

پژوهش‌های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۷، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۵ - شماره پیاپی: ۱۴



باغباناری



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه سیدالشهدا کرمان



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و تحقیقات



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

• دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز در گیاه زراعی عدس (*Lens culinaris Medik.*) در شرایط آب‌وهوایی کرمانشاه

شایسته طاهرآبادی، مختار قبادی و پژمان اله‌مرادی

• مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum L.*) و ماش سبز (*Vigna radiata L.*) تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

علیرضا کوچکی، حسام‌الدین سلوکی و ثنا کاربر

• اثر تاریخ کاشت و سطوح کود فسفر بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد باقلا (*Vicia faba L.*)

سعیده عالی‌پور، محمدرضا مرادی تلاوت، سیدعطاءاله سیادت، سیدهاشم موسوی و عزیز کر بلا چعب

• برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای گلخانه‌ای حبوبات در ایران

محسن جمالی‌پور، محمد قربانی، علیرضا کوچکی و ناصر شاهنوشی

• برهمکنش اثرات شوری و سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی، رشد و برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*)

علی گنجعلی، پروانه ابریشم‌چی و مریم شوربایی

• بررسی اثرات باقیمانده برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره و آریلوکسی‌فنوکسی پروپیونات‌های مورد استفاده در گندم در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*)

رحیم‌بخش محمدنژاد، ابراهیم ایزدی‌دربندی، مهدی راستگو و امیر لکزیان

• اثرات روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر خواص فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی لوبیای قرمز • اثر کادمیوم بر تغییرات برخی اجزاء سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهچه‌های عدس

عبداله ایمان‌مهر و ناصر گنجی خرم‌دل
فاطمه بارنده و حمیدرضا کاوسی

• بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata L.*)

مجتبی کیخا، محسن نوری و عباس کشته‌گر

• بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) با ماش (*Vigna radiata L.*) بر مهار علف‌های هرز و افزایش عملکرد ماش

بهرام میرشکاری

• اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris L.*) تحت شرایط خشکی

مرتضی جمشیدی، عبدالرزاق دانش‌شهرکی و سیدمجتبی هاشمی‌جری

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهش‌های حووبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

جلد ۷، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۵ - شماره پیاپی: ۱۴

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: دکتر محمد کافی
سر دبیر: دکتر احمد نظامی
مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا
هیئت تحریریه:

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

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی)؛ مهندس ملیحه اکبر پور (ویراستار فنی)

همکاران این شماره: حامد طلاچیان - رحمان اسدی

شمارگان: ۳۰ نسخه

این نشریه در قالب تفاهم‌نامه 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:

گوگل اسکالر
<http://scholar.google.com>



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



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



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



نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حووبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴
تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد ۷، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۵، شماره پیاپی: ۱۴

عنوان مقاله	نویسنده (گان)	صفحه
• دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز در گیاه زراعی عدس (<i>Lens culinaris Medic</i>) در شرایط آب‌وهوایی کرمانشاه	شایسته طاهرآبادی، مختار قبادی و پژمان اله‌مرادی	۱۰
• مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط کنجد (<i>Sesamum indicum L.</i>) و ماش سبز (<i>Vigna radiata L.</i>) تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز	علیرضا کوچکی، حسام‌الدین سلوکی و ثنا کاربر	۲۷
• اثر تاریخ کاشت و سطوح کود فسفر بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد باقلا (<i>Vicia faba L.</i>)	سعیده عالی‌پور، محمدرضا مرادی تلاوت، سیدعطاله سیادت، سیدهاشم موسوی و عزیز کربلا جعب	۴۵
• برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای گلخانه‌ای حبوبات در ایران	محسن جمالی‌پور، محمد قربانی، علیرضا کوچکی و ناصر شاهنوشی	۵۹
• برهمکنش اثرات شوری و سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی، رشد و برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (<i>Cicer arietinum L.</i>)	علی گنجعلی، پروانه ابریشم‌چی و مریم شورایی	۷۸
• بررسی اثرات باقیمانده برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره و آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌های مورد استفاده در گندم در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های نخود (<i>Cicer arietinum L.</i>)	رحیم‌بخش محمدنژاد، ابراهیم ایزدی‌دربندی، مهدی راستگو و امیر لکزیان	۹۵
• اثرات روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر خواص فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی لوبیای قرمز	عبداله ایمان‌مهر و ناصر گنجی خرم‌دل	۱۰۹
• اثر کادمیوم بر تغییرات برخی اجزاء سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهچه‌های عدس	فاطمه بارنده و حمیدرضا کاوسی	۱۲۵
• بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (<i>Vigna radiata</i>)	مجتبی کیخا، محسن نوری و عباس کشته‌گر	۱۳۸
• بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گل همیشه‌بهار (<i>Calendula officinalis</i>) با ماش (<i>Vigna radiata</i>) بر مهار علف‌های هرز و افزایش عملکرد ماش	بهرام میرشکاری	۱۵۲
• اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا قرمز (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) تحت شرایط خشکی	مرتضی جمشیدی، عبدالرزاق دانش‌شهرکی و سیدمجتبی هاشمی‌جری	۱۶۴
• اثر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما (<i>Phaseolus lunatus L.</i>) در شرایط تنش خشکی	صدیقه بهشتی، علی تدین و سیف‌الله فلاح	۱۷۵

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• اثر تداخل علف‌های هرز، تاریخ کاشت و روش کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاقرمز (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	مریم کمالی، محسن عدالت، سیدعبدالرضا کاظمینی و بهرام حیدری	۱۸۸
• ارزیابی تأثیر محلول پاشی متانول بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عدس (<i>Lens culinaris</i> Medik) تحت شرایط تنش کم‌آبی	راهله احمدپور، نظام آرمند، سعیدرضا حسین‌زاده و مهدی رژه	۲۰۲
• انتقال ژن <i>codA</i> به عدس (<i>Lens culinaris</i> M.) و تولید گیاهان تراریخته T1	فاطمه ذاکر تولایی، بهزاد قره‌یاضی، عبدالرضا باقری و کایران کمار شارما	۲۱۵

سخن سردبیر

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

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

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

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



پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

الف - معرفی نشریه

«پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجه علمی پژوهشی که به وسیله پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامه همکاری با شش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهید باهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد. این نشریه 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، دال عدس و خلر است.

ب - فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

ب-۱- مقالات باید نتیجه پژوهش‌های اصیل در زمینه حبوبات بوده و پیش‌تر در نشریه دیگری چاپ نشده و یا همزمان به نشریه دیگری ارسال نشده باشند. مراحل ارسال مقاله و پیگیری وضعیت آن، از طریق پایگاه اختصاصی نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران در سامانه یکپارچه 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 نویسنده مسئول و نیز یکایک نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانه اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های الحاقی، بارگذاری گردد.

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

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

ب-۵- زبان اصلی نشریه، فارسی است و مقالات، حاوی چکیده 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 فاصله ۲/۵ سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصله ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی Nazanin B اندازه ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازه ۱۱ و به صورت یک‌ستونه تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به صورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند. همه صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن از ۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

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

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

ج-۲-۲- فایل متن مقاله، باید حاوی بخش‌های عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری (در صورت لزوم)، فهرست منابع و چکیده مبسوط انگلیسی باشد. در اولین صفحه، عنوان مقاله بدون هرگونه ذکر نام و مشخصات نویسنده (گان)، درج شود. عنوان باید خلاصه و روشن و بیان‌کننده موضوع پژوهش بوده و از ۲۰ کلمه تجاوز نکند. چکیده فارسی، حداکثر در ۲۵۰ کلمه نوشته شده و همه آن در یک پاراگراف تنظیم شود. چکیده با وجود اختصار باید محتوای مقاله و برجسته‌ترین نتایج آن را بدون استفاده از جدول، شکل و کلمات اختصاری تعریف نشده ارائه کند. ج-۲-۳- پس از چکیده، واژه‌های کلیدی آورده شود. به این منظور تنها از واژه‌هایی استفاده شود که در عنوان و حتی‌المقدور در چکیده مقاله از آنها ذکر به میان نیامده باشد.

ج-۲-۴- در مقدمه، باید سوابق پژوهشی مربوط به موضوع تحقیق، توجیه ضرورت و نیز اهداف تحقیق، به خوبی ارائه شوند. ج-۲-۵- مواد و روش‌ها باید کاملاً گویا و روشن بوده و در آن، مشخصات محل و نحوه اجرای آزمایش، به همراه روش گردآوری داده‌ها و پردازش و تحلیل آنها با ذکر منابع، به روشنی ارائه شود. در صورت کاربرد معادلات ریاضی، باید همه اجزای معادله به طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده (گان)، نحوه حصول آن در پیوست آورده شود.

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

ج-۲-۷- در صورت لزوم، جهت تشکر از شخص یا سازمان، این مطلب با عنوان "سپاسگزاری" پس از نتیجه‌گیری آورده شود. ج-۲-۸- در بخش منابع، یک فهرست شماره‌گذاری شده از منابع استفاده‌شده که همگی به ترتیب حروف الفبا تنظیم شده باشند، ارائه شود. تنها منابعی باید ذکر شوند که در ارتباط نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آنها استفاده شده باشد. همه منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند. در مواردی که فقط چکیده مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (abstract) داخل پرانتز ذکر شود. نحوه ارجاع به منابع در متن مقاله، به صورت اسم نویسنده (گان) و تاریخ انتشار منبع باشد. حتی‌الامکان از درج نام افراد در شروع جمله خودداری گردد و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند؛ مانند (Nezami, 2007). برای جداسازی منابع از ";" استفاده شود؛ مانند (Saxena, 2003; Singh et al., 2008; Bagheri & Ganjeali, 2009). چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود، به صورت نام (سال) نوشته شود مانند Parsa (2007). اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی، برگردان شوند.

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

ج-۲-۱۰- تهیه چکیده مبسوط انگلیسی (Extended Abstract):

با توجه به اهمیت نظام‌های رتبه‌بندی و علم‌سنجی رسمی، ضروری است "چکیده 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- نحوه تنظیم فهرست منابع

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

ج-۳-۱- مجلات:

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

ج-۳-۲- کتاب تألیف شده:

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

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

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

ج-۳-۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

ج-۳-۶- رساله‌های تحصیلی:

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

ج-۳-۷- کنفرانس‌های علمی:

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

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

صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

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

دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز در گیاه زراعی عدس (*Lens culinaris Medic*) در شرایط آب‌وهوایی کرمانشاه

شایسته طاهرآبادی^{۱*}، مختار قبادی^۲ و پژمان اله‌مرادی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه. تلفن: ۰۸۳-۳۸۳۳۱۷۲۳، m.ghobadi@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه. p.a.moradi491@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۲

چکیده

به منظور تعیین اثر دوره‌های رقابت علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. فاکتورها شامل دو رقم عدس به نام‌های گچساران و محلی کرمانشاه و تیمارهای دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز بود. عامل دوم آزمایش شامل دو گروه تیمارهای تداخل علف‌های هرز با گیاه زراعی از هنگام سبز شدن گیاه زراعی تا مراحل ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از سبز شدن همراه با تیمارهای شاهد (تداخل تمام فصل) و گروه دوم تیمارها شامل تیمارهای عاری از علف‌های هرز تا مراحل فوق بود. با افزایش دوره تداخل علف‌های هرز، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، وزن غلاف در بوته، وزن دانه در بوته و ارتفاع بوته کاهش یافت، اما تأثیر معنی‌داری بر روی وزن صددانه نداشت. با وجود این، با افزایش طول دوره وجین، از وزن خشک علف‌های هرز و تعداد علف‌های هرز کاسته شد. در حالی که با افزایش طول دوره تداخل، وزن خشک علف‌های هرز زیاد شد، اما تعداد علف‌های هرز تا مرحله ۴۵ روز پس از سبز شدن سیر صعودی و پس از آن سیر نزولی داشت. حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) در دو سطح پنج و ۱۰ درصد آفت عملکرد در رقم گچساران به ترتیب ۱۷ و ۲۱ و در رقم محلی به ترتیب ۱۵ و ۲۰ روز پس از سبز شدن تعیین شد. حداقل دوره کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) نیز در دو سطح آفت عملکرد ذکر شده به ترتیب ۶۳ و ۵۶ برای رقم گچساران و به ترتیب ۶۲ و ۵۴ روز پس از سبز شدن برای رقم محلی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تداخل علف‌های هرز، دوره بحرانی، عدس، عملکرد

مقدمه

گیاه عدس به دلیل ارتفاع نسبتاً کم و رشد اولیه کند، در رقابت با علف‌های هرز ضعیف است (Mousavi & Ahmadi, 2008). علف‌های هرز دارای ویژگی‌های خاصی هستند. آن‌ها بذر فراوان تولید می‌کنند. بذر علف‌های هرز دارای خواب هستند و قادرند در شرایط نامساعد، قوه نامیه خود را برای مدت طولانی حفظ کنند (Eftekhar et al., 2005). علف‌های هرز با مصرف آب و عناصر غذایی خاک، سایه‌اندازی و میزبانی آفات و امراض موجب کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گردند (Seyedi et al., 2011)؛ به طوری که حتی کاهش عملکرد عدس بر اثر رقابت علف‌های هرز تا ۸۴ درصد گزارش شده است (Mousavi & Ahmadi, 2008). به دلیل این که امروزه روش عمده مبارزه با علف‌های هرز، روش شیمیایی است و مشکلات فراوانی را همچون مشکلات زیست‌محیطی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و مقاومت علف‌های هرز نسبت به علف‌کش‌ها را به همراه دارد (Chikow et al., 2009)، از این‌رو بحث استفاده از مدیریت

عدس (*Lens culinaris Medic.*) یکی از مهم‌ترین بقولات سرمدوست است که در ایران به صورت دیم و آبی کشت می‌شود. این گیاه با حدود ۲۸ درصد پروتئین، از حبوبات عمده در کشورهای در حال توسعه بوده و به عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می‌شود. این گیاه به سبب توانایی تثبیت نیتروژن، موجب حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی خصوصاً غلاتی نظیر گندم و جو، بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Hoseyni et al., 2011). این گیاه ۲۳ درصد از سطح زیرکشت در ایران را به خود اختصاص داده است.

* نویسنده مسئول: کرمانشاه، میدان شهدا، بزرگراه امام خمینی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. تلفن: ۰۹۱۸۳۳۷۵۲۱۲، sh.taherabadi_2005@yahoo.com

آوردند. (Mahmodi & Rahimi 2009) گزارش کردند دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز ذرت برای جلوگیری از کاهش پنج درصد عملکرد بین ۱۵-۵ برگی و برای جلوگیری از کاهش ۲/۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به ترتیب بین ۱۷-۴ برگی، ۱۲-۶ برگی و ۸-۹ برگی می‌باشد. (Aghaali khani & yaghoobi 2008) بهترین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کلزا را با پنج درصد کاهش عملکرد ۲۵ روز پس از سبز شدن بین چهار تا شش برگی اعلام کردند. (Martin & Williams 2006) بهترین دوره کنترل علف‌های هرز ذرت را با در نظر گرفتن پنج درصد افت عملکرد قابل قبول از دو تا شش برگی و با در نظر گرفتن ۱۰ درصد افت عملکرد قابل قبولی از چهار تا شش برگی برآورد کردند.

از این رو با توجه به اهمیت گیاه عدس به عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات بعد از نخود در غرب کشور به ویژه استان کرمانشاه و حساسیت شدید این گیاه نسبت به علف‌های هرز و این که در زمینه تعیین دوره بحرانی گیاه عدس در شرایط آب و هوایی استان کرمانشاه گزارشی وجود ندارد، این تحقیق با هدف تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز مزرعه عدس و همچنین مطالعه واکنش این گیاه زراعی به رقابت علف‌های هرز در شرایط اقلیمی استان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. محل آزمایش دارای اقلیم معتدل سرد با طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۳ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی با بافت خاک رسی بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل دو رقم عدس به نام های گچساران و محلی کرمانشاه و تیمارهای علف‌های هرز بودند که در دو سری تنظیم شدند. سری اول شامل پنج تیمار مربوط به دوره‌های مختلف کنترل علف‌های هرز بود که از زمان سبز شدن تا، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ (شاهد) روز بعد از سبز شدن در کرت‌ها، علف‌های هرز کنترل شدند و سپس به آن‌ها تا زمان برداشت عدس اجازه رشد داده شد. سری دوم نیز شامل پنج تیمار مربوط به دوره‌های مختلف تداخل علف‌های هرز بود که از زمان سبز شدن گیاه تا دوره‌های ذکر شده به علف‌های هرز در کرت‌ها اجازه رشد داده شد و سپس تا زمان برداشت، این علف‌های هرز کنترل شدند. عملیات تهیه بستر کاشت شامل شخم با گاواهن برگردان دار، دیسک‌زنی برای خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین با ماله در اوایل مهرماه انجام شد. هر بلوک از ۲۰ کرت تشکیل گردید. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول چهارمتر بود. فاصله ردیف‌های

تلفیقی علف‌های هرز می‌تواند به کاهش هزینه‌های اقتصادی و بهبود عملیات کنترل علف‌هرز کمک کند (Buhler, 2002).

طبق تعریف مدیریت تلفیقی علف‌های هرز عبارت است از استفاده از ترکیبی از عملیات کشاورزی شامل استفاده از علف‌کش که با هدف جلوگیری، اجتناب و نظارت بر علف‌های هرز طراحی شده و به جای مقابله با وجود علف‌هرز، علت ایجاد مشکل علف‌هرز را در نظر می‌گیرد (Seyedi et al., 2011). یکی از اولین اقدام‌ها در طراحی یک برنامه جامع مدیریت تلفیقی، تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در گیاهان زراعی است (Swanton & Weise, 1991). دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز عبارت است از یک دوره زمانی محدود در طول فصل رشد گیاه زراعی که اگر با علف‌های هرز مبارزه شود، عملکرد گیاه زراعی کاهش نیافته و نیازی به عملیات اضافی برای مبارزه با علف‌های هرز پس از این دوره یا قبل از این دوره نخواهد بود (Evans, 2003). کنترل علف‌های هرز پس از اتمام دوره بحرانی نه تنها تأثیری بر افزایش عملکرد گیاه زراعی ندارد، بلکه در بعضی موارد ممکن است بر گیاه زراعی صدمه وارد ساخته و باعث افزایش هزینه تولید شود. این دوره بسته به نوع گیاه زراعی، مراحل رشدونمو، نوع خاک، شرایط آب‌وهوایی و تغییرات فصلی تغییر می‌کند (Memar Zahedi et al., 2007).

برای مثال، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در گیاه نخود در شرایط آب‌وهوایی تبریز ۲۴ روز پس از جوانه‌زنی و پایان آن ۴۸ روز پس از جوانه‌زنی بود. در حالی که در شرایط استان کرمانشاه این دوره از ۱۷ روز پس از جوانه‌زنی شروع شده و تا ۴۹ روز پس از ظهور جوانه ادامه داشته است. شروع زودتر این دوره برای کنترل علف‌های هرز در کرمانشاه به دلیل گرم شدن زودتر هوا، فراهم آمدن شرایط رشد و نمو گیاهان و استقرار سریع تر و تراکم بالاتر علف‌های هرز نسبت به منطقه تبریز بوده است (Mohammadi et al., 2004). تعیین این زمان به وسیله ارتباط کارکردی دو جزء رقابتی علف‌های هرز صورت می‌پذیرد که در واقع شامل دوره‌های تداخل علف‌های هرز جهت تعیین شروع و نیز دوره‌های کنترل علف‌های هرز جهت تعیین پایان این زمان است (Memar Zahedi et al., 2007; Asghari & Cheraghi, 2003). (Mohammadi et al., 2004) دریافتند که آغاز دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز در گیاه نخود از ۱۷ روز پس از جوانه‌زنی شروع شده و تا ۴۹ روز پس از جوانه‌زنی ادامه داشته است. (Erman et al., 2008) دوره بحرانی مهار علف‌های هرز عدس در کشور ترکیه را برای عملکرد دانه در سال اول با $GDD=237-846$ و در سال دوم با $GDD=123-414$ و دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز را برای بیوماس در سال اول با $GDD=216-820$ و در سال دوم با $GDD=212-374$ به دست

abs = تابع نمایی

در پایان با استفاده از این دو منحنی برای دو حالت کاهش مجاز عملکرد در حد پنج و ۱۰ درصد، دوره بحرانی مهار علف‌های هرز برآورد شد. برای تجزیه واریانس داده‌ها از روش ANOVA و از نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

اثر تیمارهای رقم، دوره‌های تداخل و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش دوره‌های رقابت، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت و در تیمار شاهد (علف‌هرز در تمام دوره رشد) به کمترین مقدار خود رسید (جدول ۲). در تیمارهای کنترل علف‌های هرز، بین شاهد (بدون علف‌هرز در تمام فصل رشد) و تیمار ۶۰ روز کنترل پس از سبز شدن تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک وجود نداشت، و همزمان با کاهش دوره کنترل، عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. رقم گچساران با ۳۲۴۲ کیلوگرم در هکتار از عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به رقم محلی برخوردار بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم، تیمار تداخل و کنترل علف‌هرز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۱)؛ به‌طوری‌که بالاترین عملکرد بیولوژیک در رقم محلی در دوره کنترل ۷۵ روز پس از سبز شدن مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با رقم گچساران در دوره کنترل ۶۰ روز پس از سبز شدن نداشت (جدول ۳). کاهش عملکرد بیولوژیک در نتیجه افزایش دوره‌های تداخل و کاهش دوره‌های کنترل علف‌های هرز ممکن است به‌دلیل افزایش سایه‌اندازی و یا پوشاندن سطح خاک توسط علف‌های هرز و همچنین رقابت برای نور، آب و مواد معدنی باشد که منجر به کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش سرعت رشد و تجمع بیوماس گیاه زراعی می‌شود. همچنین با افزایش دوره رقابت علف‌های هرز، تعداد شاخه جانبی در بوته و تعداد غلاف در بوته کاهش یافت و نهایتاً عملکرد بیولوژیک دچار افت شد. Eftekhari et al., 2005 با تحقیق بر روی گیاه سویا مشاهده کردند اثر تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و با افزایش دوره‌های رقابت، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت و به کمترین مقدار خود در تیمار شاهد (علف‌هرز در تمام دوره رشد) رسید و در تیمارهای کنترل علف‌های هرز با کاهش دوره کنترل از شاهد (بدون علف‌هرز در تمام فصل رشد) تا مرحله R₁ (شروع گلدهی) کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک

کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی هر ردیف کاشت ۲ سانتی‌متر (تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. عملیات کشت در اوایل آبان انجام شد.

به‌منظور اندازه‌گیری تعداد و وزن خشک علف‌های هرز برای تیمارهای تداخل، نمونه‌برداری از علف‌های هرز هم‌زمان با اولین وجین آن تیمار، در زمان تعیین شده و برای تیمارهای عاری از علف‌هرز در زمان برداشت محصول زمانی‌که علف‌های هرز هنوز سبز بودند، به‌روش تصادفی با استفاده از کوادرات (یک-یک‌متر) و با حذف اثر حاشیه انجام گرفت. در آزمایشگاه تعداد علف‌های هرز به تفکیک گونه شمارش و وزن خشک آن‌ها پس از قرارگیری در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، به‌منظور تعیین اجزای عملکرد عدس، با در نظر گرفتن اثر حاشیه از هر کرت دو خط انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. خصوصیتی همچون ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند. برای به‌دست‌آوردن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک عدس نیز نمونه‌برداری از خطوط میانی هر کرت و بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد صورت گرفت. به‌منظور تعیین حداقل دوره کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) از تابع گامپرتز (Hall et al., 1992; Knezevic et al., 2002 and Johnson et al., 2004) استفاده شد.

$$Y=y_0+a*\exp[-\exp(-(x-x_0)/b)]$$

y = عملکرد نسبی (درصد عملکرد بدون علف‌هرز در طول فصل رشد)

y₀ = کمترین محدودیت (حد پایینی)

a = بیشترین محدودیت (حد بالایی)

x₀ = روزهای مورد نیاز برای کسب ۵۰ درصد عملکرد

X = تعداد روزها

b = شیب خط

exp = تابع نمایی

برای تعیین حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) از تابع لجستیک (Hall et al., 1992; Knezevic et al., 2002 and Johnson et al., 2004) استفاده شد.

$$Y=y_0/a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$$

RY = عملکرد نسبی (درصد عملکرد بدون علف‌هرز در طول فصل رشد)

y₀ = حد پایینی

a = حد بالایی

x₀ = روزهای مورد نیاز برای کسب ۵۰ درصد عملکرد

x = تعداد روزها

b = شیب خط

حاصل نشد، ولی وقتی دوره کنترل تا مرحله V_{11} کاهش یافت، آفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید.

عملکرد دانه

تجزیه آماری نتایج به دست آمده نشان داد که اثر تیمارهای رقم، دوره‌های تداخل و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد دانه عدس معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد عدس نشان داد که عملکرد دانه در رقم گچساران با ۸۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار بیشتر از رقم محلی کرمانشاه بود. تداخل علف‌های هرز از زمان رویش عدس تا ۱۵ و ۳۰ روز پس از سبز شدن آن تأثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دانه نداشت، به‌طوری‌که عملکرد دانه عدس در این تیمارها با عملکرد دانه در تیمار شاهد (کنترل علف‌های هرز در سراسر فصل رشد) در یک‌گروه آماری قرار گرفت. همچنین عملکرد دانه در تیمارهای کنترل علف‌های هرز از زمان کاشت تا ۱۵ و ۳۰ روز پس از سبز شدن مشابه بودند (جدول ۲). بر اساس این جدول، تداخل طولانی مدت علف‌های هرز با عدس به‌طور معنی‌داری باعث نقصان عملکرد دانه گردید، به‌گونه‌ای که در تیمار تداخل کامل علف‌های هرز، عملکرد دانه گیاه نسبت به تیمار کنترل کامل علف‌های هرز ۷۹/۵۱ درصد کاهش یافت. Aghaali Khani et al., 2005 با تحقیق بر روی لوبیاچیتی به این نتیجه رسیدند که تداخل علف‌های هرز از زمان رویش تا ۱۰ و ۲۰ روز پس از سبز شدن آن تأثیر معنی‌داری بر آفت عملکرد نداشته است، به‌طوری‌که عملکرد دانه لوبیاچیتی در این تیمارها با عملکرد تیمار شاهد در یک‌گروه آماری قرار گرفت. همچنین کنترل علف‌های هرز از زمان کاشت تا ۴۰ و ۵۰ روز پس از رویش لوبیاچیتی نتیجه مشابهی به‌بار آورد. این کاهش عملکرد عدس در نتیجه رقابت این گیاه با علف‌های هرز بر سر منابع مشترک، ریزش گل‌ها و کاهش اجزای عملکرد می‌باشد. افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز با عدس در هر دو سری تیمار کنترل و تداخل علف‌های هرز ممکن است منجر به حذف بوته‌های ضعیف‌تر عدس و در نتیجه کاهش تراکم و عملکرد در واحد سطح شود.

وزن هزار دانه

در این آزمایش وزن دانه تحت تأثیر معنی‌دار تیمار دوره‌های تداخل و کنترل علف‌های هرز قرار نگرفت (جدول ۱). رقم گچساران با وزن هزاردانه ۴۴/۳ گرم از وزن هزاردانه بیشتری نسبت به رقم محلی کرمانشاه با ۲۸/۹ گرم برخوردار بود (جدول ۲). وزن هزاردانه تحت تأثیر اثر متقابل رقم، تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز قرار گرفت و معنی‌دار شد

(جدول ۱). تیمار کنترل در سراسر فصل رشد در رقم گچساران بیشترین وزن هزاردانه را به‌خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در این رقم نداشت و کمترین وزن هزاردانه در رقم محلی در تیمار ۱۵ روز کنترل پس از سبز شدن مشاهده شد که با سایر تیمارهای تداخل و کنترل در این رقم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های وزن دانه در تیمارهای کنترل و تداخل مشاهده نگردید. توجه این مطلب می‌تواند چنین باشد که علف‌های هرز عمده خسارت خود را به‌صورت کاهش تعداد غلاف در بوته نشان می‌دهند و با کاهش تعداد غلاف، سهم مواد فتوسنتزی که به‌هر دانه می‌رسد، بیشتر می‌شود. از طرفی در تیمارهای تداخل فشار رقابت و سایه‌اندازی علف‌های هرز باعث ریزش برگ و رشدنمو ضعیف گیاه می‌شود. در مجموع، مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و چون از تعداد دانه در اثر کاهش تعداد غلاف در بوته کاسته شده است، مواد فتوسنتزی موجود بین دانه‌های کمتری توزیع شده و در نهایت وزن هزاردانه در تیمار تداخل اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (بدون علف‌هرز) نشان نداده است. در تیمار کنترل نیز به‌خاطر شرایط مطلوب، تعداد دانه در بوته به‌خاطر افزایش تعداد غلاف در بوته بیشتر شده و باعث گردیده است که مواد فتوسنتزی بین تعداد بیشتری دانه توزیع شود. (Mohammadi et al., 2004) نیز در آزمایش خود بر روی گیاه نخود گزارش کردند که تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز بر وزن صدانه نخود تأثیر معنی‌داری نداشتند. نتایج اکثر تحقیقات نیز نشان می‌دهد که وزن صدانه از ثبات زیادی برخوردار است و در منابع محدودی کاهش معنی‌دار وزن صدانه در رقابت با علف‌های هرز گزارش شده است (Lak et al., 2005).

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، دوره‌های تداخل و کنترل علف‌های هرز و همچنین اثر متقابل تیمارهای ذکر شده قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد که رقم محلی کرمانشاه به‌شکل معنی‌داری تعداد غلاف در بوته کمتری نسبت به رقم گچساران تولید کرد. در تیمارهای کنترل تا ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از سبز شدن نسبت به شاهد (کنترل) تعداد غلاف در بوته به ترتیب به‌میزان ۳۳/۵۴، ۲۴/۵۷ و ۲۵ درصد کاهش نشان داد، اما در تیمار ۶۰ روز پس از سبز شدن، تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه اثر متقابل تیمار رقم، تداخل و کنترل علف‌های هرز بر تعداد غلاف در بوته نشان داد که رقم گچساران

نسبت داد. Rezvani et al, (2008) با آزمایش بر روی گیاه سویا مشاهده نمودند که تأثیر تیمارهای کنترل و تداخل بر روی تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

تعداد دانه در بوته

به‌طور کلی افزایش دوره حضور و رقابت علف‌های هرز در عدس منجر به کاهش تعداد دانه در بوته در این گیاه شد؛ به‌طوری که در تیمار تداخل کامل علف‌های هرز در مقایسه با تیمار کنترل کامل علف‌های هرز تعداد دانه در بوته ۴۸/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۲). نتایج نشان داد که رقم گچساران با ۵۸/۵ تعداد دانه در بوته بالاتری را نسبت به رقم محلی کرمانشاه تولید کرد (جدول ۲). اثر متقابل رقم، تیمار تداخل و کنترل علف‌هرز بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار کنترل در سراسر فصل رشد با ۸۲/۶۷ در رقم گچساران و کمترین تعداد دانه در بوته در رقم محلی در تیمار ۱۵ روز کنترل پس از سبز شدن با ۰۹/۷۸ به دست آمد (جدول ۳).

بالاترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کنترل، در سراسر فصل رشد را با ۵۴/۴۵ به خود اختصاص داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که علت کاهش تعداد غلاف در بوته، سبز شدن مجدد علف‌های هرز بعد از پایان دوره کنترل در این تیمارها و رقابت شدید علف‌های هرز با عدس باشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تداخل علف‌های هرز تا مرحله ۱۵ روز پس از سبز شدن نتوانست باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شود که دلیل آن را می‌توان کوچک بودن بوته‌های عدس و علف‌های هرز در این دوره، در دسترس بودن منابع محیطی برای همه گیاهان به اندازه کافی و کوتاه بودن طول دوره تداخل و در نتیجه عدم وقوع رقابت‌های جدی بین علف‌های هرز و عدس بیان کرد. با افزایش بیشتر دوره تداخل علف‌های هرز با عدس، رقابت به اندازه کافی برای کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شدت پیدا کرد و در شرایطی که تداخل تا سراسر فصل رشد ادامه یافت، خسارت علف‌های هرز به حداکثر رسید. کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته را می‌توان به کاهش اندازه بوته‌ها (ظرفیت تشکیل غلاف) و کاهش سطح برگ (کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش توان برای تولید و حفظ غلاف)

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع بوته گیاه عدس در نتیجه اعمال تیمارهای رقم و علف‌های هرز
Table 1. Anova for yield and yield components and plant height of lentil which affected by cultivar and weed treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000 Seed weight
Replication تکرار	2	29761.9	32076.2	1.7	281.9	21.7	76.4
Cultivar(A) رقم	1	280301.9**	4216505.5**	469.0**	6833.2**	213.9**	3562.0**
Weed (B) علف‌هرز	9	588053.5**	2901329.3**	97.9**	1161.3**	253.1**	55.6 ns
A*B اثر متقابل	9	3882.6	3349203.8**	15.5	649.6**	199.5**	99.7*
Error خطا	38	25933.5	257354.8	8.6	126.8	23.4	35.2
ضریب تغییرات (درصد) %CV		22.10	17.04	10.13	23.53	13.13	16.21

ns, ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

Kavurmaci et al, (2010) در آزمایش خود نشان داد که افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف باقلا (*Vicia faba*) شد.

کاهش تعداد دانه در بوته مربوط به کاهش تعداد غلاف در بوته بوده و از طرفی ممکن است به دلیل افزایش سایه‌اندازی و نیز تخلیه مواد غذایی و آب به دلیل حضور و رقابت علف‌های هرز باشد که در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز گیاه عدس می‌شود.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز بر ارتفاع عدس تأثیر معنی داری داشت (جدول ۱)؛ به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (کنترل علف‌هرز در تمام دوره رشد عدس) $33/2$ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد (تداخل علف‌هرز با عدس در تمام دوره رشد) $23/7$ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد (کنترل تمام فصل) با تیمار کنترل 60 روز پس از سبز شدن و تیمار تداخل با علف‌های هرز 15 و 30 روز پس از سبز شدن مشاهده نشد؛ در صورتی که مقایسه سایر تیمارها با شاهد (بدون علف‌هرز) اختلاف معنی داری در کاهش ارتفاع عدس در اثر افزایش دوره رقابت مشاهده شد (جدول ۲). رقم محلی کرمانشاه با $26/28$ سانتی متر نسبت به

رقم گچساران از ارتفاع بوته کمتری برخوردار بود (جدول ۲). یکی از علل اصلی کاهش عملکرد در رقابت با علف‌های هرز را می‌توان به کاهش ارتفاع نسبت داد، زیرا کاهش ارتفاع موجب کاهش قدرت رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز بلند قامت بر سر نور می‌گردد. از طرفی، ساقه به عنوان یک منبع ثانویه مهم ذخیره کربوهیدرات در گیاه به حساب می‌آید که در زمان پُرشدن دانه به‌ویژه تحت شرایط تنش ایجاد شده توسط رقابت علف‌های هرز می‌تواند نقش مهم‌تری داشته باشد. Ahmadi et al, (2004) با تحقیق بر روی لوبیا به این نتیجه رسیدند که بیشترین ارتفاع در تیمار شاهد کنترل تمام فصل و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد تداخل تمام فصل مشاهده شد.

جدول ۲- اثر ارقام و دوره‌های مختلف تداخل و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع بوته در گیاه عدس

Table 2. Effect cultivars and different period of interference and weed control on yield, yield components and plant height in Lentil

ارقام	تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	تعداد غلاف در بوته Pods no. per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)
Cultivars	Treatment						
گچساران	Gachsaran	3242.2a	797.1a	31.8a	58.5a	38.7a	44.3a
محلی کرمانشاه	Local	2712.0b	660.4 b	26.2b	37.2b	34.9b	28.9b
دوره‌های تداخل Interference Period	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence	3818a	1082.0a	33.8a	64.3a	44.1ab
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence	3456ab	870.7b	33.1a	61.1ab	39.2bc
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence	2414de	640.7c	28.0bc	47.4bc	36.1cd
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence	2215de	391.4d	24.6cd	34.8cd	31.3de
	تداخل در سراسر فصل (شاهد)	Whole season weed-infested	1904e	305.7d	23.7d	32.8d	26.2e
							37.6ab
دوره‌های کنترل Period Control	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence	2607cd	355.8d	25.2bcd	31.8d	31.1de
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence	2807cd	595.0c	26.4bcd	33.2d	35.3cd
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence	3090bc	876.1b	29.0b	48.1bc	35.1cd
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence	3565ab	1045.0ab	33.3a	60.6ab	43.1ab
	کنترل در سراسر فصل (شاهد)	Whole season weed-free	3895a	1126.0a	33.2a	64.2a	46.8a
							40.0a

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۳- اثر متقابل بین ارقام و دوره‌های مختلف تداخل و کنترل علف‌های هرز برای عملکرد بیولوژیک، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته

Table 3. Means comparison cultivars and different period of interference and weed control for biological and grain yields, 1000 seed weight and number of seeds per head

ارقام Cultivars	تیمار Treatment	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	تعداد غلاف در بوته Pods no. per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg.ha ⁻¹)
گچساران Gachsaran	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence 76.44 ab	44.55 b-d	40.23 a-d	3896 bc
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence 64.05 a-d 65.11 a-d	48.66 b	48.66 a	3006 c-g
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence	40.89 b-f	39.73 a-e	2101 g-i
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence 40.11 e-g	34.55 e-h	44.77 ab	2303 g-i
	۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-infested 44.89 d-f	24.22 i	48.37 ab	2202 g-i
	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence 54.00 c-e	24.45 i	45.63 ab	3448 b-f
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence 22.11 gh	34.22 f-h	42.67 ab	4120 ab
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence 70.45 a-c	35.78 d-h	37.03 b-f	3592 b-e
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence 65.67 a-d	40.89 b-f	44.83 ab	4852 a
	۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free 82.67 a	59.45 a	51.13 a	2902 d-g
محلی کرمانشاه Local	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence 52.22 c-e	43.67 b-e	42.10 a-c	3739 b-d
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence 58.28 b-e	29.89 g-i	29.00 e-g	3906 bc
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence 29.78 f-h	31.33 g-i	30.80 d-g	2728 e-h
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence 29.56 f-h	28.11 hi	31.57 c-g	2126 g-i
	۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-infested 20.89 gh	28.22 hi	26.90 fg	1606 i
Local	۱۵ روز پس از سبز شدن	15 day after emergence 09.78 h	37.89 c-g	21.93 g	1767 hi
	۳۰ روز پس از سبز شدن	30 day after emergence 44.34 d-f	36.55 c-h	29.03 e-g	1495 i
	۴۵ روز پس از سبز شدن	45 day after emergence 25.89 f-h	34.55 e-h	26.73 fg	2588 f-h
	۶۰ روز پس از سبز شدن	60 day after emergence 55.55 b-e	45.33 bc	22.20 g	2278 g-i
	۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free 45.78 d-f	34.33 f-h	28.90 e-g	4888 a

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within each column and treatment with a letter in common are not significant

۳۱/۴ درصد به ترتیب بیشترین وزن خشک علف‌های هرز را تشکیل دادند (جدول ۴). در رقم گچساران، علف‌هرز گوش‌خرگوش در تیمار تداخل ۶۰ روز پس از سبز شدن و علف‌هرز پیچک در تیمار شاهد (تداخل تمام فصل) به ترتیب با ۴۲/۶ و ۴۱/۵ درصد بیشترین وزن خشک علف‌های هرز مزرعه را تشکیل دادند (جدول ۵).

وزن خشک علف‌های هرز
با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، وزن خشک علف‌های هرز از ابتدای فصل رشد، افزایش یافت (جدول ۴ و ۵). در رقم محلی علف‌هرز پیچک در تیمار شاهد بیشترین وزن خشک را داشت. علف‌هرز هفت‌بند در تیمار تداخل ۶۰ روز پس از سبز شدن ۳۵/۲ درصد و پیچک در تیمار شاهد (تداخل تمام فصل)

جدول ۴- وزن خشک علف‌های هرز (گرم بر متر مربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره تداخل علف‌های هرز در رقم محلی کرمانشاه

Table 4. Dry weight of weeds in Lentil's farm (g.m⁻²) divided by species during interference period in local Kermanshah cultivar

دوره تداخل Interference Period	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	غریبلیک Henbit	آلاله Marsh crowfoot	گوش‌خرگوش Ear mustard	خاکشیر Flix weed	قدومه Hedge mustard	سلمه‌تره Fat hen	علف هفت‌بند Blood wort
۱۵ روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	10.50 d	11.10 e	0.00 c	0.00 b	0.00 e	0.00 c	0.00 b	0.00 b
۳۰ روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	13.90 c	15.60 d	10.10 b	0.70 b	16.30 d	0.00 c	0.00 b	0.00 b
۴۵ روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	39.70 b	84.20 c	21.00 a	18.60 a	34.30 c	51.40 b	0.00 b	0.00 b
۶۰ روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	0.000 e	103.7 b	0.00 c	0.00 b	56.70 b	54.70 a	0.00 b	132.5 a
۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	52.10 a	110.3 a	0.00 c	0.00 b	106.4 a	0.00 c	18.90 a	62.70 a
LSD Value	1.659	3.227	1.331	1.192	3.542	1.684	0.842	1.684	3.368
F Value	8.45**	12.31**	3.90*	4.11*	7.28**	9.23**	3.73*	8.13**	12.32**

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۵ - وزن خشک علف‌های هرز (گرم بر متر مربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره تداخل علف‌های هرز در رقم گچساران

Table 5. Dry weight of weeds in Lentil's farm (g.m⁻²) divided by species during interference period Ghachsaran cultivar

دوره تداخل Interference Period	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	غریبلیک Henbit	آلاله Marsh crowfoot	گوش‌خرگوش Ear mustard	خاکشیر Flix weed	قدومه Hedge mustard	سلمه‌تره Fat hen	علف هفت‌بند Blood wort
۱۵ روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	5.40 e	1.00 e	0.00 c	0.00 c	0.00 d	0.00 d	0.00 b	0.00 b
۳۰ روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	7.90 d	6.40 d	21.40 b	2.50 b	5.50 c	11.40 c	0.00 b	0.00 b
۴۵ روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	50.10 c	91.00 c	45.80 a	10.30 a	43.80 b	18.00 b	0.00 b	0.00 b
۶۰ روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	62.10 b	120.8 b	0.00 c	10.90 a	196.1 a	51.10 a	0.00 b	18.60 b
۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	67.30 a	178.5 a	0.00 c	0.00 c	0.00 d	0.00 d	19.20 a	75.60 a
LSD Value	1.575	1.835	1.031	0.941	3.151	1.031	0.842	1.684	14.681
F Value	17.63**	4.91*	7.34**	7.46**	9.13**	14.34**	5.12*	6.03*	5.93*

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۶- وزن خشک علف‌های هرز (گرم بر متر مربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره کنترل علف‌های هرز در رقم محلی کرمانشاه

Table 6. Dry weight of weeds in Lentil's farm (g.m^{-2}) divided by species during weed control in local Kermanshah cultivar

دوره کنترل Period Control	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	سلمه‌تره Fat hen	خاکشیر Flix weed	توق Spiny cocklebur	گوش خَر گوش Ear mustard
۱۵روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	182.5 a	31.80 a	31.00 a	66.10 a	0.00 b
۳۰روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	50.50 c	8.90 c	6.80 b	0.00 c	0.00 b
۴۵روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	0.00 d	5.20 d	5.20 c	5.60 b	5.50 a
۶۰روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	14.60 b	18.10 b	1.20 d	0.00 c	0.00 b
۷۵روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	0.00 d	0.00 e	0.00 d	0.00 c	0.00 b
LSD Value	3.766	1.331	1.492	2.455	0.842	1.684
F Value	4.33*	9.61**	12.31**	7.69**	4.31*	5.03*

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۷- وزن خشک علف‌های هرز (گرم بر متر مربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره کنترل علف‌های هرز در رقم گچساران

Table 7. Dry weight of weeds (g.m^{-2}) in Lentil's farm divided by species during weed control in Ghachsaran cultivar

دوره کنترل Period Control	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	سلمه‌تره Fat hen	خاکشیر Flix weed	توق Spiny cocklebur	گوش خَر گوش Ear mustard	
۱۵روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	44.70 a	112.0 a	41.20 a	15.50 a	0.00 b	27.70 a
۳۰روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	37.60 b	27.00 b	10.40 b	0.00 c	11.20 a	0.00 b
۴۵روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	12.20 c	16.70 c	4.90 c	0.00 c	0.00 a	0.00 b
۶۰روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	5.90 d	4.60 d	1.10 d	5.60 b	0.00 a	0.00 b
۷۵روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	0.00 e	0.00 e	0.00 d	0.00 c	0.00 a	0.00 b
LSD Value	1.575	2.237	1.532	1.031	0.842	0.845	
F Value	16.35**	8.36**	14.31**	9.60**	8.01**	19.08**	

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

با افزایش روزهای عاری از علف هرز از ابتدای فصل رشد، وزن خشک علف‌های هرز به دلیل رشد سریع عدس و سایه‌اندازی برگ‌های آن بر سطح خاک، افزایش دوره‌های کنترل علف‌های هرز مانع از جوانه‌زنی و رویش مجدد آن‌ها گردید. در تیمار کنترل ۱۵ روز پس از سبز شدن، در رقم محلی علف هرز قیاق با دارا بودن ۵۸/۶ درصد از کل وزن خشک و در رقم گچساران علف هرز پیچک با دارا بودن ۴۷/۰۳ درصد از کل وزن خشک، دارای بیشترین سهم در این صفت نسبت به سایر علف‌های هرز بودند (جدول ۶ و ۷). Mohammadi et al, (2005) نیز بیان کردند که کاهش طول دوره کنترل علف‌های هرز در نخود منجر به افزایش وزن خشک علف‌های هرز شد.

تعداد علف‌های هرز

با طولانی‌تر شدن دوره تداخل علف‌های هرز از ابتدای فصل، تعداد علف‌های هرز ابتدا یک روند افزایشی و سپس یک روند کاهش‌ی نشان‌داد. در هر دو رقم، حداکثر تعداد علف‌های هرز در ۱۵ روز پس از سبز شدن و حداقل تعداد علف‌های هرز در ۴۵ روز پس از سبز شدن به دست آمد. (جدول ۸ و ۹). در ابتدا به دلیل وجود فضای کافی، بانک بذر پویای علف‌های هرز در خاک و توانایی سبز شدن بالای این گیاه، تعداد زیادی علف‌های هرز در مزرعه سبز و رشد نمودند؛ ولی با آغاز رقابت (برون و دورن‌گونه‌ای)، پدیده خودتئکی سبب کاهش

تعداد علف‌های هرز شد، ولی علف‌های هرز باقی‌مانده وزن خشک زیادی پیدا کرد و از این طریق فشار رقابتی خود را به گیاه زراعی وارد کردند (Radosevich & Holt, 2005 Oliveira, 2004). این نتایج با یافته‌های Lak et al, (2005) بر روی لوبیاچیتی مطابقت داشت، به طوری که به این نتیجه رسیدند که با طولانی‌تر شدن دوره تداخل علف‌های هرز از ابتدای فصل تعداد علف‌های هرز ابتدا یک روند افزایشی و سپس یک روند کاهش‌ی نشان‌داد. با افزایش یافتن طول دوره کنترل علف‌های هرز، تعداد علف‌های هرز رو به کاهش گذاشت (جدول ۱۰ و ۱۱).

