. Nevada State University Publication. 21 pp.
33. Zhang, L., Hong, F., Lu, S., and Liu, C. 2005. Effect of nano-TiO2 on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach Biol. Trace Element Research 105: 83-9.
34. Zayed, B.A., Salem, A.K.M., and El Sharkawy, H.M. 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences 7(2): 179-184.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 161-173

Effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with D.G ADJUVANT and RCP-5 additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Nozari Rad[1], D., Baradaran Firouzabadi[2], M., Makarian[2*], H., Farrokhi[3], N. & Gholami[2], A.

1. MSc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran
2. Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran
3. Department of Biotechnology, Faculty of Energy Engineering and New Technologies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 31 May 2014
Accepted: 23 June 2015

Introduction

Iron (Fe) has a crucial biological role in human and plant growth. This micronutrient is a major player in chloroplast photosynthesis and enzymes. Although some enzymes, such as Fe-dependent superoxide dismutase, use molecular Fe as a cofactor directly, most proteins use Fe-containing factors. Various studies were carried out to understand the effect of nanoparticles on the growth of plants. Nano-particles have high reactivity because of the more specific surface area, more density of reactive areas, or increased reactivity of these areas on the particle surfaces. Sheykhbaglou *et al.* (2012) showed that application of nano-iron oxide particles increased soybean growth and yield than micro iron particles. Iron deficiency can be corrected by foliar application of iron more efficiently than the soil application of iron sources. To achieve maximum nutrient absorption via foliar applications, a fine mist application with spreading and wetting agents is desired. These agents provide quick wetting of plant tissue and more uniform coverage and as a result more absorption of solutions. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.).

Materials and Methods

This study was arranged as factorial based on randomized complete block design with three replications to investigate the effects of Fe nano particles (NP) and micro particles (MP) foliar application with additive material on some physiological traits of green bean at the Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology in 2012. Geographically, the site is located in Bastam (36° 29'E, 55° 57'N, 1366 m a.s.l.). The climate of this region is semi-arid. The first factor was foliar application of Fe in five levels (0, 0.25, and 0.5 g L^{-1}; in two forms: NP and MP) and the second factor was additive materials in three levels (0, D.G ADJUVANT and RCP-5). The foliar application was performed 55 days after sowing in the beginning of flowering stage. At harvest, the plant characteristics namely leaf area index, height, pod and leaf iron, chlorophyll, carotenoid and protein were also registered. Statistical analyses of data were performed with statistical software MSTAT-C. Significant differences between means refer to the probability level of 0.05 by LSD test.

Results and Discussion

Results showed that leaf area index was not affected by treatments. The highest Fe level in leaves (311 mg kg^{-1}) and in pods (51.47 mg kg^{-1}) was obtained by application of 0.25 g L^{-1} Fe MP + D.G ADJUVANT (figures 2 and 3). Bybordi & Mamedov (2010) reported that with spraying of Fe the highest amount of Fe accumulation was obtained in canola leaf. RCP-5+0.5 g L^{-1} Fe NP treatment showed the highest pod protein content.

* **Corresponding Author:** h.makarian@yahoo.com

Monsef Afshar *et al*., (2012) represented that foliar application of Fe increased protein percentage of leaf compared to the other treatments. Micro-Nutrients such as Fe and zinc participate in the structure of proteins and also in nitrogen metabolism and thereby may also cause to increase the protein amount. Uhlig & Wissemeier (2000) recorded an increased cuticular penetration of calcium containing surfactants. Leaf and stem tissues can inhibit initial nutrient absorption by means of waxy substances in the cuticle. Thus, it seems that D.G ADJUVANT and RCP-5 have improved the effects of Fe on plant characteristics through increasing absorption of iron especially in low concentrations. Similar to our results Singh et al., (1990) reported that application of iron sulphate and iron pyrite decreased chlorosis and increased chlorophyll and carotenoid contents of groundnut leaves significantly.

Conclusion

Based on the results of the present study, using additive materials such as D.G ADJUVANT and RCP-5 can enhance the effects of iron as nano and micro particles on chlorophyll contents and pod protein of green bean through providing quick wetting of plant tissue and more uniform coverage with increased spray retention by reducing the surface tension of the spray droplets.

Key words: Adjuvants, Leaf Absorption, Legumes, Micronutrients

نشریه پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی- پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد۷، شمارۀ۱، نیمۀ اوّل،۱۳۹۵، شمارۀ پیاپی: ۱۳

(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	سپیده	انورخواه	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	جامی‌الاحمدی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	سید موسی	موسوی کوهی	دکتری فیزیولوژی گیاهی از دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	پرویز	احسان‌زاده	دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر	سید وحید	اسلامی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	مریم	جانعلی‌زاده	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (دانشجوی دکتری)
دکتر	منیره	چنیانی	دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	رضا	خراسانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علیرضا	سیفی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محسن	عدالت	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	حسن	فرحبخش	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدباهنر کرمان
دکتر	حسن	فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر	سید عبدالرضا	کاظمینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی کردستان
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	امیر	لکزیان	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی‌اکبر	محمودی	پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (دانشجوی دکتری)
دکتر	سید حسن	مرعشی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	نسرین	مشتاقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سید کریم	موسوی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

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 پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت/ سازمان/ مؤسسه/ شرکت/ دانشگاه/ دانشکده/ کتابخانه/ بخش خصوصی/ شخصی/ سایر)

.....