تعیین دوره بحرانی

حداکثر دوره تداخل علف‌های هرز که در واقع بیان‌کننده زمان شروع کنترل علف‌های هرز (شروع دوره بحرانی) می‌باشد، در دو سطح پنج و ۱۰ درصد آفت عملکرد قابل قبول دانه در رقم گچساران به ترتیب ۱۷ و ۲۱ و در رقم محلی به ترتیب ۱۵ و ۲۰ روز پس از سبز شدن تعیین شد. حداقل دوره کنترل علف‌های هرز عدس که در واقع معیاری جهت در نظر گرفتن پایان کنترل علف‌های هرز (پایان دوره بحرانی) می‌باشد، در دو سطح آفت عملکرد ذکر شده در رقم گچساران به ترتیب ۶۳ و ۵۶ و در رقم محلی به ترتیب ۶۲ و ۵۴ روز پس از سبز شدن تعیین شد (شکل ۱ و ۲).

جدول ۸- تعداد علف‌های هرز (بوته در مترمربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره تداخل علف‌های هرز در رقم محلی کرمانشاه
Table 8. Number of weeds (plant.m⁻²) in Lentil's farm divided by species during weed control in local Kermanshah cultivar

دوره تداخل Interference Period	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	غریبلیک Henbit	آلاله Marsh crowfoot	گوش‌خرگوش Ear mustard	خاکشیر Flix weed	قدومه Hedge mustard	سلمه‌تره Fat hen	علف هفت‌بند Blood wort
۱۵ روز پس از سبز شدن 15 days after emergence	123 b	64 e	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b
۳۰ روز پس از سبز شدن 30 days after emergence	156 a	76 d	90 b	8.0 b	4.0 c	12 a	0.0 b	0.0 c	0.0 b
۴۵ روز پس از سبز شدن 45 days after emergence	160 a	116 a	170 a	32 a	20 a	4.0 a	0.0 b	0.0 c	0.0 b
۶۰ روز پس از سبز شدن 60 days after emergence	0.0 d	102 b	0.0 c	0.0 c	20 a	0.0 c	0.0 b	48 a	12 a
۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد) Whole season weed-free	56 c	84 c	0.0 c	0.0 c	12 b	0.0 c	32 a	8.0 b	0.0 b
LSD Value	4.495	1.575	5.052	1.684	1.331	1.031	1.684	1.825	0.841
F Value	15.30**	21.07**	11.34**	12.03**	4.31*	8.01**	6.32*	5.05*	4.19*

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۹- تعداد علف‌های هرز (بوته در مترمربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره تداخل علف‌های هرز در رقم گچساران
Table 9. Number of weeds in Lentil's farm (plant.m⁻²) divided by species during weed control in Ghachsaran cultivar

دوره تداخل Interference Period	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	غریبک Henbit	آلاله Marsh crowfoot	گوش خرگوش Ear mustard	خاکشیر Flix weed	قدومه Hedge mustard	سلمه تره Fat hen	علف هفت‌بند Blood wort
۱۵ روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	12 d	12 e	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 b	0.0 c	0.0 b
۳۰ روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	16 c	76 d	124 b	8.0 b	8.0 c	12 a	0.0 c	0.0 b
۴۵ روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	64 a	196 a	135 a	12 a	20 b	11 a	0.0 c	0.0 b
۶۰ روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	64 a	92 b	0.0 c	8.0 b	24 a	12 a	32 b	0.0 b
۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	52 b	82 c	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 b	16 a	16 a
LSD Value	2.267	3.622	4.125	1.031	1.883	5.314	1.684	2.663	1.684
F Value	6.64*	6.92*	17.36**	12.64**	3.61*	26.31**	13.39**	9.07**	13.39**

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

جدول ۱۰- تعداد علف‌های هرز (بوته در مترمربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره کنترل علف‌های هرز در رقم محلی کرمانشاه
Table 10. Number of weeds in Lentil's farm (plant.m⁻²) divided by species during weed control in local Kermanshah cultivar

دوره کنترل Period Control	قیاق Jonsongrass	پیچک Bindweed	سلمه تره Fat hen	خاکشیر Flix weed	توق Spiny cocklebur	گوش خرگوش Ear mustard
۱۵ روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	92 a	60 a	36 a	8.0 a	0.0 b
۳۰ روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	52 b	32 b	8.0 b	0.0 c	4.0 a
۴۵ روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	0.0 d	24 c	8.0 b	4.0 b	20 a
۶۰ روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	40 c	16 d	4.0 c	0.0 c	0.0 b
۷۵ روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	0.0 d	0.0 e	0.0 d	0.0 c	0.0 b
LSD Value	1.883	2.147	1.331	1.031	0.861	0.831
F Value	9.31**	11.08**	7.91**	19.58**	12.01**	8.07**

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

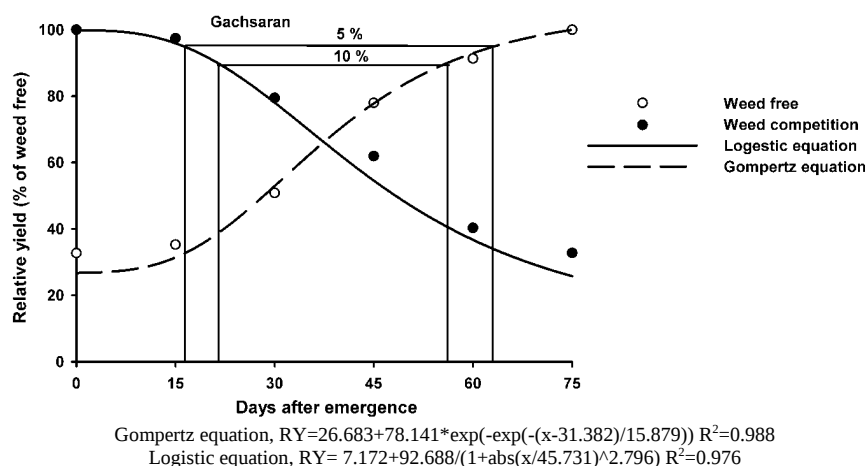
جدول ۱۱- تعداد علف‌های هرز (بوته در مترمربع) مزرعه عدس به تفکیک هر گونه در دوره کنترل علف‌های هرز در رقم گچساران
Table 11. Number of weeds in Lentil's farm (plant.m⁻²) divided by species during weed control in Ghachsaran cultivar

دوره کنترل		قیاق	پیچک	سلمه‌تره	خاکشیر	توق	گوش‌خَرگوش
Period Control		Jonsongrass	Bindweed	Fat hen	Flix weed	Spiny cocklebur	Ear mustard
۱۵روز پس از سبز شدن	15 days after emergence	92 a	92 a	44 a	4.0 a	0.0 b	4.0 a
۳۰روز پس از سبز شدن	30 days after emergence	76 b	52 b	36 b	0.0	20 a	0.0 b
۴۵روز پس از سبز شدن	45 days after emergence	44 b	52 b	16 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
۶۰روز پس از سبز شدن	60 days after emergence	15 b	20 c	4.0 d	4.0 a	0.0 b	0.0 b
۷۵روز پس از سبز شدن (شاهد)	Whole season weed-free	0.0 e	0.0 d	0.0 e	0.0 b	0.0 b	0.0 b
LSD Value		2.147	2.112	1.575	1.031	0.824	0.894
F Value		10.32**	11.08**	5.98*	6.07*	19.01**	21.01**

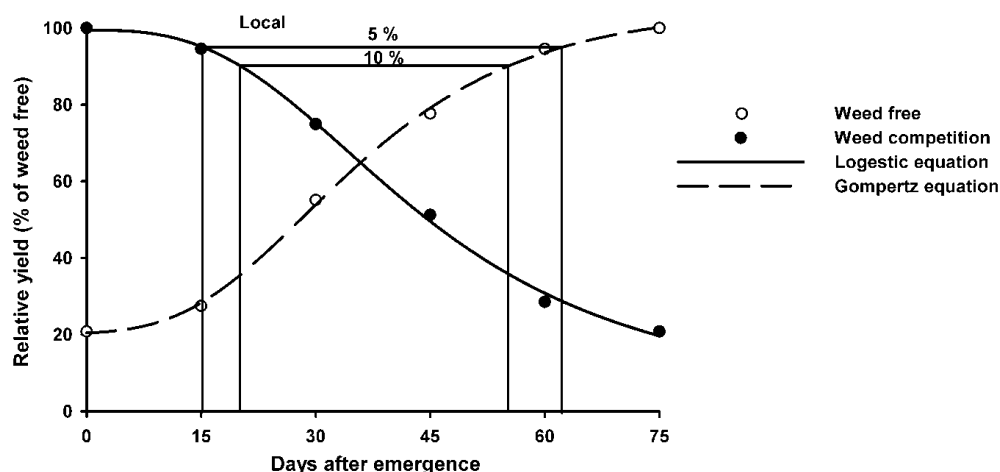
میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column and treatment with a letter in common are not significant.

دوره نیست. به معنای دیگر، از آنجایی که تولید بذر توسط علف‌های هرز پس از پایان این دوره می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را در فصول بعدی تحت تأثیر قرار دهد، جهت مدیریت پایدار و درازمدت علف‌های هرز در کنار کاهش وابستگی به علف‌کش‌ها، علف‌های هرز باید جهت جلوگیری از تولید بذر در خارج از این دوره نیز کنترل شوند (Seyed *et al.*, 2011)

دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در عدس بخش زیادی از فصل رشد این گیاه را شامل شد. طولانی‌بودن دوره بحرانی می‌تواند نشان‌دهنده قدرت ضعیف عدس در رقابت با علف‌های هرز باشد. با وجود تعیین حداکثر دوره تداخل و نیز حداقل دوره کنترل علف‌های هرز عدس، تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز به معنای عدم کنترل علف‌های هرز در خارج از این



شکل ۱- تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در رقم گچساران
Fig. 1. Determination of critical period of weed control in Gachsaran cultivar



Gompertz equation, $RY=20.251+84.499*\exp(-\exp(-(x-28.685)/16.016))$ $R^2=0.999$
 Logistic equation, $RY=7.172+92.688/(1+\exp(x/45.731)^{2.796})$ $R^2=0.967$

شکل ۲- تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز در رقم محلی کرمانشاه
 Fig. 2. Determination of critical period of weed control in Landrace cultivar

گچساران یک دوره ۴۶ روزه و در رقم محلی کرمانشاه یک دوره ۴۷ روزه و با پذیرش ۱۰ درصد کاهش عملکرد یک دوره ۳۵ و ۳۴ روزه به ترتیب در رقم گچساران و محلی به دست آمد. بنابراین در رقم گچساران و محلی کرمانشاه از لحاظ دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز تفاوتی مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

به این ترتیب بر اساس ارزیابی همه‌جانبه داده‌های تحقیق حاضر که در شرایط آب و هوایی منطقه کرمانشاه به دست آمد، می‌توان اظهار داشت که دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز (با پذیرش پنج درصد کاهش عملکرد) در رقم

منابع

1. Aghaali Khani, M., and Yaghoobi, S.R. 2008. Critical period of weed control in winter canola (*Brassica napus* L.) in a semi- Arid Region. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(5): 773-777.
2. Ahmadi, A., Rashed Mohassel, M.H., Baghestani Meibodi, M.A., and Rostami, M. 2004. The effect of critical period of weed competition on yield, yield components, and morphological characteristics of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar. Derakhshan (In Persian). Pest and Plant Diseases 72 (1): 31-49.
3. Asghari, J., and Cheraghi, Gh. 2003. The critical period of weed control in two late and medium maturity grain maize (*Zea mays*) cultivars. Journal of Iranian Agronomical Sciences 5(4): 285-301. (In Persian).
4. Buhler, D.D. 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science 50: 273-280.
5. Chikowo, R., Faloya, V., Petit, S., and Munier-Jolain, N.M. 2009. Integrated weed management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. Agriculture, Ecosystems and Environment 132(3-4): 237- 242.

6. Eftekhari, A., Shariani Rad, A.H., Rezai, A.M., Salehian, H., and Ardakani, M.R. 2005. Determining of critical period of weeds control in Soybean (*Glycine max* L.) in Sari region. Journal of Iranian Agronomical Sciences 7(4): 347-364. (In Persian with English Summary).
7. Erman, M., Tepe, L., and Bukun, B. 2008. Critical period of weed control in winter *Lentil* under non-irrigated conditions in Turkey. African Journal of Agricultural Research 3(8): 523-530.
8. Evans, S.P., Knezevic, S.Z., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A., and Blankenship, E.E. 2003. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. Weed Science 51(3): 408-417.
9. Hall, M.R., Swanton, C.J., and Anderson, G.W. 1992. The critical period of weed competition in grain corn (*Zea mays*). Weed Science 40: 44-447.
10. Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2011. Effects of supplementary irrigation on yield and yield components of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. Journal of Water and Soil 25(3): 625-633. (In Persian with English Summary).
11. Johnson, D.E., Wopereis, M.C.S., Mbodj, D., Diallo, S., and Haefele, S.M. 2004. Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. Field Crop Research 85: 31-42.
12. Kavurmaci, Z., Karadavut, U., Kokten, K., and Bakoglu, A. 2010. Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba*). International Journal of Agriculture and Biology 12(2): 318-320.
13. Knezevic, S.Z., Evans, S.P., Blankenship, E.E., Van Acker R.C., and Lindquist, J.L. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analyses. Weed Science 50:773-786.
14. Lak, M.R., Dari, H.R., Ramazani, M.K., and Hadizadeh, M.H. 2005. Investigation of critical period of weed control in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 9(3): 161-168. (In Persian).
15. Mahmoodi, S., and Rahimi, A. 2009. The critical period of weed in corn in Birjand region, Iran. International Journal of Plant Production. 3(2): 91- 96.
16. Martin, M., and Williams, M. 2006. Planting date in critical period of weed control in sweet corn. Weed Science 54: 928-933.
17. Memar Zahedani, M., Asghari, J., Amini, I., babaian Jelodar, N.A., and Barzegar Khu, M.H. 2007. Critical period of weeds in Tobacco (*Niconiana tabacum* L.) in Gilan Province climate. Journal of Iranian Agricultural Sciences 38(1): 277-285. (In Persian).
18. Mohammadi, G., Javanshir, A., and Khooei, F.R. 2004. Period of weed interference in chickpea. Weed Research 45: 57-63.
19. Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2009. Weed population and interference response to sowing date and lentil (*Lens culinaris* Med.) cultivar in dryland condition of Khorramabad Electronic. Journal of Crop Production 2(2): 111-128. (In Persian with English Summary).
20. Norsworthy, J.K., and Oliveira, M.J. 2004. Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow- row corn. Weed Science 52: 802- 807.
21. Radosevich, S.R., Holt, J.S., and Ghersa, C. 2005. Weed Ecology: Implications for Management. John Wiley and Sons, Inc.
22. Rezvani, H., Latifi, N., and Zeinali, E. 2009. Determination of critical period for velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in summer seeded Soybean, Williams cultivar. Electronic Journal of Crop Production 1(2): 45-65. (In Persian with English Summary).
23. Saeidi, Z., and Salehi, F. 2005. Study on resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) of selected lines from Lordegan chitti bean variety. Pests and Plant Diseases 73(1): 65-77. (In Persian).
24. Seyedi, S.M., Ghorbani, R., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahalati, M. 2011. Investigation of critical period of weed control in Nigella (*Nigella sativa*) In Mashhad. Journal of Iranian Crop Sciences 42(4): 809-819. (In Persian).
25. Seyedi, S.M., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R., and Nasiri Mahalati, M. 2012. Effect of critical period of weed competition on yield and yield components and oil yield of Nigella (*Nigella sativa*). 26(1): 113-122. (In Persian).

26. Swanton, C.J., and Weise, S.F. 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. Weed Technology 5: 657-663.

The Critical period of weed competition in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under Kermanshah condition

Taherabadi^{1*}, Sh., Ghobadi², M. & Allahmoradi¹, P.

1. MSc. in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran., m.ghobadi@yahoo.com

Received: 14 April 2014
Accepted: 22 April 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.27152

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is an important legume in the Mediterranean area. High protein content in lentil seed (about 22-28%) makes it as a good food source for developing countries and low-income people. In the west of Iran such as Kermanshah province, it is the most important pulse in rainfed systems cultivated traditionally in rotation with wheat and barley. Lentil is grown either as a spring or a winter crop. The cold tolerant cultivars of lentil can be sown in the fall and have by to over 50% more than spring-sown cultivars. Weed interference and moisture restriction are known as the most important factors affecting lentil yield. The average yield loss caused by weeds has reported about 84% in lentil. Since lentil is categorized as a slow-rate growth crop especially during early stages, it is affected by weeds depressingly. The critical period for weed control is defined as a period in which weeds must be controlled to prevent unacceptable yield loss of crop. Knowledge of the critical period is useful in making decisions on the need for and timing of weed control and in achieving efficiently herbicide use from both biological and economical perspectives. In practical view, the critical period is defined as a number of weeks after emerging crop during which a crop must be free from weeds in order to prevent yield loss greater than 5%. This study aimed to determine the critical period of weed competition in lentil under the growing conditions of the Kermanshah province.

Materials and Methods

This experiment was done at Campus of Agriculture and Natural Resource, Razi University, Kermanshah, Iran, during 2009-2010 growing season. The experiment was conducted as factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications. Experimental factors were two lentil cultivars (Gachsaran and Local) and treatments of critical period of weed control. For the second factor, there were two sets of treatments. In the plots of first treatments, weeds were allowed to grow for 15, 30, 45, and 60 days after crop emergence, after which the plots kept fully free of weeds by harvest time. In the plots of second treatments, weeds were kept fully free of weeds for 15, 30, 45, and 60 days after crop emergence and then weeds were allowed to grow until harvest time. For both of them, there were full season-long weed-infested and weed-free plots as control treatments. Weeds were cut from the soil surface and sorted by species, counted, and finally dried to measure above-ground dry matter. After physiological ripening of lentil, the crop was harvested and biomass, grain yield, 1000 grain weight, the number of pods per plant, the number of grains per plant and plant height were measured.

* Corresponding Author: sh.taherabadi_2005@yahoo.com; Mobile: 09183375212

Results and Discussion

Analysis of variance showed that grain yield, biological yield, pod weight in plant, grain weight in plant and plant height effected significantly by the weed interference period, while it not influenced significantly on 1000 seed weight. Increasing in weed-free period caused reduction in weed dry matter and weed density whereas by prolonging the interference period, weed dry matter increased and weed density showed an upward trend until 45 days after emergence and had a sharp fall after that. The maximum weed interference period (beginning of critical period) based upon 5 and 10% level of grain yield loss for Gachsaran cultivar were 17 and 21 days after emergence, while for Local was 15 and 20 days after emergence, respectively. The minimum period of weed control (the end of critical period) based upon 5 and 10% level of grain yield loss were 63 and 56 days after emergence for Gachsaran cultivar, and 62 and 54 days after emergence for Local, respectively.

Conclusion

According to this research, under Kermanshah climatic conditions, the critical period of weed control based upon 5% level of grain yield loss for Gachsaran and Local lentil cultivars were obtained 46 and 47 days after emergence, respectively, and based upon 10% level of yield loss, critical period of weed control were 35 and 34 days after emergence, respectively. There was no significant difference between Gachsaran and Local lentil cultivars in terms of critical period of weed control.

Key words: Lentil, Weed density, Weed dry matter, Yield loss

مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش سبز (*Vigna radiata* L.) تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

علیرضا کوچکی^{۱*}، حسام‌الدین سلوکی^۲ و ثنا کاربر^۳

۱- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ hsolooki@alumni.ut.ac.ir

۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۰

چکیده

هجوم علف‌های هرز سبب کاهش شدید عملکرد در گیاهان زراعی خواهد شد. علاوه بر این، افزایش تنوع گیاهان در بوم نظام‌های زراعی، توزیع بیوماس بین گونه‌ها در اجتماع علف‌های هرز را تغییر خواهد داد. این نکته باعث کاهش تعداد و تراکم گونه‌های مختلف علف‌های هرز می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی و مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط جایگزینی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش سبز (*Vigna radiata* L.) تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل تیمارهای کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش سبز، کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنجد)، کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های هرز بودند. نتایج نشان داد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنجد)، کمترین تراکم نسبی علف‌های هرز را در بین الگوهای مختلف کاشت دارا بود. این تیمار کمترین میزان شاخص شانون را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. بررسی صفاتی همچون تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف برای گیاه ماش، تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول برای گیاه کنجد و ارتفاع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای هر دو گیاه نشان داد که اختلاف قابل توجهی در هر کدام از این صفات، بین دو سطح وجین و عدم وجین علف‌های هرز وجود داشت. در رابطه با نسبت برابری زمین بین الگوهای مختلف کشت مخلوط نیز نتایج حاکی از آن بود که مقدار این نسبت در هر دو سال برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط به همراه کنترل علف‌های هرز، بالاتر از یک (میانگین ۱/۱ برای سال ۹۲ و ۱/۲۴ برای سال ۹۳) بود. اما برای تیمارهای کنترل نشده تنها در تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنجد) بالاتر از یک (۱/۰۴ برای سال ۹۲ و ۱/۳۸ برای سال ۹۳) بود. از این رو کاربرد سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند به عنوان راهکاری اکولوژیکی، استفاده از علف‌کش‌ها را در کشاورزی کاهش داده و به عنوان جایگزینی مناسب مانع از تجمع سموم در محیط زیست شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تنوع، تراکم علف‌های هرز، کنترل اکولوژیکی، نسبت برابری زمین

مقدمه

(Moghaddam et al., 2012). مدیریت علف‌های هرز که در چند دهه گذشته در تضاد با اصول اکولوژیکی و پایداری نظام‌های تولید عمل نموده، به تدریج از روش تک‌بعدی به تکنیک‌های تلفیقی مبتنی بر روش‌های متنوع غیر شیمیایی تغییر پیدا کرده است (Ghorbani et al., 2010). به طور کلی مدیریت علف‌های هرز علاوه بر روش‌های شیمیایی از طریق روش‌های زراعی، روش‌های مکانیکی و روش‌های بیولوژیکی نیز امکان پذیر است (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008).

علف‌های هرز از طریق رقابت برای جذب عناصر غذایی، آب و نور به گیاهان زراعی آسیب رسانده و از این طریق منجر به کاهش عملکرد آن‌ها می‌شوند (Rostami et al., 2009). از سویی استفاده ناصحیح از تکنولوژی علف‌کش‌ها برای از بین بردن خسارات ناشی از علف‌های هرز نیز منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر پسماند علف‌کش‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی و مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها شده است (Bakhtiari

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

عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز، گزارش شد که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نواری نسبت برابری زمین بیشتر از کشت خالص ($LER > 1$) بود و با افزایش عرض نوار مقدار آن کاهش یافت. از طرفی در ردیف‌های حاشیه‌ای LER کشت مخلوط در حضور علف‌های هرز به میزان ۰/۲۹ افزایش یافت که این امر نشان‌دهنده توانایی بالقوه کشت مخلوط در رقابت با علف‌های هرز بدون استفاده از وچین و یا علف‌کش بوده است (Koocheki et al., 2010). آزمایش دیگری که به بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L. و لوبیا پرداخته بود، نشان داد که با افزایش نوع، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت، به‌طوری‌که تیمارهای کشت مخلوط کمترین وزن خشک علف‌های هرز را داشتند (Koocheki et al., 2012). در رابطه با کشت مخلوط ذرت و ماش، مشخص شد که پایین‌ترین وزن خشک علف‌های هرز در تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد ماش به‌دست آمد. این تیمار سبب کاهش وزن خشک علف‌های هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس ریشه‌قرمز و قیاق در مقایسه با سایر تیمارها گردید (Nazari et al., 2012).

برخی محققان با بررسی انواع نظام‌های کشت مخلوط بیان داشتند که در بعضی موارد، الگوی ردیفی از جنبه‌های مختلف نسبت به سایر روش‌ها کارایی بالاتری دارد. کشت مخلوط ردیفی، یکی از انواع روش‌های مورد استفاده در کشت مخلوط می‌باشد که در آن حداقل یکی از گیاهان در ردیف‌های منظم کاشته شده و گیاه دیگر به‌صورت ردیفی و یا به‌طور تصادفی کاشته می‌شود (Grossman & Quarles, 1993).

بررسی کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی کنجد و شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) نشان داد که کشت مخلوط شاهدانه با کنجد به‌دلیل سایه‌اندازی شاهدانه بر روی کانوپی کنجد و ممانعت از جذب نور برای کنجد منجر به کاهش رشد در این گیاه شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص‌های رشدی در کشت خالص کنجد مشاهده گردید (Koocheki et al., 2010).

سیستم‌های کشت مخلوط در راستای بهره‌گیری از اصول کشاورزی اکولوژیک از جمله روش‌های بسیار مناسب با حداقل اثرات سوء بر روی محیط‌زیست می‌باشند. از طرفی بررسی مطالعات صورت‌گرفته در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که بیشتر این مطالعات در جهت حصول به حداکثر عملکرد در گیاهان زراعی بوده و متأسفانه عوارض زیست‌محیطی آن مدنظر قرار نگرفته است. از این‌رو این آزمایش با هدف بررسی اثر کشت

کشت مخلوط از جمله قدیمی‌ترین روش‌ها در سیستم‌های زراعی برای کنترل علف‌های هرز می‌باشد (Spliid et al., 2004). این نوع کشت به‌معنای تولید بیش از یک گیاه در یک سال زراعی در یک قطعه زمین می‌باشد (Mazaheri, 1994; Black & Ong, 2000; Sastawa et al., 2003). توانایی نظام‌های کشت مخلوط برای رقابت با علف‌های هرز و کنترل آن‌ها به‌عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان، ارقام، تراکم یا نسبت‌های کشت مخلوط و حاصلخیزی خاک بستگی دارد. علاوه‌براین، کاهش آشیانه‌های خالی و منابع در دسترس برای رشد علف‌های هرز نیز تا حدود زیادی کاهش قدرت تهاجم علف‌های هرز را موجب می‌شود. همچنین به‌دلیل متفاوت بودن ساختار کانوپی و آناتومیکی گیاهان به‌کاربرده‌شده در کشت مخلوط، این سیستم کشت با سایه‌اندازی و خفه‌کردن علف‌های هرز و در برخی موارد با خاصیت دگرآسیبی، از رشد و گسترش علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (Shaygan et al., 2008). بنابراین کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط بسیار مؤثرتر از زمانی است که گیاهان به‌تنهایی کشت می‌شوند (Eskandari & Kazemi, 2011). از طرفی فرایند رقابت بین گیاهان در کشت مخلوط از جمله مهم‌ترین عواملی است که بر عملکرد نهایی تأثیرگذار است (Hauggaard Nielsen & Jensen, 2001). لذا با آگاهی از وضعیت توان رقابتی هر یک از گیاهان در شرایط مخلوط و ارتباط آن با تغییرات عملکرد می‌توان شرایط را به‌گونه‌ای فراهم آورد که عملکرد نهایی مخلوط از عملکرد تک‌کشتی هریک بیشتر باشد (Anil et al., 1998).

در آزمایشی با هدف مهار علف‌هرز *استریگا* (*Striga hermonthica*) و افزایش عملکرد در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نتایج نشان داد که عملکرد دانه در سیستم کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیشتر از سیستم تک‌کشتی بوده است (Odhambo & Ariga, 2001). همچنین آزمایشات دیگر انجام‌شده در رابطه با کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) نشان داده است که کشت مخلوط همواره باعث کاهش هجوم و حضور علف‌هرز *استریگا* شده است (Babiker & Hamdoun, 1990). در مطالعه‌ای دیگر نتایج حاصل از کشت مخلوط ذرت و لوبیا نشان داد که تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط به‌میزان قابل‌توجهی نسبت به کشت خالص ذرت کاهش یافت (Bilalis et al., 2010). در آزمایشی در رابطه با اثر کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا بر

۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا) و در زمینی به مساحت ۵۰۰ مترمربع انجام شد.

نوع خاک محل آزمایش

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه توسط اوگر به صورت تصادفی چند نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

مخلوط ردیفی کنگد و ماش سبز بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گیاه، کنترل علف‌های هرز و تعیین بهترین ترکیب مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی دو گیاه در شرایط آب‌وهوایی مشهد انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (با طول جغرافیایی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (میانگین دو سال)

Table 1. Physical and chemical properties of field soil (the average of two years)

EC (dS m ⁻¹)	ماده آلی (%) Organic matter (%)	pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (%) Total nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture
1.1	0.88	8.44	162.52	10.9	0.081	سیلت-لومی Loam- Silt

شد). همچنین فاصله کرت‌ها از هم ۵/۰ متر و فاصله بلوک‌ها از هم یک متر بود.

بذرهای هر دو گونه به صورت شیاری کشت شدند و عملیات تنک کردن پس از سبز شدن و رسیدن بوته‌ها به اندازه مطلوب انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سپس تا آخر فصل رشد هر شش روز یکبار انجام شد. علف‌های هرز مزرعه نیز به صورت دستی در سه مرحله کنترل شدند. همچنین به منظور اجرای یک سیستم اکولوژیک و کم‌نهاد تا آخر فصل رشد از هیچ گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد.

نمونه برداری در طول فصل رشد

نمونه برداری‌های تخریبی از علف‌های هرز در چهار مقطع زمانی از ۳۰ روز پس از کاشت آغاز شد و در طول فصل رشد هر ۱۵ روز یکبار انجام گرفت. در هر مرحله نمونه برداری چهار گونه غالب علف‌هرز مزرعه شامل خرفه (*Protulaca oleraceae*)، تاج‌خروس (*Amaranthus sp.*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و تاج‌ریزی (*Solanum nigrum*)، با کوادراتی به ابعاد ۵۰×۱۰ سانتی متر به صورت عمود بر ردیف‌های کشت، برداشت و پس از جداسازی به تفکیک نوع گونه شمارش شدند. برای تعیین تنوع علف‌های هرز از شاخص شانون (H') طبق معادله (۱) استفاده شد (Gliessman, 1997).

طرح آماری و تیمارهای آزمایش

آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل تیمارهای کشت خالص کنگد، کشت خالص ماش سبز، کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنگد)، کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنگد) و کشت مخلوط ۱:۳ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنگد) و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های هرز بودند. عملیات آماده‌سازی زمین در هر دو سال در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام شد و زمین مورد آزمایش به صورت یکپارچه ۳۰ تن کود دامی کاملاً پوسیده شده در هکتار دریافت کرد. دو گیاه در تاریخ اول خردادماه سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به صورت همزمان در زمین کشت شدند. در این پژوهش از کنگد توده کلات و ماش سبز توده گنبد کاووس استفاده شد. تراکم بوته برای گیاه کنگد به عنوان گیاه اصلی ۴۰ بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. تراکم ماش سبز نیز ۲۰ بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. روش کاشت گیاهان در الگوهای مختلف کشت مخلوط بدین شکل بود که با توجه به الگوی مورد نظر و سهم هر گونه، نسبت معینی از بوته‌های یک گونه حذف و معادل گیاهی آن از گونه دوم جایگزین شد (معادل گیاهی بر اساس تراکم مطلوب دو گیاه در کشت خالص محاسبه

$$H' = -\sum n_i/N \times \ln n_i/N \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این رابطه n_i : تعداد گونه افراد i ام و N : تعداد کل افراد می‌باشد.

در هر واحد آزمایشی قبل از برداشت، برای هر دو گونه پنج‌بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در هر بوته، تعداد دانه در هر گل‌آذین و وزن ۱۰۰۰ دانه تعیین شدند. همچنین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) در هر کرت پس از حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت از سطحی معادل چهار مترمربع تعیین شد.

جهت مقایسه عملکرد کشت‌های مخلوط با خالص، نسبت برابری زمین (LER) از طریق معادله (۲) محاسبه شد (Gliessman, 1997).

معادله (۲)

$$LER = \sum \frac{Y_{pi}}{Y_{mi}}$$

که در این معادله Y_{pi} : عملکرد هر محصول در کشت مخلوط و Y_{mi} : عملکرد هر محصول در کشت خالص می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS, Version 9.1 انجام گرفت. کلیه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای پنج‌درصد مقایسه شدند. همچنین ترسیم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر تراکم و شاخص شانون علف‌های هرز

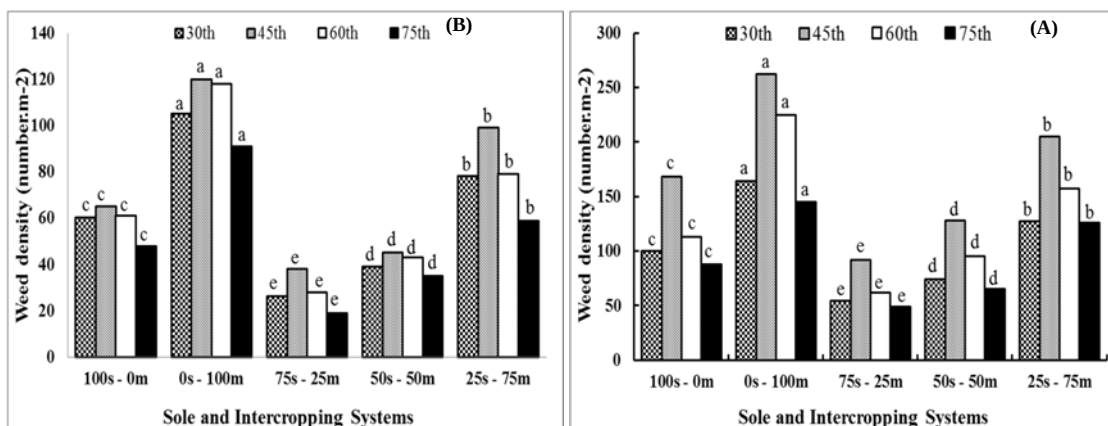
نتایج حاصل از تراکم و شاخص شانون چهار گونه غالب علف‌هرز عمده مزرعه که شامل خرفه، تاج‌خروس، سلمه‌تره و تاج‌ریزی بودند، در سال‌های ۹۲ و ۹۳ نشان‌داد که بین الگوهای کشتی مختلف از نظر تعداد علف‌های هرز طی مراحل مختلف نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود داشت (شکل ۱ و ۲)؛ به‌طوری‌که کمترین و بیشترین تراکم نسبی علف‌های هرز در تمامی مراحل نمونه‌برداری به‌ترتیب مربوط به الگوی کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز : ۷۵ درصد کنجد) و کشت خالص ماش‌سبز بود (شکل ۱). همچنین میزان تراکم علف‌های هرز در الگوی کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز : ۷۵ درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش‌سبز : ۵۰ درصد کنجد) در مقایسه با تیمارهای کشت خالص کنجد و ماش‌سبز، کاهش نشان‌داد. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل

متفاوت بودن ساختار کانوپی و آناتومیکی گیاهان به‌کاربرده‌شده در کشت مخلوط، این سیستم کشتی با سایه‌اندازی و خفه‌کردن علف‌های هرز، از رشد و گسترش علف‌های هرز جلوگیری می‌کند. ساده‌ترین و در عین‌حال دقیق‌ترین روش توصیف رقابت و کاهش عملکرد ناشی از آن مبتنی بر تراکم علف‌های هرز (تعداد بوته‌های علف‌های هرز در واحد سطح) می‌باشد. بر این اساس تراکم بیشتر علف‌های هرز به‌معنی تسخیر منابع به‌وسیله این گونه‌ها و در نتیجه بروز محدودیت برای گیاهان زراعی خواهد بود (Kropff & Spitters, 1991; Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008). بنابراین با مقایسه الگوهای مختلف کشت در سال‌های اول و دوم، علی‌رغم وجود تراکم بالاتر علف‌های هرز در سال اول، می‌توان به اثرات مثبت سیستم کشت مخلوط به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی در جهت کنترل علف‌های هرز در مقایسه با سیستم تک‌کشتی اشاره کرد. میانگین شاخص شانون برای الگوهای کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش‌سبز، کشت مخلوط ۳:۱، کشت مخلوط ۱:۱ و کشت مخلوط ۱:۳ به‌ترتیب ۰/۵۰، ۰/۵۴، ۰/۳۹، ۰/۴۷ و ۰/۵۱ برای سال اول و ۰/۵۸، ۰/۵۹، ۰/۵۴، ۰/۵۸ و ۰/۵۸ برای سال دوم بود که بر این اساس کمترین میزان شاخص شانون در هر دو سال مربوط به تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز : ۷۵ درصد کنجد) بود (شکل ۲).

با توجه به نتایج حاصله از هر دو سال می‌توان این‌گونه استنباط کرد که کشت مخلوط با حفظ تعادل اکولوژیک و ثبات سیستم از طریق کاهش تعداد و تنوع علف‌های هرز، خسارت ناشی از علف‌های هرز را کاهش می‌دهد.

در آزمایشی در رابطه با بررسی ترکیب‌های مختلف کاشت و اثر کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ماش و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) ملاحظه شد که الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با الگوی تک‌کشتی اثر کاهنده‌ای بر تعداد گونه، جمعیت، بیوماس و فراوانی هر یک از گونه‌های علف‌هرز داشت (Rezvani moghaddam et al., 2009).

همچنین آزمایشات دیگر انجام‌شده در این زمینه نیز با نتایج به‌دست‌آمده مطابقت دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus*) و زیره سیاه (*Carum carvi*) (Mesgaran et al., 2008)، کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) (Sanjani et al., 2009) و کشت مخلوط شنبلیل (*Trigonella foenum-graecum*) و حبوبات (Leguminosae) (Fernandez-aparicio et al., 2008) اشاره کرد.



الف) سال ۱۳۹۲، ب) سال ۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

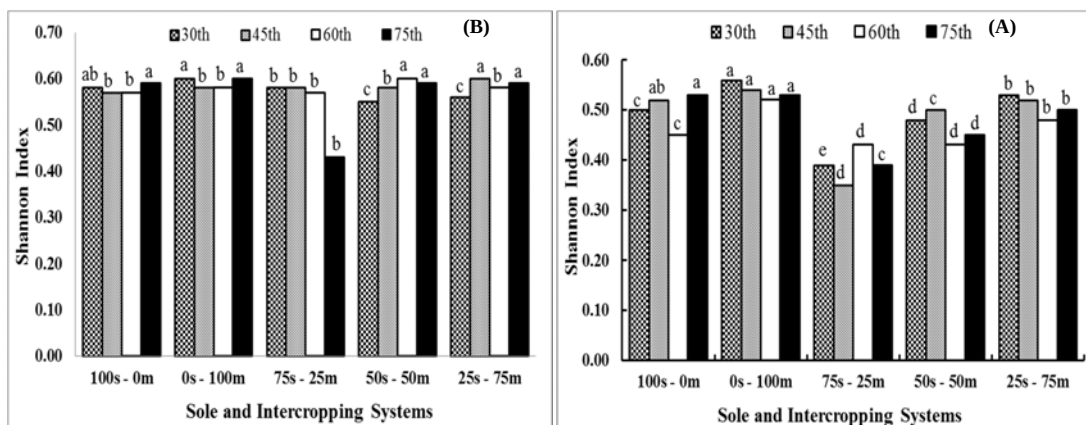
شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر تراکم علف‌های هرز در طی روزهای پس از کاشت

کشت خالص کنجد (۰-۱۰۰)، کشت خالص ماش‌سبز (۱۰۰-۰)، (۰-۲۵) درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد، (۵۰-۵۰) درصد ماش‌سبز: ۵۰ درصد کنجد و (۷۵-۲۵) درصد ماش‌سبز: ۲۵ درصد کنجد

Fig. 1. The effect of different intercropping systems on weed density during the days after sowing
Sole crop of Sesame (100 – 0), Sole crop of Mung bean (0 – 100), (75% Sesame -25% Mung bean), (50% Sesame -50% Mung bean) and (25% Sesame -75% Mung bean)

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)



الف) سال ۱۳۹۲، ب) سال ۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

شکل ۲- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر شاخص شانون علف‌های هرز در طی روزهای پس از کاشت

کشت خالص کنجد (۰-۱۰۰)، کشت خالص ماش‌سبز (۱۰۰-۰)، (۰-۲۵) درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد، (۵۰-۵۰) درصد ماش‌سبز: ۵۰ درصد کنجد و (۷۵-۲۵) درصد ماش‌سبز: ۲۵ درصد کنجد

Fig. 2. The effect of different intercropping systems on Shannon index of weeds during the days after sowing
Sole crop of Sesame (100 – 0), Sole crop of Mung bean (0 – 100), (75% Sesame -25% Mung bean), (50% Sesame -50% Mung bean) and (25% Sesame -75% Mung bean)

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف تفاوت‌ها از نظر ارتفاع معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) و کشت خالص کنجد به ترتیب با ۹۳/۱ و ۱۶/۳ سانتی متر طول، بیشترین ارتفاع را در سال اول و سال دوم در مقایسه با سایر تیمارها دارا بودند. همچنین بین تیمارهای وجین شده و تیمارهای عدم وجین علف‌های هرز اختلاف بارزی از نظر ارتفاع وجود داشت (جدول ۳).

در سال دوم، آرایش کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه کنجد نداشت؛ اما بین تیمارهای وجین شده و تیمارهای عدم وجین علف‌های هرز مانند سال اول اختلاف بارزی از نظر ارتفاع وجود داشت (جدول ۲).

اثر عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط) بر طول بوته‌های ماش سبز در هر دو سال غیر معنی‌دار بود. همچنین اثر عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین) و اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های هرز در گیاه ماش سبز در هر دو سال از نظر آماری معنی‌داری بود (جدول ۴). همچنین ارتفاع بوته در تیمارهای بدون وجین علف‌های هرز کاهش یافت. از طرفی ارتفاع بوته‌های کنجد و ماش سبز در سال اول در مقایسه با سال دوم کشت کمتر بود (جدول ۵). که این موضوع ناشی از وقوع تنش‌های محیطی بیشتر در سال اول از جمله تگرگ و باران‌های شدید و تراکم بالای علف‌های هرز در سال اول بود که در نهایت موجب خوابیدگی و کاهش رشد تعدادی از بوته‌ها و ایجاد شرایط رقابتی بازدارنده‌ی رشد برای هر دو گیاه شد.

نتایج آزمایشی در رابطه با کشت مخلوط پنبه با سورگوم، سویا (*Glycine max* L.) و کنجد جهت کنترل آوایرسلام (*Cyperus rotundus* L.) حاکی از آن بود که ارتفاع پنبه در تیمار کشت خالص بدون وجین علف‌های هرز در حداقل مقدار خود قرار داشت (Iqbal et al., 2007).

تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول کنجد

بین الگوهای مختلف آرایش کاشت، دو سطح وجین و عدم وجین و اثر متقابل آن‌ها از نظر تعداد کپسول در هر بوته برای گیاه کنجد در سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط (عامل اصلی) بر تعداد دانه در هر کپسول کنجد در سال دوم کشت اختلافات معنی‌داری نشان نداد. اما اثر عامل فرعی (وجین و عدم وجین) و اثر متقابل آرایش کاشت و علف‌های هرز بر تعداد دانه در هر کپسول کنجد در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین

تیمارهای وجین شده در هر دو سال تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول بالاتری نسبت به تیمارهای عدم وجین داشتند (جدول ۳).

مطابق با جدول ۳، بیشترین تعداد کپسول در هر بوته در سال اول کشت، با ۳۵ عدد کپسول برای تیمارهای کنترل شده کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز: ۵۰ درصد کنجد) و کشت خالص کنجد به دست آمد. در سال دوم نیز بیشترین تعداد کپسول در هر بوته (۹۷ کپسول) برای تیمار کنترل شده کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) به دست آمد. در بین تیمارهای کنترل نشده علف‌های هرز نیز تیمار کشت خالص کنجد کمترین تعداد کپسول در هر بوته (۹ کپسول) را در مقایسه با سایر تیمارها در سال دوم دارا بود (جدول ۳). از نظر تعداد دانه در هر کپسول نیز تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) وجین شده و ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز: ۵۰ درصد کنجد) عدم وجین به ترتیب بیشترین (۵۷/۳ و ۵۰ عدد دانه در هر کپسول در سال اول و دوم) و کمترین (۲۶ و ۲۱/۳ عدد دانه در هر کپسول در سال اول و دوم) تعداد دانه در هر کپسول را در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به دلیل این‌که گیاهان مختلف از نظر بهره‌برداری از منابع توانایی‌های متفاوتی دارند، کشت مخلوط بر کشت خالص برتری دارد (Azam- Ali et al., 1990). در پژوهشی که در رابطه با کشت مخلوط کنجد و نخود انجام شد، تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گیاه کنجد تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول بالاتری داشتند. همچنین در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول در تیمارهای ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ کنجد- نخود مشاهده شد (Pouramir et al., 2010). در آزمایش دیگری که در رابطه با کشت مخلوط کنجد و لوبیا انجام گرفت نیز بیشترین و کمترین تعداد کپسول در هر بوته به ترتیب از نسبت ۱:۱ و ۳:۳ به دست آمد (Asadi, 2007).

تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف ماش

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط، کنترل علف‌های هرز و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در هر بوته، در هر دو سال معنی‌دار بود. همچنین اثر این تیمارها بر تعداد دانه در هر غلاف تنها در سال اول معنی‌دار بود و در سال دوم تنها بین دو سطح وجین و عدم وجین اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) و ۱:۳

وجین از نظر تعداد غلاف اختلافی وجود نداشت، ولی اثر کشت مخلوط بر روی تعداد غلاف در هر بوته مثبت بوده که این امر می‌تواند به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای باشد (Rezvani, moghaddam et al., 2009).

برخی محققان با بررسی کشت مخلوط ماش با ذرت و برنج (*Oryza sativa* L.) گزارش کردند که ماش در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از تعداد غلاف بیشتری برخوردار بود و تعداد غلاف بیشتر در تیمارهای کشت مخلوط را ناشی از فضای قابل دسترس بیشتر در اطراف کانوپی دانسته‌اند (Mandal et al., 1990; Dhingra et al., 1991).

(۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) به ترتیب بیشترین (۲۶ غلاف) و کمترین (هفت غلاف) تعداد غلاف در هر بوته را در سال اول به خود اختصاص دادند. در سال دوم نیز تیمارهای ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) و ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) به ترتیب بیشترین (۳۷ غلاف) و کمترین (۱۱ غلاف) تعداد غلاف در هر بوته را دارا بودند (جدول ۵). در سال اول کشت تیمار کشت خالص ماش بیشترین تعداد دانه در هر غلاف (۷/۱) را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود و در سال دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر تعداد دانه وجود نداشت (جدول ۵). در ارتباط با کشت مخلوط ماش و سیاهدانه گزارش شده است که بین تیمارهای وجین و عدم

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد

Table 2. Analysis of variance for morphological characteristics, yield and yield components of Sesame

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در هر کپسول Number of grains per capsule	تعداد کپسول در هر بوته Number of capsule per plant	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V	سال کشت Cropping year
0.53	35867.04	4226.54	0.025	7.29	39.54	61.11	2	R	۱۳۹۲ 2013
5.6**	9437541.71**	734053.82**	0.019	32.72	17.80**	200.37**	3	A	
0.53	6363.04	698.32	0.008	25.68	4.21	22.49	6	E (a)	
1108.4**	95828077.04**	9847047.04**	0.081**	3800.17**	4320.17**	7960.68**	1	B	
21.38**	5411339.82**	686202.49**	0.006**	24.94*	44.61*	162.49**	3	AB	۱۳۹۳ 2014
0.47	5758.6	887.88	0.002	15.75	7.88	17.53	8	E (T)	
3.145	6.110	4.201	2.147	9.211	15.518	7.341	-	-	
0.0388	150426.2	15400.13	0.151	13.62	0.22	63.84	2	R	
40.91**	26864184.4**	2559993.44**	0.003	97.16*	300.15**	27.88	3	A	۱۳۹۴ 2015
5.06	186216.3	6002.74	0.005	22.29	18.17	72.03	6	E (a)	
940**	186065859.4**	20218032.67**	0.281**	2604.16**	28.263.21**	7287.13**	1	B	
5.1*	11020448.5**	1272893.89**	0.122**	16.5*	154.97**	40.94*	3	AB	
1.88	92438.5	5211.83	0.003	15.29	19.77	29.50	8	E (T)	ضرب تغییرات (%)
5.972	7.341	6.327	2.415	10.938	9.615	5.746	-	-	

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

R: تکرار، A: عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی)، B: عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین)، AB: اثر متقابل عامل اصلی و عامل فرعی، E (a): خطای عامل اصلی و (T): خطای کل.

** and * are significant at 1 & 5 percent probability level, respectively.

R: replication, A: main factor (different patterns of substitution intercropping), B: sub factor (presence and absence of weed control),

AB: interaction effect between main factor and sub factor, E (a): main factor error and E (T): total error.

وجین شده وزن ۱۰۰۰ دانه بیشتری نسبت به تیمار بدون وجین داشتند (جدول ۳ و ۵). نتیجه اغلب آزمایشات انجام شده حاکی از آن بوده که وزن ۱۰۰۰ دانه به عنوان یکی از اجزایی است که بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی است تا فاکتورهای محیطی. بنابراین، تنش‌های زراعی و محیطی قادر به کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه از یک مقدار مشخصی نخواهند بود. گزارشات زیادی تصدیق کننده این امر است (El-Gengaihi & Ab-, Dallah, 1978; Hornok, 1992; Sadeghi et al., 2005).

وزن ۱۰۰۰ دانه

برای هر دو گیاه از نظر وزن ۱۰۰۰ دانه بین الگوهای مختلف کشت تفاوت معنی‌داری در سال اول و دوم کشت مشاهده نشد؛ اما در رابطه با اثرات تیمارهای وجین و عدم وجین و همچنین اثر متقابل الگوی کشت و کنترل علف‌های هرز تفاوت‌ها در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). همچنین وزن ۱۰۰۰ دانه در تیمارهای عدم کنترل علف‌های هرز کاهش نشان داد. از طرفی در تمامی الگوهای کاشت، تیمارهای

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های هرز بر صفات مورد ارزیابی گیاه کنجد

Table 3. mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on evaluated characteristics of Sesame

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Grain weight (g)	تعداد دانه در هر کیسول Number of grains per capsule	تعداد کیسول در هر بوته Number of capsule per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تیمار Treatment	سال کشت Cropping year
29.5 ^a	6584 ^a	1946 ^a	3.7 ^a	56 ^a	35 ^a	84.2 ^a	کشت خالص کنجد W1 (Sole sesame) W1	۱۳۹۲ 2013
19.1 ^b	889 ^e	170 ^e	3.5 ^{bc}	34.3 ^b	5 ^c	60.5 ^b	کشت خالص کنجد W2 (Sole sesame) W2 کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد)	
29.9 ^a	6128 ^b	1835 ^b	3.6 ^{ab}	57.3 ^a	34 ^a	93.1 ^a	W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	
19.6 ^b	736 ^{ef}	144 ^e	3.5 ^{bc}	32.7 ^b	5 ^c	51.7 ^b	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	
31.5 ^a	3760 ^c	1185 ^c	3.6 ^{ab}	57 ^a	35 ^a	81.1 ^a	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش‌سبز: ۵۰ درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1	
15.3 ^c	535 ^f	82 ^{ef}	3.6 ^{ab}	26 ^b	6 ^c	48.2 ^{bc}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش‌سبز: ۵۰ درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2	
31.3 ^a	1845 ^d	578 ^d	3.6 ^{ab}	52.3 ^a	22 ^b	84.6 ^a	کشت مخلوط ۱:۳ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1	
13.9 ^c	172 ^g	24 ^f	3.4 ^c	29 ^b	3 ^c	37 ^c	کشت مخلوط ۱:۳ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2	
27.4 ^{ab}	9698 ^a	2656 ^b	3.6 ^{ab}	48 ^a	70 ^b	116.3 ^a	کشت خالص کنجد W1 (Sole sesame) W1	
16.2 ^d	2215 ^{cd}	353 ^e	3.4 ^c	29.6 ^{bc}	9 ^c	75.4 ^b	کشت خالص کنجد W2 (Sole sesame) W2 کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد)	
31.9 ^a	9839 ^a	3140 ^a	3.6 ^{ab}	50.3 ^a	97 ^a	108.3 ^a	W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	۱۳۹۳ 2014
20.9 ^c	1966 ^{cd}	412 ^e	3.5 ^{bc}	28.3 ^{bc}	14 ^c	75.9 ^b	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	

30.8 ^{ab}	6190 ^b	1909 ^c	3.5 ^{bc}	46.3 ^a	81 ^b	111.2 ^a	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1
15.8 ^d	1287 ^{de}	203 ^{d^{ef}}	3.5 ^{bc}	21.3 ^c	14 ^c	74.1 ^b	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2
26.8 ^b	2514 ^c	674 ^d	3.6 ^{ab}	40 ^{ab}	74 ^b	110.8 ^a	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1
13.9 ^d	498 ^c	68 ^f	3.2 ^d	22 ^c	10 ^c	81 ^b	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)
Means of each column for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)
W1: کنترل علف‌های هرز (Weed-free)، W2: عدم کنترل علف‌های هرز (Weedy)

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش سبز

Table 4. Analysis of variance for morphological characteristics, yield and yield components of Mung bean

سال کشت Cropping year	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول بوته Plant length	تعداد غلاف در هر بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در هر غلاف Number of seed per pod	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
۱۳۹۲ 2013	R	2	9.21	0.04	0.95	3.73	1797.88	33303.50	0.95
	A	3	7.71	24.15**	2.04**	6.09	868730.33**	8263386.06**	22.73**
	E (a)	6	40.82	6.65	0.09	2.94	2469.38	52065.56	9.8
	B	1	2620.86**	1027.04**	3.84**	1232.67**	3755668.17**	31574616**	163.28**
	AB	3	27.54*	14.82*	0.71*	3.89**	231188.5**	1863158.11**	5.55*
۱۳۹۳ 2014	E (T)	8	14.87	2	0.17	0.09	1011.42	15170.21	1.94
	-	-	8.887	8.955	6.542	2.671	4.708	5.693	4.714
	R	2	136.95	66.16	5.54	0.007	166.63	69751.17	8.30
	A	3	54.73	43.93*	0.15	0.008	1064665.61**	6980032.61**	43.26**
	E (a)	6	30.38	7.72	0.98	0.004	2524.9	3256.11	3.18
۱۳۹۳ 2014	B	1	339.75**	2035.04**	5.04**	1119.30**	4856400.67**	30033962.67**	200.11**
	AB	3	65.67*	48.38*	1.15	0.091**	296782.56**	1593555.56**	5.30*
	E (T)	8	12.74	7.92	0.38	0.005	2666.33	3495.46	3.19
	-	-	6.755	12.912	9.733	1.168	6.691	4.797	5.138
	C.V (%)	-							

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

R: تکرار، A: عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی)، B: عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین)، AB: اثر متقابل عامل اصلی و عامل فرعی، E (a): خطای عامل اصلی و E (T): خطای کل.

** and * are significant at 1 & 5 percent probability level, respectively.

R: replication, A: main factor (different patterns of substitution intercropping), B: sub factor (presence and absence of weed control), AB: interaction effect between main factor and sub factor, E (a): main factor error and E (T): total error.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنگد در هر دو سال تحت تأثیر تیمارهای مختلف آرایش کاشت، کنترل علف‌های هرز و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). با کنترل علف‌های هرز میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد. از طرفی کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنگد در بین

تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی ناشی از کاهش تعداد بوته‌های این گیاه در الگوی کشت مخلوط بود؛ به‌طوری که تیمار کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنگد) عدم وجین، کمترین عملکرد دانه (۲۴ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۶۸ کیلوگرم در هکتار در سال دوم) و عملکرد بیولوژیک (۱۷۲ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۴۹۸ کیلوگرم در هکتار در سال دوم) را در مقایسه با سایر تیمارها داشت (جدول ۳).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل (A×B) آرایش کاشت و کنترل علف‌های هرز بر صفات مورد ارزیابی گیاه ماش سبز
Table 5 – mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on evaluated characteristics of Mung bean

سال کشت Cropping year	تیمار Treatment	طول بوته Plant length (cm)	تعداد غلاف در هر بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در هر غلاف Number of grains per pod	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (Kg h ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg h ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index
۱۳۹۲ 2013	کشت خالص ماش W1 (Sole Mung bean) W1	53 ^a	19 ^c	7.1 ^a	50.4 ^a	1767 ^a	5274 ^a	33.6 ^a
	کشت خالص ماش W2 (Sole Mung bean) W2	31.6 ^b	11 ^d	5.9 ^{ab}	35.4 ^d	553 ^d	1843 ^d	30 ^{ab}
	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنگد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	53.9 ^a	26 ^a	6.8 ^a	51.3 ^a	440 ^c	1297 ^c	33.9 ^a
	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنگد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	34.4 ^b	10 ^d	5.9 ^{ab}	38.8 ^b	104 ^g	368 ^g	28.2 ^{bc}
	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنگد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1	50.6 ^a	24 ^{ab}	6 ^{ab}	51 ^a	812 ^c	2620 ^c	31 ^{ab}
	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنگد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2	34.5 ^b	10 ^d	4.8 ^b	37.4 ^c	200 ^{fg}	734 ^{fg}	27.2 ^{bc}
	کشت مخلوط ۱:۳ (۲۵ درصد ماش سبز : ۷۵ درصد کنگد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1	57.8 ^a	20 ^{bc}	6.6 ^a	51.3 ^a	1265 ^b	4049 ^b	31.3 ^{ab}

23.6 ^c	1119 ^{ef}	264 ^f	35.1 ^d	6.8 ^a	7 ^d	31.3 ^b	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2
39.1 ^{ab}	4907 ^a	1917 ^a	48.9 ^a	7 ^a	28 ^{ab}	59.4 ^{ab}	کشت خالص ماش W1 (Sole Mung bean) W1
34.9 ^{abcd}	1716 ^d	599 ^d	35.2 ^b	5.3 ^a	16 ^{cd}	52.2 ^{abc}	کشت خالص ماش W2 (Sole Mung bean) W2
39.5 ^a	1318 ^e	521 ^d	48.8 ^a	6.7 ^a	37 ^{ab}	51.3 ^{abc}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1
32.8 ^{cd}	374 ^g	122 ^g	35.3 ^b	5.7 ^a	12 ^d	51.2 ^{abc}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2
33 ^{bcd}	2617 ^e	865 ^c	49.1 ^a	7 ^a	25 ^{bc}	63 ^a	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1
28.8 ^d	733 ^f	210 ^{fg}	35.1 ^b	5.7 ^a	11 ^d	46.8 ^{bc}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش سبز : ۵۰ درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2
38.9 ^{abc}	4084 ^b	1582 ^b	48.8 ^a	6.3 ^a	34 ^a	52.7 ^{abc}	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1
30.9 ^d	1154 ^e	355 ^{ef}	35.4 ^b	6.7 ^a	12 ^d	46.1 ^c	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش سبز : ۲۵ درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2

۱۳۹۳
2014

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each column for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)

W1: کنترل علف‌های هرز (Weed-free)، W2: عدم کنترل علف‌های هرز (Weedy)

(*al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2010; Chao Dai *et al.*, 2012 در آزمایش دیگری در رابطه با کشت مخلوط کنجد و نخود گزارش شده است که عملکرد بالا در تیمارهای ۷۵ درصد کنجد : ۲۵ درصد نخود و ۵۰ درصد کنجد : ۵۰ درصد نخود می‌تواند به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای برای کسب منابع رشدی و

همچنین تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) در سال دوم کشت علی‌رغم دارا بودن تعداد بوته کمتر در واحد سطح در مقایسه با تیمار کشت خالص، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بالاتری داشت (جدول ۳). گزارشات زیادی مبنی بر افزایش عملکرد گیاهان در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی وجود دارد (Song *et*

در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌ها، تعداد کپسول و تعداد دانه در گیاه باشد (Pouramir et al, 2010).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ماش‌سبز نیز در سال اول و دوم کشت نشان داد که بین تیمارهای مختلف کشت، تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های هرز و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بر این اساس با تغییر الگوی کشت و کاهش سهم گیاه ماش‌سبز در الگوی کشت از میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک آن کاسته شد؛ به‌طوری‌که در بین تیمارهای مختلف آرایش کاشت تیمار کشت خالص ماش‌سبز عاری از علف‌های هرز، دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۷۶۷ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۱۹۱۷ کیلوگرم در هکتار در سال دوم) و عملکرد بیولوژیک (۵۲۷۴ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۴۹۰۷ کیلوگرم در هکتار در سال دوم) بود. همچنین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تمامی تیمارهای کنترل‌شده بالاتر از تیمارهای عدم وجین علف‌های هرز بود (جدول ۵).

گزارش‌های زیادی مبنی بر کاهش عملکرد در نتیجه کاهش تراکم کشت در الگوهای مخلوط نسبت به کشت خالص وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به آزمایش انجام‌شده در خصوص کشت مخلوط ماش‌سبز و سیاهدانه اشاره کرد. در آزمایش آن‌ها تیمار کشت خالص ماش‌سبز و تیمار کشت مخلوط نواری سهردیف سیاهدانه- سهردیف ماش‌سبز به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند (Rezvani Moghaddam et al., 2009). همچنین در آزمایشی دیگر در رابطه با کشت مخلوط ماش و ذرت گزارش شده است که عملکرد ماش در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بوده است (Pandita, 2000).

شاخص برداشت

اثر تیمارهای مختلف آرایش کاشت، کنترل علف‌های هرز و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت هر دو گیاه در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). تمامی تیمارهای بدون علف‌هرز شاخص برداشت بالاتری از تیمارهای کنترل‌نشده داشتند (جدول ۳ و ۵). مقدار شاخص برداشت کنگد در بین تیمارهای موردبررسی نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنگد) و کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰ درصد ماش‌سبز: ۵۰ درصد کنگد) در هر دو سال شاخص برداشت بالاتری از تیمار کشت خالص کنگد داشتند (جدول ۳). در رابطه با تیمارهای کنترل‌نشده نیز نتایج حاکی از آن بود که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنگد) در هر دو سال شاخص برداشت بالاتری (۱۹/۶ درصد در سال

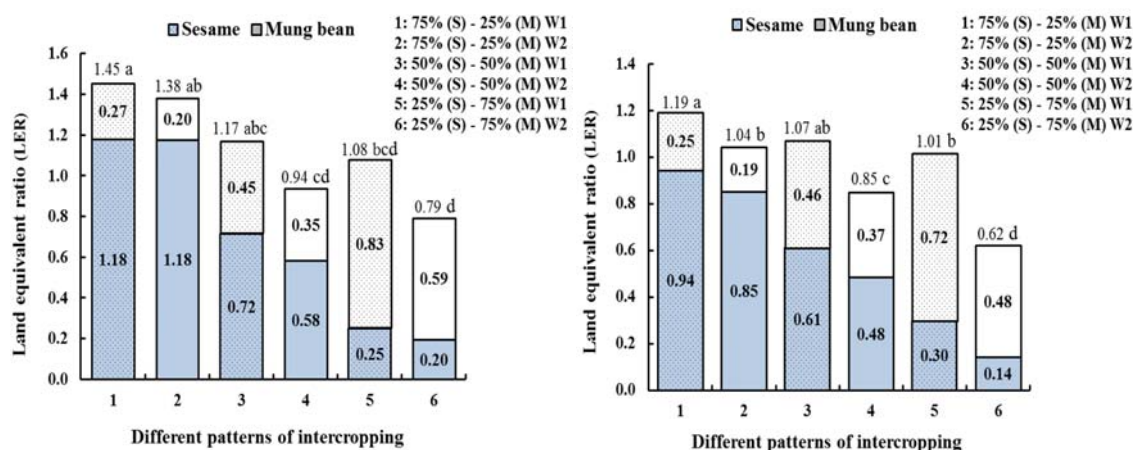
اول و ۲۰/۹ درصد در سال دوم) نسبت به سایر تیمارها به خصوص کشت خالص کنگد داشت (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که کشت مخلوط با ایجاد تنوع در ساختار یک بوم‌نظام زراعی می‌تواند به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی، سهم ویژه‌ای در کنترل علف‌های هرز، بالابردن عملکرد و در نتیجه بالابردن شاخص برداشت داشته باشد. در این رابطه با بررسی کشت مخلوط کنگد و نخود گزارش شده است که نسبت کشت مخلوط ۵۰ درصد کنگد + ۵۰ درصد نخود در بین نسبت‌های کاشت با ۲۹/۳ درصد، بیشترین و تک‌کشتی کنگد هم با ۲۷/۳۴ درصد کمترین شاخص برداشت را داشت (Pouramir et al, 2010). در رابطه با گیاه ماش نیز نتایج حاکی از آن بود که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنگد) بیشترین شاخص برداشت را نسبت به سایر تیمارها داشت. همچنین با کنترل علف‌های هرز شاخص برداشت تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد (جدول ۵). شاخص برداشت تیمارها در سال دوم نسبت به سال اول افزایش پیدا کرد که دلیل آن احتمالاً شرایط رشدی مناسب‌تر از جمله تراکم کمتر علف‌های هرز در زمین زراعی و در نتیجه کسب منابع بیشتر بوده است. بررسی کشت مخلوط ماش و سیاهدانه نشان داده که دلیل بالاتر بودن شاخص برداشت ماش در الگوهای مخلوط، کاهش رقابت درون گونه‌ای، ایجاد فضای بیشتر در کانوپی ماش و دریافت نور بیشتر بوده است (Rezvani Moghaddam et al., 2009).

نسبت برابری زمین

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نسبت برابری زمین در بین الگوهای مختلف آرایش کاشت و کنترل علف‌های هرز در سال اول و دوم کشت نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳). تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش‌سبز: ۷۵ درصد کنگد) وجین‌شده، در مقایسه با سایر تیمارها بالاترین میزان نسبت برابری زمین را در سال اول (۱/۱۹) و سال دوم (۱/۴۵) دارا بود که با افزایش سهم گیاه ماش‌سبز در الگوهای کشت این نسبت کاهش یافت، به‌طوری‌که تیمار کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵ درصد ماش‌سبز: ۲۵ درصد کنگد) دارای حداقل مقدار نسبت برابری زمین (۰/۶۲) در سال اول و ۰/۷۹ در سال دوم) در مقایسه با سایر تیمارها بود (شکل ۳). مقایسه بین تیمارهای وجین و عدم وجین نیز نشان داد که این دو سطح اختلاف معنی‌داری از نظر نسبت برابری زمین داشتند. همچنین میزان نسبت برابری زمین بین سال‌های مختلف کشت حاکی از افزایش این مقدار در سال دوم نسبت به سال اول داشت که دلیل این امر تراکم کمتر علف‌های هرز، دسترسی

مقایسه الگوهای مختلف سیستم کشت مخلوط با سیستم تک‌کشتی در سال اول و دوم نشان از برتری این راهکار اکولوژیکی و بوم‌سازگار در مقایسه با کشت خالص هر کدام از گونه‌ها داشت. نتایج مطالعات انجام‌شده در رابطه با کشت مخلوط حاکی از آن بوده است که بررسی عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همیاری و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم کاشت و نسبت اختلاط) می‌باشد (Mutungamiri et al., 2001; Nachigera et al., 2008).

بیشتر به منابع رشدی و ایجاد فضای مناسب رشدی در سال دوم نسبت به سال اول برای گونه‌های زراعی بود. در رابطه با اثرات مفید کشت مخلوط و افزایش میزان LER گزارش‌های زیادی وجود دارد (Rahimian et al., 1992; Koocheki et al., 1995; Putnam & al., 1995; Trydemanknudsen et al., 2004; Allen, 1992). این نتایج ناشی از استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف‌های هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت به سیستم تک‌کشتی است (Nassiri Mahallati et al., 2001; Zhang et al., 2003; Aynehband, 2007).



الف) سال ۱۳۹۲، ب) سال ۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های هرز بر نسبت برابری زمین

W1: کنترل علف‌های هرز (Weed-free), W2: عدم کنترل علف‌های هرز (weedy).

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on land equivalent ratio

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانش پنج درصد).

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%).

مخلوط کنجد و بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) نتایج حاکی از افزایش LER در الگوی کشت مخلوط دو ردیف کنجد-یک‌ردیف بادام زمینی نسبت به تک‌کشتی بوده است (Haruna et al., 2013). همچنین نتایج آزمایش دیگری در رابطه با کشت مخلوط کنجد با گیاهانی نظیر ماش‌سبز، بادام زمینی و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نشان داد که کشت مخلوط کنجد با بادام زمینی با نسبت ۱:۲ بیشترین نسبت برابری زمین را در مقایسه با کشت مخلوط با سایر گیاهان داشت (Sarkar & Kandu, 2001).

در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط مشخص شد که عملکرد نسبی کل (RYT) در نسبت‌های ۲۰ درصد نخود + ۱۰ درصد کنجد، ۳۰ درصد نخود + ۱۰ درصد کنجد، ۱۰ درصد نخود + ۱۰ درصد کنجد در الگوی کاشت ردیفی به ترتیب ۳۹ درصد (RYT=۱/۳۹)، ۲۸ درصد (RYT=۱/۲۸) و ۲۴ درصد (RYT=۱/۲۴) بیشتر از تک‌کشتی بود و لذا این گونه استنباط شده است که در مخلوط دو گونه با نسبت‌های فوق این دو گیاه از عوامل محیطی بهتر از تک‌کشتی استفاده کرده‌اند (Pouramir et al., 2010). در آزمایشی دیگر در رابطه با ارزیابی رفتارهای رقابتی در کشت

نتیجه‌گیری

سیستم‌های کشت مخلوط با ایجاد حالت مکملی بین گیاهان، کاهش منابع قابل‌دسترس برای علف‌های هرز و همچنین ایجاد تداخل در رشد رویشی آن‌ها باعث کاهش تراکم نسبی و تعداد گونه‌های علف‌های هرز می‌شود. در این آزمایش نیز اثر الگوهای کشت مخلوط بر تراکم علف‌های هرز نشان داد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) کمترین تراکم نسبی علف‌های هرز را نسبت به سایر تیمارها داشت. از طرفی با مقایسه الگوهای مختلف کاشت مشخص شد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵ درصد ماش سبز: ۷۵ درصد کنجد) در بسیاری از صفات مورد ارزیابی نسبت به

الگوهای دیگر کشت به‌خصوص کشت خالص برتری دارد. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط اثر تکمیل‌کنندگی آن در استفاده از منابع محیطی است، که نتیجه آن پایداری و افزایش عملکرد، بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف‌های هرز می‌باشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل طرح شماره ۲۸۲۳۳/۲ مصوب ۱۳۹۲/۷/۲۹ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass Forage Sciences 53: 301-317.
2. Asadi, H. 2007. Effect of intercropping on growth indices and yield components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolous vulgaris* L.). MSc. Thesis. Department of agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English summary).
3. Ayneh Band, A. 2007. The Ecology of Agroecosystems. Shahid Chamran University of Ahvaz Press. Iran. P. 374. (In Persian).
4. Azam-Ali, S.N., Mathews, R.B., Williams, J.H., and Peacock, M. 1990. Light use, water uptake and performance of individual components of a Sorghum-Groundnut intercrop. Experimental Agriculture 26: 413-417.
5. Babiker, A.G.T., and Hamdoun, A.M. 1990. Towards an integrated strategy for *Striga hermonthica* in Sorghum. pp 333-338. In: Proc. Earsam 7th Regional Workshop on Sorghum and Millet Improvement in Eastern Africa.
6. Bakhtiari Moghaddam, M., Vazan, S., Hamidi, A., Darvishi, B., Esfani Farahani, M., Aziz Khani, S., and Rezaee, K. 2012. The effect of Mung bean (*Vigna radiata* L.) living mulch on weeds management and yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). Journal of Crop Science 8(3): 57-67. (In Persian).
7. Bilalis, D., Papastylianou, P., Konstantas, A., Patsiali, S., Karkanis, A., and Efthimiadou, A. 2010. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. International Journal of Pest Management 56(2): 173-181.
8. Black, C., and Ong, C. 2000. Utilisation of light and water in tropical agriculture. Agricultural and Forest Meteorology 104: 25-47.
9. Chao Dai, C., Chen, Y., Xing-Xiang, W., and Pei-Dong, L. 2012. Effects of intercropping of Peanut with the medicinal plant *Atractylodes lancea* on soil microecology and Peanut yield in subtropical China. Agroforestry Systems 87(2): 417-426.
10. Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S., and Sharma, K. 1991. Performance of Maize and Mung bean intercropping in different planting patterns and row orientations. Indian Journal of Agronomy 36: 207-212.
11. El-Gengaihi, S., and Ab-Dallah, N. 1978. The effect of date of sowing and plant spacing on yield of seed and volatile oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Pharmazie 33: 605-606.
12. Eskandari, H., and Kazemi, K. 2011. Weed control in Maize-Cowpea intercropping system related to environmental resources consumption. Notulae Scientia Biologicae 3(1):57-60.
13. Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D. 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Crop Protection 27: 653-659.

14. Ghorbani, M., Yazdani, S., and Zare Mirak Abadi, H. 2010. The Introduction to Sustainable Agriculture (Economic Approaches). Ferdowsi University of Mashhad Publications. P. 538. (In Persian).
15. Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.
16. Grossman, J., and Quarles, W. 1993. Strip intercropping for biological control. IPM Practitioner 15(2): 1-11.
17. Haruna, M., Aliyu, L., and Maunde, S.M. 2013. Competitive behavior of Groundnut in Sesame/Groundnut intercropping system under varying poultry manure rates and planting arrangement. Sustainable Agriculture Research 2(3): 22-26.
18. Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluation pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.
19. Hornok, L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Academic publ. Budapest, pp. 338.
20. Iqbal, J., Cheema, Z.A., and An, M. 2007. Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Plant and Soil 300: 163-171.
21. Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M., 2008. Modern Agronomy. 2nd Edition. Jahad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. P. 704. (In Persian).
22. Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture (translated). Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. pp. 118 (In Persian).
23. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feyzi, H., Amirmoradi, S., and Mandani, F. 2010. Effect of Maize and Bean strip intercropping on dry matter yield and land equivalent ratio in the presence and absence of weed control. Journal of Agroecology. 2(2): 225-235. (In Persian).
24. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teymouri, M., and Sanjani, S. 2010. Study of growth indices in substitution and additive intercropping of Cannabis (*Cannabis sativa* L.) and Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 27-36. (In Persian).
25. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Ecological study of different patterns Borage (*Borago officinalis* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) substitution intercropping. Journal of Agroecology 4(1): 1-11 (In Persian).
26. Kropff, M.J., and Spitters, C.J.T. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. Weed Research 31: 97-105.
27. Mandal, B.K., Dhara, M.C., Mandal, B.B., Das, S.K., and Nandy, R., 1990. Rice, Mung bean, Soybean and Blackgram yield under different intercropping systems. Agronomy Journal 82: 1063-1066.
28. Mazaheri, D. 1996. Support production in intercropping. 4th Iranian Crop Science Congress. Isfahan University of Technology. (In Persian).
29. Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Khosravi, M., Zand, E., and Alizadeh, M.H. 2008. Weed community response to Saffron-Black Zira intercropping. Weed Science Society of America 56(3): 400-407.
30. Mutungamiri, A., Margia, I.K., and Chivinge, O.A. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize-bean intercropping. Tropical Agriculture 78(1): 8-12.
31. Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64(2):180-188.
32. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A., 2001. Agroecology (translated). Ferdowsi University of Mashhad Publication. pp. 459 (In Persian).
33. Nazari, S., Zand, A., Asadi, S., and Golzardi, F. 2012. Effect of substitution and additive intercropping series of corn and Mung bean on yield, yield components and weeds biomass. Journal of Weeds Research 4(2): 97-109 (In Persian).
34. Odhiambo, G.D., and Ariga, E.S. 2001. Effect of intercropping Maize and Beans on Striga incidence and grain yield. 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. 183-186.
35. Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S., 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journal of Agronomy 45: 48-53.
36. Pour Amir, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Study of different patterns of sowing on yield and yield components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Chickpea (*Cicer*

- arietinum* L.) in additive intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 393-402 (In Persian).
37. Putnam, D.H., and Allen, D.L. 1992. Mechanism for over yielding in Sunflower-Mustard intercrop. Agronomy Journal 84: 188-195.
38. Rahimian, H., Salahi Moghaddam, M., and Galvi, M. 1992. Intercropping of potato with corn and sunflower. Agriculture Science and Technology Journal 9(1): 48-58 (In Persian).
39. Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)- Black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79 (In Persian with English Summary).
40. Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various Corn and Bean intercropping densities on crop yield and weed populations. Journal of Weeds Research 1(2): 37-51 (In Persian).
41. Sadeghi, S., Rahnavard, A., and Ashrafi, Z. 2005. Effect of planting date and plant density on yield of Black cumin. International Journal of Biological Research 2(2): 94-98.
42. Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beydokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 85-95. (In Persian).
43. Sarkar, R.K., and Kundu, C. 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*sesamum indicum*) with pulse and oilseed crops on rice fallow land. Indian Journal of Agricultural Sciences 71(2): 545-550.
44. Sastawa, B.M., Lawan M., and Maina, Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23: 155-161.
45. Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping Maize (*Zea mays* L.) and Foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Science 10:31-46 (In Persian with English Summary).
46. Song, Y.N., Zhang, F.S., Marschner, P., Fan, F.L., Gao, H.M., Bao, X.G., Sun, J.H., and Li, L. 2007. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.). Biology and Fertility of Soils 43: 565-574.
47. Spliid, N.H., Carter, A., and Helweg, A. 2004. Non-agricultural use of pesticides-environmental issues and alternatives. Pest Management Science 60: 523.
48. Trydemanknudsen, M., Hauggard-Nielsen, H., Jornsgard, B., and Steenjensen, E. 2004. Comparison of interspecific competition and N Use in Pea-Barely, Faba bean-Barley and Lupin-Barley intercrops grown at two temperate locations. Journal of Agricultural Science (Camb.) 142: 617-627.
49. Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. Plant Soil 248: 305-312.
50. Zhang, N.N., Mei Sun, Y., Li, L., Tao Wang, E., Xin Chen, W., and Li Yuan, H. 2010. Effects of intercropping and Rhizobium inoculation on yield and rhizosphere bacterial community of faba bean (*Vicia faba* L.). Biology and Fertility of Soils 46: 625-639.

Study of ecological aspects of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed control

Koocheki^{1*}, A., Solouki², H. & Karbor³, S.

1. Professor, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
2. Ph.D. Student of Agronomy, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
3. MSc., Weed Science, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 27 December 2014

Accepted: 11 July 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.42232

Introduction

Weed infestation causes an extremely reduction of crops yield. On the other hand, increasing the diversity of crops in agro-ecosystems will change the biomass distribution of weeds community, thereby reducing the number and density of different weed species. Weed management in the past few decades has been in conflict with ecological principles and sustainability of the production systems. As well as, it has changed from the one dimensional methods to integrated techniques based on the various non-chemical methods. Generally, weed management is possible through agronomical, mechanical and biological techniques in addition to chemical methods. One of these non-chemical methods is intercropping which has been used in farming systems since many years ago. The ability of intercropping systems to compete with weeds and proper control of weeds depends on various factors, including the composition of plants, varieties, density or proportion of intercropping and soil fertility. Besides, reduction of vacant niches and available resources for the growth of weeds are also reduce the ability of weeds invasion. So, the weed control in intercropping is much more effective than when the plants are planted alone. Majority of studies in recent years show that most of these researches have been performed in order to achieve maximum crops yield and its environmental effects is not considered. So, this research was aimed to investigate the effect of Sesame and Mung bean intercropping on yield, yield components, weed control, and determination of the best intercropping proportion in comparison with sole cropping in Mashhad, Iran.

Materials and Methods

This research was carried out to investigate the ecological aspects of substitution intercropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung bean (*Vigna radiata* L.) in the presence and absence of weed control. The experiment was arranged as a split plot based on a randomized complete block design with three replications at research farm of faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2013 and 2014 growing seasons. The main plots included five treatments: sole Sesame, sole Mung bean, 3:1 intercropping (75% sesame-25% Mung bean), 1:1 intercropping (50% sesame-50% Mung bean), 1:3 intercropping (25% sesame-75% Mung bean), and sub plots were two levels of weed control (Weedy and weed-free). In order to implement an ecological and low input system, no chemical inputs (fertilizers and pesticides) was applied. Weeds were harvested every 15 days corresponding to 4 harvests during the days after sowing and after separating were counted based on the type of species.

To determine the variation of weeds, Shannon index was used, according to below equation:

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N}$$

* Corresponding Author: akooch@um.ac.ir

H': Shannon index, n_i : the number of the desired weed species and N: total number of weeds.

At the end of the growing season plant height, number of inflorescences per plant, number of grains per inflorescence and 1000 grain weight were determined for each plant. Grain yield, biological yield and harvest index were also calculated.

To compare the performance of intercropping treatments, land equivalent ratio (LER) was used, according to below equation:

$$LER = \sum \frac{Y_{pi}}{Y_{mi}}$$

Y_{pi} : yield of each plant in intercropping, Y_{mi} : yield of each plant in sole cropping.

The data statistical analysis and draw the figures were performed by SAS, Version 9.1 and Excel. Means were also compared by Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

Results and Discussion

Results indicated that 3:1 intercropping treatment (75% sesame-25% Mung bean) had the lowest relative weed density. Shannon index was the lowest for 3:1 treatment (75% sesame-25% Mung bean). Plant height, number of inflorescence per plant, number of seeds per inflorescence, seed yield, biological yield, and harvest index represented a significant difference between weedy and weed-free treatments in both plants. Land equivalent ratio (LER) among the different patterns of intercropping showed that the amount of this ratio in weed-free treatments was greater than one, especially in comparison with weedy treatments. Results of the weedy treatments also showed that the amount of LER was only in 3:1 intercropping treatment (75% sesame-25% Mung bean) greater than one (1/04 in 2013 and 1/38 in 2014).

Conclusion

Therefore, intercropping systems can be used as an ecological approach to reduce the use of herbicides in agriculture. It also can be as a suitable alternative to prevent the accumulation of chemical inputs in the environment.

Key words: Ecological control, Evaluation of diversity, Land equivalent ratio, Weed density

اثر تاریخ کاشت و سطوح کود فسفر بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد باقلا (*Vicia faba* L.)

سعیده عالی‌پور^{۱*}، محمدرضا مرادی تلاوت^۲، سیدعطاءاله سیادت^۳، سیدهاشم موسوی^۴ و عزیز کربلا چعب^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی، زراعت

۲ و ۳- به ترتیب استادیار و دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴ و ۵- به ترتیب دکتری زراعت (کارشناس) و دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تغذیه فسفر بر رشد و عملکرد باقلا آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج تاریخ کاشت ۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان، ۲۵ آبان و ۱۰ آذر در کرت‌های اصلی و کود اکسیدفسفر (P2O5) به میزان صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل در کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و کود فسفر و اثر متقابل آنها بر صفات‌های ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آبان (میانگین تولید ۲۷۰۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکردها مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱۰ آذر (با میانگین تولید ۱۹۰۳ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ مهر (با میانگین تولید ۱۹۴۳ کیلوگرم در هکتار) بود. در این آزمایش استفاده از فسفر بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری بر روی عملکرد نداشت. تأخیر در کاشت باقلا باعث کاهش عملکرد آن شد، اما از طریق تغذیه فسفر می‌توان این کاهش عملکرد را تا حدودی جبران نمود؛ به طوری که در تاریخ کاشت تأخیری (۱۰ آذر و ۲۵ آبان) عملکرد دانه در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم مصرف کود به ترتیب حدود ۵۵ و ۶۰ درصد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، دانه، غلاف، سطح برگ

مقدمه

به صورت سبز است (Majnun Hussein, 2008). باقلا با دارا بودن توان تثبیت نیتروژن، نقش اساسی در افزایش حاصلخیزی خاک دارد. این گیاه نسبتاً روزبلند، مقاوم به سرما و محصول فصل خنک است و تا ۵-درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کند. حداقل دمای خاک برای جوانه‌زنی بذر باقلا ۲- تا ۳-درجه سانتی‌گراد است (Hashemabadi & Sedaghtur, 2005). باقلا شرایط مرطوب و سرد را می‌پسندد. هوای گرم و خشک به محصول آسیب می‌رساند. گرمای زیاد سبب ایجاد اختلالات رشد جنین، ریزش گل‌ها و کاهش تعداد دانه در غلاف باقلا می‌شود. رشد و نمو و تشکیل میوه در گیاه منوط به دمای کم و رطوبت بالای محیط است (Pevast, 2002). در نتیجه تاریخ کاشت باید طوری تنظیم گردد که دوره گلدهی و روند پُرشدن دانه با افزایش دمای هوا در آخر فصل مصادف نباشد (Oplinger et al., 2000). تاریخ کاشت به موقع باعث می‌شود که طول دوره رشد گیاه بیشتر شود. بنابراین گیاه از حداکثر عوامل محیطی استفاده خواهد کرد و بالاترین شاخص

باقلا (*Vicia faba* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده و سابقه کشت و کار آن به قبل از تاریخ برمی‌گردد. باقلا یکی از حبوبات عمده در بسیاری از کشورهای جهان به شمار می‌رود که به صورت دومنظوره در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mousavi et al., 2010). سطح زیر کشت باقلا در ایران حدود ۳۵ هزار هکتار می‌باشد که در این بین استان خوزستان با دارا بودن حدود چهار هزار هکتار مقام دوم را بعد از استان مازندران به خود اختصاص داده است (Ghanbari Birgany et al., 2002). در استان خوزستان، باقلا یکی از حبوبات مهم به شمار می‌رود و به عنوان محصول زمستانه در نقاط شمالی و مرکزی استان کشت می‌شود. عملکرد باقلا در کشور بین ۲ تا ۴ تن دانه خشک و ۱۵ تا ۱۸ تن در هکتار

* نویسنده مسئول: aalipoors@yahoo.com تلفن همراه: ۰۹۱۳۸۸۷۷۳۱۰

استان چهارمحال و بختیاری، سورشجان، خیابان معلم، کوچه ۱، پلاک ۱۹

سطح برگ را تولید می‌کند. این امر باعث افزایش تولید گل و غلاف در بوته می‌شود، در نتیجه گیاه فرصت کافی برای استفاده از مواد فتوسنتزی ساخته شده و ذخیره آن در اندام‌های خود پیدا می‌کند. از طرفی دیگر دوره گلدهی، دانه‌بستن و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه به دوره تنش دمایی برخورد ننموده و عملکرد در واحد سطح بیشتر می‌شود (Abrosh, 2014). عملکرد دانه در واحد سطح تابعی از تعداد غلاف است و با تأخیر در کشت کلیه صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف، فاصله غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد (Leport et al., 2005). به‌طور کلی بروز گرما طی دوران رشد زایشی، طول دوره پُرسدن دانه را کاهش داده و تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن دانه افت پیدا می‌کند که در نتیجه آن عملکرد دانه دچار نقصان شدیدی می‌شود (Summerfield & Roberts, 1986). در این حالت اثر تنش رطوبتی با درجه حرارت ترکیب شده و عملکرد را کاهش می‌دهند. از طرفی در کشت زود هنگام باقلا ممکن است پس از جوانه زنی و رشد به سرمای اوایل فصل برخورد کند و این مسأله علاوه بر احتمال خطر سرمازدگی با کاهش عملکرد همراه باشد. تأخیر در تاریخ کاشت باقلا به علت کوتاهی دوره رشد و خصوصاً دوران پُرسدن دانه می‌تواند منجر به کاهش وزن ۱۰۰ دانه در بوته گردد (Rezvani Moghaddam & Sadegh, 2004). از طرفی کشت زود هنگام باقلا به علت فرار از خشکی آخر فصل و شرایط مساعد رطوبتی در ابتدای فصل می‌تواند منجر به افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه در بوته گردد (Pzshkpoor, 2002).

علاوه بر این، برای دستیابی به حداکثر محصول در گیاه باقلا وجود عناصر غذایی به مقدار لازم و متعادل در محیط پراکنش ریشه این گیاه ضروری است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که حبوبات بیشتر از سایر گیاهان دیگر قادرند از فسفر غیر قابل دسترس در خاک استفاده کنند (Koocheki & Banayan Avval, 1995). فسفر از طریق بهبود رشد ریشه و همچنین افزایش آسمیلایسیون مواد فتوسنتزی در ساقه به دلیل افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی می‌تواند با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن، عملکرد دانه را بهبود ببخشد. این عنصر برای گیاهان جهت تحریک رشد و تسریع رسیدگی اهمیت زیادی دارد و در شرایط کمبود، رشد و رسیدگی به تعویق افتاده و عملکرد کاهش می‌یابد (Plenet et al., 2000). در دسترس بودن یون فسفات، باعث زودرسی محصول، کیفیت بالاتر محصول، افزایش سرعت نمو از سبز شدن تا آغاز گلدهی و گرده افشانی شده و در نتیجه عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (Turk &

Tawaha, 2002). به منظور تعیین مناسب‌ترین میزان کود فسفر و ازت بر روی گیاه باقلا رقم زهره آزمایشی از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۰ به صورت فاکتوریل با چهار سطح کود فسفر P_2O_5 در مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور انجام شد که نتایج آن نشان داد سطوح مختلف کود فسفر اثر معنی داری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد باقلا دارد. (Bolland et al., 2001) کاربرد کود فسفره (سوپرفسفات) و نحوه پخش کردن آن (تزیقی و نواری) را در گیاه باقلا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد ماده خشک و عملکرد بذری گیاه در پاسخ به افزایش کود فسفر به کار برده شده افزایش یافت، ولی تحت تأثیر نحوه پخش آن قرار نگرفت. به‌طور کلی در دسترس بودن یون فسفات باعث مقاومت گیاه در برابر ورس، زودرسی محصول، کیفیت بالاتر، افزایش سرعت نمو گیاه از سبز شدن تا آغاز گلدهی و گرده افشانی شده و در نتیجه عملکرد محصول افزایش می‌یابد (Turk & Tawaha, 2002).

زراعت باقلا در بسیاری از کشورها به دلیل ناپایداری در عملکرد آن که از فشارهای آب و هوایی و محیط خاک روی رشد و نمو این گیاه ناشی می‌گردد، رو به کاهش است (Karamanos & Gimenez, 1991). بنابراین عوامل دخیل در نوسانات عملکرد این گیاه زراعی بایستی شناخته شوند. در این پژوهش سعی بر آن است که تأثیر تاریخ کاشت و میزان کود فسفر بر درصد پوشش سبز و عملکرد دانه باقلا مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مرزعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (ملاثانی) واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ارتفاع حدود ۲۲ متری از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملاثانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانه حدود ۱۶۹ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت به ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد، از لحاظ اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل پنج تاریخ کاشت ۱۰ مهر (زود هنگام)، ۲۵ مهر (زود هنگام)، ۱۰ آبان (به هنگام)، ۲۵ آبان (دیر هنگام) و ۱۰ آذر (خیلی دیر) به عنوان کرت‌های اصلی و کود اکسید فسفر (P_2O_5) به میزان صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. کود از منبع سوپرفسفات تریپل (دارای

۴۴-۴۶ درصد آنیدرید اسیدفسفریک (P_2O_5) تأمین و قبل از کشت به خاک اضافه شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش، رقم سرایزی بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. بر اساس آزمایش خاک مزرعه (جدول ۱)، میزان کود مصرفی به مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بود که نیمی از آن به صورت پایه، همراه با اعمال تیمارها و نیمی از آن در مرحله چهار تا شش برگی به صورت سرک به هر یک از کرت‌های آزمایشی داده شد. به منظور جلوگیری از پاشش کود در کرت‌های مجاور، توزیع کود با دست صورت گرفت. سپس از دستگاه کولتیواتور دستی جهت مخلوط کردن خاک و زیرخاک نمودن کود استفاده شد. عملیات کوددهی و تسطیح به منظور جلوگیری از هدرروی و ناهماهنگی در اعمال تیمارها به طور جداگانه، پنج روز قبل از هر تاریخ کشت انجام شد. بعد از آماده کردن زمین، به وسیله شیاربازکن ردیف‌هایی را به فاصله ۲۵ سانتی متر ایجاد کرده و سپس روی هر خط کاشت حفره‌های کوچکی به عمق پنج تا هفت سانتی متر و به فاصله ۲۰ سانتی متر از همدیگر ایجاد کرده و داخل هر حفره جهت اطمینان از جوانه زنی بذور و دستیابی به تراکم مطلوب (۲۰ بوته در مترمربع) دو بذر قرار داده شد. اندازه هر کرت

فرعی هشت مترمربع (2×4) در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از اتمام عملیات کشت در تاریخ کاشت مورد نظر (۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان، ۲۵ آبان و ۱۰ آذر)، آبیاری انجام شد. به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۲۰ بوته از هر کرت، (از خطوط چهار و پنج) با حذف نیم متر از طرفین به عنوان حاشیه، از سطح زمین برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس تعداد کل غلاف‌ها در بوته شمارش شد. جهت تعیین تعداد دانه در غلاف نیز تعداد ۲۰ غلاف به طور تصادفی از کل غلاف‌های جدا شده (از ۲۰ بوته) انتخاب و تعداد دانه در آن شمارش گردید. جهت محاسبه عملکرد (پس از خشک شدن با رطوبت ۱۰ درصد) نیز دانه‌های ۲۰ بوته از هر کرت فرعی محاسبه و توزین شد و سپس از کل نمونه‌های مربوط، ۱۰۰ دانه به طور تصادفی انتخاب شده و توسط ترازو توزین گردید. سپس وزن ۱۰۰ دانه هر تیمار محاسبه شد. برای محاسبه تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب و صفات اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه قبل از آزمایش

Table 1. Soil properties before the start of experiment

عمق نمونه برداری (سانتی متر) Depth of sampling (cm)		خصوصیات خاک Soil properties
30-60	0-30	
2.8	3.6	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)
7.7	7.4	اسیدیته خاک pH
0.04	0.05	نیتروژن قابل جذب (درصد) Soluble nitrogen (%)
6.4	7.2	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg/kg) Soluble phosphorus
167	214	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg/kg) Soluble potassium
48	44	رس (درصد) Clay (%)
39	40	سیلیت (درصد) Silt (%)
13	16	شن (درصد) Sand (%)

خشک، سطح کل برگ‌های محل نمونه برداری شده به دست آمد. پس از آن با تقسیم سطح برگ‌های مورد نظر بر سطح زمین نمونه برداری شده شاخص سطح برگ در آن مرحله برای هر کرت آزمایشی محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش و محاسبه ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش LSD در سطح

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، برگ‌های سه بوته برداشت شده، جدا گردیدند و سپس از میان آنها ۴۰ برگ به طور تصادفی انتخاب شد و سطح هر کدام از برگ‌ها به وسیله دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل CI202 ساخت CID آمریکا) محاسبه گردید. پس از محاسبه سطح ۴۰ برگ نمونه، وزن خشک آنها نیز به دست آمد. بعد از آن وزن خشک همه برگ‌های بوته‌های برداشت شده اندازه‌گیری شد و با استفاده از نسبت سطح به وزن

قرار گرفته و شاخص سطح برگ افزایش و به تبع آن کلروفیل و فتوسنتز بیشتر شده و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد (Colomb *et al.*, 2000). از طرفی کمبود فسفر باعث کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه می‌شود و این عامل می‌تواند از طریق کاهش فشار آماس سلول، یکی از عوامل بازدارنده برای توسعه سطح برگ باشد (Radian & Eidenbock, 1984).

ارتفاع بوته

تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته دارای اثر معنی‌داری بود، ولی مقادیر مختلف کود فسفر و همچنین برهم‌کنش تاریخ کاشت و مقادیر کود فسفر نتوانستند ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار دهند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین انجام‌شده بیشترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۲۵ مهر با میانگین ۱۱۱/۰۲ سانتی‌متر به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت ۱۰ مهر (۱۰۲ سانتی‌متر) و ۱۰ آبان (۱۰۰/۹ سانتی‌متر) مشاهده نشد و کمترین ارتفاع بوته نیز در تاریخ کاشت ۱۰ آذر با میانگین ۶۴/۸۶ سانتی‌متر بود. (جدول ۳). کاهش ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت دیر هنگام، عمدتاً می‌تواند ناشی از کوتاه‌شدن فواصل میان گره‌ها در اثر تغییر طول روز و کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی باشد (Hashemi Jazee, 2001). از طرفی کشت زود هنگام باعث استقرار مناسب گیاه شده و نهایتاً این امر منجر به افزایش طول بوته می‌شود (Hashemabadi & Sdaqthur, 2005). ارتفاع گیاه یک صفت ژنتیکی می‌باشد، اما می‌تواند تحت تأثیر مدیریت‌های خوب مزرعه‌ای و شرایط اقلیمی قرار گیرد.