نشانی دقیق پُستی: .....

.....

.....

.....

تلفن (با کُد شهرستان): .....

تلفن همراه: .....

نمابر: .....

نحوه اشتراک:

مایل به اشتراک نشریه از تاریخ ..... تا ..... می‌باشم.

بهای هر شماره از نشریه، ۵۰۰۰ ریال می‌باشد. خواهشمند است مبلغ مربوط به تعداد شماره‌های مورد نیاز را به حساب شمارهٔ ۹۹۶۵۴ به‌نام عواید اختصاصی پژوهشکدهٔ علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فُرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهدهٔ متقاضی می‌باشد.

تاریخ: امضاء:

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles

Vol. 7, No. 1, 2016, S. No.: 13

Title	Author(s)	Page
• **Calibration of accelerated aging test as a vigor test to predict the seedling emergence of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in field conditions**	Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M.E. & Mohammadi, G.	**9**
• **Effect of photoperiod on somatic embryogenesis in different organs of chickpea (*Cicer arietinum* L.)**	Mozafari, A.A. & Kamangar, K.	**25**
• **Agronomic assessment of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in fall sowing at Mashhad conditions**	Porsa, H., Nezami, A., Bagheri, A. & Najibnia, S.	**37**
• **Effect of magnetic field on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.)**	Mahmoudi, Gh., Ghanbari, A., Rastgoo, M., Gholizade, M. & Tahmasebi, I.	**54**
• **Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)**	Ghanbari, M., Mansour Ghanaei Pashaki, K., Safaei Abdolmanaf, S. & Aziz Ali-abadi, Kh.	**65**
• **Effect of magnetized water and salinity stress on germination traits and seedling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**	Goldani, M., Javadi, M. & Nezami, A.	**81**
• **The effects of night temperature and nitric oxide on some physio-biochemical characters of Pea plants**	Faraji, M. & Chaparzadeh, N.	**93**
• **Effects of supplementary irrigation at phenological stages on some growth indices of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad region**	Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K.	**105**
• **Assessment of genetic diversity and heritability of quantitative characters in Kabuli type chickpea germplasms under dryland conditions**	Hassani, H., Nabati Ahmadi, D., Pezeshkpour, P. & Sorkheh, K.	**121**
• **Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rainfed farming**	Fetri, M., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M. & Mohammadi, G.	**135**
• **Investigation of important morphological traits and grain yield of lentil under shading and bio-priming**	Darabi, F., Hatami, A., Zare, M.J. & Naseri, R.	**145**
• **Effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with D.G ADJUVANT and RCP-5 additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**	Nozari Rad, D., Baradaran Firouzabadi, M., Makarian, H., Farrokhi, N. & Gholami, A.	**161**

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 7, No. 1, 2016, S. No.: 13

Published by: Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi
Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami
Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar
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
Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.); Zahra Taheri (MSc.)
Assistant: Talachian, Asadi

Circulation: 50

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 Citention Center (http://www.isc.gov.ir); Iranian Journals Database (http://www.magiran.com); Scientific Information Database (www.SID.ir)

Address:
Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran
P.O. Box: 91775-1653**; ZIP Code:** 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804801 & 38804812**; Fax:** +98-51-38807024;
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. 7 (1) June 2016

- **Calibration of accelerated aging test as a vigor test to predict the seedling emergence of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in field conditions** — Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M.E. & Mohammadi, G.
- **Effect of photoperiod on somatic embryogenesis in different organs of chickpea (*Cicer arietinum* L.)** — Mozafari, A.A. & Kamangar, K.
- **Agronomic assessment of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in fall sowing at Mashhad conditions** — Porsa, H., Nezami, A., Bagheri, A. & Najibnia, S.
- **Effect of magnetic field on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.)** — Mahmoudi, Gh., Ghanbari, A., Rastgoo, M., Gholizade, M. & Tahmasebi, I.
- **Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)** — Ghanbari, M., Mansour Ghanaei Pashaki, K., Safaei Abdolmanaf, S. & Aziz Ali-abadi, Kh.
- **Effect of magnetized water and salinity stress on germination traits and seedling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)** — Goldani, M., Javadi, M. & Nezami, A.
- **The effects of night temperature and nitric oxide on some physio-biochemical characters of Pea plants** — Faraji, M. & Chaparzadeh, N.
- **Effects of supplementary irrigation at phenological stages on some growth indices of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad region** — Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M. & Hajmohammadnia Ghalibaf, K.
- **Assessment of genetic diversity and heritability of quantitative characters in Kabuli type chickpea germplasms under dryland conditions** — Hassani, H., Nabati Ahmadi, D., Pezeshkpour, P. & Sorkheh, K.
- **Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rainfed farming** — Fetri, M., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M. & Mohammadi, G.
- **Investigation of important morphological traits and grain yield of lentil under shading and bio-priming** — Darabi, F., Hatami, A., Zare, M.J. & Naseri, R.
- **Effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with D.G ADJUVANT and RCP-5 additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)** — Nozari Rad, D., Baradaran Firouzabadi, M., Makarian, H., Farrokhi, N. & Gholami, A.