احتمال خطای پنج درصد تعیین گردید. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد. اثر کود بر صفات مورد بررسی با استفاده از تجزیه رگرسیونی صفات به‌عمل آمد و اثر متقابل تیمارها با روش برش‌دهی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تاریخ کاشت و کود فسفر اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ باقلا داشت. مطالعه تغییرات شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت نشان داد که با تأخیر در کاشت، هم حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافته و هم در طول مدت‌زمان کمتری حاصل شد، به‌طوری‌که بالاترین شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت ۲۵ مهر (میانگین، ۳/۹۹) و ۱۰ آبان (میانگین، ۳/۹۶) به‌ترتیب ظرف مدت ۱۰۷ روز و ۱۰۸ روز بعد از کاشت و کمترین آن در تاریخ کشت ۲۵ آبان (۳/۳) و ۱۰ آذر (۳/۲۹) به‌ترتیب ظرف مدت ۱۰۰ روز و ۸۸ روز بعد از کاشت به‌دست آمد (جدول ۳). علت کاهش شاخص سطح برگ در تاریخ کشت دیر هنگام را می‌توان به افزایش سرعت رشد و نمو، کاهش طول مراحل رشد و نمو و کاهش کلی تعداد و اندازه اندام‌های گیاه نسبت داد (Midmore *et al.*, 1982). از طرفی نتایج مقایسه میانگین تیمار کود فسفر نشان داد که با افزایش کود تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری این صفت افزایش پیدا کرد. بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۴/۰۹ مربوط به تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به شاهد (بدون استفاده از کود) با میانگین ۳/۱۹ به‌دست آمد (شکل ۱). با افزایش میزان مصرف فسفر، رشد گیاه تحت تأثیر

جدول ۲- تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر صفات مورفولوژیک باقلا

Tabla 2. Analysis of variance of experimental treatments on morphological traits of faba bean

میانگین مربعات (Mean Squares)					
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	ارتفاع بوته Height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین First pod height
بلوک (Block)	2	0.914 ^{ns}	0.42 ^{ns}	378.78 ^{ns}	2.63 ^{ns}
تاریخ کاشت (Date of sowing)	4	1.545*	7.28**	4836.5**	1494.4**
اشتباه اصلی (Error s)	8	0.366	0.71	345.80	43.4
فسفر (Phosphorus)	3	2.149**	0.15 ^{ns}	346.2 ^{ns}	102.15*
P*D	12	0.174 ^{ns}	0.85 ^{ns}	678.5**	36.92 ^{ns}
اشتباه فرعی (Error e)	30	0.550	0.24	396.8	30.78
ضریب تغییرات (cv)		15.23	11.49	22.02	13.35

ns, * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطح پنج درصد و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد.

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

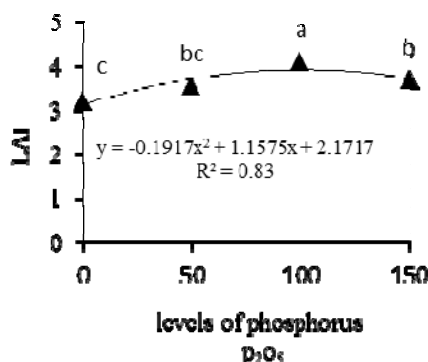
جدول ۳- مقایسه میانگین تیمار تاریخ کاشت بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا

Table 3. Comparison of treatment of planting date on morphological characteristics, yield and yield components of faba bean

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/h)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد غلاف در متر مربع The number of pods per m ²	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر) First pod height (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	تاریخ کاشت Date of sowing
1943.1 ^b	3.85 ^a	96.42 ^{ab}	47.02 ^a	102 ^a	3.57 ^{ab}	۱۰ مهر (October 2)
2435.8 ^a	4.15 ^a	114.17 ^a	51.62 ^a	111.02 ^a	3.99 ^a	۲۵ مهر (October 17)
2702 ^a	4.15 ^a	101.58 ^a	49.57 ^a	100 ^a	3.96 ^a	۱۰ آبان (November 1)
2560.3 ^a	3.99 ^a	73.08 ^c	33.23 ^b	73.37 ^b	3.22 ^b	۲۵ آبان (November 15)
1902.8 ^b	3.5 ^b	77.08 ^{bc}	26.28 ^c	64.86 ^b	3.29 ^b	۱۰ آذر (December 1)
324.58	0.31	21.23	6.2	17.5	0.57	LSD

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال پنج‌درصد) با یکدیگر ندارند.

Within columns, means followed by the same letter are not different (P= 0.05), statistically.



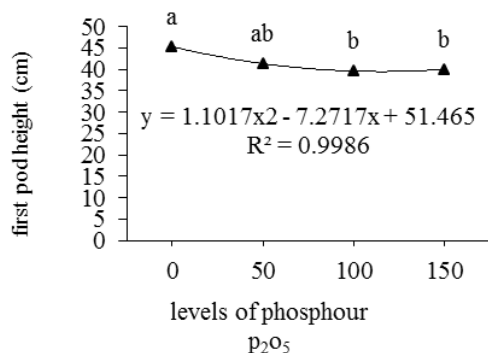
شکل ۱- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر شاخص سطح برگ

Fig. 1. Effect of phosphorus fertilizer on leaf area index

۱۵۰ کیلوگرم فسفر (با میانگین ۷/۲ شاخه)، و تاریخ کشت ۱۰ آذر با کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر (با میانگین ۲/۳ شاخه) و بدون مصرف کود فسفر (با میانگین ۲/۸ شاخه) تعلق گرفت (جدول ۴). در تاریخ کاشت ۲۵ مهر نسبت به ۱۰ مهر تعداد شاخه‌ها کاهش یافت، در حالی‌که مصرف کود فسفر در این تاریخ کاشت موجب جلوگیری از کاهش معنی‌دار آن گردید. این موضوع نشان‌داد که کود فسفر، اثر تأخیر کاشت از ۱۰ مهر لغایت ۲۵ مهر بر کاهش تعداد شاخه‌ها را خنثی کرده است. همچنین عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح فسفر در تاریخ‌های کاشت دیر هنگام نشان‌داد که مصرف فسفر در

تعداد شاخه فرعی

ساقه اصلی باقلا دارای انشعابات جانبی فراوانی است که معمولاً از پایین ساقه اصلی، نزدیک سطح خاک به وجود می‌آیند و ممکن است به هفت عدد هم برسد (Majnun, 2008). جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که کاربرد کود فسفر تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی نداشت، لیکن اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان‌داد بیشترین و کمترین شاخه فرعی در تیمارهای آزمایشی به ترتیب به تاریخ کشت ۱۰ مهر با کاربرد



شکل ۲- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر ارتفاع اولین غلاف از

سطح زمین

Fig. 2. Effect of phosphorus fertilizer on first pod height

مقایسه میانگین تاریخ کاشت بر تعداد غلاف در مترمربع نشان‌داد (جدول ۳) که بیشترین تعداد متعلق به تاریخ کاشت ۲۵ مهر (با میانگین ۱۱۴/۲ غلاف در مترمربع) و کمترین تعداد غلاف متعلق به تاریخ کاشت ۲۵ آبان (با میانگین ۷۳ غلاف در مترمربع) بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تاریخ ۱۰ آذر (با میانگین ۷۷/۱ غلاف در مترمربع) مشاهده نشد. تولید بیشتر ماده خشک در تاریخ کاشت زود هنگام به دلیل طولانی‌بودن دوره رشد رویشی و زایشی، دلیلی بر افزایش تعداد غلاف در بوته می‌باشد (Anderson & Vasilas, 1985) و از طرفی کاهش تعداد غلاف در مترمربع در تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۱۰ آذر را می‌توان به کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی گیاه، کاهش در مقدار تجمع ماده خشک رویشی، برخورد گلدهی گیاه با هوای گرم و کاهش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده نسبت داد؛ به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت سرعت نمو افزایش یافته و تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی کاهش می‌یابد و این امر باعث ریزش گل و در نتیجه کاهش تعداد غلاف در مترمربع می‌شود. همچنین با افزایش فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تعداد غلاف در مترمربع نیز افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در مترمربع در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۱۰۳/۳ و کمترین تعداد غلاف در تیمار شاهد با میانگین ۸۳/۹ در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۳). کود فسفر علاوه بر این‌که در تنظیم فتوسنتز و فعالیت گره‌ها نقش داشته و از این طریق موجب افزایش رشد و نمو گیاه می‌گردد (Gholami & Koochaki, 2011)، باعث تشکیل غلاف از ارتفاع پایین‌تری از سطح زمین شده و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته را باعث می‌گردد. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که در تمام مناطق زیرکشت حبوبات افزایش عملکرد و

این تاریخ‌های کاشت توان جبران کاهش تعداد شاخه‌ها را نداشته است. تاریخ کاشت، تراکم بوته و خصوصیات ژنتیکی گیاه می‌تواند تولید شاخه فرعی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین تعداد شاخه‌های فرعی یک صفت ژنتیکی گیاه هست که کمتر تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفته است (Sharma *et al.*, 1988). تعداد شاخه فرعی بیشتر در تاریخ کاشت ۱۰ مهر را می‌توان به کشت زود هنگام و بالا بودن درجه حرارت هوا نسبت داد، چراکه دوره رویشی طولانی‌تر می‌تواند موجب افزایش تعداد انشعابات باقلا شود (Farouk, 1989).

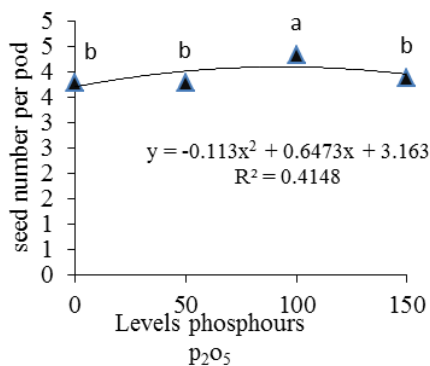
ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که تاریخ کاشت و مقادیر مختلف کود فسفر ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در تاریخ کاشت ۲۵ مهر با میانگین ۵۱/۶۲ سانتی‌متر به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت ۱۰ مهر (با ۴۷ سانتی‌متر) و ۱۰ آبان (با ۴۹/۵ سانتی‌متر) مشاهده نشد. همچنین کمترین ارتفاع غلاف از سطح زمین در تاریخ کاشت ۱۰ آذر با میانگین ارتفاع ۲۶/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). با تأخیر در کاشت کلیه صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف، فاصله غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد (Leport *et al.*, 2005). همچنین نتایج مقایسه میانگین تیمار کود فسفر نشان‌داد که با افزایش مصرف فسفر معدنی ارتفاع غلاف بندی باقلا کاهش می‌یابد که این امر باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Yasari, 2013). اثر اصلی سطوح مصرف سوپرفسفات تربیل بر ارتفاع اولین غلاف حاکی از آن بود که پایین‌ترین ارتفاع در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۳۹/۶۸ سانتی‌متر و بالاترین ارتفاع در تیمار صفر (بدون مصرف کود) با میانگین ۴۵/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۲).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته از مهم‌ترین اجزای عملکرد در تعیین میزان نهایی عملکرد دانه به‌شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که کاربرد کود فسفر و تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشت. این درحالی‌است که اثر متقابل غیر معنی‌دار بود (جدول ۴).

دانه در غلاف در تیمار صفر (با میانگین ۳/۷ عدد) بود، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین سطوح دیگر مشاهده نشد (شکل ۴). می‌توان گفت تنها غلظت معینی از عنصر برای رشد و توسعه گیاهی اهمیت دارد (Turk & Tawaha, 2002).

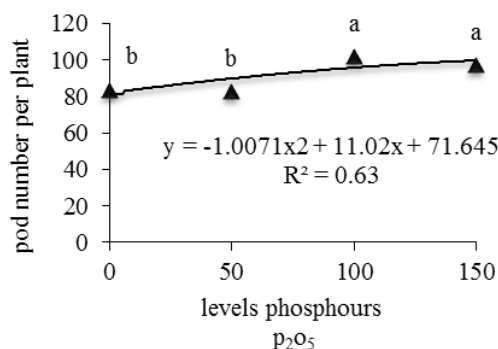


شکل ۴- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر تعداد دانه در غلاف
Fig. 4. Effect of phosphorus fertilizer on seed number per pod

عملکرد دانه

عملکرد در گیاهان زراعی به بخش اقتصادی و ارزشمند گیاه اطلاق می‌شود که تولیدکننده به‌منظور برداشت این اندام، گیاه را پرورش می‌دهد (Rahimian & Banayan, 1996). تجزیه واریانس حاصل از داده‌ها نشان داد تاریخ کاشت و کاربرد کود فسفر بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت، اما اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آبان (با میانگین تولید ۲۷۰۲ کیلوگرم در هکتار) بود، که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت ۲۵ مهر (با میانگین تولید ۲۴۳۵ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ آبان (با میانگین تولید ۲۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت و کمترین عملکرد مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آذر (با میانگین تولید ۱۹۰۲ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ مهر (با میانگین تولید ۱۹۴۳ کیلوگرم در هکتار) بود. می‌توان گفت مواجهه شدن تاریخ کاشت اول (۱۰ مهر) با آفات و بیماری‌های علت اصلی کاهش عملکرد این تاریخ کاشت می‌باشد. بروز گرما طی دوران رشد زایشی، طول دوره پُرسیدن دانه را کاهش داده و تعداد دانه در نیام و همچنین وزن دانه اُفت پیدا می‌کند که در نتیجه آن عملکرد دانه دچار نقصان شدیدی می‌گردد (Summerfield & Roberts, 1986). به‌دلیل عدم تفاوت معنی‌دار از نظر وزن دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف، تخصیص ماده خشک به تک‌دانه‌ها یکسان بوده است، بنابراین کاهش عملکرد ناشی از کاهش دو جزء

کوتاه‌شدن دوره رشد و افزایش تعداد غلاف در بوته با افزایش مصرف کودهای فسفاته همراه است (Koocheki & Banayan Avval, 1995; Majnun Hussein, 1997).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر تعداد غلاف در بوته
Fig. 3. Effect of different levels of phosphorus fertilizer on the number of pods per plant

تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کود فسفر و تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف متعلق به تاریخ کاشت ۲۵ مهر (با میانگین چهاردانه در غلاف) است، درحالی‌که اختلاف معنی‌داری با تاریخ کاشت ۱۰ مهر، ۱۰ آبان و ۲۵ آبان نداشت. کمترین تعداد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ آذر (با میانگین ۳/۵ دانه در غلاف) به‌دست آمد (جدول ۳). با بالا رفتن دما در مراحل پُرسیدن دانه، میزان تنفس غلاف‌ها به‌سرعت افزایش می‌یابد و این موضوع سبب اتلاف بیش از حد شیره پرورده می‌شود، بنابراین مواد غذایی کافی به دانه‌ها نرسیده و درصد دانه‌های پوک زیاد و تعداد دانه در غلاف کاهش یافت (Whitfield, 1992). از طرفی کشت زودهنگام به‌علت فرار از خشکی آخر فصل و شرایط مساعد رطوبتی در ابتدای فصل می‌تواند منجر به افزایش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف گردد (Pzshkpoor, 2002). از نقطه‌نظر فیزیولوژی، باید این نکته را در نظر داشت که شرایط محیطی در تاریخ کاشت ۲۵ مهر باعث شد که گیاهان در زمان ورود به فاز زایشی گلدهی تا دانه‌بندی به گرما برخورد نکنند، اما در تاریخ کاشت ۱۰ آذر با تقابل گرما با دوره زایشی باقلا مواجه بودیم که این امر باعث کاهش تعداد دانه در غلاف گردید. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار (با میانگین ۴/۳ عدد) و کمترین تعداد

باعث کاهش عملکرد آن شد، اما از طریق تغذیه فسفر می‌توان مقدار این افت عملکرد را تا حدودی جبران نمود. در تاریخ کاشت تأخیری (۱۰ آذر و ۲۵ آبان) عملکرد دانه در تیمار بدون مصرف کود به ترتیب ۱۰۸۵ و ۱۵۴۵ کیلوگرم در هکتار بود، اما با مصرف کود عملکرد افزایش پیدا کرد، به طوری که در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد در هر دو تاریخ ذکر شده به ترتیب به میزان ۲۶۵۳ و ۳۴۴۵ افزایش پیدا کرد (شکل ۵). می‌توان دلیل آن را تأثیر فسفر در تشکیل بذر و زودرس کردن دوره رشدی گیاه دانست که در نتیجه از برخورد گیاه به گرمای آخر فصل جلوگیری کرده و مانع کاهش وزن ۱۰۰ دانه گردید و همین عامل باعث افزایش عملکرد دانه را باعث شده است.

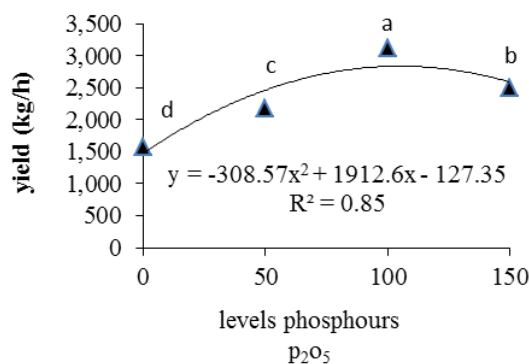
عملکرد؛ یعنی تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بود. برخی از محققان نیز علت کاهش عملکرد دانه در کشت‌های تأخیری را ارتفاع کم، کاهش تعداد گره‌های غلاف‌دهنده، کاهش دوره رویشی و وزن خشک تجمع یافته ذکر کرده‌اند (Rezvani Moghaddam & Sadegh Smrjan, 2004). مقایسه میانگین تیمار کودی P_2O_5 نیز نشان داد (شکل ۵) که با افزایش سطح کودی تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه با میانگین ۳۱۱۴ کیلوگرم در هکتار نیز افزایش پیدا کرد و کمترین میزان عملکرد دانه در سطح عدم مصرف کود فسفر با ۱۵۷۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش مصرف فسفر به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه روند نزولی پیدا نموده و به میزان ۲۴۹۲ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. همان گونه که اشاره شد، تأخیر در کاشت باقلا

جدول ۴- تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا

Tabla 4. Analysis of variance of experimental treatments on yield and yield components of faba bean

میانگین مربعات (Mean Squares)						منابع تغییرات
عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن ۱۰۰ دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	درجه آزادی	S.O.V
Biological yield	Seed yield	100 seed weight	Seed per pod	Pod per plant	df	
1499880.8 ^{ns}	96698.40 ^{ns}	135.93 ^{ns}	1.1834 ^{**}	21.66 ^{ns}	2	بلوک (Block)
32181778.5 ^{**}	1597815.9 ^{**}	550.67 ^{ns}	0.8406 ^{**}	3545.9 [*]	4	تاریخ کاشت (Date of sowing)
1907935.9	118870.8	541.64	0.1108	607.81	8	اشتباه اصلی (Error s)
20746158.9 ^{**}	7073090.8 ^{**}	115.94 ^{**}	1.023 ^{**}	1332.13 ^{**}	3	فسفر (phosphorus)
24526051.5 ^{**}	112177.98 ^{ns}	92.55 ^{ns}	0.1614 ^{ns}	230.07 ^{ns}	12	P*D
863865	156094.9	89.19	0.165	207.6	30	اشتباه فرعی (Error e)
14.92	17.11	8.91	10.35	15.58		ضریب تغییرات (cv)

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



شکل ۵- اثر سطوح مختلف کود فسفر بر عملکرد دانه باقلا (کیلوگرم در هکتار)

Fig. 5. Effect of phosphorus fertilizer on grain yield of faba bean (kg per hectare)

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه فرعی و عملکرد بیولوژیک باقلا
Table 5. Comparison of the interaction of treatments on number of branches and biological yield of faba bean

عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Yield Biological (Kg h ⁻¹)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	سطوح فسفر (کیلوگرم در هکتار) Levels phosphorus (Kg h ⁻¹)	تاریخ کاشت Date of sowing
5805	6.9	0	۱۰ مهر October 2
5308	6.5	50	
7588	6.1	100	
3699	7.2	150	
7150	4.3	0	۲۵ مهر October 17
7759	6.1	50	
10725	6.1	100	
7696	5.5	150	
7044	6.4	0	۱۰ آبان November 1
6386	3.7	50	
9717	4.2	100	
6998	4.3	150	
3449	2.8	0	۲۵ آبان November 15
5090	2.8	50	
7244	2.5	100	
4918	2.8	150	
5063	2.8	0	۱۰ آذر December 1
3623	2.3	50	
4665	3	100	
4506	2.3	150	
1720	0.97		LSD

عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد فسفر و تاریخ کاشت و نیز اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۴). کاربرد کود فسفر در تاریخ کاشت ۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۰ آبان و ۲۵ آبان اثر معنی‌داری بر این صفت نشان داد؛ به‌طوری‌که با افزایش کود فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر پنج تاریخ کاشت، بیشترین عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد (جدول ۵). فسفر در مقادیر پایین‌تر به‌دلیل کمبود و در مقادیر بالاتر به‌دلیل تجمع بیش از حد و نقش منفی آن در گسترش

ریشه و جذب برخی از عناصر می‌تواند رشد گیاه را دچار محدودیت نماید. به‌عبارتی فسفر با افزایش شاخص سطح برگ، تقسیم سلولی، تولید مواد فتوسنتزی و تولید ماده خشک در گیاه باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Bolland & et al., 2001). از طرفی نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آبان (میانگین ۷۵۳۶/۵ کیلوگرم در هکتار) و ۲۵ مهر (میانگین ۸۳۳۲/۶ کیلوگرم در هکتار) بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تاریخ کاشت مشاهده نشد. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز

یافت، اما با شروع گرما در انتهای فصل رشد و با توجه به تأثیر آن بر رشد گیاه، کلیه مراحل رشدی آن دچار کاهش گردید. این کاهش مراحل رشدی منجر به کاهش صفات عملکرد و اجزای عملکرد شد. در مجموع بیشترین کاهش در صفات مذکور در تاریخ کاشت ۱۰ آذر به وقوع پیوست که بیشتر به دلیل کاهش طول فصل رشد در نتیجه برخورد دوره رشد گیاه با گرمای آخر فصل رشد می‌باشد. از طرفی بهترین نتیجه گرفته شده از مصرف فسفر تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در نتیجه می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش عملکرد ناشی از تأثیر فسفر بر افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته بوده است. فسفر توانست کاهش عملکرد را تا حدودی جبران کند، به طوری که در تاریخ کاشت تأخیری (۱۰ آذر و ۲۵ آبان) عملکرد دانه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم مصرف کود، به ترتیب حدود ۵۵ و ۶۰ درصد افزایش یافت. در این آزمایش استفاده از فسفر بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری بر روی عملکرد نداشت.

مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آذر (با میانگین ۴۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. ظاهراً تأخیر در کاشت از طریق کوتاه کردن طول دوران رویشی و زایشی، کاهش ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی می‌تواند منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی گردد (Abbasi Surak et al., 2004). کاهش ارتفاع گیاه و کاهش تعداد شاخه‌ها نیز نکاتی است که در آزمایشی به عنوان عوامل کاهش دهنده عملکرد بیولوژیکی گیاه در کشت دیر هنگام ذکر شده است (Sharma et al., 1988). همچنین استقرار ضعیف گیاهچه و کوتاه تر شدن طول دوران سبز شدن تا رسیدگی نکاتی است که در آزمایشات Kaiser & Hannan (1985) به آن اشاره شده است و همین عامل می‌تواند منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه شوند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی در روند رشد گیاه، با تأخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای طول دوره رشد و وقوع تنش گرما، کلیه صفات از جمله شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین با کاهش مواجه گردید. در این آزمایش با شروع سرما در ابتدای فصل رشد مدت زمان لازم برای سبز شدن گیاه افزایش

منابع

1. Abbasi Surak, A.S., Majnun, N., and Yazdi Samadi, B. 2004. Correlation between yield and traits the lens agronomic. First National Conference Abstracts Grains. (In Persian with English Summary).
2. Abrosh, A. 2014. Effect of planting date on yield and yield components of mungbean in Dezful weather conditions. Dezful Branch. Journal of Crop Physiology, University of Ahvaz. 2(8): 28-13 (In Persian with English Summary).
3. Anderson, L.R., and Vasilas, B.I. 1985. Effects of planting date on two soybean cultivars: seasonal dry matter accumulation and seed yield. Crop Science 25: 999-1004.
4. Banari, M. 2010. The effect of biological phosphorus fertilizer (fertilized 2) the amount of phosphorus and bread and durum wheat in Ahvaz. Master's Thesis. Ramin Agriculture and Natural the Khuzestan. 73 p.
5. Bilsborrow, P.E., and Norrton, G. 1984. Consideration of factors affecting the yield of oilseed rape. Aspects of Applied Biology 6: 91- 99.
6. Bolland, M.D.A., Riethmuller, G.P., Siddique, K.H.M., and Loss, S.P. 2001. Method of phosphorus fertilizer application and row spacing on grain yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal Experimental Agriculture 41 (2):224-234.
7. Colomb, B., Kinivy, R., and Debaeke, P.H. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. Agronomy Journal 25: 428- 443.
8. Farouk, A.S. 1989. Effect of sowing date and plant population per hill on faba bean (*Vicia faba* L.) yield. FABIS-Newsletter 23: 15-19.

9. Ghanbari Birgany, D., Sekhavet, R., Asrvsh, S., and Shime, P. 2002. Effects of herbicide and plant density on weeds and yield of Faba beans. *Journal Sciences of Crop Iranian* 5(4): 315- 327 (In Persian).
10. Gholami, A., and Koochaki, E. 2011. Mycorrhiza in Sustainable Agriculuture. University of Shahrood Publication. 212p (In Persian).
11. Hashemabadi, D., and Sedaghtur, S.H. 2005 Investigate the effect of planting date and plant density on yield of winter bean Mazndarany. *Journal of Agricultural Sciences (University Azad Islamic)*. XII(1): 141-135 (In Persian with English Summary).
12. Hashemi Jazee, M. 2001. Effect of planting date on growth and development and some traits agronomic and physiological 5 varieties soybean in cultivation. II. *Iranian Journal of Crop Sciences* 3(4): 31-40 p (In Persian with English Summary).
13. Karamanos, A.J., and Gimenez, C. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba bean. Pp. 79-90. *CHEAM- Options Mediterraneennes*. Cordoba, Spain
14. Koocheki, A., and Banayane Avval, M. 1995. Grain Legume Cropping. University Jihad of Mashhad Press. 240P. (In Persin).
15. Kaiser, W.J., and Hannan, R.M. 1985. Effects of planting date and fungicide treatment on emergence and yield of kabuli and desi chickpea in eastern Washington State. *International Chickpea News Letter* (12): 16-19.
16. Leport, L.N., Turner, C., Dauies, S.L., and siddinque, K.H.M. 2005. Variations in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Crop Science* 24: 236-246.
17. Majnun Hussein, N. 2008. Agriculture and Grain Production. Jihad University Tehran Press. 283 P.
18. Midmore, D.J., Carthright, P.M., and Fischer, R.A. 1982. Wheat in tropical environments Phasic development and spike size. *Field Crops Research* 5:185-200.
19. Mousavi, H., Siyadat, S.A., Moshatty, A., and Gholizdeh, M.R. 2010. Effects of row distance on the yield of beans in Ahvaz region. *Journal of plant Sciences Cultivation* 2(4):1- 7. (In Persian with English Summary).
20. Oplinger, E.S., Putnam, D.H., Doll, J.D., and Combs, S.M. 2000. Faa bean, Alternative field crops manual. <http://www.hort.Purdue.Edu/new crop/afcm/faba bean.Html>.
21. Pevast, G.H. 2002. Growing Vegetables (Second Edition). Published Agricultural Sciences. 600 P.
22. Plenet D., Mollier, A., and Pellerin, S. 2000. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil* 224: 259-272.
23. Pzshkpoor, P. 2002. Grown fall and winter peas approach to increasing the reproductive period in temperate and mitigate the effects of drought contingency fleeing drought and heat. 7th Congress of Agronomy Iran. (In Persian with English Summary).
24. Radian, J.W., and Eidenbock, M.P. 1984. Hydraulic conductance as a factor limiting leaf expansion of phosphorus-deficient cotton. *Plant Physiology* 76: 392-394.
25. Rahimian, H., and Banayan, M. 1996. Physiological Principles of Plant Breeding (translation). Published by SID Mashhad. 426 P.
26. Rezvani Moghaddam, P., and Sadegh Smrjan, Z. 2004. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). University of Mashhad, Faculty of Agriculture 325-315 p. (In Persian with English Summary).
27. Sharma, M.L., Chanhan, Y.S., and Bharad, G.S. 1988. Relative performance of chickpea varieties to sowing dates. *Indian Journal of Agronomy* (33): 450-452.
28. Summerfield, R.T., and Roberts, H. 1986. Grain Legume Crops Grain. London. pp. 312-318.
29. Turk, M.A., and Tawaha, A.R.M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. minor) in the absence of moisture stress. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 6(3): 171-178.
30. Whitfield, D.M. 1992. Effect of temperature and ageing on CO₂ exchange of pods of oilseed rape (*Brassica napus*). *Field Crop Research* 28 (4): 271-280.

31. Yasari, L. 2013. Effects of PSB as biological and inorganic fertilizers on growth and yield of soybean (*Glycine Max* Merrill) Tlar the north. Journal of Applied Research Ecophysiology of Plants. 1(1): 1-18. (In Persin).

Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.)

Alipour^{1*}, S., Moradi Telavat², M.R., Siyadat², S.A., Mosavi³, S.H. & Karmala Chab³, A.

1. MSc. in Agronomy

2. Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Ramin Khuzestan

3. Agriculture and Natural Resources Ramin Khuzestan

Received: 13 January 2015

Accepted: 15 August 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.43382

Introduction

Bean (*Vicia faba* L.) has the great old history of crop cultivation to date would be pushed back to a fairly long day plant, resistant to frost and cool season crop and up to 5 degrees Celsius tolerated. Bean prefers wet and cold conditions. Excessive heat may cause fetal growth problems, loss and reduce the number of seeds per pod bean flowers to the growth of plant and fruit set on low temperature and high humidity environments. Early planting allows more during plant growth and increased performance. Moreover, it is necessary to achieve maximum performance in the bean are balanced in the distribution of nutrients and the roots of the plant. Some studies have shown that many cereal plants can make use of phosphorus in the soil inaccessible. Phosphate makes the plant resistant to lodging, early maturity, higher quality, accelerating plant emergence to the initiation of flowering and pollination, and thus increases the yield.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of planting date and phosphorus nutrition on growth and performance of faba bean, a field experiment was done in Research Field of Agricultural University and Natural Resources of Ramin, Khuzestan, during 2013-2014. Experiment was done as split plots based on the completely randomized blocks design with four replications. Experimented factors were, five planting dates (2 October, 17 October, 1 November, 16 November, and 1 December) as main plots and phosphorous oxide fertilizer (P₂O₅) with the amount of (zero, 50, 100, 150 kilogram per hectare) from triple superphosphate resource as sub plot.

Results and Discussion

The Experiment results showed that planting date and phosphorus fertilizer and their interactions had a significant effect on morphological traits (include bush height, pod height from the ground, leaf area index, and number of sub branch). The comparison showed that the highest grain yield obtained in sowing date of 1 November (average production of 2752 kg per hectare) and the lowest yield obtained in planting Persian dates of 1 December (average production of 1903 kg per hectare) and 2 October (mean produced 1943 kg ha⁻¹), respectively. The results of study of more than 100 kg P ha also had no significant effect on performance. The delay in planting bean reduces its performance. But through the power of P can be compensated to some extent the decline in performance so that delayed planting dates (10 December and 25 November) at the level of 100 kg per hectare yield than no fertilizer, respectively, about 55 and 60% increased.

* Corresponding Author: aalipoors@yahoo.com

Conclusion

Generally, in the process of growth, with a delay in sowing and increase the average temperature during the growing season and heat stress, all traits such as leaf area index, plant height, number of branches and the height of the first pod reduced. The cold start test at the beginning of the growing season, time to go green rose plant, but with the onset of heat at the end of the growing season and due to its effect on plant growth, all stages of growth were reduced. The results of study of more than 100 kg P ha also had no significant effect on performance. In total, the largest decline in the yield on the culture of 10 December occurred mainly due to reduced plant growth during the growing season as a result of dealing with the heat in the end of the growing season. The best results were obtained from the use of 100 kg per hectare phosphorus. The delay in planting bean reduces its performance. But through the power of P can be compensated to some extent the decline in performance so that delayed planting dates (10 December and 25 November) at the level of 100 kg per hectare yield than no fertilizer, respectively, about 55 and 60% increased.

Key words: Leaf, Plant height, Pod, Seed

برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای گلخانه‌ای حبوبات در ایران

محسن جمالی پور^{۱*}، محمد قربانی^۲، علیرضا کوچکی^۳ و ناصر شاهنوشی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی (استاد) گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ به ترتیب ghorbani@um.ac.ir و

naser.shahnoushi@gmail.com

۳- عضو هیئت علمی (استاد) گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ koochaki@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰

چکیده

در این مقاله، میزان و ارزش انتشار گازهای گلخانه‌ای اکسیدنیتروس (N_2O) و دی‌اکسیدکربن (CO_2) حاصل از تولید حبوبات منتخب ایران (شامل نخود، لوبیا و عدس) با استفاده از مدل GHGE، برای سال زراعی ۹۱-۹۰ برآورد شده است. نتایج نشان داد که استان‌های فارس و بوشهر، به ترتیب با تولید سالانه ۷۹/۲۷۱ و ۰/۰۰۴ تن N_2O ، بیشترین و کمترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای N_2O را دارا می‌باشند. همچنین استان‌های لرستان و بوشهر نیز به ترتیب با تولید سالانه ۱۰۳۲۷/۸۳ و ۱/۳۳ تن CO_2 ، بیشترین و کمترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 را به خود اختصاص داده‌اند. مجموع هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 کل کشور نیز حدود ۳۲/۷۰۵ میلیارد ریال برآورد گردید. با توجه به یافته‌ها، مدیریت کودهای نیتروژنه مصرفی در مزارع و توسعه سیاست کاهش میزان انتشار به‌همراه مالیات زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر سطوح مختلف تولید پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: اکسیدنیتروس، دی‌اکسیدکربن، حبوبات، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

افزایش درجه حرارت زمین آثار و پیامدهای مختلفی ازجمله عواقب گرم‌شدن کره زمین، بروز مشکلات زیست‌محیطی و افزایش حوادث و بلایای طبیعی مانند طوفان‌ها و گردبادها، آتش‌سوزی‌های شدید در جنگل‌ها، جزر و مد و حرکت افقی آب دریا، سیل، قحطی و خشکسالی، هجوم حشرات و غیره دارد که در چند دهه اخیر افزایش چشمگیری داشته است. اثرات گرمایش زمین در غرب آسیا نیز به‌صورت خشکسالی و افزایش قابل توجه میزان آلودگی هوا بر اثر طوفان‌های خاکی و خشک‌شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها، در سال‌های اخیر نمود پیدا کرده است (Daftarian, 2009).

تأثیر این پدیده بر بخش کشاورزی نیز می‌تواند چشمگیر باشد. این افزایش درجه حرارت، منابع آبی را دچار تغییر می‌کند و باعث بالا آمدن سطح آب در مقیاس جهانی می‌گردد که این خود خطرات دیگری نیز به‌همراه دارد. از سوی دیگر نبود ثبات و پیش‌بینی‌ناپذیر بودن سرعت تغییر اقلیم نیز از دیگر آثار افزایش درجه حرارت محسوب می‌گردد (Turner et al., 1995). به دنبال این تغییرات تعدادی از کشورهای توسعه‌یافته خود را متعهد به اجرای پیمان کیوتو کردند (Amade et al., 2009). کشور ایران درحالی که سهم کوچکی از اقتصاد و جمعیت جهان را

جو اطراف کره زمین نقش بسیار مهمی در جلوگیری از کاهش دمای آن ایفا می‌کند. برخی از گازهای موجود در اتمسفر مانند دی‌اکسیدکربن، بخار آب، کلروفلوروکربن (CFC)، متان، نیتروژن دی‌اکسید و اکسیدنیتروس، همانند یک محافظ شیشه‌ای در مقابل تشعشعات مادون قرمز ساطع شده از طرف زمین مانند جسم شفاف در برابر نور خورشید عمل می‌نماید. به‌نحوی که باعث افزایش درجه‌ی حرارت کره زمین می‌شوند. از این‌رو به این گازها، گازهای گلخانه‌ای اطلاق می‌شود. در صورت عدم حضور این گازها در جو، انرژی گرمایی خورشید مجدداً به فضا برمی‌گردد. به این ترتیب هوای زمین ۳۳ درجه سانتی‌گراد سردتر از دمای فعلی می‌شود. فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی بشر در سال‌های اخیر، عامل مهمی در جهت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین بوده است (Saleh et al., 2009). یکی از عوامل اصلی آلودگی‌های زیست‌محیطی و منبع عمده تغییرات در آب‌وهوای کره زمین و تنوع زیستی، انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف، به‌ویژه از بخش کشاورزی می‌باشد (Ghorbani et al., 2009).

*نویسنده مسئول: تلفن همراه: ۰۹۳۷۱۶۴۱۱۶۷، jamalim@gmail.com

نتایج تحقیق (Neufeldt et al., 2006) نشان داد که میزان انتشار N_2O به شدت به میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن دار وابستگی دارد. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که میزان انتشار از سیستم‌های زراعی $3/4 - 2/6$ مگاگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هر هکتار و کمتر از سیستم‌های دامی ($5/3 - 2/5$ مگاگرم معادل CO_2 در هر هکتار) بوده است. (Sylväsalo et al., 2006) میزان انتشار CH_4 و N_2O ، شستشوی نیتروژن و میزان تمرکز نیتروژن معدنی خاک را برای سه نظام مختلف کشاورزی در فنلاند محاسبه کردند. میزان انتشار N_2O سالانه در مزارع ارگانیک، رایج و مزارع نوع سوم به ترتیب برابر $1/4$ ، $1/2$ و $3/05$ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. در مطالعه Davidson (2009) یافته‌ها نشان داد که نرخ انباشتگی N_2O در جو در اواخر قرون نوزدهم و بیستم بیشتر از میزان انتشار پیش‌بینی شده از نهاده‌های کشاورزی محدود شده به کود نیتروژنه و نیتروژن تثبیتی بیولوژیکی بود. در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای و بررسی سازوکارها و پتانسیل اقتصادی کاهش میزان انتشار مطالعات دیگری نیز به انجام رسیده است (Snyder et al., 2001; De Cara, 2001; Schneider et al., 2001; Schneider et al., 2001; Flugge & Schilizzi, 2003; Garg et al., 2004; Merino et al., 2004; Gregorich et al., 2005; Liebig et al., 2005; Clemens et al., 2006; Snyder et al., 2009; Zolghi et al., 2009; Davidson, 2009; Schaller et al., 2011; Smeaton et al., 2011; Smith et al., 2012; Yeo et al., 2012; Reay et al., 2012; Röder & Osterburg, 2012; Signor & Cerri, 2013; Wang et al., 2013; Jones et al., 2013).

در مطالعه حاضر با توجه به حالت‌های مختلف فعالیت کشاورزی و آلاینده‌های تولیدی هر فعالیت (Kulshreshtha et al., 2000)، گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2) و آکسیدنیتروس (N_2O) انتشار یافته از مزارع حبوبات کشور (نخود، لوبیا و عدس) برآورد شده است. در میان گازهای گلخانه‌ای، گاز N_2O با توجه به طول عمر ماندگاری در جو (۱۱۴ سال) و پتانسیل گرمایش جهانی آن (۲۹۸ برابر بیشتر از گاز CO_2 می‌باشد) از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای به‌شمار می‌رود (Signor & Cerri, 2013). منابع اصلی انتشار گاز N_2O ، به‌کارگیری کودهای شیمیایی نیتروژنه در خاک، کاربرد بقایای گیاهی، انسانی و حیوانی، جنگل‌زدایی، احتراق سوخت‌های فسیلی و مواردی از مکانیسم‌های طبیعی رُخ داده در اکوسیستم خاکی و آبی می‌باشد (Denman et al., 2007). گاز گلخانه‌ای CO_2 نیز بیشترین

داراست، از نظر انتشار سرانه گاز گلخانه‌ای، رتبه سی‌ام را در میان کشورهای جهان داراست. واقعیت‌های پیرامون ما نشان می‌دهد که گُرّه زمین، دستخوش بحران زیست‌محیطی است. کاهش جنگل‌ها، آلودگی هوا و آب، گرم شدن گُرّه زمین و تغییرات جوی، بالا آمدن آب دریا، انبوه زباله‌های شهری و صنعتی، تهی شدن منابع، تخریب مرتع، کاهش تنوع زیستی، تخریب لایه اوزون و... خود مصادیقی از بحران‌های زیست‌محیطی است که هم‌اکنون بعضاً در ایران نیز مشاهده می‌شود.

Ghorbani et al., (2009) هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای گاو‌داری‌های شیری مشهد و کشور را به ترتیب $10/68$ و $67910/3$ میلیارد ریال برآورد نمودند. در مطالعه Mehdi pour & Landi (2010) میزان کل هدررفت کربن از خاک به صورت گازهای گلخانه‌ای کربنه از کشتزارهای گندم، کلزا، باغ مرکبات و زمین آیش به ترتیب $3/72$ ، $4/47$ ، $3/38$ و $1/89$ تن کربن در هر هکتار در سال بود. کل کربن ورودی به خاک توسط بیوماس در مزارع گندم و کلزا به ترتیب $4/11$ و $4/6$ تن کربن در هکتار در سال بود. بنابراین بیلان کربن خاک (ورودی کربن - خروجی کربن) در کشتزارهای گندم و کلزا به ترتیب $-0/37$ و $+0/88$ بود و در کشتزارهای گندم هدررفت کربن و در کشتزارهای کلزا افزایش کربن خاک رخ داد. Rajabi et al., (2012) نشان دادند که مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ناشی از تولید گندم بین $923 - 268$ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار متغیر بود که معادل $103/8 - 271/5$ کیلوگرم معادل CO_2 به‌ازای هر تن گندم بود. در بین فعالیت‌های مختلف زراعی، کود نیتروژن با میانگین 291 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بیشترین مقدار را از نظر گرمایش جهانی به خود اختصاص داد. مقایسه با سایر نقاط جهان نشان داد که تولید گندم در گرگان به تولید گازهای گلخانه‌ای زیاده‌تر منجر می‌شود.

در مطالعه Nickhah et al., (2013) مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید محصول برنج معادل $1936/11$ برآورد گردید. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر نشر گازهای گلخانه‌ای از نهاده کودهای شیمیایی بر روی عملکرد شلتوک برنج بیشترین مقدار را دارا بوده است. Jamalipour et al., (2014) به برآورد ارزش اقتصادی انتشار گازهای گلخانه‌ای کلزا در ایران پرداختند. براساس مطالعه Jamalipour et al., (2014) مجموع میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 از مزارع غلات ایران به ترتیب حدود 12443 و 546552 تن به‌دست آمد. مجموع هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 مزارع غلات ایران نیز حدود $107/422$ میلیارد ریال برآورد گردید.

که در آن $AREA(c,r)$ سطح زیر کشت محصول c در استان r در هکتار و $N_2O_EC(c,r)_{CR}$ ضریب انتشار اکسیدنیتروس از بقایای محصول c در استان r ، در تن در هکتار می‌باشد. جهت تخمین ضریب انتشار بقایای گیاهی محصول زراعی برای هر محصول در استان معین، از معادله (۲) استفاده شده است که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$N_2O_EC(c,r)_{CR} = N_CONT(c) * YIELD(c,r) * N_2O_EF^{44/28} \quad (2)$$

که در آن $N_CONT(c)$ محصول c حاوی نیتروژن (تن در هکتار)، $YIELD(c,r)$ عملکرد برای محصول c در استان r (تن در هکتار) و N_2O_EF فاکتور انتشار اکسیدنیتروس (مقدار پیش فرض، $0.125 \text{ kg } N_2O\text{-}N \text{ kg } N^{-1}$) می‌باشد. برای محاسبه محصول c حاوی نیتروژن ($N_CONT(c)$) از معادله (۳) استفاده شد که در زیر بیان شده است:

$$N_CONT(c) = PROP_BIOMSS(c) * CROP_FACTOR(c) \quad (3)$$

که در آن $PROP_BIOMSS(c)$ سهم نیتروژن موجود در محصول c و $CROP_FACTOR(c)$ مقدار نیتروژن آزاد شده از محصول c می‌باشد. نحوه برآورد کل اکسیدنیتروس منتشر از به کارگیری کود نیتروژن نیز در معادله (۴) بیان شده است:

$$N_2O_TEM(c,r)_{FRTU} = AREA(c,r) * N_2O_EC(c,r)_{FRTU} \quad (4)$$

که در آن $AREA(c,r)$ سطح زیر کشت محصول c در استان r ، در هکتار و $N_2O_EC(c,r)_{FRTU}$ ضریب انتشار اکسیدنیتروس از کود شیمیایی مصرفی (تن در هکتار) برای محصول c در استان r می‌باشد. ضریب انتشار اکسیدنیتروس براساس سهم و سطوح به کارگیری کود شیمیایی برای محصول زراعی که در انتشار اکسیدنیتروس مشارکت دارند، عبارت است از:

$$N_2O_EC(c,r)_{FRTU} = QNTY(c,r) * N_CONT(p)_{FRT} * 44/28 \quad (5)$$

که در آن $QNTY(c,r)_{FRT}$ مقدار کود نیتروژن مصرفی (تن در هکتار) برای محصول c در استان r و $N_CONT(p)_{FRT}$ کود شیمیایی حاوی نیتروژن (تن به ازای هرتن کود شیمیایی) در استان p می‌باشد. جهت برآورد میزان اکسیدنیتروس منتشر شده از آیش محصولات زراعی نیز از معادله (۶) استفاده می‌شود:

$$N_2O_FLW(c,r)_{CR} = AREA(c,r) * N_2O_EC(c,r)_{FLW} \quad (6)$$

که در آن $AREA(c,r)$ سطح زیر کشت محصول c در استان r (هکتار) و $N_2O_EC(c,r)_{FLW}$ ضریب انتشار اکسیدنیتروس از محصولات زراعی (تن در هکتار) برای محصول c در استان r می‌باشد. کربن یکی از آلاینده‌هایی است که در اثر فعالیت‌های زراعی مختلف از خاک آزاد می‌شود. با استفاده از ضریب تبدیل کربن به دی‌اکسیدکربن (IPCC, 1996) مقدار گاز گلخانه‌ای CO_2 منتشر شده از مزارع محصولات زراعی بر اساس معادله (۷) محاسبه می‌شود:

توجه را در ارتباط با افزایش میانگین دمای کره‌ی زمین به خود جلب کرده است (Pourkhabbaz & Pourkhabbaz, 2002).

یکی از زیربخش‌های مهم بخش کشاورزی که تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، زیربخش زراعت است. بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی، سطح برداشت کل محصولات زراعی کشور معادل ۱۲/۷۴ میلیون هکتار بوده که از این میزان ۸۲/۵۴ میلیون تن، محصول زراعی تولید می‌شود. کل سطح زیر کشت حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) برابر با ۸۴۵ هزار و ۸۴۸ هکتار می‌باشد (Office of Statistics of the Ministry of Agricultural Jihad, 2014). به عبارتی می‌توان گفت، که حبوبات با سهمی معادل ۶/۹۵ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات زراعی، بعد از غلات و نباتات علوفه‌ای، بیشترین سهم از سطوح مربوط به کشت محصولات زراعی را در اختیار دارد. با توجه به این مهم، و اهمیت زیربخش زراعت در تولید گازهای گلخانه‌ای، تعهد ایران به پیمان کیوتو برای برآورد و اندازه‌گیری گازهای گلخانه‌ای و عدم وجود برآوردی از ارزش میزان انتشار این گازها و هزینه زیست‌محیطی آن در فرآیند آماده‌سازی، تولید و توزیع محصولات، لازم است میزان انتشار این گازها در کشور محاسبه شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای اندازه‌گیری میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای اکسیدنیتروس و دی اکسیدکربن از مدل GHGE بهره گرفته شد. این مدل برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از فعالیت‌های مستقیم و غیرمستقیم مرتبط با تولیدات کشاورزی و اثرات اقدامات کاهش برای کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به کار برده می‌شود. براساس این مدل، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O تحت فعالیت تولید محصولات زراعی، از طریق بقایای گیاهی باقیمانده در مزرعه، به کارگیری کود نیتروژنه و به‌آیش‌گذاری مزارع زراعی برآورد می‌شود (Kulshreshtha et al., 2000).

این مدل توسط Kulshreshtha et al., 1999; Boehm et al., 2000; Kulshreshtha & Junkins, 2001; Bussler et al., 2001; Seecharan et al., 2002; Boehm et al., 2002 و Sobool & Kulshreshtha, 2006 مورد استفاده قرار گرفته است. کل اکسیدنیتروس منتشر شده با محصول موردنظر منطقه و ضریب انتشار محصول، وابسته است که در معادله (۱)، نحوه برآورد آن نشان داده شده است.

$$N_2O_TEM(c,r)_{CR} = AREA(c,r) * N_2O_EC(c,r)_{CR} \quad (1)$$

محاسبات لازم انجام گرفت. همچنین جهت مقایسه میانگین گروه‌های مختلف طبقه‌بندی‌شده، از روش آماری تحلیل واریانس (ANOVA) - آزمون توکی (TUKEY) - کمک گرفته شد.

نتایج و بحث

برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای

جدول ۱، میزان انتشار N_2O حاصل از بقایای گیاهی، کاربرد کود نیتروژنه، به‌آیش‌گذاری و نیز میزان CO_2 انتشاریافته از مزارع نخود ایران را برای سال زراعی ۹۰-۹۱ نشان می‌دهد. استان کرمانشاه با ۱۵۳ هزار و ۴۶۰ هکتار بیشترین سطح کشت نخود را به‌خود اختصاص داده است. البته باید توجه داشت که باتوجه به آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، استان‌های گلستان و هرمزگان تولیدکننده سایر حبوبات، به‌غیر از حبوبات منتخب مطالعه می‌باشند. استان‌های بوشهر، خوزستان، قم، گیلان و مازندران نیز جزو تولیدکنندگان نخود محسوب نمی‌شوند. به‌همین دلیل در جداول محاسباتی از آوردن نام این استان‌ها خودداری شده است. بیشترین عملکرد نخود مربوط به استان البرز (معادل ۲/۸۶ تن در هکتار) می‌باشد.

با توجه به محاسبات صورت‌گرفته مقدار بقایای گیاهی ایجادشده حاصل از فعالیت تولیدی مزرعه در جدول ۱ گزارش شده است که بر این اساس، استان البرز با ۰/۲ تن در هکتار، سهم بیشتری را نسبت به سایر استان‌ها در تولید بقایای گیاهی دارا می‌باشد. کل بقایای گیاهی تولیدی مزارع نخود ایران نیز حدود ۰/۱۴۸ تن در هکتار برآورد گردید. ذکر این نکته ضروری است که منظور از بقایای گیاهی، بخشی از بقایای گیاهی است که همراه محصول از مزرعه خارج نشده و توسط دام تغذیه نمی‌شود و جزو بخش ریشه‌ای گیاه نمی‌باشد. به‌همین دلیل میزان آن بسیار اندک می‌باشد. میزان انتشار گاز N_2O حاصل از بقایای گیاهی موجود در مزارع نشان می‌دهد که استان کرمانشاه با تولید ۱۴/۵۲ تن بیشترین تولیدکننده گاز N_2O از بقایای گیاهی موجود در مزارع نخود به‌حساب می‌آید. کل N_2O منتشرشده حاصل از بقایای گیاهی مزارع نخود کشور نیز معادل ۴۸/۸ تن می‌باشد. مجموع مصرف کود نیتروژن در مزارع نخود کشور حدود ۴۳۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. میزان گاز N_2O انتشاریافته از به‌کارگیری کود نیتروژنه در مزارع نخود کشور نشان می‌دهد استان آذربایجان غربی با تولید ۱۷/۰۶ تن، بیشترین میزان انتشار N_2O را دارا می‌باشد. کل N_2O منتشرشده از کاربرد کود

$$CO_2_SCS(c.r)_{CR} = (AREA(c.r) * CO_2_EC(c.r)_{SCS}) * CON_F_{C_CO_2} \quad (7)$$

که در آن $AREA(c.r)$ سطح زیرکشت محصول c در استان r (هکتار) و $CO_2_EC(c.r)_{SCS}$ ضریب انتشار جدانشده کربن از محصولات زراعی (تن در هکتار) برای محصول c در استان r و $CON_F_{C_CO_2}$ فاکتور تبدیل کربن به دی‌اکسید کربن (به‌طور پیش‌فرض معادل ۳/۶۶۶ در نظر گرفته می‌شود) می‌باشد (Sobool & Kulshreshtha, 2005). در این مطالعه از روش انتقال منافع^۱ برای انتقال ضرایب تبدیل موردنیاز استفاده شد.

به‌منظور مقایسه انتشار گازهای گلخانه‌ای از نظر مقیاس تولید، استان‌ها بر اساس میزان سطح کشت حبوبات به سه گروه کوچک (کمتر از ۳۰ هزار هکتار)، متوسط (۳۰-۶۰ هزار هکتار) و بزرگ (بیشتر از ۶۰ هزار هکتار) مقیاس طبقه‌بندی شدند. جهت تحلیل وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای استان‌ها بر مبنای میزان انتشار N_2O ، اقدام به طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس گروه‌های با انتشار کم (کمتر از ۳۰ تن)، متوسط (۳۰-۶۰ تن) و زیاد (بیش از ۶۰ تن) شده است. همچنین جهت مقایسه وضعیت انتشار استان‌ها بر مبنای میزان انتشار CO_2 ، اقدام به طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس گروه‌های با انتشار کم (کمتر از ۳ هزار تن)، متوسط (۳-۶ هزار تن) و زیاد (بیش از ۶ هزار تن) شده است. به‌منظور محاسبه هزینه زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای، با توجه به این که مطالعه‌ای تاکنون در زمینه برآورد ارزش اقتصادی گازهای گلخانه‌ای بخش زراعت کشور و محصولات منتخب صورت نگرفته است، لذا در این مطالعه برای برآورد هزینه‌های زیست‌محیطی حبوبات منتخب تولیدی کشور از مطالعات گذشته استفاده شده است. درواقع قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O در مطالعه Ghorbani & Matlabi (2009)، به‌ترتیب معادل ۱۶۱۸/۴ - و ۱۵۹/۷ - ریال، مبنای محاسبه هزینه‌های زیست‌محیطی قرار گرفت که با به‌روزرسانی بر اساس نرخ تورم کنونی، قیمت سایه‌ای گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O به‌ترتیب معادل ۶۰۵۹/۸ - و ۵۹۸/۹ - ریال، تعیین گردید. در نتیجه، با محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای موردنظر و دراختیارداشتن قیمت سایه‌ای این گازها، هزینه زیست‌محیطی گازهای آلاینده مورد مطالعه برآورد شده است.

جهت تخمین میزان کل CO_2 و N_2O منتشرشده از تولیدات حبوبات در اکوسیستم زراعی کشور، آخرین داده‌های سال زراعی گزارش‌شده توسط وزارت جهاد کشاورزی یعنی داده‌های سال زراعی ۹۰-۹۱ وزارت جهاد کشاورزی به‌کار گرفته شد و با استفاده از نرم‌افزارهای GHGES 2008 و Excel 2013

¹ Benefit Transfer

موجود در مزارع، کاربرد کود نیتروژنه و به آیش گذاشتن مزارع نخود (جدول ۱) برآورد شده که براین اساس استان‌های لرستان و سمنان به ترتیب با تولید ۲۸/۲۵ و ۰/۰۰۱ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین تولیدکنندگان گاز گلخانه‌ای N_2O از مزارع نخود محسوب می‌شوند. کل گاز گلخانه‌ای N_2O منتشرشده از مزارع نخود ایران نیز حدود ۱۷/۱۹ تن برآورد گردید.

نیتروژن در مزارع نخود کشور نیز معادل ۶۰/۶۷ تن برآورد شده است.

براساس میزان گاز N_2O منتشره از آیش نخود استان کرمانشاه با انتشاری معادل ۲/۱۳ تن، بیشترین تولیدکننده گاز N_2O از آیش محسوب می‌شود. کل گاز N_2O منتشرشده از سطح مزارع آیش نخود ایران نیز معادل ۷/۷۲ تن برآورد شده است. مجموع میزان انتشار گاز N_2O حاصل از بقایای گیاهی

جدول ۱- میزان انتشار N_2O حاصل از بقایای گیاهی، مصرف کود نیتروژنه، آیش و CO_2 جداشده از مزارع نخود تولیدی کل کشور
Table 1. N_2O emission from crop residues, nitrogen fertilizer application, fallow crops and soil CO_2 release in Irans' chickpea farms

استان Province	سطح زیر کشت (هزار هکتار) Cultivation (1000 Ha)	عملکرد (تن / هکتار) Yield (Ton/Ha)	بقایای گیاهی (تن / هکتار) Crop residues (Ton)	انتشار N_2O از بقایای گیاهی (تن) N_2O emissions from crop residues (Ton)
Eastern Azerbaijan آذربایجان شرقی	41.38	0.78	0.005	4.08
Western Azerbaijan آذربایجان غربی	76.7	0.49	0.004	5.49
Ardebil اردبیل	4.61	0.63	0.005	0.43
Isfahan اصفهان	1.81	1.54	0.012	0.41
Alborz البرز	0.01	2.86	0.021	0.003
Ilam ایلام	5.7	0.43	0.003	0.36
Tehran تهران	0.33	0.23	0.002	0.01
Chaharmahal and Bakhtiari چهارمحال و بختیاری	0.81	0.74	0.006	0.09
Southern Khorasan خراسان جنوبی	0.64	0.35	0.003	0.03
Khorasan Razavi خراسان رضوی	11.58	0.4	0.003	0.69
Northern Khorasan خراسان شمالی	6.2	0.59	0.004	0.54
Zanjan زنجان	11.22	0.28	0.002	0.46
Semnan سمنان	0.01	0.86	0.006	0.001
Sistan and Baluchestan سیستان و بلوچستان	0.06	1.82	0.014	0.02
Fars فارس	10.14	1.34	0.01	2.01
Qazvin قزوین	0.75	0.37	0.003	0.04
Kurdistan کردستان	74.24	0.4	0.003	4.36
Kerman کرمان	0.58	1.21	0.009	0.1
Kermanshah کرمانشاه	153.64	0.64	0.005	14.52
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad کهگیلویه و بویراحمد	0.46	0.69	0.005	0.05
Lorestan لرستان	135.73	0.68	0.005	13.51
Markazi مرکزی	2.46	0.71	0.005	0.26
Hamedan همدان	17.7	0.51	0.004	1.33
Yazd یزد	0.07	1.26	0.009	0.01
The country average متوسط کل کشور	23.2	0.83	0.01	2.03
Total the country مجموع کل کشور ^۱	556.79	19.8	0.148	48.8

۱- در ستون‌های با واحد تن در هکتار، منظور این است که مجموع عملکردها و بقایای گیاهی در یک هکتار از تمامی استان‌ها لحاظ شده است.
* علامت تیره به معنی عدم گزارش مصرف کود نیتروژنه برای استان‌های مورد نظر می‌باشد.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

1. In column with unit ton/ha, overall yield and crop residues in a hectare of all provinces have included.

* Symbols dash means no reports of nitrogen fertilizer application is considered for provinces.

Source: Research Findings

ادامه جدول ۱

انتشار CO ₂ (تن) CO ₂ emissions (Ton)	مجموع انتشار N ₂ O (تن) Total N ₂ O emissions (Ton)	انتشار N ₂ O از آیش (تن) N ₂ O missions from fallow (Ton)	انتشار N ₂ O از کود نیتروژن (تن) N ₂ O emissions from N-fert. (Ton)	کاربرد کود نیتروژن (کیلوگرم / هکتار) Nitrogen fertilizer (Kg/Ha)
2492.21	10.63	0.57	5.98	18.93
4620.01	23.61	1.06	17.06	29.11
277.55	0.49	0.06	0.00	-
108.9	0.83	0.03	0.4	28.76
0.42	0.003	0.00	0.00	-
343.09	1.1	0.08	0.66	15.15
19.7	0.02	0.00	0.00	-
49.03	0.27	0.01	0.17	26.96
38.37	0.04	0.01	0.00	-
697.62	1.11	0.16	0.26	2.93
373.14	1.21	0.09	0.59	12.5
675.7	3.74	0.16	3.12	36.47
0.42	0.001	0.00	0.00	-
3.37	0.02	0.00	0.00	-
610.95	6.00	0.14	3.85	49.74
45.3	0.05	0.01	0.00	-
4471.9	6.79	1.03	1.4	2.46
34.94	0.34	0.01	0.23	52.07
9253.93	23.93	2.13	7.28	6.21
27.53	0.13	0.01	0.07	21.05
8175.34	28.25	1.88	12.87	12.41
148.11	0.57	0.03	0.27	14.62
1065.89	8.04	0.25	6.46	47.8
3.92	0.01	0.00	0.00	-
1397.39	4.88	0.32	2.53	22.19
33537.33	117.19	7.72	60.67	434.17

موجود در مزارع نشان می‌دهد که استان فارس با تولید ۱۲/۴۷ تن بیشترین تولیدکننده گاز N₂O از بقایای گیاهی موجود در مزارع لوبیا به حساب می‌آید. استان بوشهر نیز با تولید ۰/۰۴ تن گاز N₂O کمترین میزان انتشار این گاز را دارا می‌باشد. کل N₂O منتشرشده از مزارع لوبیای کشور نیز معادل ۴۰/۸۵ تن برآورد گردید.

مجموع مصرف کود نیتروژن (نیتروژن) در مزارع لوبیا معادل ۲/۴۴۸ تن در هکتار می‌باشد که در بین استان‌ها، استان اصفهان، بیشترین میزان مصرف کود نیتروژن را دارا می‌باشد. میزان گاز N₂O انتشاریافته از به کارگیری کود نیتروژن در مزارع لوبیای کشور نشان می‌دهد استان فارس با تولید ۵۴/۲۶ تن، بیشترین میزان انتشار N₂O را دارا می‌باشد. کل N₂O منتشرشده از کاربرد کود نیتروژن در مزارع لوبیای کشور نیز معادل ۱۴۲/۶۹ تن برآورد شده است. میزان گاز N₂O انتشاریافته از به آیش گذاری مزارع لوبیا نیز برآورد گردید که باتوجه به یافته‌ها، استان فارس با انتشاری معادل ۰/۴۸ تن، بیشترین تولیدکننده گاز N₂O از آیش محسوب می‌شود. کل گاز N₂O منتشرشده از سطح مزارع آیش لوبیای کشور نیز معادل ۱/۸۲ تن برآورد شده است.

میزان انتشار کربن و دی‌اکسیدکربن مزارع نخود نشان می‌دهد که استان‌های کرمانشاه و البرز با انتشاری معادل ۹۲۵۳/۹۳ و ۰/۴۲ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین منتشرکننده گاز گلخانه‌ای CO₂ از مزارع نخود می‌باشند. مجموع گاز گلخانه‌ای CO₂ تولیدی از مزارع نخود ایران نیز حدود ۳۳ هزار و ۵۳۷ تن برآورد شده است.

جدول ۲ میزان انتشار N₂O حاصل از بقایای گیاهی، کاربرد کود نیتروژن، به آیش گذاری و همچنین میزان CO₂ جداشده از مزارع لوبیای ایران را برای سال زراعی ۹۱-۹۰ نشان می‌دهد. مجموع سطح کشت لوبیای کشور معادل ۱۳۱ هزار و ۴۶ هکتار می‌باشد. استان فارس با ۳۴ هزار و ۹۳ هکتار بیشترین سطح کشت لوبیا را به خود اختصاص داده است. بیشترین عملکرد لوبیا مربوط به استان کرمانشاه (معادل ۲/۷۶ تن در هکتار) می‌باشد. مقدار بقایای گیاهی حاصل از تولید لوبیا محاسبه شده که براین اساس استان کرمانشاه با ۰/۲۱ تن در هکتار سهم بیشتری را نسبت به سایر استان‌ها در تولید بقایای گیاهی دارا می‌باشد. کل بقایای گیاهی تولیدی مزارع لوبیای ایران نیز حدود ۰/۴ تن در هکتار برآورد گردید. میزان انتشار گاز N₂O حاصل از بقایای گیاهی

جدول ۲- میزان انتشار N_2O حاصل از بقایای گیاهی، مصرف کود نیتروژنه، آیش و CO_2 جدا شده از مزارع لوبیا تولیدی کل کشور
Table 2. N_2O emission from crop residues, nitrogen fertilizer application, fallow crops and soil CO_2 release in Iran's beans farms

استان Province	سطح زیر کشت (هزار هکتار) Cultivation (1000 Ha)	عملکرد (تن / هکتار) Yield (Ton/Ha)	بقایای گیاهی (تن / هکتار) Crop residues (Ton)	انتشار N_2O از بقایای گیاهی (تن) N_2O emissions from crop residues (Ton)
Eastern Azerbaijan شرقی آذربایجان	4.69	2.16	0.013	1.19
Western Azerbaijan غربی آذربایجان	1.13	1.42	0.011	0.24
Ardebil اردبیل	2.82	0.88	0.007	0.37
Isfahan اصفهان	3.17	2.23	0.017	1.04
Alborz البرز	0.25	1.85	0.014	0.07
Ilam ایلام	0.19	0.94	0.007	0.03
Bushehr بوشهر	0.02	1.14	0.009	0.004
Tehran تهران	0.09	1.99	0.015	0.03
Chaharmahal and Bakhtiari چهارمحال و بختیاری	2.59	2.75	0.02	1.05
Southern Khorasan خراسان جنوبی	0.07	1.11	0.008	0.01
Khorasan Razavi خراسان رضوی	0.85	1.23	0.009	0.16
Northern Khorasan خراسان شمالی	3.46	0.99	0.007	0.51
Khozestan خوزستان	20.98	2.23	0.017	6.89
Zanjan زنجان	8.16	1.92	0.014	2.3
Semnan سمنان	1.05	0.65	0.005	0.1
Sistan and Baluchestan سیستان و بلوچستان	0.06	2.05	0.015	0.02
Fars فارس	34.93	2.42	0.018	12.47
Qazvin قزوین	2.61	2.09	0.016	0.8
Qom قم	0.05	1.89	0.014	0.02
Kurdistan کردستان	0.44	2.1	0.016	0.14
Kerman کرمان	1.17	0.93	0.007	0.16
Kermanshah کرمانشاه	3.01	2.76	0.021	1.22
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad کهگیلویه و بویراحمد	1.5	2.5	0.019	0.55
Guilan گیلان	1.96	2.53	0.019	0.73
Lorestan لرستان	27.59	1.95	0.015	7.93
Mazandaran مازندران	0.83	2.02	0.015	0.25
Markazi مرکزی	6.83	2.21	0.017	2.23
Hamedan همدان	0.92	2.49	0.019	0.34
Yazd یزد	0.05	2.31	0.017	0.02
The country average متوسط کل کشور	4.53	1.85	0.01	1.41
Total the country مجموع کل کشور ^۱	131.46	53.75	0.4	40.85

۱- در ستون‌های با واحد تن در هکتار، منظور این است که مجموع عملکردها و بقایای گیاهی در یک هکتار از تمامی استان‌ها لحاظ شده است.

* علامت تیره به معنی عدم گزارش مصرف کود نیتروژنه برای استان‌های مورد نظر می‌باشد.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

1. In column with unit ton/ha, overall yield and crop residues in a hectare of all provinces have included.

* Symbols dash means no reports of nitrogen fertilizer application is considered for provinces.

Source: Research Findings

ادامه جدول ۲

کاربرد کود نیتروژن (کیلوگرم / هکتار) Nitrogen fertilizer (Kg/Ha)	انتشار N_2O از کود نیتروژن (تن) N_2O em. from N-fert. (Ton)	انتشار N_2O از آیش (تن) N_2O em. from fallow (Ton)	مجموع انتشار N_2O (تن) Total N_2O em. (Ton)	انتشار CO_2 (تن) CO_2 em. (Ton)
138.58	4.97	0.07	6.23	282.61
121.25	1.05	0.02	1.3	68.24
-	0.00	0.04	0.4	169.62
301.2	7.28	0.04	8.37	190.7
-	0.00	0.003	0.07	14.88
-	0.00	0.003	0.03	11.14
-	0.00	0.0003	0.004	1.33
-	0.00	0.001	0.03	5.48
194.83	3.85	0.04	4.94	155.88
-	0.00	0.0009	0.01	3.98
176.92	1.15	0.01	1.32	51.44
-	0.00	0.05	0.56	208.47
67.57	10.83	0.29	18.01	1263.75
124.58	7.77	0.11	10.19	491.74
127.26	1.02	0.01	1.13	63.00
-	0.00	0.0008	0.02	3.61
203.41	54.26	0.48	67.22	2103.71
-	0.00	0.04	0.84	157.21
-	0.00	0.0007	0.02	3.25
-	0.00	0.01	0.14	26.5
-	0.00	0.02	0.18	70.47
171.04	3.93	0.04	5.2	181.24
158.82	1.82	0.02	2.39	90.35
182.5	2.73	0.03	3.48	117.88
171.05	36.04	0.38	44.36	1661.71
73.41	0.47	0.01	0.37	50.23
85.53	4.46	0.09	6.78	411.57
150.83	1.06	0.01	1.41	55.23
-	0.00	0.0007	0.02	3.07
153.05	4.92	0.06	6.39	273.05
2448.77	142.69	1.82	185.37	7918.32

۱۵۷ هزار و ۶۰ هکتار می‌باشد که استان اردبیل با ۳۶/۱۷ هزار هکتار بیشترین سطح کشت عدس را به خود اختصاص داده است. البته باید توجه داشت که استان‌های البرز، بوشهر و قم جزو تولیدکنندگان عدس محسوب نمی‌شوند، به همین دلیل در جداول محاسباتی از آوردن نام این استان‌ها خودداری شده است. بیشترین عملکرد عدس مربوط به استان مازندران (معادل ۲/۲۸ تن در هکتار) می‌باشد. براساس محاسبات صورت گرفته مقدار بقایای گیاهی حاصل از تولید عدس، استان مازندران با ۰/۱۷ تن در هکتار سهم بیشتری را نسبت به سایر استان‌ها در تولید بقایای گیاهی دارا می‌باشد. کل بقایای گیاهی تولیدی مزارع عدس ایران نیز حدود ۰/۱۵۸ تن در هکتار برآورد شده است. میزان انتشار گاز N_2O حاصل از بقایای گیاهی موجود در مزارع نشان می‌دهد که استان اردبیل با تولید جمعی ۳/۸۲ تن بیشترین تولیدکننده گاز N_2O از بقایای گیاهی موجود در مزارع

مجموع میزان انتشار گاز N_2O حاصل از بقایای گیاهی موجود در مزارع، کاربرد کود نیتروژنه و به‌آیش‌گذاشتن مزارع لوبیا (جدول ۲) برآورد شده است که براین اساس، استان‌های فارس و بوشهر به ترتیب با تولید ۶۷/۲۲ و ۰/۰۴ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین تولیدکنندگان گاز گلخانه‌ای N_2O از مزارع لوبیای محسوب می‌شوند. میزان انتشار کربن و دی‌اکسید کربن از مزارع لوبیا نشان می‌دهد که استان‌های فارس و بوشهر با انتشاری معادل ۲۱۰۳/۷۱ و ۱/۳۳ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین منتشرکننده گاز گلخانه‌ای CO_2 از مزارع لوبیا می‌باشند. مجموع گاز گلخانه‌ای CO_2 تولیدی از مزارع لوبیای ایران (جمعی کل کشور) نیز حدود ۷ هزار و ۹۱۸ تن برآورد شده است. میزان انتشار گاز گلخانه‌ای N_2O حاصل از بقایای گیاهی، کاربرد کود نیتروژنه و به‌آیش‌گذاری و نیز CO_2 جدا شده از مزارع عدس ایران، برای سال زراعی ۹۱-۹۰ محاسبه و در جدول ۳ گزارش شده است. مجموع سطح زیر کشت عدس کل کشور

۱۰/۸۶ تن، بیشترین میزان انتشار N_2O را دارا می‌باشد. کل N_2O منتشرشده از کاربرد کود نیتروژن در مزارع عدس کشور نیز معادل ۴۱/۷ تن برآورد شده است. براساس میزان گاز N_2O منتشره از آیش عدس استان اردبیل با انتشاری معادل ۰/۵ تن، بیشترین تولیدکننده گاز N_2O از آیش محسوب می‌شود. کل گاز N_2O منتشرشده از سطح مزارع آیش عدس کشور نیز معادل ۲/۱۹ تن برآورد شده است.

عدس به حساب می‌آید. کل N_2O منتشرشده از مزارع عدس کشور نیز معادل ۱۵/۴ تن می‌باشد.

مجموع کود نیتروژنه مصرفی در مزارع عدس حدود ۱/۳۴۱ تن در هکتار می‌باشد که در بین استان‌ها، استان مرکزی، بیشترین میزان مصرف کود نیتروژنه را دارا می‌باشد. میزان گاز N_2O انتشاریافته از به‌کارگیری کود نیتروژنه در مزارع عدس کشور نشان می‌دهد استان آذربایجان شرقی با انتشار جمعی

جدول ۳- میزان انتشار N_2O حاصل از بقایای گیاهی، مصرف کود نیتروژنه، آیش و CO_2 جداسده از مزارع عدس تولیدی کل کشور
Table 3. N_2O emission from crop residues, nitrogen fertilizer application, fallow crops and soil CO_2 release in Iran's lentils farms

استان Province	سطح زیر کشت (هزار هکتار) Cultivation (1000 Ha)	عملکرد (تن / هکتار) Yield (Ton/Ha)	بقایای گیاهی (تن / هکتار) Crop residues (Ton)	انتشار N_2O از بقایای گیاهی (تن) N_2O emissions from crop residues (Ton)
Eastern Azerbaijan شرقی آذربایجان	30.89	0.7	0.004	2.55
Western Azerbaijan غربی آذربایجان	4.1	0.74	0.006	0.44
Ardebil اردبیل	36.17	0.72	0.005	3.82
Isfahan اصفهان	1.15	1.61	0.012	0.27
Ilam ایلام	1.53	0.47	0.004	0.11
Tehran تهران	0.02	0.69	0.005	0.002
Chaharmahal and Bakhtiari چهارمحال و بختیاری	1.98	0.65	0.005	0.19
Southern Khorasan خراسان جنوبی	0.1	1.22	0.009	0.02
Khorasan Razavi خراسان رضوی	2.86	0.45	0.003	0.19
Northern Khorasan خراسان شمالی	10.76	0.85	0.006	1.35
Khozestan خوزستان	0.34	0.8	0.006	0.04
Zanjan زنجان	16.29	0.32	0.002	0.78
Semnan سمنان	4.24	0.8	0.006	0.5
Sistan and Baluchestan سیستان و بلوچستان	0.31	1.03	0.008	0.05
Fars فارس	10.91	1.14	0.009	1.83
Qazvin قزوین	6.7	0.39	0.003	0.38
Kurdistan کردستان	1.68	0.4	0.003	0.1
Kerman کرمان	0.65	1.07	0.008	0.1
Kermanshah کرمانشاه	6.16	0.94	0.007	0.85
Kohgiluyeh and Boyerahmad کهگیلویه و بویراحمد	3.64	0.67	0.005	0.36
Guilan گیلان	2.08	0.62	0.005	0.19
Lorestan لرستان	8.15	0.74	0.006	0.89
Mazandaran مازندران	0.03	2.28	0.017	0.01
Markazi مرکزی	0.31	0.24	0.002	0.01
Hamedan همدان	6.48	0.36	0.003	0.34
Yazd یزد	0.08	1.27	0.01	0.01
The country average متوسط کل کشور	6.06	0.81	0.01	0.59
Total the country مجموع کل کشور ^۱	157.6	21.18	0.158	15.4

۱- در ستون‌های با واحد تن در هکتار، منظور این است که مجموع عملکردها و بقایای گیاهی در یک هکتار از تمامی استان‌ها لحاظ شده است.

*علامت تیره به معنی عدم گزارش مصرف کود نیتروژنه برای استان‌های مورد نظر می‌باشد.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

1. In column with unit ton/ha, overall yield and crop residues in a hectare of all provinces have included.

* Symbols dash means no reports of nitrogen fertilizer application is considered for provinces.

Source: Research Findings

ادامه جدول ۳

انتشار CO ₂ (تن) CO ₂ emissions (Ton)	مجموع انتشار N ₂ O (تن) Total N ₂ O emissions (Ton)	انتشار N ₂ O از آیش (تن) N ₂ O missions from fallow (Ton)	انتشار N ₂ O از کود نیتروژن (تن) N ₂ O emissions from N-fert. (Ton)	کاربرد کود نیتروژن (کیلوگرم / هکتار) Nitrogen fertilizer (Kg/Ha)
1860.67	13.84	0.43	10.86	46.02
246.72	2.92	0.06	2.41	77.18
2178.46	4.32	0.5	0.00	-
69.33	0.87	0.02	0.58	66.3
92.22	0.18	0.02	0.06	4.75
0.96	0.002	0.0002	0.00	-
118.96	1.85	0.03	1.63	108.08
5.96	0.02	0.001	0.00	-
172.21	2.29	0.04	2.06	94.37
648.23	2.31	0.15	0.82	9.93
20.42	0.22	0.005	0.17	66.88
981.44	2.61	0.23	1.6	12.88
255.33	4.29	0.06	3.73	115.14
18.43	0.11	0.004	0.06	25.00
657.2	6.05	0.15	4.06	48.76
403.62	0.95	0.09	0.47	9.25
101.37	0.55	0.02	0.43	33.33
39.39	0.75	0.01	0.64	127.79
371.22	2.77	0.09	1.83	38.82
219.25	2.35	0.05	1.94	69.93
125.1	1.04	0.03	0.82	51.82
490.78	5.26	0.11	4.26	68.39
1.51	0.02	0.0003	0.01	53.79
18.91	0.39	0.004	0.37	154.97
390.31	3.32	0.09	2.88	58.24
4.52	0.02	0.001	0.00	-
365.1	2.28	0.08	1.6	58.33
9492.52	59.29	2.19	41.7	1341.62

استان‌های لرستان و بوشهر به‌ترتیب با تولید ۱۰۳۲۷/۸۳۳ و ۱/۳۳ تن گاز گلخانه‌ای CO₂، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین منتشرکنندگان گاز CO₂ به‌شمار می‌آیند. استان‌های فارس و لرستان بیشترین سهم از گازهای گلخانه‌ای تولیدی ناشی از کشت حیوانات را دارا می‌باشند. به‌عبارتی می‌توان گفت که استان‌های فارس و لرستان، به‌ترتیب حدود ۲۰ درصد از سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای N₂O و N₂O را به‌خود اختصاص داده‌اند. استان بوشهر نیز کوچک‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای N₂O و CO₂ محسوب می‌شود.

مجموع گازهای گلخانه‌ای N₂O و CO₂ منتشرشده از مزارع حیوانات منتخب کل کشور به‌ترتیب معادل ۳۶۱/۸۴۹ و ۵۰۹۴۸/۱۷ تن برآورد شده است. در مجموع، استان لرستان با تولید ۱۰۴۰۵/۷ تن از دو گاز N₂O و CO₂، بزرگ‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود. مجموع گاز گلخانه‌ای N₂O و CO₂ منتشرشده از حیوانات منتخب تولیدی کل کشور نیز حدود ۵۱ هزار و ۳۱۰ تن می‌باشد.

مجموع میزان انتشار گاز N₂O حاصل از بقایای گیاهی موجود در مزارع، کاربرد کود نیتروژنه و به‌آیش‌گذاشتن مزارع عدس (جدول ۳) نشان می‌دهد که استان‌های آذربایجان شرقی و تهران به‌ترتیب با تولید ۱۳/۸۴ و ۰/۰۰۲ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین تولیدکنندگان گاز گلخانه‌ای N₂O از مزارع عدس محسوب می‌شوند. میزان کربن و دی‌اکسیدکربن منتشرشده از مزارع عدس کشور نشان می‌دهد که استان‌های اردبیل و تهران به‌ترتیب با انتشاری معادل ۲۱۷۸/۴۶ و ۰/۹۶ تن، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین منتشرکننده گاز گلخانه‌ای CO₂ از مزارع عدس می‌باشند. مجموع گاز گلخانه‌ای CO₂ تولیدی از مزارع عدس ایران (جمع کل کشور) نیز حدود ۹ هزار و ۴۹۲ تن برآورد شده است.

مجموع میزان N₂O و CO₂ منتشرشده از کل مزارع حیوانات منتخب شامل نخود، لوبیا و عدس، برآورد و در جدول ۴ گزارش شده است. با توجه به اطلاعات، استان‌های فارس و بوشهر به‌ترتیب با انتشار ۷۹/۲۷۱ و ۰/۰۰۴ گاز گلخانه‌ای N₂O، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین تولیدکننده گاز N₂O از حیوانات منتخب تولیدی کشور محسوب می‌شوند. همچنین

جدول ۴- مجموع میزان انتشار CO_2 و N_2O حاصل از حبوبات منتخب تولیدی کل کشور

Table 4. Total amount of N_2O and CO_2 emission from production of selected pulses in the country

استان Province	سطح زیر کشت (هزار هکتار) Cultivation (1000 Ha)	کل انتشار N_2O (تن) Total N_2O emissions (Ton)	کل انتشار CO_2 (تن) Total CO_2 emissions (Ton)	مجموع میزان انتشار CO_2 و N_2O (تن) Total CO_2 and N_2O emissions (Ton)
Eastern Azerbaijan آذربایجان شرقی	76.959	30.703	4635.49	4666.93
Western Azerbaijan آذربایجان غربی	81.931	27.83	4934.97	4962.8
Ardebil اردبیل	43.591	5.221	2625.63	2630.851
Isfahan اصفهان	6.125	10.07	368.93	379.00
Alborz البرز	0.254	0.074	15.3	15.374
Ilam ایلام	7.412	1.311	446.45	447.761
Bushehr بوشهر	0.022	0.004	1.33	1.334
Tehran تهران	0.434	0.045	26.14	26.185
Chaharmahal and Bakhtiari چهارمحال و بختیاری	5.377	7.052	323.87	330.922
Southern Khorasan خراسان جنوبی	0.802	0.073	48.31	48.383
Khorasan Razavi خراسان رضوی	15.295	4.723	921.27	925.993
Northern Khorasan خراسان شمالی	20.418	4.084	1229.84	1233.924
Khozestan خوزستان	21.32	18.23	1284.17	1302.4
Zanjan زنجان	35.676	16.53	2148.88	2165.41
Semnan سمنان	5.292	5.419	318.75	324.169
Sistan and Baluchestan سیستان و بلوچستان	0.422	0.144	25.42	25.554
Fars فارس	55.98	79.271	3371.86	3451.131
Qazvin قزوین	10.063	1.84	606.13	607.97
Qom قم	0.054	0.016	3.25	3.266
Kurdistan کردستان	76.366	7.478	4599.77	4607.248
Kerman کرمان	2.404	1.269	144.8	146.059
Kermanshah کرمانشاه	162.807	31.899	9806.39	9838.289
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad کهگیلویه و بویراحمد	5.597	4.874	337.13	342.004
Guilan گیلان	4.043	4.526	242.98	247.506
Lorestan لرستان	171.464	77.78	10327.83	10405.7
Mazandaran مازندران	0.859	0.747	51.74	52.487
Markazi مرکزی	9.606	7.738	578.6	586.328
Hamedan همدان	25.093	12.761	1511.43	1524.191
Yazd یزد	0.191	0.046	11.5	11.556
Total the country مجموع کل کشور	845.848	361.849	50948.17	51309.989

استان بوشهر نیز با انتشار ۶۶/۵ تن در هکتار گاز CO_2 ، بزرگ‌ترین تولیدکننده این گاز در واحد سطح می‌باشد.

آزمون مقایسه میانگین‌ها

به‌منظور مقایسه وضعیت استان‌ها از نظر مقیاس تولید، استان‌ها بر اساس میزان سطح کشت حبوبات به سه گروه کوچک (کمتر از ۳۰ هزار هکتار)، متوسط (۶۰-۳۰ هزار هکتار) و بزرگ (بیشتر از ۶۰ هزار هکتار) مقیاس طبقه‌بندی شدند. با توجه به اطلاعات جدول ۵، ۷۲/۴۱ درصد از استان‌های کشور

یکی از روش‌های مناسب جهت تحلیل هرچه بهتر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای استان‌های مختلف، مقایسه میزان انتشار در واحد سطح محصولات می‌باشد. براین اساس، با توجه به مقایسه صورت‌گرفته، استان اصفهان با انتشار ۱/۶۴ تن در هکتار، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O را نسبت به سایر استان‌ها دارا می‌باشد. از آنجایی که انتشار گاز N_2O تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله به کارگیری کود نیتروژنه می‌باشد، استان اصفهان با بیشترین میزان مصرف کود نیتروژنه، بزرگ‌ترین منتشرکننده گاز N_2O در واحد سطح می‌باشد.

در گروه اول یعنی سطح تولید کم قرار گرفتند. ۱۰/۳۵ درصد استان‌ها در گروه دوم (سطح کشت متوسط) و ۱۷/۲۴ درصد از استان‌ها در گروه سوم یعنی سطح کشت بزرگ قرار گرفتند. در نتیجه اکثر استان‌های کشور جزو تولیدکنندگان کوچک

حبوبات محسوب می‌شوند و استان‌های بزرگ مقیاس، بیشترین سهم تولید را نسبت به سایر استان‌ها دارا می‌باشند. آزمون مقایسه میانگین‌ها حکایت از وجود اختلاف معنی‌دار در انتشار گازهای گلخانه‌ای در سه گروه مورد بررسی دارد.

جدول ۵- مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس مقیاس تولید
Table 5. Comparison of greenhouse gas emission based on scale production

مقیاس تولید** Production scale	استان‌ها Province	سهم استان‌ها در گروه (درصد) Share of province in group (%)	میانگین انتشار (تن) Mean of emission (ton)
کوچک Small	اصفهان Isfahan، البرز Alborz، ایلام Ilam، بوشهر Bushehr، تهران Tehran، چهارمحال و بختیاری Chaharmahal and Bakhtiari، خراسان جنوبی Southern Khorasan، خراسان رضوی Khorasan، خراسان شمالی Northern Khorasan، خوزستان Khozestan، سمنان Semnan، سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan، قزوین Qazvin، قم Qom، کرمان Kerman، کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad، گیلان Gilan، مازندران Mazandaran، مرکزی Markazi، همدان Hamedan، یزد Yazd	72.41	408.68 ^a
متوسط Medium	اردبیل Ardebil، زنجان Zanjan، فارس Fars	10.35	2749.13 ^b
بزرگ Large	آذربایجان شرقی Eastern Azerbaijan، آذربایجان غربی Western Azerbaijan، کردستان Kurdistan، کرمانشاه Kermanshah، لرستان Lorestan	17.24	6896.05 ^c

*حروف غیرمشترک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌هاست. (P≤۰/۰۵) **سطح زیرکشت. مأخذ: یافته‌های تحقیق.

*Non the same letters indicate significant differences between groups (p≤0.05). ** Cultivation Source: Research findings

تقسیم‌بندی استان‌ها بر اساس مقیاس تولید و میزان انتشار و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که از بین استان‌های با مقیاس بزرگ تولید، تنها استان لرستان منتشرکننده بیشترین گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی می‌باشد. برای تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف طبقه‌بندی‌شده (بررسی معنی‌داری آزمون در جدول آنالیز واریانس) از آزمون توکی استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون توکی نشان‌داد که بین میانگین گروه‌های مختلف طبقه‌بندی‌شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در نتیجه صحت طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس سناریوی انتشار کم، متوسط و زیاد مورد تأیید قرار گرفت.

هزینه زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای

محاسبه هزینه زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند در ایجاد هشدارهای لازم در برنامه‌ریزان و سیاست‌گزاران بخش کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست برای توجه بیشتر و حمایت‌های مالی لازم مؤثر واقع شود. بر این اساس هزینه زیست‌محیطی انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ و N₂O حاصل از کشت حبوبات کشور محاسبه و در جدول ۸ گزارش شده است.

به منظور مقایسه وضعیت استان‌ها از لحاظ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CO₂ و N₂O، اقدام به طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس میزان انتشار آن‌ها شده است. بدین منظور برای گاز N₂O، استان‌ها به سه گروه انتشار کم (کمتر از ۳۰ تن)، متوسط (۶۰-۳۰ تن) و زیاد (بیشتر ۶۰ تن) طبقه‌بندی شدند. با توجه به اطلاعات جدول ۶، ۷۹/۳۲ درصد از استان‌های کشور در گروه اول یعنی میزان انتشار کم قرار گرفتند. ۱۰/۳۴ درصد استان‌ها در گروه دوم (میزان انتشار کم) و ۱۰/۳۴ درصد از استان‌ها نیز در گروه سوم یعنی میزان انتشار زیاد قرار گرفتند. آزمون مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بین سه گروه، به لحاظ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود دارد.

برای گاز CO₂ نیز، استان‌ها به سه گروه با انتشار کم (کمتر از ۳۰۰۰ تن)، متوسط (۶۰۰۰-۳۰۰۰ تن) و زیاد (بیشتر ۶۰۰۰ تن) طبقه‌بندی شدند. با توجه به اطلاعات جدول ۷، ۷۹/۳ درصد از استان‌های کشور در گروه اول یعنی میزان انتشار کم قرار گرفتند. ۱۳/۸ درصد استان‌ها در گروه دوم (میزان انتشار کم) و ۶/۹ درصد از استان‌ها در گروه سوم یعنی میزان انتشار زیاد قرار گرفتند. با

جدول ۶- آزمون مقایسه میانگین انتشار گاز گلخانه‌ای N₂O استان‌ها
Table 6. Mean comparison test of N₂O emission of provinces

طبقات انتشار Emissions categories	استان‌ها Provinces	سهم استان‌ها در گروه (درصد) Share of provinces in group (%)	میانگین انتشار (تن) Mean of emission (ton)
گروه اول (انتشار کم) Group I (Low emission)	اردبیل Ardebil، اصفهان Isfahan، البرز Alborz، ایلام Ilam، بوشهر Bushehr، تهران Tehran، چهارمحال و بختیاری Chaharmahal and Bakhtiari، خراسان جنوبی Southern Khorasan، خراسان رضوی Khorasan Razavi، خراسان شمالی Northern Khorasan، خوزستان Khorasan، زنجان Zanzan، سمنان Semnan، سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan، قم Qom، کردستان Kurdistan، کرمان Kerman، کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh and Boyerahmad، گیلان Guilan، مازندران Mazandaran، همدان Hamedan، یزد Yazd	79.32	4.76 ^a
گروه دوم (انتشار متوسط) Group II (Medium emission)	آذربایجان غربی Western Azerbaijan، کرمانشاه Kermanshah، مرکزی Markazi	10.34	29.86 ^b
گروه سوم (انتشار زیاد) Group III (High emission)	آذربایجان شرقی Eastern Azerbaijan، فارس Fars، لرستان Lorestan	10.34	62.62 ^c

*حروف غیرمشترک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌هاست. ($P \leq 0.05$) ** سطح زیرکشت. مأخذ: یافته‌های تحقیق.
*Non the same letters indicate significant differences between groups ($p \leq 0.05$). ** Cultivation Source: Research findings

جدول ۷- آزمون مقایسه میانگین انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ استان‌ها
Table 7. Mean comparison test of CO₂ emission of provinces

طبقات انتشار Emission categories	استان‌ها Provinces	سهم استان‌ها در گروه (درصد) Share of province in group (%)	میانگین انتشار (تن) Mean of emission (ton)
گروه اول (انتشار کم) Group I (Low emission)	اردبیل Ardebil، اصفهان Isfahan، البرز Alborz، ایلام Ilam، بوشهر Bushehr، تهران Tehran، چهارمحال و بختیاری Chaharmahal and Bakhtiari، خراسان جنوبی Southern Khorasan، خراسان رضوی Khorasan Razavi، خراسان شمالی Northern Khorasan، خوزستان Khorasan، زنجان Zanzan، سمنان Semnan، سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan، قم Qom، کردستان Kurdistan، کرمان Kerman، کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh and Boyerahmad، گیلان Guilan، مازندران Mazandaran، مرکزی Markazi، همدان Hamedan، یزد Yazd	79.3	577.04 ^a
گروه دوم (انتشار متوسط) Group II (Medium emission)	آذربایجان شرقی Eastern Azerbaijan، آذربایجان غربی Western Azerbaijan، کردستان Kurdistan، فارس Fars	13.8	4385.52 ^b
گروه سوم (انتشار زیاد) Group III (High emission)	کرمانشاه Kermanshah، لرستان Lorestan	6.9	10067.11 ^c

*حروف غیرمشترک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌هاست. ($P \leq 0.05$) ** سطح زیرکشت. مأخذ: یافته‌های تحقیق.
*Non the same letters indicate significant differences between groups ($p \leq 0.05$). ** Cultivation Source: Research findings

جدول ۸- هزینه زیست‌محیطی انتشار N_2O و CO_2 حاصل از حبوبات منتخب تولیدی کل کشور
Table 8. Environment costs of N_2O and CO_2 emission from production of selected pulses in Iran

استان province	هزینه انتشار N_2O (میلیون ریال) Emission cost of N_2O (Millions of Rials)	هزینه انتشار CO_2 (میلیون ریال) Emission cost of CO_2 (Millions of Rials)	مجموع هزینه‌ها (میلیون ریال) Total costs (Millions of Rials)
Eastern Azerbaijan شرقی آذربایجان	186.06	2776.2	2962.25
Western Azerbaijan غربی آذربایجان	168.64	2955.55	3124.2
Ardebil اردبیل	31.64	1572.49	1604.13
Isfahan اصفهان	61.02	220.95	281.98
Alborz البرز	0.45	9.16	9.61
Ilam ایلام	7.94	267.38	275.32
Bushehr بوشهر	0.02	0.79	0.82
Tehran تهران	0.27	15.66	15.93
Chaharmahal and Bakhtiari چهارمحال و بختیاری	42.73	193.97	236.7
Southern Khorasan خراسان جنوبی	0.44	28.93	29.37
Khorasan Razavi خراسان رضوی	28.62	551.75	580.37
Northern Khorasan خراسان شمالی	24.75	736.55	761.3
Khuzestan خوزستان	110.47	769.09	879.56
Zanjan زنجان	100.17	1286.96	1387.14
Semnan سمنان	32.84	190.9	223.74
Sistan and Baluchestan سیستان و بلوچستان	0.87	15.22	16.1
Fars فارس	480.37	2019.41	2499.77
Qazvin قزوین	11.15	363.01	374.16
Qom قم	0.1	1.95	2.04
Kurdistan کردستان	45.31	2754.8	2800.12
Kerman کرمان	7.69	86.72	94.41
Kermanshah کرمانشاه	193.3	5873.05	6066.35
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad کهگیلویه و بویراحمد	29.54	201.9	231.44
Guilan گیلان	27.43	145.52	172.95
Lorestan لرستان	471.88	6185.34	6657.22
Mazandaran مازندران	4.53	30.99	35.51
Markazi مرکزی	46.89	346.52	393.42
Hamedan همدان	77.33	905.2	982.52
Yazd یزد	0.28	6.89	7.17
Total the country مجموع کل کشور	2192.73	30512.86	32705.59

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق

کرمانشاه و لرستان که تولیدکنندگان بزرگ حبوبات کشور محسوب می‌شوند، به‌تنهایی حدود ۶۶ درصد از هزینه‌های زیست‌محیطی آلاینده‌های موردبررسی را شامل می‌شوند. مجموع هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 ناشی از تولید حبوبات کل کشور نیز حدود ۳۲/۷۰۵ میلیارد ریال برآورد شده است. با توجه به بررسی‌های

با توجه به اطلاعات جدول ۸، استان‌های فارس و لرستان، به‌ترتیب دارای بیشترین هزینه انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 می‌باشند. در مجموع، استان لرستان بیشترین هزینه زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O و CO_2 ناشی از تولید حبوبات را بر محیط‌زیست تحمیل می‌کند. همچنین استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان،

انجام شده بر روی انتشار گازهای گلخانه‌ای حبوبات مشخص شد که مطالعه‌ای در داخل کشور صورت نگرفته است، تا نتایج این مطالعه با آن مقایسه شود. نکته دیگر این که در هیچ کدام از مطالعات صورت گرفته، ارزش هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای حبوبات محاسبه نشده است تا بتوان از این بعد، قیاسی را داشت.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2) و اکسیدنیتروس (N_2O) منتشرشده از مزارع حبوبات منتخب ایران شامل نخود، لوبیا و عدس، تحت حالت تولیدات زراعی برآورد شده است. نتایج مطالعه نشان داد که استان‌های فارس و بوشهر به ترتیب، با تولید سالانه ۷۹/۲۷۱ و ۰/۰۴ تن N_2O ، بیشترین و کمترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای N_2O را دارا می‌باشند. همچنین استان‌های لرستان و بوشهر نیز به ترتیب با تولید سالانه ۱۰۳۲۷/۸۳ و ۱/۳۳ تن CO_2 ، بیشترین و کمترین میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین استان لرستان با تولید ۱۰۴۰۵/۷ تن گاز N_2O

و CO_2 ، بزرگ‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای موردبررسی محسوب می‌شود. مجموع گاز گلخانه‌ای CO_2 و N_2O منتشرشده از حبوبات منتخب تولیدی کل کشور نیز حدود ۵۱ هزار و ۳۱۰ تن برآورد شده است. مجموع هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O کل کشور نیز حدود ۸/۷۲۲ میلیارد ریال برآورد گردید. با توجه به تأثیرگذاری متغیرهای مختلف از جمله کاربرد کودهای نیتروژنه، بقایای گیاهی محصولات باقی‌مانده در مزرعه و آیش سالانه در آزادسازی گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O از تولید حبوبات، اصلاح و تغییر شیوه‌های مدیریتی کشاورزی نسبت به سطح کشت محصولات زراعی، مدیریت کودهای نیتروژنه مصرفی در مزارع و توسعه سیاست‌های کاهش میزان انتشار مانند ترسیب کربن، به سیاست‌گزاران این عرصه پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به این که تولید (سطح کشت) حبوبات مهم‌ترین منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 و N_2O محسوب می‌شود، مالیات زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای بر سطوح مختلف تولید نیز می‌تواند در جبران هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار چنین آلاینده‌هایی مفید واقع شود.

منابع

1. Amade, H., Haghdoust, E., and Azami, A. 2009. Examine the relationship between the volume of greenhouse gas emissions and GDP per capita in Iran (case study carbon dioxide). *Economic Research Journal* 9(4): 209-237. (In Persian).
2. Boehm, M.M., Kulshreshtha, S.N., MacGregor B., Junkins, B., Desjardins, R., and McConkey, B. 2000. Sink Potential of Carbon Sequestering Agriculture Activities. University of Saskatchewan. Saskatchewan, Canada.
3. Boehm, M., Junkins, B., Desjardins, R., Kulshreshtha S., and Lindwall, W. 2002. Estimates of the C sequestration potential for agricultural soils in Canada. *Climatic Changes* 65(3): 297-314.
4. Bussler, O., Kulshreshtha S.N., and Junkins, B. 2001. Greenhouse implications of expanding agri-food processing activity in Canada. *World Resources Review* 14 (4): 520-541.
5. Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., and Amon, B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of Cattle Slurry, *Agriculture. Ecosystems and Environment* 112: 171-177.
6. Dftarian, M. 2009. Location and pattern use of clean energy for all life on earth by continuing to use coal gas. *New Energy Journal* 2: 56-57. (In Persian).
7. Davidson, E.A. 2009. The Contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860. *National Geoscience* 2: 659-662.
8. De Cara Pierre-Alain Jayet, S. 2001. Agriculture and climate change in the European Union: greenhouse gas emissions and abatement costs. August 4-8, 2001. Prepared for the AAEA Annual Meeting-Chicago.
9. Flugge, F., and Schilizzi, S. 2003. Greenhouse gas abatement policies and the value of carbon sinks: do grazing and cropping systems have different destinies?. 47th Australian Agricultural and Resource Economics Society Conference. February 12-14, 2003. Fremantle, Western Australia.
10. Garg, A., Shukla, P.R., Kapshe, M., and Menon, D. 2004. Indian methane and nitrous oxide emissions and mitigation flexibility. *Atmospheric Environment* 38: 1965-1977.

11. Ghorbani, M., Darijani, A., Koocheki, A., and Motallebi, M. 2009. Estimating the environmental costs of greenhouse gas emissions in dairy farms of Mashhad. *Agricultural Economics and Development* 17(66): 43-63. (In Persian).
12. Ghorbani, M., and Motallebi, M. 2009. The study on shadow price of greenhouse gases emission in Iran: case of dairy farms. *Research Journal of Environmental Sciences* 3(4): 466-475.
13. Gregorich, E.G., Rochette, P., Vandenbygaart, A.J., and Angers, D.A. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil and Tillage Research* 83: 53-72.
14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook. Available from: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5c.htm>.
15. Jamalipour, M., Ghorbani, M., Koocheki, A.R., and Shahnoushi, N. 2014. Estimating the Economic Value of Greenhouse Gases Emissions of Canola in Iran. The First National Congress Biology and Natural Sciences, 27 December, 2014. Tehran, Iran.
16. Jamalipour, M., Ghorbani, M., Koocheki, A.R., and Shahnoushi, N. 2014. Estimating the economic value of greenhouse gases emissions of cereals in Iran. 1st E-Conferences on New Finding in Environment and Agricultural Ecosystems. 30 December, 2014. Tehran University. Iran.
17. Jones, C., Nickerson, C., and Sperow, M. 2013. Greenhouse gas mitigation from the conservation reserve program: The contribution of post-contract land use change. Prepared for Presentation at the Agricultural & Applied Economics Association's 2013 AAEA & CAES Joint Annual Meeting, August 4-6, 2013. Washington, DC.
18. Kulshreshtha, S.N., Bonneau, M., Boehm, M., and Giraldez, J.C. 1999. Canadian Economic and Emissions Model for Agriculture (C.E.E.M.A. Version 1.0). Ottawa: Agriculture and Agri-Food Canada.
19. Kulshreshtha, S., Junkins, B., and Desjardis, R. 2000. Prioritizing greenhouse gas emission mitigation measures for agriculture. *Agriculture System* 66: 145-166.
20. Kulshreshtha, S., and Junkins, B. 2001. Effect of Irrigation development on greenhouse gas emissions in Alberta and Saskatchewan. *Canadian Water Resources Journal/Revue Canadienne Des Ressources Hydriques* 26(1): 107-127.
21. Liebig, H.A., Morgan, J.A., Reeder, J.D., Ellert, B.H., Gollany, H.T., and Schuman, G.E. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture practices in Nourthwestern USA and western Canada. *Soil and Tillage Research* 83: 25-52.
22. Mehdi-pour, L., and Landi, A. 2010. Effects of different land uses on greenhouse gas emissions, science and technology of agriculture and natural resources. *Soil and Water Sciences* 14(52): 139-147. (In Persian).
23. Merino, A., Batallón, P., and Macías, F. 2004. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in humid temperate region of Southern Europe. *Soil and Biochemistry* 36: 917-925.
24. Office of Statistics of the Ministry of Agricultural Jihad. 2014.
25. Neufeldt, H., Schäfer, M., Angenendt, E., Li, C., Kaltschmitt, M., and Zeddies, J. 2006. Disaggregated greenhouse gas emission inventories from agriculture via a coupled economic-ecosystem model. *agriculture. Ecosystems and Environment* 112: 233-240.
26. Nickhah, A., Chaparli, H., Keydashti, M., and Jamalipour, M. 2013. Environmental assessment of greenhouse gas emissions in rice in Mazandaran province. Engineering and Management National Conference on Agriculture, Environment and Sustainable Natural Resources, 13 March, 2013. Shahid Mofateh University, Hamedan.
27. Pourkhabbaz, A.R., and Pourkhabbaz, H.R. 2002. The Major Environmental Perturbations Century (Acid Rain, Ozone Layer, Global Warming). Institute Press Astan Quds Razavi. (In Persian).
28. Rajabi, M.H., Soltani, A., Zainali, A., and Soltani, A. 2012. Evaluation of greenhouse gas emissions and global warming potential of the wheat production in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production* 5(3): 23-44. (In Persian with English Summary).

29. Röder, N., and Osterburg, B. 2012. Reducing GHG emissions by abandoning agricultural land use on organic soils, a cost assessment. Paper Presented at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil, 18-24 August, 2012.
30. Saleh, A., Zohreh Shabani, Z., Sadat Barikani, H., and Yazdani, S. 2009. Assessment of causality between Gdp and volume of greenhouse gases in Iran: carbon dioxide Murray's study. *Agricultural and Development Economics* 7(66): 19-41. (In Persian).
31. Schaller, L., Kantelhardt, J., Drösler, M., and Höper, H. 2011. Agricultural costs of carbon dioxide abatement via land-use adaptation on organic soils. Paper presented at the 2011 EAAE Congress "Change and Uncertainty". Zurich. P. 18.
32. Schneider, U.A., McCarl, B.A., Murray, B.C., Williams, J.R., and Sands, R.D. 2001. Economic potential of greenhouse gas emission reductions: comparative role for soil sequestration in agriculture and forestry. First National Conference on Carbon Sequestration, 14-17 May, 2001. Washington, D.
33. Schneider, U.A., Lee, H.C., McCarl, B.A., and Chen, C.C. 2001. Effects of agricultural greenhouse gas emission mitigation policies: the role of international trade. Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University. Ames, Iowa 50011-1070. Available online on the CARD website: www.card.iastate.edu.
34. Secharan, R., Gill, R., Kulshreshtha, S.N., Junkins B., and Bussler, O. 2002. Expanded use of biofuels: economic and greenhouse emissions related implications for the agricultural sector. *World Resources Review* 14(2): 204-222.
35. Signor, D., and Cerri, C.E.P. 2013. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesquisa Agropecuária Tropical* Goiânia 43(3): 322-338.
36. Smeaton, D.C., Cox, T., Kerr, S., and Dynes, R. 2011. Relationships between farm productivity, profitability, N leaching and GHG emissions: a modeling approach. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 73: 57-62.
37. Smith, K.A., Mosier, A.R., Crutzen, P.J., and Winiwarter, W. 2012. The Role of N₂O derived from crop-based biofuels, and from agriculture in general, in earth's climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367: 1169-1174.
38. Snyder, C.S., Bruulsema, T.M., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133(3-4): 247-266.
39. Sobool, D., and Kulshreshtha, S. 2005. Greenhouse Gas Emissions from Canadian Agriculture Model (2000): Technical Documentation (GHGEM). Saskatoon: Department of Agricultural Economics University of Saskatchewan.
40. Sobool, D., and Kulshreshtha, S. 2006. Soil carbon sinks in Canadian agriculture-location and potential. *World Resources Review* 18(4): 526- 541.
41. Syväsalo, E., Regina, K., Turtola, E., Lemola, R., and Esaia, M. 2006. Fluxes of nitrous oxide and methane and nitrogen leaching from organically and conventionally cultivated sandy soil in western Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 342-348.
42. Turner, A., Pierce, D., and Butman, A. 1995. *Environmental Economics*. Translation by S. Dehghanian, A. Koochaki and A. Kolahi Ahari, Ferdowsi University Press of Mashhad.
43. Wang, Z., Edward T.Y., Larson, J.A., and English, B.C. 2013. Greenhouse gas emission of an economically optimized Switchgrass supply chain for biofuel production: a case study in Tennessee. Selected Paper Prepared for Presentation at the Southern Agricultural Economics Association (SAEA) Annual Meeting, 3-5 February, 2013. Orlando, Florida.
44. Yeo, B.L., Anastasiadis, S., Kerr, S., and Browne, O. 2012. Synergies between nutrient trading scheme and the New Zealand greenhouse gas (GHG) emissions trading scheme (ETS) in the lake rotorua catchment. Paper Presented at the 2012 NZARES Conference Tahuna Conference Centre-Nelson, 30-31 August, 2012. New Zealand.
45. Zolghi, R., Landi, A., and Ameri Khah, H. 2009. Evaluation of the emission of greenhouse gases CO₂ and CH₄ from rice and wheat cultivated soils in abteymor area. *Journal of Environmental Studies* 35(49): 9-16. (In Persian).

Estimating the economic cost of greenhouse gas emissions of pulses in Iran

Jamalipour^{1*}, M., Ghorbani², M., Koocheki³, A.R. & Shahnoushi² N.

1. Graduate Student of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad
3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 24 January 2015

Accepted: 1 July 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.43480

Introduction

Earth's atmosphere plays an important role in preventing the temperature decrease. One of the principal factors of environmental pollution and the main source of earth's climate and biodiversity changes is greenhouse gas emissions from various sources, particularly agricultural sector. Agriculture sector is considered as a major source of greenhouse gas sequestration, including methane, nitrous oxide, carbon dioxide, ammonia, and nitric oxide. One of the most important sub-sectors of agriculture that produces greenhouse gases is agronomy. Nitrous oxide is one of the most important greenhouse gases mainly produced through agriculture. About 70 percent of N₂O emitted into the atmosphere from soil, obtained from biomass. The total cultivation of pulses i.e. chickpea, beans and lentils, is equal to 845,848 hectares. In other words, pulses with share of 6.95 percent of the total cultivation, is one of the most important crop productions. In this study, the amount of greenhouse gas emissions of nitrous oxide (N₂O) and carbon dioxide (CO₂) from the production of Iran's pulses (including chickpea, beans and lentils) was calculated using the GHGE Model at 2011-12.

Materials and Methods

In this study the emissions of CO₂ and N₂O, were measured using Greenhouse Gas Emissions Model (GHGEM). This model was used to estimate greenhouse gas emissions from activities directly and indirectly related to agriculture production and the effects of mitigation measures to reduce greenhouse gas emissions. To estimate the total production of N₂O and CO₂ in the agricultural ecosystem, 2011-12 crop year data reported by the Ministry of Jihad Agriculture were used. In addition, the provinces organized into different classes based on the production and emissions scale and their condition using means comparison test.

Results and Discussion

The total amount of N₂O and CO₂ emissions from pulses crops including chickpea, beans and lentils were estimated. Fars and Bushehr provinces, with production of 79.271 and 0.004 ton of N₂O emission were the highest and lowest N₂O producers, respectively. In addition, the Lorestan and Bushehr provinces respectively, with production of 10327.833 and 1.33 ton of CO₂ had the highest and lowest annual production of CO₂ emissions. Based on the results, Lorestan and Fars provinces had the largest share of emissions from pulses. In other words, these provinces had approximately 20 percent of N₂O and CO₂ emissions. Total N₂O and CO₂ emissions from the Iran's pulses farms, was 361.849 and 50948.71 ton, respectively. However, Lorestan with production of 10405.7 tons of N₂O and CO₂ was

* Corresponding Author: jamalim@ymail.com; Mobile: 09371641167

the largest producer of greenhouse gas N₂O and CO₂ in Iran. The total amount of N₂O and CO₂ emissions from pulses crops was estimated 51310 ton. One of the best methods for analyzing greenhouse gas emissions in different provinces was comparing the emissions base on per unit of products level. With regard to the comparison, Isfahan province with the release of 1.64 ton per hectare had the highest level of N₂O emissions in comparison with other provinces. In fact, Isfahan province with the largest consumption of nitrogen fertilizer was the largest producer of N₂O per unit area. In addition, Bushehr province with the release of 66.5 ton per hectare had the highest level of CO₂ emissions in comparison with other provinces. Fars and Lorestan provinces had the highest environmental costs caused by N₂O and CO₂ emissions, respectively. The environmental cost of N₂O and CO₂ release in these provinces were estimated roughly 13900 and 179,285\$ (or 0.48 and 6.185 billion rials), respectively. Also, Bushehr province had the minimum environmental cost of N₂O and CO₂ emission. Totally, Lorestan province had the largest environmental cost of greenhouse gas N₂O and CO₂ emissions from pulses production that imposes on the environment. Eastern Azerbaijan, Western Azerbaijan, Kurdistan, Kermanshah and Lorestan provinces with a share of 66 percent were as the major producer of pulses, had the highest cost of environmental N₂O and CO₂ emissions. Total costs of environmental of N₂O and CO₂ emissions from the Iran's pulses production was estimated about 947,971\$ (32.705 billion rials).

Conclusion

In this study, according to the diversity of agricultural activities and greenhouse gas emission of these activities, the greenhouse gas emission of CO₂ and N₂O were estimated considering the pulses farms (i.e. chickpea, beans and lentils) under the crop production. Results showed that Fars and Bushehr provinces, with production of 79.271 and 0.004 ton of N₂O were the highest and lowest N₂O producers, respectively. Also the Lorestan and Bushehr provinces with an annual production of 10327.17 and 1.33 ton of CO₂ were the highest and lowest CO₂ producers, respectively. The total environmental costs of N₂O and CO₂ emissions was estimated about 947,971\$ (32.705 billion rials). In addition, the most important factor of N₂O and CO₂ emissions of the crops production activities was crops cultivation. However, due to the influence of variables such as the use of nitrogen fertilizers, crops residue remaining of products on the farms and annual fallow of N₂O and CO₂ emissions in production of pulses, applying modern farm management strategies, management and increase the efficiency of nitrogen fertilizers used on farms and developing the emission reduction policies such as carbon sequestration was proposed to the decision makers of this scope. Also considering that, the cultivation of pulses was the main source of greenhouse gas of N₂O and CO₂ emissions, environment' tax of greenhouse gas emission on level of production in compensation environmental costs due to the release of such pollutants can be useful.

Key word: Carbon dioxide, Greenhouse gases emission, Nitrous oxide, Pulses

برهمکنش اثرات شوری و سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی، رشد و برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

علی گنجعلی^{۱*}، پروانه ابریشم‌چی^۲ و مریم شوریایی^۳

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

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

چکیده

تحقیقات نشان داده است که سالیسیلیک‌اسید می‌تواند تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله شوری را بهبود بخشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر صفات مربوط به جوانه‌زنی، رشد و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی دو ژنوتیپ نخود (MCC414 و MCC789) در مواجهه با تنش شوری در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی انجام شد. این آزمایش در مرحله جوانه‌زنی در پنج سطح شوری شامل صفر، ۳، ۵، ۱۰ و 12 dsm^{-1} سه غلظت صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و در مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی شامل سه سطح شوری صفر، ۴ و 8 dsm^{-1} و تیمار سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های صفر و ۰/۵ میلی‌مولار به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در هر دو ژنوتیپ با افزایش سطح تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. کاربرد سالیسیلیک‌اسید (۰/۵ میلی‌مولار) در ژنوتیپ MCC789 در سطح تنش شوری ۳ و 12 dsm^{-1} به‌ترتیب، سرعت و درصد جوانه‌زنی را بهبود بخشید. همچنین در سطح تنش شوری 10 dsm^{-1} استفاده از سالیسیلیک‌اسید (یک و ۰/۵ میلی‌مولار) سرعت جوانه‌زنی را در ژنوتیپ MCC414 افزایش داد. در این ژنوتیپ در شوری 12 dsm^{-1} سالیسیلیک‌اسید (یک میلی‌مولار) سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد و در ژنوتیپ MCC789، استفاده از سالیسیلیک‌اسید (۰/۵ میلی‌مولار) در سطح تنش شوری 3 dsm^{-1} طول ساقه‌چه را افزایش داد. در مرحله گیاهچه‌ای کاهش وزن خشک ریشه و ساقه در سطوح مختلف تنش شوری مشاهده شد. در سطح شوری 4 dsm^{-1} کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید در ژنوتیپ MCC789 و MCC414 به‌ترتیب وزن خشک ساقه و مجموع طول ریشه‌ها را افزایش داد. در مرحله گلدهی، در هر دو ژنوتیپ تنش شوری موجب کاهش شاخص کلروفیل، شاخص پایداری غشاء، میزان تعرق و کارایی فتوسنتز II و افزایش مقاومت روزه‌ای شد. سالیسیلیک‌اسید در تنش شوری 8 dsm^{-1} شاخص کلروفیل را در ژنوتیپ MCC789 و در ژنوتیپ MCC414 شاخص پایداری غشاء را افزایش داد. در هر دو ژنوتیپ سالیسیلیک‌اسید در تنش شوری 8 dsm^{-1} سبب کاهش مقاومت روزه‌ای و افزایش کارایی فتوسنتز II شد. این نتایج می‌تواند گویای اثر تعدیل‌کننده سالیسیلیک‌اسید بر جوانه‌زنی و فرایندهای فیزیولوژیک گیاه نخود تحت تنش شوری باشد. با توجه به نتایج، احتمالاً ژنوتیپ MCC789 نسبت به ژنوتیپ MCC414 از حساسیت بیشتری به تنش شوری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، سالیسیلیک‌اسید، شاخص پایداری غشاء، کارایی فتوسنتز II، نخود

مقدمه

دانه‌رُست برای اغلب گونه‌های گیاهی بسیار حساس شناخته شده است (Ungar, 1995). اثرات مضر شوری بر جوانه‌زنی ممکن است به‌علت جذب آب کم و تفاوت در سیالیت ماده ذخیره‌شده و پروتئین‌های ساختاری باشد، همچنین اثرات مهاری شوری بر روی جوانه‌زنی به‌سبب اثر اسمزی و سمی نمک‌ها است (Demir & Mavi, 2008).

تنش شوری بسیاری از واکنش‌های معمول را در گیاهان به‌راه می‌اندازد که به آب‌زدایی سلولی همراه با تغییرات اسمزی پیوسته منجر می‌شود. تنش شوری دارای اثرات سه‌گانه‌ای است

شوری یک عامل مهم و تعیین‌کننده برای رشد و تولید گیاهان است و مقدار آن در سطح کره زمین به‌سرعت در حال افزایش است، در حال حاضر بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار معادل بیش از شش‌درصد از اراضی جهان متأثر از شوری هستند (FAO, 2011). هرچند که تنش شوری تمام مراحل رشد یک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما مراحل جوانه‌زنی دانه و رشد

* نویسنده مسئول: ganjeali@um.ac.ir، تلفن همراه: ۰۹۱۵۳۰۵۷۶۴۵

می‌شود. سالیسیلیک‌اسید به تنهایی یا همراه با NaCl، به‌شدت بیان ژن SALT را مهار می‌کند (Kim et al., 2004). با توجه به موارد اشاره شده، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر صفات مربوط به جوانه‌زنی، رشد و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم نخود (تیپ دسی و کابلی) در مواجهه با تنش شوری در انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول (مرحله جوانه‌زنی)

به‌منظور بررسی تأثیر برهمکنش تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید بر صفات مربوط به جوانه‌زنی بذور نخود، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. دو ژنوتیپ نخود شامل MCC414 (تیپ کابلی) و MCC789 (تیپ دسی) در پنج سطح شوری شامل صفر، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۲ ds m⁻¹ و سه غلظت صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد.

ابتدا بذرها توسط بنومیل ۲ در هزار ضدعفونی و سپس با آب مقطر آبکشی شدند. سپس به مدت سه ساعت در غلظت ۰/۵ و یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید قرار گرفتند و سپس به پتری‌های مربوطه منتقل شدند. مقدار پنج میلی‌لیتر از محلول‌های NaCl تهیه شده در غلظت‌های مختلف به هر پتری‌دیش اضافه شد و در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب بر اساس معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند. دیگر صفات مربوط به جوانه‌زنی شامل طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در روز هفتم پس از کاشت اندازه‌گیری شدند.

$$Gp \% = \sum Gi / N \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

$$GR = \sum Gi / \sum Gi Di \quad \text{معادله (۲)}$$

در معادلات فوق Gp درصد جوانه‌زنی، Gi تعداد بذرها، GR جوانه‌زده در روز Δm ، N تعداد کل بذرها؛ در معادله دوم GR سرعت جوانه‌زنی، Gi تعداد بذرها، Δm در روز Δm و Di روز Δm از شروع آزمایش است.

آزمایش دوم (مرحله گیاهچه‌ای)

این آزمایش نیز با هدف بررسی برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود در مرحله گیاهچه‌ای انجام شد. آزمایش مشابه آزمایش مرحله قبل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح

که به‌اختصار شامل: کاهش پتانسیل آب، عدم تعادل یونی یا اختلال در تعادل یونی و سمیت می‌باشد. این حالت متغیر آب به کاهش رشد اولیه و محدودیت تولید گیاهی منجر می‌شود (Asish Kumar & Anath, 2005). شوری رشد گیاه را به‌علت تغییر در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مثل فتوسنتز (Kalaji Guo, 2008)، اختلال انتقال الکترولیت در زنجیره انتقال الکترونی و کاهش فعالیت فتوسیستم II و تغییر در طیف جذبی کلروپلاست‌ها (Allakhverdiev et al., 2000) و کاهش هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parsons & Zekri, 1990). همچنین شوری باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها و عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه-پروتئین مثل کاروتنوئیدها می‌شود (Singh & Dubey, 1995). بررسی‌ها نشان داده است که در محیط‌های شور، درصد جوانه‌زنی کاهش، رشد رویشی ضعیف و رشد زایشی گیاه به تأخیر می‌افتد (Karen et al., 2002). در برخی گیاهان، شوری متابولیسم اسیدهای نوکلئیک را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش رشد گیاه شده است. در بافت‌های گوجه‌فرنگی، مقدار DNA در حضور کلوروسدیم ۰/۸ درصد افزایش اما مقدار DNA و RNA در غلظت‌های سمی نمک (۱/۶ درصد) کاهش یافت. علت این کاهش جلوگیری از تولید و افزایش تجزیه اسیدهای نوکلئیک است. کلوروسدیم فرآیندهای همانندسازی و رونویسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نوکلئوتیدهای ساده‌تر نیز در پاسخ به تنش شوری تغییر می‌یابند (Allen, 1995).

در سال‌های اخیر شواهد زیادی به‌دست آمده است که تأیید می‌کند سالیسیلیک‌اسید نقش مهمی در پاسخ به اثرات تنش زیستی و غیرزیستی (مانند دمای بالا و پایین، اشعه UV-B، آزن، فلزات سنگین و ...) ایفا می‌کند. سالیسیلیک‌اسید می‌تواند مقاومت به تنش را ایجاد کند (Senaratna, 2000). خیساندن دانه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در سالیسیلیک‌اسید ۰/۵ میلی‌مولار اثرات مضر شوری را بر روی رشد دانه‌رُست کاهش می‌دهد و فرآیندهای رشد را به‌علت افزایش سطح تقسیم سلولی در مریستم رأسی ریشه‌های دانه‌رُست تسریع می‌کند (Shakirova et al., 2003). تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث تجمع ABA می‌شود که به‌علت دارا بودن نقش کلیدی در القای سنتز طیفی از پروتئین‌های تنش که تضمین‌کننده توسعه واکنش‌های ضدتنش است، در ایجاد سازگاری‌های اولیه به تنش سهیم است.

اخیراً مشخص شده است که پروتئین القا شده توسط شوری (SALT)، در سلول‌های پارانشیمی چوب دسته‌جات آوندی در رگبرگ‌های بزرگ و کوچک حضور دارد. بیان ژن کدکننده SALT به‌دنبال تیمار با NaCl به‌میزان زیادی تنظیم

دستگاه *Fluorimeter* مدل OS5-FI و از سه برگچه انتهایی هر گیاه استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های آماری در هر آزمایش پس از جمع‌آوری، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزارهای JMP و MSTAT-C و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چنددامنه دانکن، با احتمال خطای پنج درصد ($p < 0.05$) انجام شد.

نتایج و بحث

مرحله جوانه‌زنی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش شوری کلرید سدیم تا ۱۲ دسی‌زیمنس در متر در ژنوتیپ MCC414 تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشت، اما در ژنوتیپ MCC789 شوری 12 ds m^{-1} در مقایسه با شاهد، درصد جوانه‌زنی بذرها را ۵۸ درصد کاهش داد. احتمالاً ژنوتیپ MCC789 نسبت به ژنوتیپ دیگر به شوری حساس‌تر است. واکنش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ MCC414 به غلظت‌های مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید معنی‌داری نبود. در ژنوتیپ MCC789، در سطح شوری ۱۰ و 12 ds m^{-1} و یک میلی‌مولار، سالیسیلیک‌اسید به ترتیب با غلظت ۰.۵ و یک میلی‌مولار، درصد جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱). در این رابطه احتمالاً کاهش جوانه‌زنی در اثر شوری به دلیل مهار مسیرهای تنفسی، فعال نمودن برخی هورمون‌ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم‌ها و تغییر تراوایی غشاء می‌باشد. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط بذرها و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rehman *et al.*, 1996). تنش شوری میزان هورمون آبسزیک‌اسید را در بذر افزایش داده و از این طریق مانع جوانه‌زنی می‌شود (Erick, 1996). شوری همچنین از طریق تأثیر بر پمپ‌های پروتونی و اختلال در آنها سبب کاهش تقسیم سلولی و طول شدن سلول می‌شود (Liu *et al.*, 2003). El-Tayeb (2005) در بررسی پیش‌تیمار گیاه جو با سالیسیلیک‌اسید دریافت که درصد جوانه‌زنی دانه‌های جو با افزایش NaCl در محیط کشت کاهش می‌یابد. همچنین این محقق بیان کرد که بذرها پیش‌تیمار شده با محلول سالیسیلیک‌اسید نسبت به شاهد درصد جوانه‌زنی بیشتری را نشان می‌دهند. از طرف دیگر،

کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرها پس از ضدعفونی، در گلدان‌هایی به حجم ۲/۵ لیتر که از ماسه و خاک باغچه به نسبت ۲:۳ پر شده بودند، کشت شدند. در هر گلدان پنج عدد بذر کشت شد و پس از اطمینان از سبز شدن به سه گیاهچه تقلیل یافت. گلدان‌ها به مدت ۱۰ روز تا سبز شدن با آب معمولی آبیاری شدند، پس از گذشت ۱۰ روز از سبز شدن بذرها، بر اساس نتایج آزمایش قبل، تیمار شوری شامل سه سطح صفر، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و سپس تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در ۲ سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار بر روی اندام هوایی اعمال شد. به‌منظور تنظیم سطوح شوری در طول دوره آزمایش، قابلیت هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان‌ها در هر نوبت آبیاری اندازه‌گیری و بر اساس آن سطوح شوری موردنظر برای هر تیمار تنظیم و در طول دوره آزمایش ثابت نگه‌داشته شد.

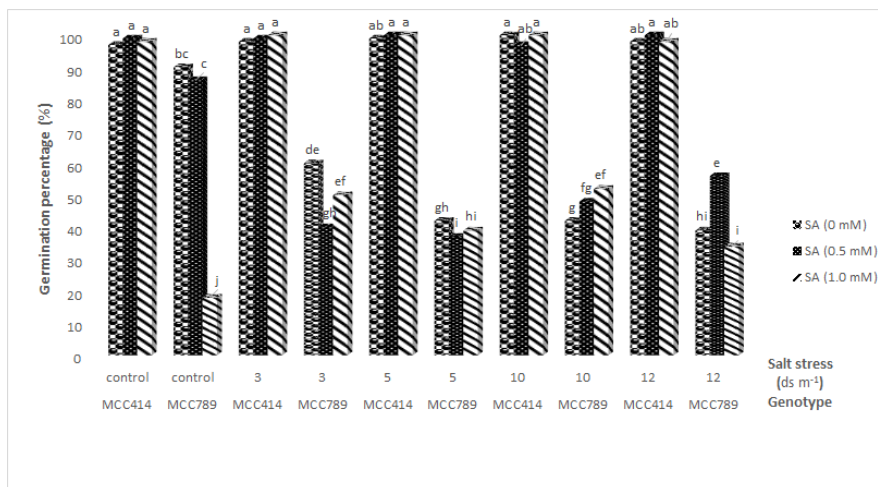
در طول دوره رشد، فتوپریود شامل ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی، درجه حرارت روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد مطابق فصل رشد در محیط طبیعی و شدت نور حدود $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ثابت نگه‌داشته شد. حدود ۳۰ روز پس از سبز شدن، گلدان‌ها تخریب و پس از آن بخش هوایی و ریشه گیاه تفکیک شدند. برخی صفات مورفولوژیکی شامل مجموع طول ریشه‌ها، وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ها و سطح برگ اندازه‌گیری شدند. طول ریشه‌ها با دستگاه Root Analyzer تعیین شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area Meter) سنجش شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌های گیاهی به‌طور جداگانه در خشک‌کن ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس با ترازوی دیجیتال توزین شدند.

آزمایش سوم (مرحله گلدهی)

این آزمایش مشابه آزمایش مرحله گیاهچه‌ای انجام شد، با این تفاوت که در این مرحله عمدتاً صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفتند و گلدان‌ها پس از گذشت ۵۰ روز از زمان کاشت (زمان گلدهی) برداشت شدند. در این مرحله شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه CCM-200، شاخص پایداری غشاء از روش Sairam *et al.*, 2001، میزان مقاومت روزنه‌ای با دستگاه AP4 POROMETER، میزان تعرق و اسمیلاسیون دی‌اکسید کربن در یک سانتی‌مترمربع از سطح برگ جوان با دستگاه IRGA ADC Bio.Scientific Ltd.، Herfordshire UK (Ahmed *et al.*, 2002). جهت اندازه‌گیری عملکرد فتوسنتز (Fv/Fm) II از

ACC سنتاز اعمال می‌نماید. این احتمال هست که عدم تأثیر مثبت بر درصد جوانه‌زنی تحت تیمار با سالیسیلیک‌اسید، ناشی از مهار بیوسنتز اتیلن باشد. همچنین سالیسیلیک‌اسید از طریق القای سنتز ABA، از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند (Hayat *et al.*, 2007).

عدم تأثیر مثبت سالیسیلیک‌اسید بر درصد جوانه‌زنی را می‌توان این‌گونه توضیح داد که با توجه به این‌که در بسیاری از دانه‌ها اتیلن به‌عنوان محرک جوانه‌زنی معرفی شده است، اما برخی تحقیقات نشان می‌دهد سالیسیلیک‌اسید نقش مهارکنندگی در بیوسنتز اتیلن دارد و این اثر را از طریق تأثیر بر آنزیم



شکل ۱- مقایسه درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید

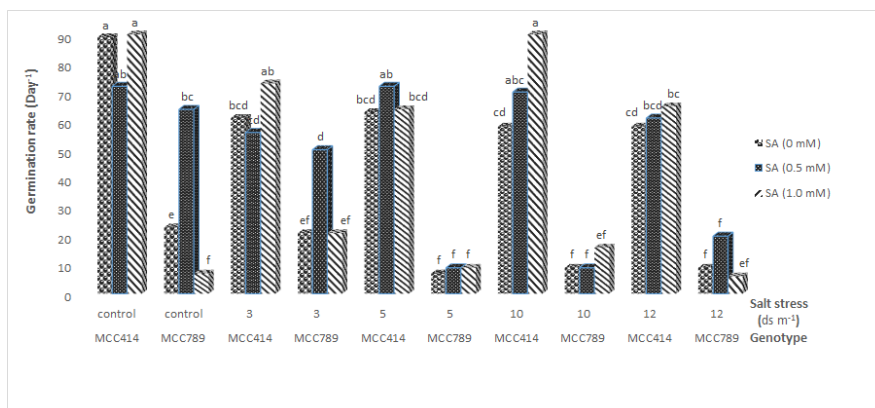
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Comparison of germination percentage of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ MCC789 نسبت به ژنوتیپ MCC414 مشاهده شد (شکل ۱) که علت آن را می‌توان به اختلاف ژنتیکی دو نوع بذر نسبت داد.

نتایج حاصل از بررسی طول ریشه‌چه نشان داد که در شرایط کنترل، ژنوتیپ MCC414 نسبت به ژنوتیپ MCC789 طول ریشه‌چه بلندتری دارند (حدود ۰/۰۹ برابر). در هر دو ژنوتیپ، افزایش سطح شوری به‌تنهایی نسبت به شاهد منجر به کاهش معنی‌داری در طول ریشه‌چه شد. تنش شوری 12 ds m^{-1} به‌تنهایی در ژنوتیپ MCC414 طول ریشه‌چه را نسبت به شرایط کنترل به‌میزان ۴۸ درصد کاهش داد؛ اما در ژنوتیپ MCC789، ۹۲ درصد کاهش مشاهده شد. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که در ژنوتیپ MCC414 در سطح شوری 3 ds m^{-1} و شرایط غیرشور، تیمار اسیدسالیسیلیک (0.5 mM) نسبت به شرایط فاقد تیمار، طول ریشه‌چه را به‌ترتیب به‌میزان $1/49$ و $1/59$ برابر کاهش داد. در سطح شوری 5 ds m^{-1} و تیمار سالیسیلیک‌اسید (یک میلی‌مولار) طول ریشه‌چه به‌میزان $1/22$ برابر کاهش یافت، اما در سطح شوری 12 ds m^{-1} و تیمار سالیسیلیک‌اسید (یک میلی‌مولار) طول ریشه‌چه به‌میزان $1/32$ برابر افزایش یافت (شکل ۳).

در هر دو ژنوتیپ با افزایش سطح شوری کاهش معنی‌داری در سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد و در شرایط غیرشور کاربرد سالیسیلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نداشت. در ژنوتیپ MCC414 فقط در سطح شوری 10 ds m^{-1} ، غلظت‌های 0.5 و یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌عنوان غلظت‌های بهینه برای سرعت جوانه‌زنی مشخص شد. در ژنوتیپ MCC789 در سطوح شوری صفر و 3 ds m^{-1} تیمار سالیسیلیک‌اسید 0.5 mM سرعت جوانه‌زنی را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد؛ در حالی‌که در بقیه سطوح شوری، سالیسیلیک‌اسید نتوانست تأثیر افزایشی بر میزان سرعت جوانه‌زنی داشته باشد (شکل ۲). در رابطه با سرعت جوانه‌زنی (Kar & De 1994) گزارش کردند که اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فرایندهای متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت‌زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. پیش‌تیمار بذرها با سالیسیلیک‌اسید به فعال‌سازی جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌ها منجر می‌شود که اثر تحریک‌کنندگی رشد مربوط به سالیسیلیک‌اسید را می‌توان به افزایش تقسیم سلولی و گسترش و توسعه سلول‌های ریشه‌چه نسبت داد (Shakirova *et al.*, 2002). در تحقیق حاضر کاهش بارزی در سرعت



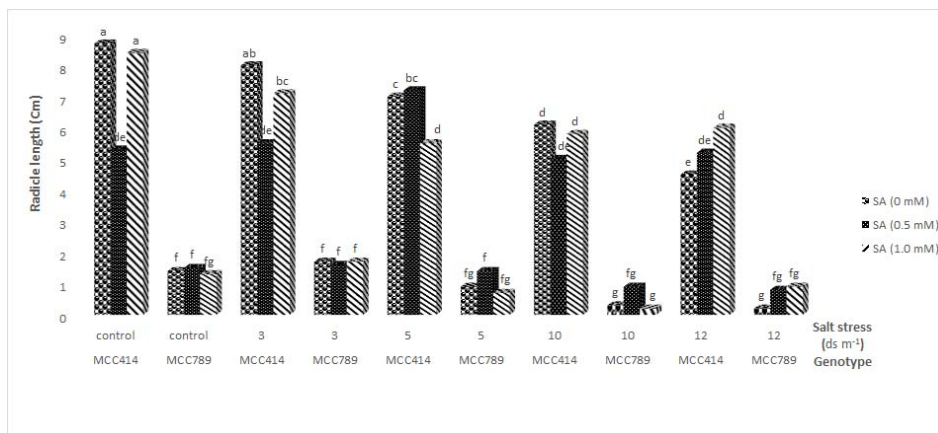
شکل ۲- مقایسه سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Comparison of germination rate of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

تولید ABA در پیش‌سازش گیاهان به تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی مؤثر است، چراکه ABA دارای نقش کلیدی در واکنش‌های حفاظتی گیاهان و القای سنتز طیفی از پروتئین‌های تنشی است (Rock, 2000).

در تحقیقی (Hanan, 2007) نیز گزارش کرد که تیمار با سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه گندم و جو شد. در این آزمایش پیش‌تیمار با سالیسیلیک‌اسید منجر به تجمع IAA و ABA و باعث بهبود رشد گندم شد. در آزمایش دیگر مشخص شد که سالیسیلیک‌اسید از طریق القای



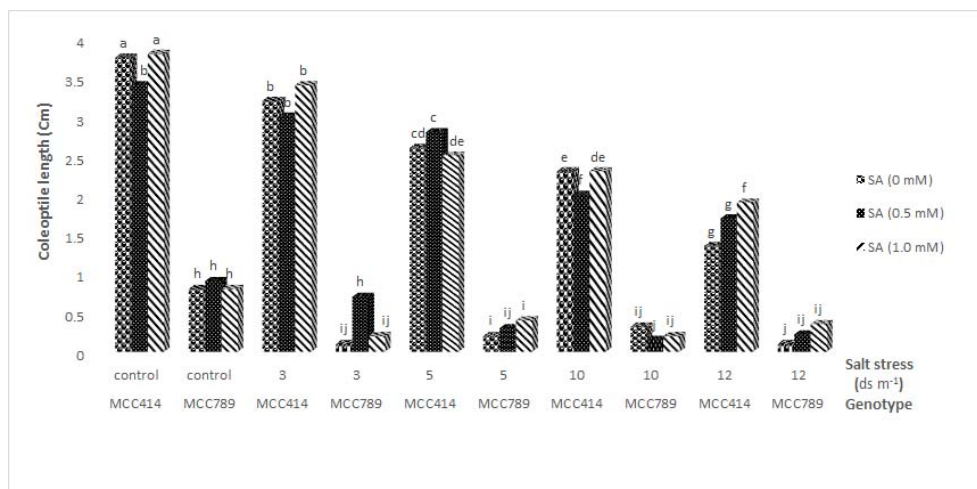
شکل ۳- مقایسه طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. Comparison of radicle length of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

شوری، سالیسیلیک‌اسید نتوانست تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشته باشد. در ژنوتیپ MCC789 غلظت سالیسیلیک‌اسید ۰/۵mM فقط در سطح شوری ۳ds/m طول ساقه‌چه را نسبت به شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (شکل ۴).

در این تحقیق تأثیر تنش شوری بر کاهش طول ساقه‌چه در ژنوتیپ MCC789 نسبت به ژنوتیپ دیگر شدیدتر بود. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ، سالیسیلیک‌اسید و شوری حاکی از آن بود که در ژنوتیپ MCC414 فقط در سطح شوری ۱۲ds/m، غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌صورت معنی‌داری طول ساقه‌چه را افزایش داد و در سایر سطوح



شکل ۴- مقایسه طول ساقچه ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Comparison of coleoptile length of chickpea cultivars at different levels of salinity and salicylic acid
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

سیستم ریشه‌ای و جذب بیشتر آب و موادغذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود (et al., 1998).
(Gutierrez-Coronado).

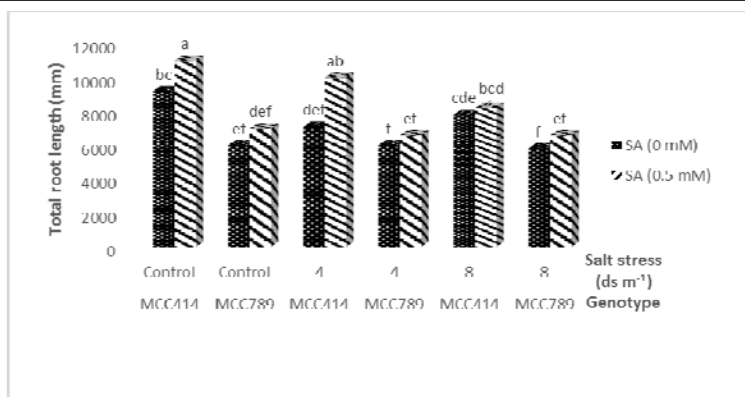
وزن خشک ریشه و ساقه: به‌طور کلی با افزایش تنش شوری، وزن خشک ریشه در هر دو ژنوتیپ کاهش یافت. تیمار سالیسیلیک‌اسید نیز تنها در ژنوتیپ MCC789 و در محیط فاقد تنش شوری باعث افزایش وزن خشک ریشه شد (شکل ۶). در ژنوتیپ MCC789 تنش شوری وزن خشک ساقه را در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌طور متوسط به‌میزان ۲۲/۵ درصد کاهش داد. کاربرد سالیسیلیک‌اسید در سطوح شوری صفر و 4 ds m^{-1} به‌صورت معنی‌داری باعث افزایش وزن خشک ساقه شد (شکل ۷).

با افزایش شوری، وزن خشک ریشه و ساقه کاهش یافت که می‌تواند ناشی از کاهش طول ریشه و ساقه باشد. در تربچه (*Raphanus sativus*) وزن خشک گیاه در غلظت‌های بالای شوری کاهش یافت که حدود ۸۰ درصد این کاهش رشد به‌علت کاهش توسعه سطح برگ و ۲۰ درصد به‌علت کاهش هدایت روزنه مربوط دانسته اند (Singh & Usha, 2003). اثر مثبت سالیسیلیک‌اسید بر کلیه صفات رشدی در گیاهان گندم (Shakirova, 2003)، جو (El-Tayeb, 2005) و ذرت (Farooq et al., 2008) گزارش شده است.

مرحله گیاهچه‌ای

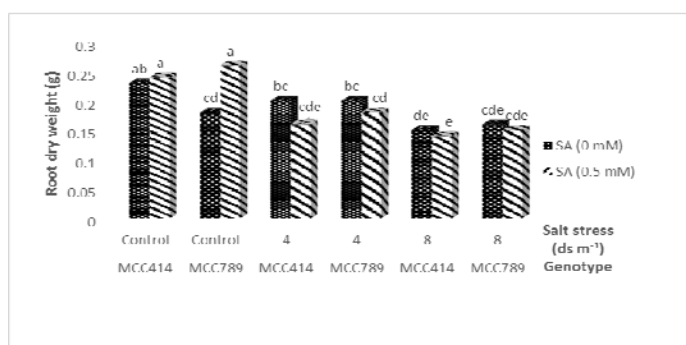
مجموع طول ریشه‌ها: در تیمار شاهد مجموع طول ریشه در ژنوتیپ MCC414 نسبت به ژنوتیپ MCC789، به‌طور معنی‌داری و به‌میزان ۱/۵۱ برابر بیشتر بود. تنش شوری فقط در ژنوتیپ MCC414 و سطح شوری 4 ds m^{-1} به‌طور چشمگیری موجب کاهش این مجموع طول ریشه‌ها شد و در ژنوتیپ MCC789 تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت نداشت. بررسی اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید، شوری و ژنوتیپ حاکی از آن بود که در ژنوتیپ MCC414 اسیدسالیسیلیک توانست در سطح شوری 4 ds m^{-1} و شرایط غیرشور نسبت به شرایط فاقد اسیدسالیسیلیک، مجموع طول ریشه را به‌ترتیب به‌میزان ۱/۳۸ و ۱/۲۰ برابر افزایش دهد. اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید، شوری و ژنوتیپ در ژنوتیپ MCC789 نشان داد که اسیدسالیسیلیک، در هیچ‌یک از سطوح شوری تأثیر معنی‌داری بر روی مجموع طول ریشه نداشت (شکل ۵).

ویژگی جذب انتخابی در ریشه، مشابه یک فیلتر عبور یون‌ها را کنترل و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت‌های سلول فراهم می‌سازد (Shabala et al., 2000). هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد به‌دلیل شرایط شیمیایی نامناسب محلول خاک از طریق ایجاد نسبت نامطلوب K/Na ایجاد مسمومیت می‌کند. نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از سالیسیلیک‌اسید به‌صورت تغذیه برگ‌ی باعث افزایش طول ریشه‌های سویا، افزایش رشد



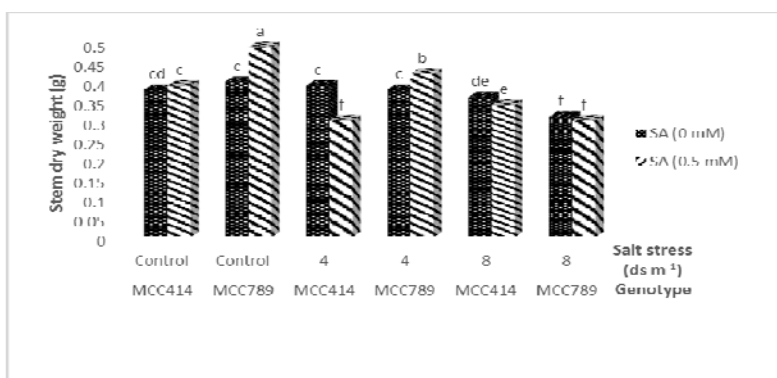
شکل ۵- مقایسه مجموع طول ریشه‌ها در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک اسید در مرحله گیاهچه‌ای
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. Comparison of total root length of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at seedling stage
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.



شکل ۶- مقایسه وزن خشک ریشه‌ها در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک اسید در مرحله گیاهچه‌ای
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 6. Comparison of root dry weight of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at seedling stage
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

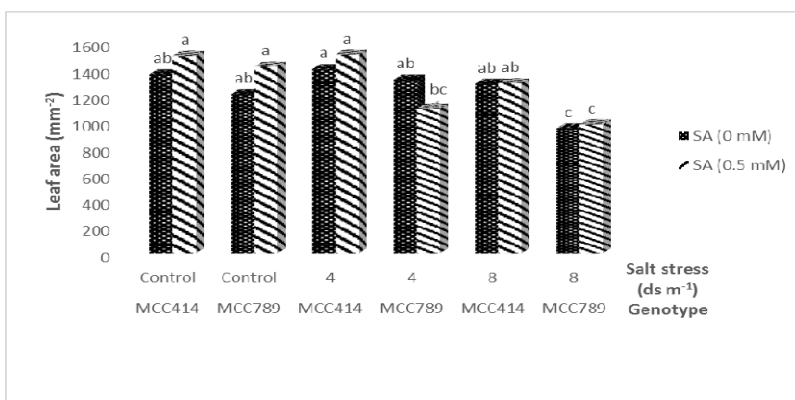


شکل ۷- مقایسه وزن خشک ساقه ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک اسید در مرحله گیاهچه‌ای
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 7. Comparison of shoot dry weight of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at seedling stage
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

پیامد سریع تنش شوری، کاهش میزان توسعه سطح برگ به موازات افزایش غلظت نمک است. کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش و طول شدن سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به علت کم شدن آماس سلولی بیان نمود (Hernandez *et al.*, 1995). به نظر می‌رسد سالیسیلیک‌اسید با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز، سبب افزایش سطح برگ می‌شود (Du *et al.*, 1981).

سطح برگ: بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در شرایط غیرشور، اختلاف معنی‌داری در میزان سطح برگ بین دو ژنوتیپ را نشان نداد. در ژنوتیپ MCC789 در سطح شوری 8 ds m^{-1} نسبت به شرایط غیرشور، کاهش معنی‌دار ۲۳ درصدی در این پارامتر مشاهده شد. می‌توان نتیجه گرفت ژنوتیپ MCC789 نسبت به ژنوتیپ MCC414 حساسیت بیشتری به شوری نشان می‌دهد. در هر دو شرایط کنترل و تنش، تیمار سالیسیلیک‌اسید در هر یک از دو ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر روی سطح برگ نشان نداد (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه سطح برگ در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید در مرحله گیاهچه‌ای

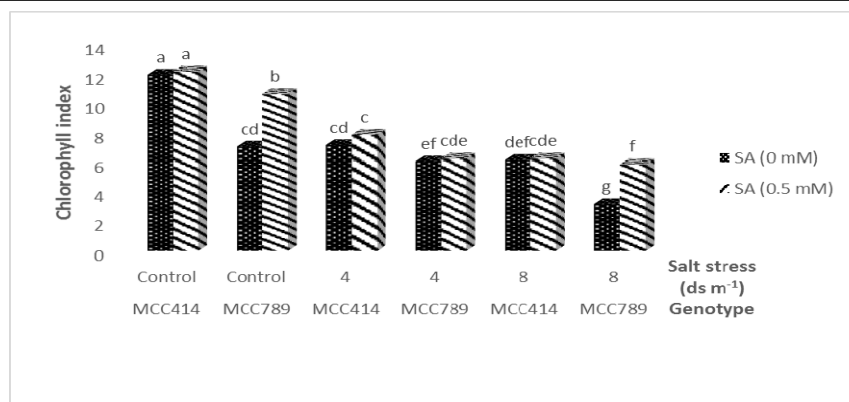
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 8. Comparison of leaf area of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at seedling stage
Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

داده‌شده از طرف پژوهشگران، کاهش میزان کلروفیل می‌تواند ناشی از اثر بازدارندگی یون‌های تجمع یافته در کلروپلاست (Chookhampaeng *et al.*, 2011)، تخریب کلروفیل توسط تنش اکسیداتیو ناشی از شوری (Sevengor *et al.*, 2011) و فعال شدن آنزیم کلروفیل‌از یا ناپایداری شدن کمپلکس رنگیزه پروتئین توسط یون‌های شوری و تأثیر منفی در پروتوپورفیرین (Khan, 2003) می‌باشد. سالیسیلیک‌اسید بسته به غلظت، زمان کاربرد و گیاه مورد استفاده دارای آثار دوگانه‌ای است، اما در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی‌اکسیدانتی سلول از جمله کاروتنوئیدها و سنتز پروتئین‌های جدید، از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند (Popova *et al.*, 2003).

بررسی صفات فیزیولوژیکی گیاه در مرحله رشد زایشی شاخص کلروفیل: نتایج نشان داد تنش شوری 8 ds m^{-1} در ژنوتیپ MCC414 و MCC789، میزان شاخص کلروفیل را نسبت به شرایط غیرشور، به ترتیب به میزان ۵۷ درصد و ۴۴ درصد کاهش داد. سالیسیلیک‌اسید در شرایط غیرشور و شوری 8 ds m^{-1} این شاخص را نسبت به شاهد، به ترتیب به میزان $1/46$ و $1/87$ برابر افزایش داد (شکل ۹).

بررسی‌ها حاکی از آن است که در شرایط تنش شوری میزان کلروفیل کل کاهش می‌یابد که علت آن به کاهش گلوتمات که ماده پیش‌ساخت کلروفیل و پرولین است، مربوط می‌شود. در شرایط تنش شوری، گلوتمات عمدتاً صرف تولید پرولین می‌شود، چراکه در تنش شوری، فعالیت آنزیم گلوتمات‌لیگاز برای تبدیل گلوتمین به پرولین فعال می‌گردد (Molazem *et al.*, 2010). همچنین براساس گزارش‌های



شکل ۹- مقایسه میزان شاخص کلروفیل در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی

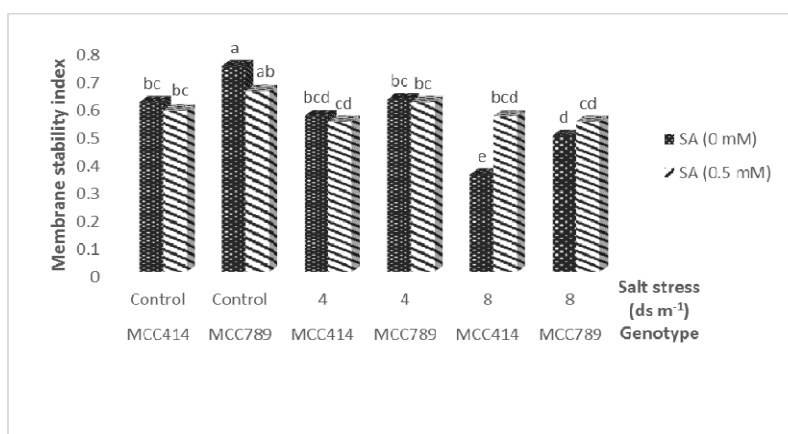
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 9. Comparison of chlorophyll index of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (شکل ۱۰). سالیسیلیک اسید از طریق اثر بر پلی‌آمین‌هایی مانند پوترسین، اسپرمین، اسپرمیدین و همچنین ایجاد کمپلکس‌های پایدار غشاء باعث محافظت از غشا می‌شود (Nemeth *et al.*, 2002). Wahid *et al.*, (2007) گزارش کردند که پراکسیداسیون لیپید و نفوذپذیری غشاء با تنش شوری افزایش می‌یابد و این افزایش در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید کمتر است.

شاخص پایداری غشاء: در شرایط تنش شوری، در هر دو ژنوتیپ با افزایش سطح شوری، میزان شاخص پایداری غشاء به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ، سالیسیلیک اسید و شوری مؤید آن است که سالیسیلیک اسید در ژنوتیپ MCC789 در هیچ‌یک از سطوح شوری تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص پایداری غشاء نداشت و در ژنوتیپ MCC414 فقط در سطح شوری ۸ ds/m توانست شاخص پایداری غشاء را نسبت به شرایط فاقد تیمار سالیسیلیک اسید



شکل ۱۰- مقایسه شاخص پایداری غشاء در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و کاربرد سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی

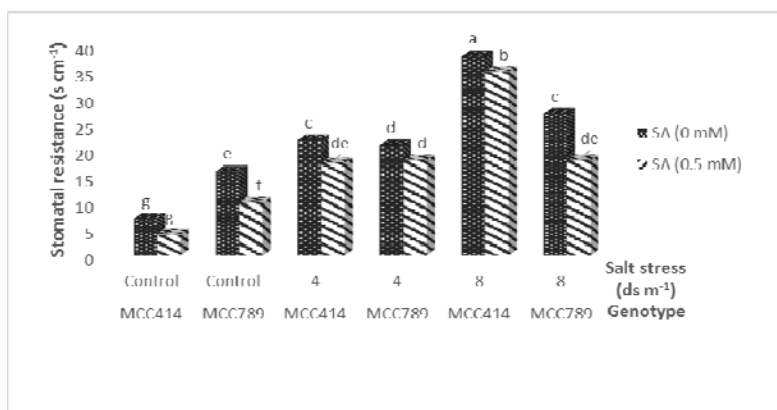
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 10. Comparison of membrane stability index of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به‌طور کلی کاربرد سالیسیلیک‌اسید در تمام سطوح شوری باعث کاهش مقاومت روزنه‌ای شد، ولی این افزایش گاهاً معنی‌دار نبود (شکل ۱۱). در یک آزمایش کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش میانگین تعداد روزنه و قطر روزنه شد. در این شرایط مقاومت گیاه در برابر از دست‌دادن آب افزایش یافت (Hussain *et al.*, 2009).

مقاومت روزنه‌ای: در شرایط شوری در هر دو ژنوتیپ، با افزایش تنش شوری مقاومت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ، شوری و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که در ژنوتیپ MCC414 در شرایط غیرشور، SA تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت روزنه‌ای نداشت اما در سطح شوری ۴ و ۸ ds/m مقاومت روزنه‌ای را نسبت به شاهد کاهش داد. سالیسیلیک‌اسید در ژنوتیپ MCC789 در سطح شوری ۸ ds/m، مقاومت روزنه‌ای را نسبت به شاهد



شکل ۱۱- مقایسه مقاومت روزنه‌ای در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید در مرحله گلدهی

ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 11. Comparison of stomatal resistance of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

سالیسیلیک‌اسید در هیچ‌یک از سطوح شوری و شاهد تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل ۱۳).

کمبود آب ناشی از تنش شوری، از یک طرف با تأثیر بر ساختار غشای سلول سبب افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد و از طرف دیگر با آفت محتوی رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورد (Popova, 2009). در تنش شوری آنچه فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش سطح برگ (کاهش سطح فتوسنتزی)، کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش هدایت مزوفیلی می‌باشد (Parida & Das, 2005). استفاده از سالیسیلیک‌اسید با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز مانع از تجزیه کلروفیل شده و از این طریق سبب افزایش فتوسنتز می‌شود (Delany *et al.*, 1994). (Khan *et al.*, 2003) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک‌اسید در دو گیاه سویا و ذرت میزان فتوسنتز، تعرق و همچنین هدایت روزنه را افزایش داد. علاوه‌براین تیمار برگ‌های سویا با سالیسیلیک‌اسید موجب

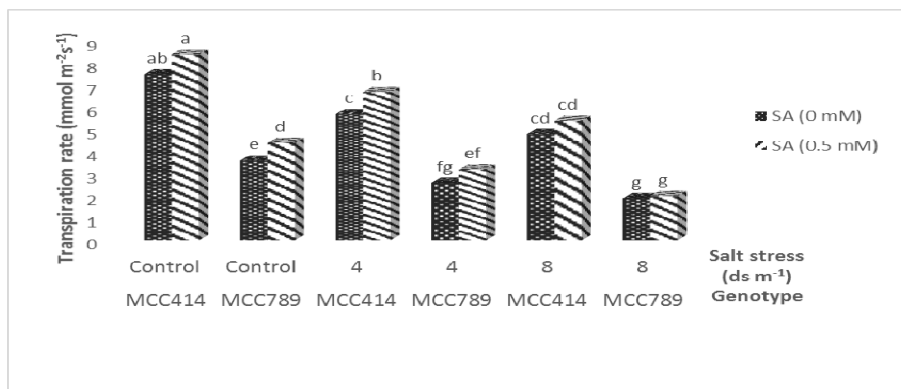
میزان تعرق: در هر دو ژنوتیپ، تنش شوری به‌صورت معنی‌داری میزان تعرق را کاهش داد (به‌طور متوسط ۴۳ درصد). در ژنوتیپ MCC414، SA فقط در سطح شوری ۴ ds/m و در ژنوتیپ MCC789 در محیط بدون تنش، توانست افزایش معنی‌داری بر مقدار تعرق داشته باشد. به‌طور کلی کاربرد سالیسیلیک‌اسید در تمام سطوح شوری باعث افزایش تعرق شد، ولی این افزایش اغلب معنی‌دار نبود (شکل ۱۲). کاهش شدید هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق، مکانیسم‌های سازشی در شرایط تنش شوری هستند. هالوفیت‌هایی مانند *Beta vulgaris* و *Spartina townsendii* در آستانه مقاومت به شوری، ترکیبی از فتوسنتز کم، تعرق حداقل، مقاومت روزنه‌ای بالا و غلظت CO_2 درونی کم را نشان می‌دهند (Koyro, 2003).

آسیملاسیون CO_2 : در این پژوهش در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ MCC414 نسبت به ژنوتیپ MCC789 میزان تثبیت CO_2 بیشتری داشت (۱/۲ برابر). تنش در هر دو ژنوتیپ به‌صورت معنی‌داری میزان تثبیت CO_2 را کاهش داد. اثر متقابل ژنوتیپ، SA و شوری نشان داد که در هر دو ژنوتیپ،

(2009) بیان کردند که گیاه آویشن تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید دارای وزن خشک ریشه و بخش هوایی، میزان فتوسنتز، کارایی مزوفیل و کارایی استفاده از آب بیشتری در مقایسه با گیاهان تحت تنش است.

افزایش کارایی آب، افزایش میزان تعرق و افزایش غلظت CO_2 درون سلولی شد (Pancheva *et al.*, 1996).

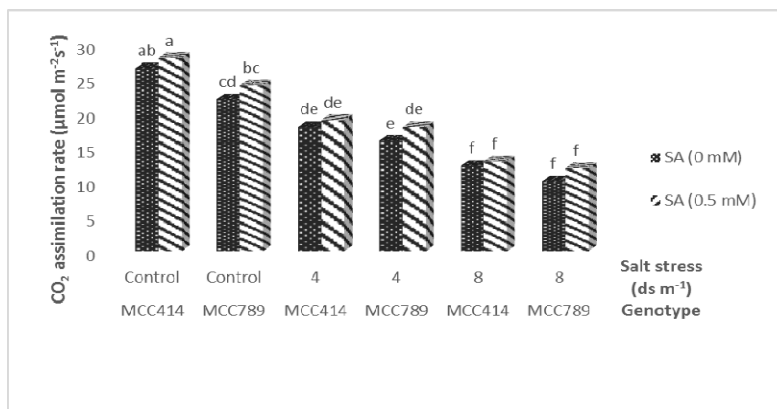
Khodary (2004) بیان کرد که اسپری برگ‌های ذرت با سالیسیلیک‌اسید، میزان رنگیزه‌ها و همچنین میزان فتوسنتز را تحت تنش شوری افزایش داد. Najafian & Khoshkluui



شکل ۱۲- مقایسه میزان تعرق در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید در مرحله گلدهی ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 12. Comparison of transpiration rate of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.



شکل ۱۳- مقایسه میزان اسیمیلایسیون دی‌اکسیدکربن در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید در مرحله گلدهی ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

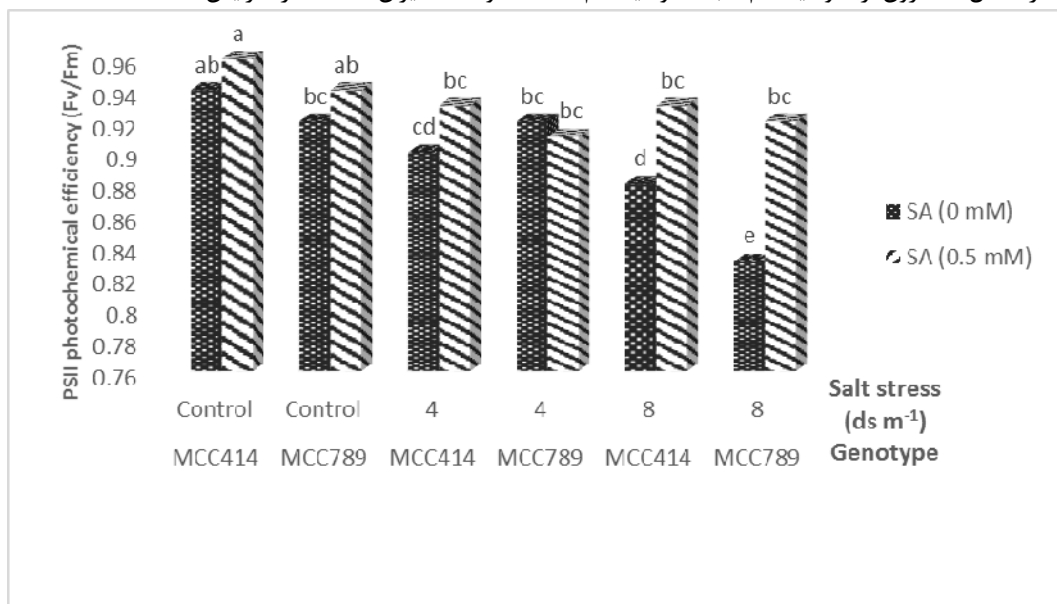
Fig. 13. Comparison of CO₂ assimilation rate of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

تحت تأثیر تنش شوری مربوط می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که کلوروسدیم میزان تثبیت دی‌اکسیدکربن و فعالیت آنزیم PEP کربوکسیلاز را کاهش، اما فعالیت آنزیم مالات‌دهیدروژناز را افزایش می‌دهد. تنش شوری تقریباً از سنتز همه پروتئین‌های القاشونده با نور، از جمله پروتئین D1 ممانعت می‌نماید و دلیل آن بازدارندگی از رونویسی ژن‌های رمزگذار این پروتئین‌ها است و لذا فعالیت فتوسیستم II کاهش می‌یابد (Levitt, 1980). در گندم، تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث بهبود میزان Fv/Fm شد (Waseem et al., 2006). Szepesi et al. (2005) گزارش کردند که در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی، سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های 10^{-6} و 10^{-7} مولار توانست میزان Fv/Fm را افزایش دهد.

کارآیی فتوسیستم II: در هر دو ژنوتیپ با افزایش تنش شوری، میزان کارآیی فتوسیستم II به میزان چشمگیری کاهش یافت. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ، سالیسیلیک‌اسید و شوری حاکی از آن بود که در شوری 8 ds/m ، سالیسیلیک‌اسید توانست میزان کارآیی فتوسیستم II را نسبت به شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید در ژنوتیپ‌های MCC414 و MCC789 به ترتیب به میزان $1/10$ و $1/4$ برابر افزایش دهد. اما در شرایط کنترل (سطح شوری صفر) و شوری 4 ds m^{-1} در هر دو ژنوتیپ سالیسیلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر میزان کارآیی فتوسیستم II نداشت (شکل ۱۴).

کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط تنش شوری به اختلال ایجادشده در انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I



شکل ۱۴- مقایسه میزان کارآیی فتوسیستم II کل در ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف شوری و سالیسیلیک‌اسید در مرحله گلدهی ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 14. Comparison of PSII photochemical efficiency (Fv/Fm) of chickpea genotypes at different levels of salinity and salicylic acid at flowering stage

Values labeled with the same letter(s) are not different at the 5% significance level according to Duncan's multiple range test.

فیزیولوژی گیاهی دانشکده علوم پایه و آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد که امکانات لازم جهت انجام این آزمایش‌ها را در اختیار ما قرار دادند سپاسگزاری می‌شود.

سپاسگزاری

هزینه‌های این آزمایش از محل اعتبارات متمرکز معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و سپاس‌گزاری می‌شود. از آزمایشگاه

منابع

1. Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. *Plant Science* 163: 117-123.
2. Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., and Murata, N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology* 123: 1047-1056.
3. Allen, R.D. 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiology* 57: 1049-1054.
4. Asish Kumar Parida, A., and Anath Bandhu Das, A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.
5. Chookhampaeng, S. 2011. The Effect of salt stress on growth, chlorophyll content proline content and antioxidative enzymes of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling. *European Journal of Scientific Research* 49: 103-109.
6. De, F., and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Science and Technology* 23: 301-304.
7. Delany, T.P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gut-Rella, M., Kessmann, H., Ward, E., and Ryals, J. 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266: 1247-1250.
8. Demir, I., and Mavi, K. 2008. Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 897-902.
9. Du, Y.C., Nose, A., Wasano, K., and Ushida, Y. 1981. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp). *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 253-260.
10. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
11. Erik, T.N., and David, M.O. 1996. *The Physiology of Plants Under Stress, Abiotic Factors*. Copyright by John Wiley, sons. Inc
12. FAO 2005. Salt affected soils from sea water intrusion: strategies for rehabilitation and management. Report of the Regional Workshop. Bangkok, Thailand, 62 pp.
13. Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., and Rahman, H. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by priming with salicylic acid. *Agronomy Crop Science* 194: 161-168.
14. Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Larque-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36: 653-665.
15. Hanan, E.D. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. *Biological Research* 1: 40-48.
16. Hayat, S., Ali, B., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. *Department of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh, INDIA* 46: 1-14.
17. Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., and Del Rio, L. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105: 151-167.
18. Hussain, M., Farooq, M., Jabran, K., and Wahid, A. 2009. Foliar application of Glycine-betaine and Salicylic acid improves growth, yield and water productivity of hybrid Sunflower planted by different sowing methods. *Australian Journal of Basic & Applied Science* 196(2): 136-145.
19. Kalaji, M.H., and Guo, P. 2008. Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs. In: A. Sanchez and S.J. Gutierrez (Eds.). *Photochemistry Research Progress*. Nova Publishers, NY, USA: 439-463.
20. Welfare, K., Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 2002. Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Environmental Pollution* 120: 397-40.

21. Khan, N.A. 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. *Plant Biology* 47: 437-440.
22. Khodary, S.E.A. 2004. Effect of Salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 5-8.
23. Kim, S.T., Kim, S.G., Hwang, D.H., Kang, S.Y., Koo, S.C., Cho, M.J., and Kang, K.Y. 2004. Expression of a salt-induced protein (SALT) in suspension-cultured cells and leaves of rice following exposure to fungal elicitor and phytohormones. *Plant Cell Report* 23: 256-262.
24. Koyro, H.W. 2003. Study of potential cash crop halophytes in a quick check system task. *Vegetable Science* 38: 5-17.
25. Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses (Physiological Ecology): Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press, New York.
26. Liu, D., Jiang, W., and Gao, X. 2003. Effect of cadmium on root growth, cell division and nucleolic in root tip cells of garlic. *Biological Plant* 47(1): 79-83.
27. Molazem, D., Qurbanov, E.M., and Dunyamaliyev, S.A. 2010. Role of proline, Na and chlorophyll content in salt tolerance of corn (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science* 9(3): 319-324.
28. Najafian, S.M., and Khoshkluui, V. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization and biomass accwnulation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(23): 2620-2626.
29. Nemeth, M., Janda, T., Horvath, E., Paldi, E., and Szalai, G. 2002. Exogenous salicylic acid increase polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science* 162 :569-574.
30. Pancheva, T.V., Popova, L.P., and Uzunova, A.M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *Journal of Plant Physiology* 149: 57-63.
31. Parida, A.K., and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.
32. Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P., Szalai, G., and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 47: 224-231.
33. Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Geovgieva, K., Alexieva, V., and Stoinova, Z. 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology (Special issue)*: 133-152.
34. Rehman, S., Harris, P.J.C., Bourne, W.F., and Wikin, J. 1996. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. *Seed Science and Technology* 25: 45-57.
35. Rock, C.D. 2000. Pathways to abscisic acid-regulated gene expression. *New Phytologist* 148: 357-396.
36. Sairam, R.K., Veerabhadra Rao, K., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163: 1037-1046.
37. Sairam, R., and Saxena, K. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184(1): 55-61.
38. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
39. Sevengor, S., Yasar, F., Kusvuran, S., and Ellialtioglu, S. 2011. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research* 21: 4920-4924.
40. Shabala, S., Babourina, O., and Newman, I. 2000. Ionspecific mechanisms of osmoregulation in bean mesophyll cells. *Journal of Experimental Botany* 51: 1243-1253.
41. Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.

42. Singh, A.K., and Dubey, R.S. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems I and II in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 31: 489.
43. Szepesi, Á., Csiszár, J., Bajkán, Sz., Gémes, K., Horváth F., Erdei, L., Deér, A., Simon, L.M., and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. *Acta Biologica Szegediensis* 49: 123-125.
44. Ungar, I.A. 1995. Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: J. Kigel and G. Galili (Eds). *Seed Development and Germination*, Marcel and Dekker Inc., 1995.
45. Wahid, A., Perveen, M., Gelani, S., and Basra, S.M.A. 2007. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology* 164: 283-294.
46. Waseem, M., Athar, H.U.R., and Ashraf, M. 2006. Effect of salicylic acid applied through rooting medium on drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany* 4(38): 1127-1136.
47. Zekri, M., and Parsons, L.R. 1990. Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. *Journal of Experimental Botany* 41(222): 35-40.

Interaction effects of salinity and salicylic acid on germination, growth and some morpho-physiological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.)

Ganjeali^{1*}, A., Abrishamchi², P. & Shooryabi³, M.

1. Associate Professor, Department of Biology; College of Sciences & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Associate Professor, Biology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Iran
3. PhD. Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Iran

Received: 3 February 2015
Accepted: 19 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44059

Introduction

Salinity has various effects on plant growth by affecting physiological processes. The decline in plant productivity under saline condition, frequently linked with the reduction of photosynthetic capability. It has been reported that efficiency of PSII photochemistry (Fv/Fm) of numerous plant species have been decreased due to salt stress studies have shown that salicylic acid (SA) improves resistance of plants to environmental stresses (heat, cold, drought and salt stress). In this relation, convincing data have showed that the SA-induced enhances resistance of plants to the salinity. Therefore, the present study was conducted to estimate salicylic acid effects on germination, growth and some physiological characteristics of two chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) in salt stress condition.

Materials and Methods

In this research we studied the effects of different concentrations of SA (0.5 and 1mM), on chickpea genotypes (MCC414, MCC789) during growth stages (germination, seedling and flowering) under salinity stress. Five levels of salinity including 0, 3, 5, 10 and 12 dsm⁻¹ in germination stage and three levels of salinity (0, 4 and 8 dsm⁻¹) at seedling and flowering stages) were employed separately in a factorial experiment based on Randomized Completely Block Design with three replications.

Results and Discussion

Results of means comparison showed that germination rate, significantly decreased under salt stress in both genotypes ($P \leq 0.05$). Under salt stress, increasing the osmotic pressure and the reduction seeds water absorption and the toxic effects of sodium and chlorine ions, can affect seed germination. Exogenous application of SA concentrations (0.5 mM), under salt stress (3 and 12 dsm⁻¹) increased rate and percentage of germination in MCC789 genotype. For MCC414 genotype, the combination of the treatment with salicylic acid (0.5 and 1 mM) and salinity (10 dsm⁻¹) increased significantly germination rate. In same genotype, radicle and coleoptile length increased significantly after treating with SA (1mM) in salt stress (12 dsm⁻¹). Exogenous application of SA concentration (0.5 mM), under salt stress (3 dsm⁻¹) increased coleoptile length in MCC789 genotype ($P \leq 0.05$). Seed priming with SA leads to an activation of germination and seedling growth, while the enhancement of the division of root apical cells are important contribution to the growth stimulating effect of SA. In seedling stage, salinity decreased

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

stem and root dry weight. SA and on some salinity levels, significantly increased stem dry weight in MCC789 and total root length in MCC414 genotype ($P \leq 0.05$). The decline in plant productivity under saline condition is frequently linked with the reduction in leaf area and stomatal conductance. Positive effects of SA on growth characteristics, in wheat, barley and maize have been reported. In both genotype, chlorophyll index, transpiration rate, membrane stability index and efficiency of PSII photochemistry significantly decreased and stomatal resistance increased under salt stress in flowering stage. Serious reduction in stomatal conductance and transpiration rate are adaptive mechanisms under salt stress. Halophytes such as *Beta vulgaris* and *Spartina townsendi* have salinity tolerance and show a combination of low photosynthesis, minimal transpiration, high stomatal resistance and low internal CO_2 concentrations. Studies showed chlorophyll contents decreased under saline condition. Biochemical analysis of leaves of different maize cultivars for proline and chlorophyll contents indicated that proline accumulation increased and chlorophyll contents decreased under saline condition. SA application increased chlorophyll index and membrane stability index respectively in MCC789 and MCC414 genotypes. In both genotypes, stomatal resistance, significantly decreased and efficiency of PSII photochemistry increased with SA treatment under salt stress (12 dsm^{-1}) ($P \leq 0.05$). Studies have shown that salicylic acid protects membranes by increasing polyamines such as putrescine, spermine, spermidine, as well as membrane sustainable complexes. In wheat, SA application improves the Fv/Fm. Szepesi *et al*, (2005) reported SA (10^{-6} and 10^{-7} M) could increase Fv/Fm in tomato plants under drought stress.

Conclusion

The results indicated that the modulator effects on salicylic acid on germination and other physiological processes of chickpea genotypes under salt stress.

Key words: Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Efficiency of PSII photochemistry, Growth parameters, Membrane stability index, Salicylic acid, Salt stress

بررسی اثرات باقیمانده برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره و آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌های مورد استفاده در گندم در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

رحیم‌بخش محمدنژاد^{۱*}، ابراهیم ایزدی‌دربندی^۲، مهدی راستگو^۲ و امیر لکزیان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی (دانشیار) گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ به ترتیب izadi@um.ac.ir و mrastgo@yahoo.com

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ lakzian@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۳۰

چکیده

پسماند علف‌کش‌ها در خاک از مهم‌ترین تبعات کاربرد علف‌کش‌ها می‌باشد که ضمن این‌که باعث آلودگی اکوسیستم خاک می‌شود، محدودیت تناوب زراعی و تداخل در چرخه زیستی خاک را نیز به دنبال خواهد داشت. به منظور بررسی تأثیر بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکسپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون که از پرمصرف‌ترین علف‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گندم کشور می‌باشند، در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در نخود، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود در سه سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی ۴۸۲) و MC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها در چهار سطح (دیکلوفوپ‌متیل، فنوکسپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر توصیه شده علف‌کش‌ها) بودند. در ابتدای مرحله زایشی گیاهان، زیست‌توده اندام هوایی، ریشه، گره، تعداد گره و مقدار نیتروژن کل آنها اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بقایای علف‌کش‌های خانواده سولفونیل اوره و آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌ها به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر منفی را بر روی صفات مذکور داشتند. با افزایش باقیمانده بقایای علف‌کش‌های خانواده سولفونیل اوره (سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) در خاک، تمام صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود به شدت کاهش یافت. اما علف‌کش‌های خانواده آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌ها (علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکسپروپ‌پی‌اتیل) تأثیر متفاوتی بر صفات مذکور داشتند. علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های نخود نداشت. حال این‌که بقایای علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل منجر به افزایش معنی‌دار رشد و تثبیت نیتروژن نخود شد. بر اساس شاخص ED50، در علف‌کش سولفوسولفورون کمترین ED50 (۰/۰۰۲۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۰۴۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) برای زیست‌توده اندام‌های هوایی به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و آی‌ال‌سی ۴۸۲ مشاهده شد و در علف‌کش مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون کمترین ED50 (۰/۰۰۵۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۸۳۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) به ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان از تأثیر منفی و معنی‌دار بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون بر رشد نخود دارند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های نخود حساسیت متفاوتی به بقایای آنها در خاک دارند. با توجه به نتایج مذکور به نظر می‌رسد رعایت فاصله زمانی کاشت در تناوب گندم-نخود ضروری بوده و انتخاب ژنوتیپ‌های با حساسیت کمتر به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون در مدیریت باقیمانده آنها در خاک مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: دیکلوفوپ‌متیل، ژنوتیپ‌های نخود، فنوکسپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون

مقدمه

در بین حبوبات، نخود (*Cicer arietinum* L.) منبع ارزشمندی از کربوهیدرات و پروتئین است و کیفیت پروتئین

آن بهتر از دیگر حبوبات است. خواص دارویی و تغذیه‌ای فراوان این گیاه باعث شده که به عنوان یکی از حبوبات مهم مطرح باشد (Jukant et al., 2012). در بین حبوبات، نخود از مهم‌ترین حبوبات به شمار می‌رود که هم از نظر سطح زیر کشت و هم از نظر ارزش تغذیه‌ای جایگاه مهمی داشته و از مهم‌ترین محصولات تناوبی پس از غلات دانه‌ریز به شمار می‌رود.

* نویسنده مسئول: ra.mohammadnezhad@stu.um.ac.ir

تلفن همراه: ۰۹۱۵۹۹۸۵۱۸۰

با قرارگیری در تناوب با غلات و دیگر محصولات، به عنوان برهم‌زننده چرخه بیماری‌ها، آفات و افزایش‌دهنده نیتروژن خاک مطرح است (Drew et al., 2006). با وجود این، گزارش شده است که نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های مصرف‌شده در زراعت قبلی (غلات) حساسیت زیادی نشان داده و بقایای علف‌کش‌ها، بر روی زیست‌توده اندام‌های هوایی، گره‌زایی و مقدار نیتروژن تثبیت‌شده این گیاه اثر منفی دارد (Rogers & Baldock, 2003). در این ارتباط، سولفونیل‌اوره‌ها و آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌ها از مهم‌ترین علف‌کش‌هایی هستند که در مزارع گندم ایران علیه علف‌های هرز به کار برده می‌شوند. سولفونیل‌اوره‌ها از بازدارنده‌های آنزیم استولاکتات سنتاز می‌باشند که به صورت پس‌رویشی در مراحل اولیه رشد گندم به کار می‌روند (Zand et al., 2009). علی‌رغم این که علف‌کش‌های مذکور اغلب پس‌رویشی هستند، اما فعالیت خاکی و جذب ریشه‌ای نسبتاً زیادی دارند. از این‌رو، علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره می‌توانند برای مدت طولانی در خاک به صورت فعال باقی‌مانده و با جذب شدن از طریق سیستم ریشه، علف‌های هرزی را که در طول فصل رشد سبز می‌شوند، کنترل کنند (Alonso-prados et al., 2002). هرچند این ویژگی در برنامه مدیریت و کنترل طولانی‌مدت علف‌های هرز در طی فصل رشد مفید می‌باشد (Moyer & Hamman, 2001) اما منجر به خسارت و کاهش عملکرد محصولات موجود در تناوب می‌شوند (Strek, 2005). Pour Azar et al., (2009) مشاهده کردند که در بین علف‌کش‌های شوالیه، آپروس، مگاتن، بروماسید+تاپیک، توتال و آتلانتیس به کار رفته در کشت گندم بر محصولات تناوبی ماش و ذرت، بقایای علف‌کش‌های مگاتن و آپروس در خاک منجر به خسارت و کاهش عملکرد دانه محصولات تناوبی ماش و ذرت شدند. در ارزیابی حساسیت برخی از گیاهان زراعی از جمله نخود، لوبیا و عدس به بقایای علف‌کش‌های تری‌بنورون متیل و مزوسولفورون+یدوسولفورون گزارش شده است که باقیمانده علف‌کش‌های مذکور به طور معنی‌داری زیست‌توده ریشه و اندام هوایی گیاهان مذکور را کاهش دادند (Izadi-Darbandi et al., 2011). در آزمایشی که توسط Peyvastegan & Farahbakhsh (2011) انجام گرفت، مشاهده شد که بقایای علف‌کش فورام‌سولفورون در خاک، رشدونمو گیاه کلزا را کاهش داده است. اعتقاد بر این است که علف‌کش‌ها به چندین روش می‌توانند رابطه همزیستی لگوم-رایزوبیوم را تحت تأثیر قرار دهند. این آفت‌کش‌ها می‌توانند از طریق تأثیر مستقیم بر رشد گیاه، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن را متأثر سازند و یا از طریق

تأثیر مستقیم بر بقاء و رشد ریزوبیوم‌ها توانایی آنها را برای همزیستی با گیاهان میزبان کاهش دهند. در این ارتباط ممانعت از تشکیل سیگنال‌های بیوشیمیایی بین ریزوبیوم‌ها و گیاهان و نیز کاهش توانایی تقسیم سلولی در ریشه گیاه جهت تشکیل گره از دیگر اثرات علف‌کش‌ها بر همزیستی لگوم-رایزوبیوم بوده که متعاقباً تثبیت زیستی نیتروژن را مختل می‌کند (Anderson et al., 2004; Fox et al., 2007). در آزمایش‌های Rogers & Baldock (2003) که به منظور بررسی تأثیر بقایای برخی از علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سنتاز بر تثبیت بیولوژیکی نخود انجام شد، مشاهده شد که بقایای علف‌کش‌های کلروسولفورون، ایمازاتاپیر و فلومتسولام باعث کاهش در زیست‌توده اندام‌های هوایی، تعداد گره و میزان نیتروژن گیاه نخود شدند. از آنجایی که در ارتباط با اثرات احتمالی باقیمانده علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل، فنوکساپروپ‌پی اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک بر ویژگی‌های رشدی، گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نخود در کشور مطالعاتی انجام نشده است. این آزمایش با هدف بررسی پاسخ رشد، گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن ژنوتیپ‌های نخود به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل، فنوکساپروپ‌پی اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک و در شرایط کنترل‌شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود در سه سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی ۴۸۲) و MCC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها در چهار سطح (دیکلوفوپ متیل، فنوکساپروپ‌پی اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر توصیه‌شده ماده مؤثره علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل (امولسیون شونده غلیظ ۳۶ درصد، با مقدار کاربرد ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار)، فنوکساپروپ‌پی اتیل (امولسیون روغن در آب ۷/۵ درصد، با مقدار کاربرد یک لیتر ماده تجاری در هکتار)، سولفوسولفورون (امولسیون شونده غلیظ ۷۵ درصد، با مقدار کاربرد ۲۶/۶ گرم ماده تجاری در هکتار) و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون (گرانول مرطوب شونده ۱۵ درصد + ۷۵ درصد با مقدار کاربرد ۴۰ تا ۵۰ گرم ماده تجاری در هکتار) بودند که به ترتیب غلظت

(بقایای) شبیه‌سازی شده آنها با توجه به مقدار مصرف هر یک از آنها و با توجه به بافت خاک مورد بررسی در این مطالعه برای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل (۰، ۰/۰۰۰۰۱۷، ۰/۰۰۰۰۳۵، ۰/۰۰۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۱۴، ۰/۰۰۰۰۲۱ و ۰/۰۰۰۰۲۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (۰، ۰/۰۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۰۲، ۰/۰۰۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۰۰۸، ۰/۰۰۰۰۱۱، ۰/۰۰۰۰۱۷ و ۰/۰۰۰۰۲۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۰۳۷۵، ۰/۰۰۰۰۷۵، ۰/۰۰۰۰۱۵، ۰/۰۰۰۰۲۲، ۰/۰۰۰۰۳، ۰/۰۰۰۰۴۵ و ۰/۰۰۰۰۰۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۰۷۷۵، ۰/۰۰۰۰۱۵۵، ۰/۰۰۰۰۳۱، ۰/۰۰۰۰۴۶، ۰/۰۰۰۰۶۲، ۰/۰۰۰۰۹۳ و ۰/۰۰۰۰۱۲۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شدند.

برای این منظور نمونه خاکی از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری مزرعه‌ای که حداقل به مدت پنج سال سابقه کاربرد هیچ آفت‌کشی را نداشت، تهیه و با تعیین چگالی خاک، غلظت علف‌کش در زمان کاربرد آن در خاک به ازای واحد وزن خاک و بر حسب پی‌پی‌ام (میلی گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شد. با این فرض که باقیمانده علف‌کش در طول زمان کاهش خواهد یافت، سایر تیمارهای مربوط به مقدار بقایای علف‌کش‌ها در خاک از ۱۰۰ درصد مقدار اولیه آنها در خاک در زمان کاربرد به ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد محاسبه و با استفاده از اختلاط فرمولاسیون تجاری علف‌کش‌ها در آب و تهیه محلول‌های لازم برای هر یک از تیمارهای مربوط به بقایای علف‌کش‌ها در خاک، برای اختلاط با خاک به سطح خاک افزوده شد. به منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک ابتدا یک کیلوگرم از خاک خشک الک‌شده (الک ۲ میلی متری) مورد نظر آماده شد، سپس ۵۰ میلی لیتر از هر یک از محلول‌های تهیه شده برای هر غلظت علف‌کش به طور یکنواخت روی خاک مذکور ریخته و پس از تخییر کامل آب، باقیمانده سموم با خاک مخلوط شد. نمونه یک کیلوگرمی خاک مخلوط شده برای هر غلظت علف‌کش، سپس با سایر خاک‌های مورد نیاز برای هر تیمار (۳۰ کیلوگرم) مجدداً به طور کامل و یکنواخت مخلوط شد. پس از اختلاط و آماده‌سازی، خاک‌های آلوده شده با علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون، به گلدان‌ها منتقل و بذور گیاهان نخود پس از تلقیح با باکتری مزورایزوبیوم، به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان و در عمق مناسب کشت شدند. برای ممانعت از آیشویی علف‌کش، گلدان‌ها به طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که فاضلاب خروجی نداشته باشد. در مرحله دو تا سه برگی نخود، گیاهان تُنک و تراکم آنها به سه‌بوته در هر گلدان رسید. در ابتدای مرحله زایشی (۱۰ تا

۲۰ درصد گلدهی)، گیاهان مورد نظر در هر گلدان، از محل طوقه برداشت و پس از خاک‌شویی ریشه، تعداد گره و وزن تر گره اندازه‌گیری شدند. سپس ریشه و اندام‌های هوایی به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Datta et al., 2009) و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتالی هزارم توزین شد. مقدار نیتروژن کل گیاه نیز با روش کج‌لدال (Iswaran & Marwah, 1980) اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش معادله سیگموئیدی سه پارامتری به زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده ریشه و زیست‌توده گره ریشه گیاهان استفاده شد و غلظت لازم برای ۵۰ درصد بازدارندگی زیست‌توده ژنوتیپ‌های نخود (ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به کار گرفته شدند (Sanntin-montanya et al., 2006).

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

در این معادله b شیب منحنی، c حد پایین منحنی (پاسخ گیاه به بیشترین مقدار باقیمانده علف‌کش)، e غلظتی از علف‌کش که سبب ۵۰ درصد کاهش در مقدار پاسخ می‌شود و d حد بالای منحنی (پاسخ وقتی که باقیمانده علف‌کش صفر است). لازم به ذکر است زمانی که در معادله فوق اثر پارامتر c معنی‌دار نبود با حذف آن، از معادله سه پارامتری برای برازش داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این آزمایش، بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون در خاک تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر تمام صفات (زیست‌توده اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل ریشه، زیست‌توده تر گره، تعداد گره و مقدار نیتروژن کل گیاه) ژنوتیپ‌های نخود داشتند. با افزایش بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون، تأثیر منفی آن‌ها بر رشد ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، ولی بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل اثر منفی جزئی یا گاهی اثر افزایشی بر صفات مورد مطالعه برخی از ژنوتیپ‌ها داشته است (جدول ۱). پاسخ زیست‌توده تولیدشده توسط اندام‌های هوایی و ریشه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود به بقایای علف‌کش‌های

(جدول ۱). با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون، تلفات زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت. بر اساس نتایج آزمایش، در کمترین سطح (۲/۵ درصد) از مقدار باقیمانده علف‌کش سولفوسولفورون، در خاک کاهش شش‌درصدی و در بیشترین مقدار آن کاهش ۸۲/۷۱ درصدی زیست‌توده کل ریشه گیاهان مشاهده شد و در سطوح باقیمانده ۲/۵ تا ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری در زیست‌توده کل ریشه گیاهان مشاهده شد.

دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون متفاوت بود. در بررسی اثر متقابل علف‌کش-باقیمانده علف‌کش در خاک مشاهده شد که با افزایش باقیمانده هر یک از علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، ولی افزایش باقیمانده علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل باعث افزایش زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود شد و این مهم در بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر آماری معنی‌دار بود.

جدول ۱- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر صفات موردبررسی ژنوتیپ‌های نخود
Table 1. Mean comparison of interactive effects of herbicide and herbicide residue in soil on chickpea genotypes traits

علف‌کش	باقیمانده علف‌کش (درصد)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره در گیاه	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیتروژن کل (میلی‌گرم)
Herbicide	Herbicide Residue (%)	Shoot dry matter (gr/plant)	Node number per plant	Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry matter (gr/plant)	Total nitrogen (m gr)
سولفوسولفورون Sulfousulfuron	0	100ef*(0.62)	100de(43.89)**	100def(0.51)	100e(0.71)	100ef(38.97)
	2.5	99.97ef(0.62)	95.49ef(40.89)	94.63fgh(0.46)	94.07ef(0.61)	94.71fg(35.96)
	5	94.09fg(0.58)	85.98h(37.33)	85.05j(0.43)	80.08gh(0.54)	88.32h(33.21)
	10	82.05ijk(0.51)	74.37i(32.01)	74.77k(0.37)	70.31hi(0.45)	75.32i(28.56)
	15	73.84kl(0.46)	66.73j(28.44)	65.37l(0.31)	63.30ij(0.40)	61.10j(23.87)
	20	61.16mn(0.38)	38.97l(16.67)	38.40n(0.18)	45.52kl(0.28)	36.87kl(13.62)
	30	41.64op(0.26)	24.51m(11.56)	23.89o(0.14)	30.08m(0.20)	23.56m(9.68)
دایکلوفوپ متیل Diclofop methyl	40	28.87q(0.18)	13.63n(6.33)	13.15p(0.08)	17.29n(0.11)	14.14n(5.52)
	0	100ef(0.54)	100de(44)	100def(0.51)	100e(0.74)	100ef(31.03)
	2.5	93.95fgh(0.51)	91.97fgh(40.67)	92.72fghi(0.47)	89.07fg(0.67)	96.35fg(29.39)
	5	97.80efgh(0.52)	83.17efgh(41.22)	93.33fghi(0.48)	95.99ef(0.72)	97.58f(30.09)
	10	94.67fgh(0.51)	93.59efg(41.11)	93.01fghi(0.47)	93.76ef(0.69)	95.13fg(29.66)
	15	98.21efg(0.52)	93.21efgh(42.22)	92.16ghij(0.47)	95.48ef(0.70)	99.98ef(30.73)
	20	98.47efg(0.52)	95.27ef(42.11)	97.01efgh(0.50)	102.33de(0.74)	105.01de(32.02)
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop P-ethyl	30	99.01ef(0.52)	97.04ef(42.44)	97.92efg(0.49)	103.17de(0.74)	104.73de(31.96)
	40	94.86e-h(0.50)	91.14fgh(40.33)	91.89ghij(0.47)	93.24ef(0.68)	106.38de(31.78)
	0	100ef(0.58)	100de(45.67)	100def(0.54)	100e(0.82)	100ef(36.70)
	2.5	105.60de(0.60)	100.09de(45.22)	98.57efg(0.52)	101.71e(0.81)	100.57ef(36.69)
	5	115.42cd(0.65)	100.36de(45.44)	98.75efg(0.52)	103.80de(0.83)	94.55fg(35.12)
	10	122.09c(0.69)	105.96cd(47.01)	103.79cde(0.53)	112.71cd(0.86)	99.73ef(36.17)
	15	123.71bc(0.70)	110.12bc(48.22)	106.80bcd(0.54)	118.19bc(0.88)	110.65cd(39.33)
سولفوسولفورون+مت Sulfousulfuron + Metsulfuron	20	124.19bc(0.70)	111.44bc(49.11)	108.45bc(0.56)	120.65bc(0.90)	115.19c(39.38)
	30	134.07ab(0.75)	115.95ab(51.33)	113.98ab(0.60)	127.88ab(0.97)	126.28b(41.04)
	40	139.08a(0.78)	119.15a(52.67)	117.45a(0.62)	133.44a(1.01)	133.31a(41.69)
	0	100ef(0.58)	100de(41.33)	100def(0.43)	100e(0.66)	100ef(32.96)
	2.5	95.41efgh(0.56)	90.22fgh(36.22)	90.38hij(0.37)	74.11hi(0.43)	89.78gh(28.90)
	5	86.39hij(0.51)	86.81gh(35.22)	86.68ij(0.36)	71.38hi(0.44)	83.23g(26.94)
	10	87.91ghi(0.52)	76.58i(30.44)	76.77k(0.31)	63.85ij(0.37)	73.76i(23.54)

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش، زیست‌توده کل ریشه همه ژنوتیپ‌ها با افزایش مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک کاهش یافت. بیشترین کاهش مقدار زیست‌توده کل ریشه (۴۱/۶۵ درصد) در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کمترین مقدار کاهش (۲۳/۳۳ درصد) در ژنوتیپ هاشم در بالاترین مقدار بقایای علف‌کش‌ها (۴۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش، برای زیست‌توده اندام‌های هوایی معنی‌دار نبود.

در بین تیمارهای مربوط به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین (۷۲/۳۸ درصد) و کمترین (۲۵/۹۱ درصد) تلفات در زیست‌توده کل ریشه به‌ترتیب در تیمارهای ۴۰ و ۲/۵ درصد مقدار توصیه‌شده آن مشاهده شد. بقایای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل نیز اثر سوئی بر زیست‌توده کل ریشه گیاهان نداشت، ولی بقایای علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل در غلظت‌های ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر شبیه‌سازی‌شده تا ۳۰ درصد نیز باعث افزایش زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ‌های نخود شد.

جدول ۲- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش در خاک بر صفات موردبررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 2. Mean comparison of interactive effects of genotype and herbicide residue in soil on chickpea genotypes traits

Genotype	باقیمانده علف‌کش (درصد)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره در گیاه Node Number per plant	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیتروژن کل (میلی گرم)
	Herbicide residue (%)	Shoot dry matter (gr/plnat)		Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry matter (gr/plant)	Total nitrogen (m gr)
آی‌ال‌سی ۴۸۲ ILC 482	0	ns	100a*(39.92)	100a(0.85)**	100a(1.31)	100a(48.42)
	2.5	ns	87.35d(39.15)	86.85def(0.75)	78.75ghi(1.04)	87.65c(42.55)
	5	ns	89.26cd(36.42)	88.44def(0.76)	72.18efgh(1.09)	88.78c(43.16)
	10	ns	79.72e(36.33)	78.66gh(0.68)	71.25ijk(0.95)	79.30de(38.66)
	15	ns	75.10ef(35.42)	73.60hi(0.64)	67.74jkl(0.91)	74.66def(36.25)
	20	ns	72.08fg(28.67)	71.22ij(0.62)	67.34jkl(0.91)	71.40f(34.25)
	30	ns	68.87fg(27.33)	68.18ij(0.60)	65.20kl(0.89)	70.81f(33.56)
	40	ns	59.42h(25.15)	59.73kl(0.54)	58.59l(0.81)	62.35g(29.27)
کا کا KaKa	0	ns	100a(28.58)	100a(0.15)	100a(0.35)	100a(17.35)
	2.5	ns	97.17ab(27.58)	96.65ab(0.14)	96.67ab(0.34)	99.92a(16.92)
	5	ns	94.02abc(27.75)	93.56abc(0.14)	94.83abc(0.33)	91.46bc(15.48)
	10	ns	91.88bcd(26.17)	90.61bcde(0.13)	92.73abcd(0.32)	87.88c(14.84)
	15	ns	86.08d(24.50)	84.65efg(0.12)	87.32b-g(0.30)	80.47d(13.47)
	20	ns	79.53e(22.58)	81.29fg(0.12)	89.21b-f(0.31)	79.35de(12.7)
	30	ns	66.28g(18.75)	65.90jk(0.10)	80.93fgh(0.28)	72.21f(11.11)
	40	ns	57.62h(16.25)	54.01l(0.08)	68.43jk(0.24)	75.59def(11.25)
هاشم Hashem	0	ns	100a(62.67)	100a(0.49)	100a(0.73)	100a(39.33)
	2.5	ns	98.81a(55.01)	98.72a(0.48)	93.80abc(0.63)	98.50a(38.73)
	5	ns	91.47bcd(56.17)	90.87bcde(0.44)	86.43c-g(0.63)	91.04bc(35.38)
	10	ns	91.28bcd(50.42)	91.98bcd(0.45)	91.49a-e(0.59)	90.79bc(34.95)
	15	ns	88.84cd(56.17)	88.09cde(0.43)	93.98abc(0.58)	95.04ab(36.27)
	20	ns	72.08fg(45.83)	71.53ij(0.35)	83.40d-h(0.56)	73.59ef(32.25)
	30	ns	68.55g(44.08)	68.68ij(0.34)	80.64fghi(0.54)	70.65f(24.66)
	40	ns	67.93g(38.50)	67.66ij(0.33)	76.67hij(0.50)	70.74f(24.12)

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

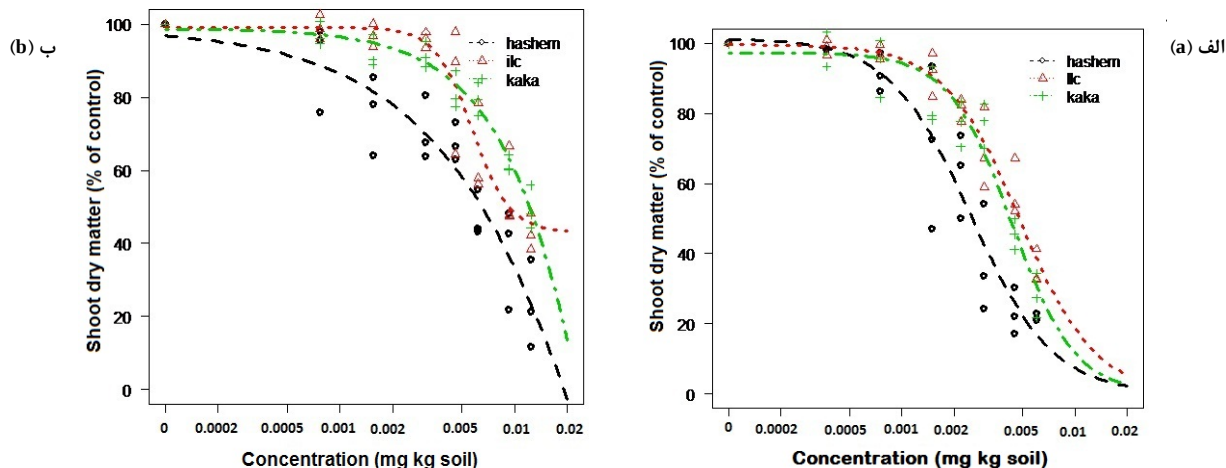
Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

در بررسی اثرات متقابل سه‌گانه علف‌کش-ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش در خاک، مشاهده شد که علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون در سطوح ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد از بقایای آن‌ها در خاک در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین تأثیر منفی را بر روی زیست‌توده اندام‌های هوایی گیاهان داشتند. بیشترین اثر منفی در بین علف‌کش‌های موردبررسی به سولفوسولفورون اختصاص داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار باقیمانده آن در خاک (۴۰ درصد)، زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی ۴۸۲، کاکا و هاشم را به ترتیب ۶۴، ۷۲ و ۷۶ درصد کاهش داد. در مورد علف‌کش مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین مقدار باقیمانده آن (۴۰ درصد) در خاک به ترتیب باعث کاهش ۵۷، ۵۰ و ۷۷ درصدی زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی ۴۸۲، کاکا و هاشم شد. اما بقایای علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل باعث افزایش زیست‌توده نخود شدند؛ به‌طوری‌که در بیشترین سطح از بقایای آن زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های هاشم، کاکا و آی‌ال‌سی ۴۸۲ را به ترتیب ۸۵، ۱۴ و ۱۷ درصد افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاهش زیست‌توده اندام‌های هوایی در نتیجه کاربرد مقادیر باقیمانده علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره می‌تواند به دلیل تأثیر بازدارندگی غیرمستقیم این علف‌کش‌ها بر فتوسنتز و فرایند تقسیم سلولی (Zhou et al., 2007) یا اثر مستقیم بر سنتز آمینو اسیدها باشد (Russel, 2002). بر طبق گزارش‌های Izadi-Darbandi et al., (2012) و Anderson et al., (2001) باقیمانده علف‌کش‌های تری‌بنورون متیل و کلروسولفورون، زیست‌توده اندام‌های هوایی نخود را کاهش دادند. در بررسی اثرات سه‌گانه علف‌کش-ژنوتیپ و باقیمانده علف‌کش در خاک، بر زیست‌توده کل ریشه گیاهان نیز مشاهده شد که زیست‌توده کل ریشه همه ژنوتیپ‌های نخود با افزایش بقایای دو علف‌کش سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون کاهش معنی‌داری یافتند و تأثیر بقایای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل از نظر آماری معنی‌دار نبود. گزارش شده است که علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل در محیط سریع به بنیان اسیدی خودش یعنی دیکلوفوپ تبدیل می‌شود و به‌صورت غیرفعال در می‌آید (Smith et al., 1986; Diao et al., 2010). از طرفی بر اساس گزارش‌های موجود این علف‌کش دارای نیمه‌عمر اندکی در خاک می‌باشد. به‌طوری‌که Diao et al., (2010) گزارش کردند که نیمه‌عمر دیکلوفوپ‌متیل در خاک کم و در شرایط هوای ۸/۷ تا ۴۳/۳ روز و در شرایط غیرهوازی خاک ۱۴/۷ تا ۷۷ روز می‌باشد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که عدم تأثیر گذاری علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل بر زیست‌توده اندام‌های

هوایی به دلیل هیدرولیز سریع آن و در نتیجه غیرفعال شدن آن در خاک می‌باشد. علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل نیز باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ هاشم شد، اما بر ژنوتیپ‌های کاکا و آی‌ال‌سی ۴۸۲ تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد تأثیر تحریک‌کننده علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل بر نخود، احتمالاً به دلیل ماده افزودنی مفن‌پایردی‌اتیل همراه آن می‌باشد که در ساختار شیمیایی آن نیتروژن به کار رفته است. (Han & Moon, 1998) گزارش کردند که این علف‌کش دارای قابلیت تحرک و ماندگاری کم در خاک است. (Guo, 2008) نیز گزارش کرد که علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل ماندگاری کمی در آب، خاک و گیاه دارد. نتایج نشان دادند که بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون در خاک، رشد ریشه گیاهان مورد مطالعه را بیش از اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که تلفات زیست‌توده ریشه، بیش از تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی بوده است. از آنجایی‌که ریشه گیاهان بیشتر در معرض بقایای علف‌کش‌ها قرار می‌گیرد و علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره به‌طور غیرمستقیم از بازدارندگان تقسیم سلولی در مناطق تقسیم سلولی از جمله مریستم‌های انتهایی ریشه محسوب می‌شوند، تأثیرپذیری بیشتر ریشه از بقایای علف‌کش‌های مذکور دور از ذهن نمی‌باشد.

از برازش داده‌های زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های مختلف نخود به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون به معادله‌های سه و چهارپارامتری سیگموئیدی، مشاهده شد که کمترین (0.0025 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (0.0047 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 در علف‌کش سولفوسولفورون به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و آی‌ال‌سی ۴۸۲ مشاهده شد و در مورد علف‌کش مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون کمترین (0.0057 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (0.00837 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 به ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول ۳). بر این اساس و با توجه به نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، هاشم حساس‌ترین و آی‌ال‌سی ۴۸۲ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش سولفوسولفورون در خاک باشند (شکل ۱). سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون بر اساس شاخص ED50 به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: هاشم < کاکا > آی‌ال‌سی ۴۸۲.



شکل ۱- پاسخ زیست توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 1. Shoot dry matter of chickpea genotypes in response to Sulfousulfuron (a) and Sulfousulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

جدول ۳ - پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست توده خشک اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه و چهار پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون در خاک

Table 3. Parameters estimated fitting 3 or 4 parameter logistic models of chickpea genotypes shoot dry weight to different residue of Sulfousulfuron and Sulfousulfuron+Metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	C	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfousulfuron	Hashem	1.85 (0.23)	-	101.41 (3.30)	0.0025 (0.00015)*
	ILC 482	2.02 (0.33)	-	99.61 (3.02)	0.0047 (0.00029)
	kaka	2.4 (0.43)	-	97.20 (3.06)	0.0043 (0.00023)
Sulfousulfuron + Metsulfuron	Hashem	0.77 (0.13)	-	98.99 (4.12)	0.1001 (0.1785)
	ILC 482	1.25 (1.61)	43.11 (6.99)	99.12 (2.55)	0.0057 (0.0006)
	kaka	2.02 (0.29)	-	98.83 (3.28)	0.0837 (0.2131)

(Standard error)*

برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون کمترین (۰/۰۰۱۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۱۱۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED₅₀ به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا مشاهده شد (جدول ۴).

در مورد علف‌کش سولفوسولفورون نیز کمترین (۰/۰۰۱۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۰۴۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED₅₀ به ترتیب در ژنوتیپ‌های آی ال سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول ۴) و

جدول ۴- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست توده خشک ریشه ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون در خاک

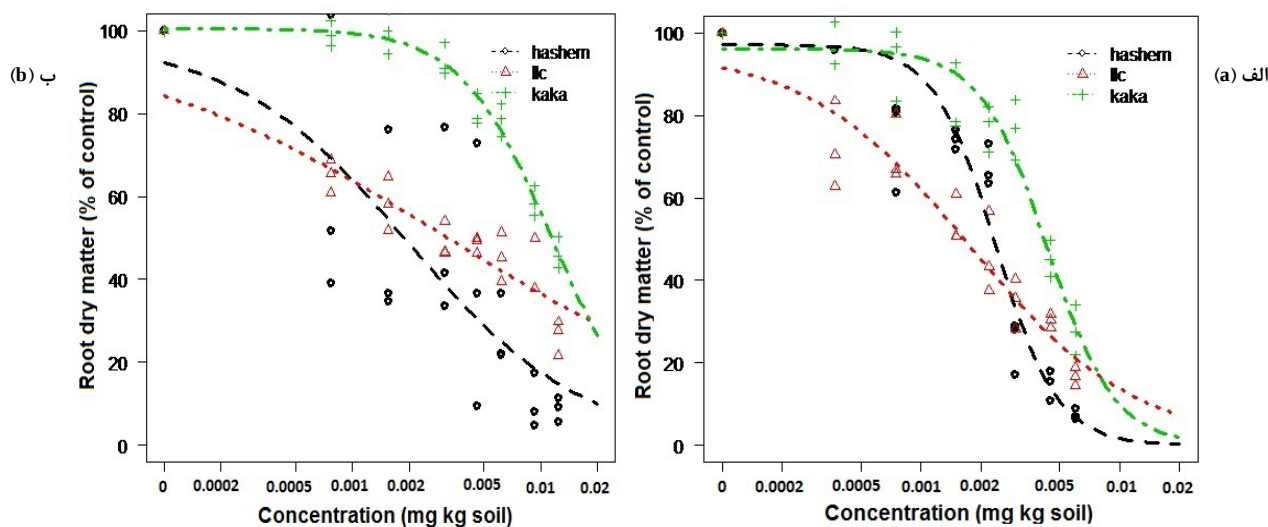
Table 4. Parameters estimated fitting 3 parameter logistic model of chickpea genotypes root dry weight to different residue of Sulfousulfuron and Sulfousulfuron+metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfousulfuron	Hashem	2.83 (0.35)	97.18 (3.82)	0.0023 (0.0001)*
	ILC 482	1.04 (0.13)	96.12 (4.19)	0.0017 (0.0002)
	kaka	2.56 (0.53)	96.09 (3.95)	0.0043 (0.0003)
Sulfousulfuron + Metsulfuron	Hashem	0.93 (0.15)	97.91 (6.11)	0.0019 (0.0003)
	ILC 482	0.48 (0.13)	99.69 (6.51)	0.0032 (0.0011)
	kaka	1.81 (0.51)	100.56 (4.81)	0.0113 (0.0013)

(Standard error)*

(شکل ۲). سایر ژنوتیپ‌ها نیز براساس تحمل به بقایای این علف‌کش به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: آی ال سی ۴۸۲ > هاشم > کاکا.

با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد ریشه ژنوتیپ‌های آی ال سی ۴۸۲ و کاکا به ترتیب حساسیت و تحمل بیشتری به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک داشته باشند



شکل ۲- پاسخ زیست‌توده ریشه ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و

مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 2. Root dry matter of chickpea genotypes in response to Sulfosulfuron (a) and Sulfosulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون و بیشترین آن نیز مربوط به ۴۰ درصد از باقیمانده علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل در خاک بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش، ژنوتیپ هاشم، بیشترین تعداد و زیست‌توده ترگره را در واکنش به بقایای علف‌کش‌ها داشت و ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ کمترین تعداد و زیست‌توده ترگره را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج حاصل از برازش رگرسیونی، بیشترین و کمترین شاخص ED_{50} در علف‌کش سولفوسولفورون، به ترتیب برای ژنوتیپ‌های کاکا ($0.031/0.031$ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و هاشم ($0.023/0.023$ میلی گرم در کیلوگرم خاک) مشاهده شد و برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون کمترین مقدار ED_{50} در ژنوتیپ هاشم ($0.047/0.047$ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین مقدار ED_{50} در ژنوتیپ کاکا ($0.087/0.087$ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بود (جدول ۵). بر این اساس، به نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، کاکا متحمل‌ترین و هاشم حساس‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش‌های سولفوسولفورون، مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون در خاک باشد (شکل ۳)؛ و سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس تحمل به بقایای علف‌کش به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

هاشم > آی‌ال‌سی ۴۸۲ > کاکا

برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون، ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ حساس‌ترین و ژنوتیپ کاکا متحمل‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش در خاک است (شکل ۱) و سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون بر اساس شاخص ED_{50} به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

آی‌ال‌سی ۴۸۲ > هاشم > کاکا

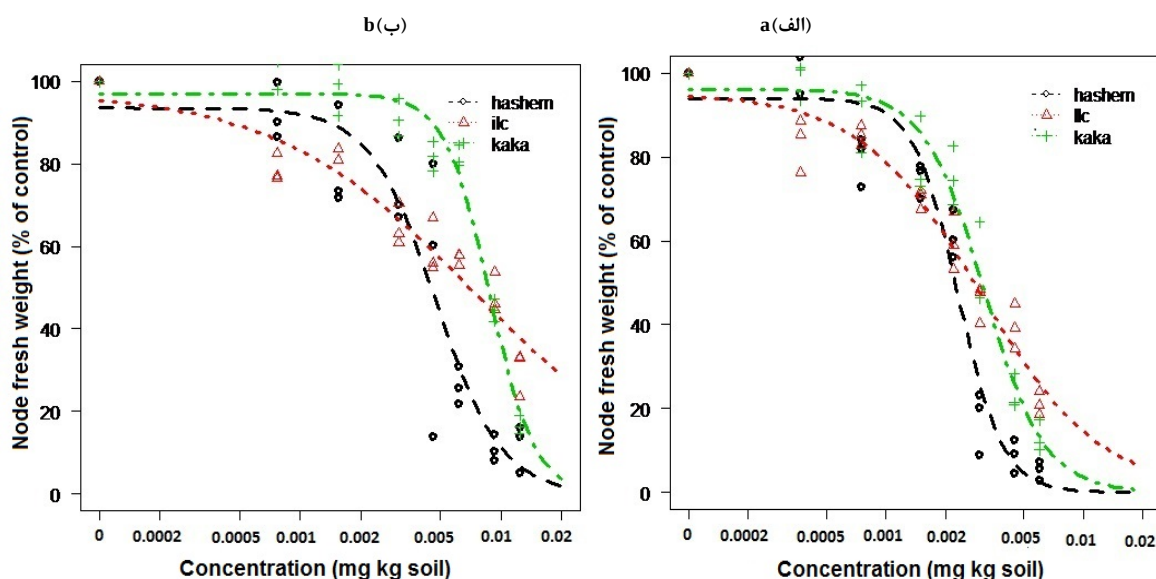
تعداد گره، زیست‌توده ترگره و مقدار نیتروژن نیز در همه ژنوتیپ‌های نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر بقایای علف‌کش‌ها در خاک، قرار گرفتند. در بررسی اثر متقابل علف‌کش-باقیمانده علف‌کش‌ها مشاهده شد که بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره اثر منفی بیشتری نسبت به علف‌کش‌های خانواده بازدارنده سنتز اسیدهای چرب بر تعداد و زیست‌توده ترگره داشتند؛ به طوری که علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون در بالاترین سطح باقیمانده در خاک، به ترتیب باعث کاهش ($86/37$ درصد) و ($77/29$ درصد) تعداد گره در ژنوتیپ‌های نخود شدند، ولی علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل باعث کاهش جزئی و حتی افزایش در تعداد گره شدند (جدول ۱). کمترین میزان گره مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۴۰ درصد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و

جدول ۵- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده تر گره ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک

Table 5. Parameters estimated fitting 3 parameter logistic model of chickpea genotypes nodule fresh weight to different residue of Sulfosulfuron and Sulfosulfuron+Metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfosulfuron	Hashem	3.83 (0.72)	94.03 (2.97)	0.0023 (0.0001)*
	ILC 482	1.48 (0.22)	95.21 (3.74)	0.0030 (0.0002)
	kaka	2.84(0.36)	96.16 (2.75)	0.0031 (0.0001)
Sulfosulfuron + Metsulfuron	Hashem	2.65 (0.51)	93.52 (3.65)	0.0047 (0.0003)
	ILC 482	0.87 (0.18)	97.57 (5.28)	0.0073 (0.0012)
	kaka	3.89 (0.75)	96.97 (2.84)	0.0087 (0.0004)

(Standard error)*



شکل ۳- پاسخ زیست‌توده تر گره ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 3. Node fresh weight of chickpea genotypes in response to Sulfosulfuron (a) and Sulfosulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

علف‌کش‌ها در خاک کاهش یافت. کمترین مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها تأثیر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا نداشت. حال این‌که تأثیر پایین‌ترین سطح باقیمانده علف‌کش‌ها در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ معنی‌دار بود (جدول ۲) در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین میزان نیتروژن (۹۹ درصد) در مقدار باقیمانده مذکور و در ژنوتیپ کاکا دیده شد. کمترین مقدار نیتروژن (۶۲/۳۵ درصد) نیز در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ و در ۴۰ درصد از باقیمانده علف‌کش‌ها مشاهده شد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ محتوای نیتروژن گیاه، حساسیت بیشتری نسبت به بقایای علف‌کش‌ها داشته است. اثر متقابل علف‌کش و ژنوتیپ بر مقدار نیتروژن کل گیاه معنی‌دار بود. بر این اساس تفاوت معنی‌داری بین چهار علف‌کش در هر ژنوتیپ دیده شد؛

در بررسی اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر نیتروژن تثبیت‌شده مشاهده شد که با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون، تلفات نیتروژن گیاه ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک به‌ترتیب باعث کاهش ۸۵/۸۶ و ۷۶/۰۴ درصدی در مقدار نیتروژن کل گیاهان شدند و از لحاظ آماری بین باقیمانده علف‌کش‌های مذکور تأثیر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن گیاهان مشاهده نشد (جدول ۱)؛ با این وجود علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل و فنوکسپروپ‌پی‌اتیل، باعث افزایش ۶/۳۸ و ۳۳/۹۸ درصدی مقدار نیتروژن کل گیاهان شدند. در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک نیز مشاهده شد که مقدار نیتروژن کل همه ژنوتیپ‌ها با افزایش مقدار باقیمانده

به‌طوری‌که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و تأثیر آنها مشابه بود. از سوی دیگر تأثیر علف‌کش‌های بازدارنده سنتز اسیدهای چرب نیز در ژنوتیپ‌های نخود یکسان بود؛ ولی اثرات بین دو گروه از علف‌کش‌ها در ژنوتیپ‌های نخود بسیار معنی‌دار بود. در هر ژنوتیپ کمترین و بیشترین میزان نیتروژن به‌ترتیب در اثر بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل مشاهده شد.

به‌طور کلی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود، مقدار نیتروژن ژنوتیپ هاشم بیش از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر منفی بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل +

سولفوسولفورون در خاک قرار گرفت و کمترین حساسیت در علف‌کش‌های مذکور مربوط به ژنوتیپ کاکا بود. علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل نیز باعث افزایش در نیتروژن کل گیاه در ژنوتیپ‌های کاکا و هاشم شد و در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ منجر به کاهش جزئی نیتروژن شد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا حساسیت کمتری نسبت به علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل از خود نشان می‌دهند و ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ نسبت به علف‌کش‌های مذکور حساس‌تر است (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش-ژنوتیپ بر صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 6. Mean comparison of interactive effects of herbicide and chickpea genotypes on measured traits

علف‌کش	ژنوتیپ	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره (در گیاه)	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیتروژن کل (میلی گرم)
Herbicide	Genotype	Shoot dry weight (gr/plant)	Node Number per plant	Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry weight (gr/plant)	Total Nitrogen (m gr)
سولفوسولفورون Sulfosulfuron	آی‌ال‌سی ILC 482	78.96de*(0.54)	63.12g(37.88)**	63.07f(0.54)	53.10f(0.64)	62.63g(34.12)
	کاکا KaKa	75.68e(0.53)	68.63f(19.83)	66.58f(0.1)	75.41e(0.26)	64.36fg(11.78)
	هاشم Hashem	63.46f(0.55)	55.62h(23.71)	56.07g(0.29)	59.24f(0.32)	57.53h(25.11)
دایکلوفوپ متیل Diclofop methyl	آی‌ال‌سی ILC 482	99.65f(0.51)	92.02c(59.13)	91.33c(0.82)	92.89c(1.21)	92.36e(39.48)
	کاکا KaKa	83.09d(0.48)	84.16d(24.12)	86.03d(0.13)	83.28d(0.29)	102.45c(16.13)
	هاشم Hashem	108.62b(0.34)	107.07b(41.67)	106.90b(0.51)	113.7b(0.61)	107.13b(36.87)
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop P-ethyl	آی‌ال‌سی ILC 482	104.06bc(0.61)	95.36c(65.17)	93.95c(0.91)	95.23c(1.45)	97.96d(53.42)
	کاکا KaKa	107.88b(0.53)	107.16b(29.63)	103.93b(0.15)	112.07b(0.38)	109.27b(16.92)
	هاشم Hashem	149.62a(0.51)	121.11a(49.46)	120.04a(0.61)	136.38a(0.81)	123.76a(44.43)
سولفوسولفورون+مت Sulfosulfuron + Metsulfuron	آی‌ال‌سی ILC 482	79.63de(0.49)	65.37fg(37.92)	64.99f(0.46)	54.31f(0.63)	65.19fg(26.16)
	کاکا KaKa	81.65de(0.67)	76.31e(22.13)	76.79e(0.11)	83.59d(0.29)	67.06f(11.53)
	هاشم Hashem	63.89f(0.77)	55.66h(20.5)	55.74g(0.25)	43.87g(0.19)	57.11h(23.68)

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

زراعی می‌تواند از مهم‌ترین مشکلات ناشی از کاربرد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در محصولات قبل از نخود باشد. از سوی دیگر با توجه به تفاوت در حساسیت ژنوتیپ‌های نخود در پاسخ به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک، این مهم می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ مناسب در شرایطی که احتمال آلودگی به بقایای علف‌کش وجود دارد، مورد توجه قرار گیرد. هر چند عوامل متعددی نظیر بالا بودن اسیدیته خاک، پایین بودن درجه حرارت و رطوبت خاک، پایین بودن مواد آلی و غیره، در ماندگاری علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره در خاک مؤثر است (Friesen & Wall, 1991) اما با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد لزوم رعایت فاصله زمانی در کاشت گیاهان زراعی بعدی پس از برداشت محصولاتی نظیر گندم که این علف‌کش‌ها در آنها کاربرد گسترده دارد، برای کاهش غلظت بقایای آنها در خاک ضروری است. از آنجایی که سطوح بررسی شده از بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل، فنوکساپروپیل اتیل نیز در این پژوهش، اثر منفی بسیار کم یا حتی اثر تحریک‌کنندگی بر ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های مورد بررسی نخود داشته است و با توجه به این که علف‌کش‌های مذکور باریک‌برگ‌کش می‌باشند و تأثیری بر نخود ندارند، این امکان وجود دارد که بتوان آنها را به عنوان علف‌کش انتخابی در مزرعه نخود معرفی کرد. در این ارتباط آزمایش‌های تکمیلی در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای پیشنهاد می‌شود.

بر اساس اطلاعات موجود، علف‌کش‌ها به چندین روش می‌توانند رابطه همزیستی لگوم-ریزوبیوم را تحت تأثیر قرار دهند. اعتقاد بر این است که آنها می‌توانند از طریق تأثیر مستقیم بر رشد گیاه، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن را متأثر سازند و یا از طریق تأثیر مستقیم بر بقاء و رشد ریزوبیوم‌ها توانایی آنها برای همزیستی با گیاهان میزبان را کاهش دهند. از سوی دیگر ممانعت از تشکیل سیگنال‌های بیوشیمیایی بین ریزوبیوم‌ها و گیاهان و کاهش توانایی تقسیم سلولی در ریشه گیاه برای تشکیل گره نیز می‌تواند از دیگر اثرات علف‌کش‌ها بر همزیستی لگوم-ریزوبیوم باشد (Anderson et al., 2004; Fox et al., 2007). با توجه به نتایج حاصل از این بررسی به نظر می‌رسد که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره مورد مطالعه با کاهش رشد گیاه و فراهمی مواد فتوسنتزی برای گره‌ها (Singh & Wright, 2002) زیست‌توده ریشه و در نتیجه مکان‌های آلوده‌سازی توسط باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، تعداد و زیست‌توده گره را کاهش داده‌اند و به این طریق توانسته‌اند میزان نیتروژن تثبیت‌شده گیاهان مورد مطالعه در این بررسی را کاهش دهند. در این ارتباط Soleimanpoor (2013) کاهش در نیتروژن کل گیاه ژنوتیپ‌های نخود را در اثر تیمار با بقایای علف‌کش‌های نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون در خاک گزارش نموده است. به طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک، می‌تواند آسیب‌پذیری بالایی در ژنوتیپ‌های نخود ایجاد کند. از این رو محدودیت در تناوب

منابع

1. Alonso-prados, J.L., Hernadez-Sevillano, E., Llanos, S., Villarroya, M., and Garcia-Baudin, J.M. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annuus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection 21: 1061-1066.
2. Anderson, A. 2001. The effect of acetolactate synthase (ALS) inhibiting herbicides on the growth, yield and nitrogen fixation of select legumes. Ph.D. Thesis. Adelaide University, South Australia.
3. Anderson, A., Baldock, J.A., Rogers, S.L., Bellotti, W., and Gill, G. 2004. Influence of chlorsulfuron on Rhizobial growth, nodulation formation, and nitrogen fixation with chickpea. Australian Journal of Agricultural Research 55: 1059-1070.
4. Diao, J., Xu, P., Wang, P., Lu, Y., Lu, D., and Zhou, Z. 2010. Environmental behavior of the chiral aryloxyphenoxypropionate herbicide diclofop-methyl and diclofop: enantiomerization and enantioselective degradation in soil. Environmental Science and Technology 44(6): 2042-2047.
5. Drew, E., Vadakattua, G., and Lawrence, I. 2006. Herbicide limit nitrogen fixation ability farming ahead, Cropping Pulses 28-30.
6. Fox, J.E., Gullledge, J., Engelhaupt, E., Burow, M.E., and McLachlan, J.A. 2007. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. Plant National Academy of Sciences of the USA (PNAS) 104: 10282-10287.
7. Friesen, G.H., and Wall, D.A. 1991. Residual effect of CGA-131036 and chlorsulfuron on spring-snow rotational crops. Weed Science 39: 280-283.

8. Global Agricultural Information Network. 2013. Report of assessments of commodity and trade issues made by USDA.
9. Guo, Z., Huang, F., and Xu, Z. 2008. Residue dynamics of 10% fenoxaprop-Pethyl + cyhalofop-butyl EC in rice. *Journal of Ecological Rural Environment* 24: 51-54.
10. Halloway, K.L., Kookana, R.S., Noy, D.M., Smith, J.G., and Wilhelm N. 2006. Crop damage caused by residual Acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. *Weed Research* 46: 1323-1331.
11. Han, S., Ahn, B., and Moon, Y. 1998. Adsorption and movement of fenoxaprop-P-ethyl in soils. *Korean Journal of Weed Science* 18: 325-332.
12. Iswaran, V., and Marwah, T.S. 1980. A modified rapid Kjeldahl method for determination of total nitrogen in agriculture and biological materials. *Geobios* 7: 281-282.
13. Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Dehghan, M., and Mahmoodi, G. 2011. Evaluation of crops susceptibility to mesosulfuron+iodosulfuron (total) residual in soil. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)* 25: 194-202. (In Persian).
14. Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Dehghan, V., and Mahmoodi, V. 2012. Evaluation of some of crops tolerance to herbicide residual of tribenuron methyl in soil. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)* 26: 362-369. (In Persian).
15. Jukanti, A.K., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., and Chibbar, R.N. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)* 108: S11-S26.
16. Moyer, J.R., and Hamman, V. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crop. *Weed Technology* 15: 42-47.
17. Peyvastegan, A., and Farahbakhsh, A. 2011. The residual effects of different doses of Atrazine, Alachlor and Foramsulfuron on the growth and physiology of rape seed (*Brassica napus* L.). *World Academy of Science, Engineering, and Technology* 5: 02-20.
18. Pour Azar, R., Zand, E., Baghestani, M.A., Mansoori, H., and Deihimfard, R. 2009. Response of some crops grown in rotation with wheat to the residues of sulfonylurea herbicides in Khuzestan province. *Journal of Agroecology* 1: 29-35. (In Persian).
19. Rogers, S., and Baldock, J. 2003. Herbicide link to low legume nitrogen fixation. *Farming Ahead* 134: 39-40.
20. Russel, M.H., Saladin, J.L., and Lichtner, I. 2002. Sulfonylurea herbicide. *Pesticide Outlook*. Royal Society of Chemistry 166-173.
21. Sanntin-montanya, I., Alonso-pradose, L., Villarroya, M., and Garcia-Baudin, J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. *Journal of Environmental Science and Health* 41: 781-793.
22. Singh, G., and Wright, D. 2002. In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia. *Letters in Applied Microbiology* 35: 12-16.
23. Smith, A.E., Grover, R., Cessna, A.J., Shewchuk, S.R., and Hunter, J.H. 1986. Fate of diclofop-methyl after application to a wheat field. *Journal of Environmental Quality* 15: 234-238.
24. Soleimanpoor Naghibi, Z. 2013. Study the effect of soil residues of sulfonylurea herbicides on growth, nodulation, and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). MSc. Thesis. University of Mashhad, Iran. PP. 98.
25. Strek, H.J. 2005. The science of DuPont's soil residual herbicides in Canada. In: R.C. Van Acker (Ed.). *Soil Residual Herbicides: Science and Management*, Volume 3, Sainte Anne-ed Bellevue, Quebec, Canada. PP. 31-44.
26. Zand, E., Mousavi, S.K., and Heidari, A. 2009. *Herbicides and Their Application*. Mashhad Jihad-e-Daneshghahi Publication.
27. Zhou, Q., Liu, W., Zhang, Y., and Liu, K. 2007. Review action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 89: 89-96.

Effects of soil residues of some wheat sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth, nodulation and biological nitrogen fixation

Mohammadnezhad^{1*}, R., Izadi Darbandi², I., Rastgoo², M. & Lakzian³, A.

1. MSc. Student of Weed Science, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2. Associate professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 7 March 2015
Accepted: 21 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44877

Introduction

Soil herbicides residue in agroecosystems is one of the important problems due to herbicides application. However herbicides residue in soil extend the period of weed control. Nevertheless, it may persist longer than desired and injure subsequent crops in rotation. Herbicides vary in their potential to persist in the soil. Some herbicides such as sulfonylurea herbicides are very persistent. Among registered herbicides for weed control in wheat fields in Iran, Sulfonylurea (e.g. sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron) and aryloxy phenoxy propionate (e.g. Diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl) are more important groups. With regard to the persistence of mentioned herbicides in soil, sulfonylurea herbicides may create problems in crop rotation. Since chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of important crops in rotation with wheat in Iran and the effect of sulfosulfuron, metsulfuron-methyl+sulfosulfuron, diclofop-methyl and fenoxaprop-p-ethyl on its growth, nodulation, and nitrogen fixation have not been studied yet. This study was conducted to investigate the effects of mentioned herbicides residue in soil on growth, nodulation, and nitrogen fixation of chickpea genotypes in controlled conditions.

Material and Methods

In order to study the effects of soil residue of some sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on growth, nodulation and nitrogen fixation of chickpea (*Cicer arietinum* L.), a pot experiment was conducted using factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. Factors included herbicide type in four levels (diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl, sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron), herbicides residue in soil in eight levels (0, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, and 40 percent of recommended dose for each herbicide) and chickpea genotypes in three levels (Hashem, ILC 482, and KaKa). After mixing the herbicide solution with prepared soil and planting, plants were maintained until the beginning of reproductive stage. In the early stage of reproductive, shoot biomass and root biomass, number of root node and total nitrogen content of plants were measured. The data were statistically analyzed using variance analysis, and differences among mean values of treatments were compared by Duncan test ($p \leq 0.05$) in SAS. For determination the dose of herbicides required to reduce 50% of plants response (ED50), the dose response curves were fitted simultaneously using the following three-parameter logistic model.

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

*Corresponding Author: ra.mohammadnezhad@stu.um.ac.ir; Mobile: 09159985180

Where f is the response (above ground dry weight, root dry weight and node dry weight), d is the upper limit, b is the curve slope, e denotes the dose required to give a response halfway between the upper and lower limits (ED50); and x is the herbicide concentration in soil. The validity of the above model and the comparison between the parameters were made using F-test for lack-of-fit with a 5% level of significance.

Results and Discussion

Results showed that sulfonylurea (sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron) and aryloxy phenoxy propionate (diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl) had the highest and the lowest effect on mentioned traits of plants, respectively. By increasing of sulfonylurea herbicides residue in soil, all measured traits decreased significantly ($p \leq 0.01$). However, soil residue of aryloxy phenoxy propionates herbicides did not significantly affect on chickpea genotypes. The lowest ED50 ($0.0025 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) and the highest ED50 ($0.0047 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) of sulfosulfuron herbicide soil residue for shoot biomass, were observed in Hashem and ILC482 genotypes, respectively and the lowest ED50 ($0.0057 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) and the highest ED50 ($0.0837 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) of metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicide soil residue, were observed in ILC482 and KaKa genotypes, respectively. Considering the results of the study, it can be noted that Hashem genotype showed more sensitivity to sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides soil residue compared to the other genotypes. Generally, results of this experiment showed that soil residue of sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides had significant and negative impact on chickpea growth. On the other hand, chickpea genotypes had different sensitivity to soil residue herbicides.

Conclusion

Results indicated that it is necessary to look the interval time in chickpea planting in rotation of wheat-chickpea. Moreover, selection of less sensitive chickpea genotypes to soil residue of sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides could be useful in their residue management.

Key words: Chickpea genotypes, Diclofop-methyl, Fenoxaprop-p-ethyl, Metsulfuron-methyl+sulfosulfuron, Sulfosulfuron

اثرات روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر خواص فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی لوبیای قرمز

عبداله ایمان‌مهر^۱ و ناصر گنجی خرم‌دل^{۲*}^۱- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک، a-imanmehr@araku.ac.ir^۲- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۱

چکیده

تحقیق حاضر، با هدف بررسی تأثیر پنج روش آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، بارانی سنتریپوت، بارانی ثابت و آبیاری سطحی اصلاح‌شده و چهار سطح نیاز آبی گیاه شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی دانه لوبیای قرمز (رقم ناز) انجام شد. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این تحقیق پارامترهای ابعاد، قطر متوسط هندسی، کرویت، حجم، سطح، دانسیته حجمی، دانسیته واقعی، تخلخل، سختی دانه، زاویه استقرار، ضریب اصطکاک، شاخص شنواری، درصد جوانه‌زنی و قدرت دانه اندازه‌گیری شد و اثر تیمارهای آزمایش بر فاکتورهای فوق بررسی گردید. نتایج نشان داد که بزرگترین ابعاد دانه و قطر هندسی لوبیا با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین ابعاد دانه با سیستم آبیاری بارانی سنتریپوت به‌دست آمد. تنها نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی‌داری را بر درصد کرویت دانه نشان داد. مقادیر دانسیته حجمی تحت سیستم آبیاری سطحی بیشترین مقدار (۷۲۲ گرم بر لیتر) و تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کمترین مقدار (۶۸۹ گرم بر لیتر) بود. دانسیته واقعی، درصد تخلخل و شاخص شنواری توسط تیمارهای آزمایش تحت تأثیر قرار نگرفتند. بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه‌های تولیدی تحت سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی (۱۶/۴ و ۱۶ درصد) بود. وزن صدانه و حجم دانه با افزایش مقدار آب مصرفی روند صعودی داشتند. بیشترین حجم دانه لوبیا (mm^3) ۸۷۶، تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و با بیشترین میزان آب مصرفی برابر ۱۲۵ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. بیشترین زاویه استقرار دانه‌ها برابر $23/2^\circ$ درجه و ضریب اصطکاک $0/387$ ، تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین زاویه استقرار برابر $20/4^\circ$ درجه و ضریب اصطکاک استاتیکی برابر $0/355$ تحت آبیاری سطحی اصلاح‌شده حاصل گردید. سختی دانه تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای مقدار آب مصرفی و سیستم‌های آبیاری قرار نگرفت. بیشترین سختی دانه ($61/5 N/mm^2$) در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین مقاومت دانه ($56/3 N/mm^2$) در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید. نتایج آنالیز آماری خصوصیات بیولوژیکی نشان داد که تنها سیستم آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی دانه دارد و بیشترین درصد جوانه‌زنی برابر $94/7$ درصد مربوط به دانه‌های تولید شده تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده و پس از آن آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، بارانی ثابت و در نهایت سیستم بارانی سنتریپوت بود.

واژه‌های کلیدی: خواص بیولوژیکی، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، سیستم‌های آبیاری، کم‌آبیاری، لوبیای قرمز

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات است که در دنیای جدید یکی از منابع مهم پروتئینی و کالری در تغذیه انسان محسوب می‌شود (Graham & Ranalli, 1997; Lymo et al., 1992; Geil et al., 1994). بر اساس آمار انتشار یافته سطح زیرکشت جهانی این گیاه بالغ بر ۲۴ میلیون هکتار با متوسط

عملکرد جهانی در حدود ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Graham & Ranalli, 1997). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۱۲۵ هزار هکتار با میانگین عملکردی بیشتر از متوسط عملکرد جهانی در حدود ۱۴۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. (Ghafari Khligh, 2000). خواص فیزیکی و مکانیکی دانه، کیفیت و تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین باید به‌عنوان پارامترهای اصلی در طراحی ماشین‌های کشاورزی نظیر کارنده‌ها، برداشت‌کننده‌ها، ماشین‌های تمیزش دانه، ماشین‌های درجه‌بندی، ماشین‌های خشک‌کن و تجهیزات ذخیره‌سازی در نظر گرفته شود (Harmond et al., 1962 & Zoerb, 1976). برخی

* نویسنده مسئول: اراک، خیابان شهیدبهرشتی، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی،

گروه مهندسی آب، کد پستی: ۳۸۱۵۶-۸-۸۳۴۹، تلفن همراه: ۰۹۳۹۳۹۷۵۲۵۷

n-ganjikhorrandel@araku.ac.ir

که با دانه در ارتباط می باشند، استفاده کرد (Bargale & Irudayaraj, 1995). اطلاع از خواص مکانیکی و فاکتورهای مؤثر در گسیختگی محصولات کشاورزی برای مدل سازی و طراحی سیستم های خردکن و ماشین های پس از برداشت اهمیت دارد (Afkari Sayyah & Minaei, 2004). در تحقیقی اثر پارامترهای خشک کن شامل سه سطح رطوبت (۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد بر مینای خشک)، سه سطح دمای خشک کردن (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس) و سه رقم سویا (هیل، پرشینگ و گرگان ۳) بر خواص مکانیکی دانه سویا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۱۴ درصد مقادیر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش داشته است و با افزایش دمای خشک کردن از ۵۰ به ۷۰ درجه سلسیوس، نیروی لازم برای گسیختگی دانه نیز افزایش می یابد. (Alami et al., 2009). در تحقیق دیگری اثر اندازه دانه در سه سطح (ریز، متوسط و درشت)، رطوبت در سه سطح (۷، ۱۲ و ۱۶ درصد بر پایه تر) و جهت بارگذاری در ۲ سطح (پهلوی و از رو) بر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه سه رقم نخود ایرانی (بیونژ، کاکا و جم) تحت اثر نیروهای شبه استاتیکی مطالعه شد. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت از ۷ به ۱۶ درصد، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش و انرژی لازم برای گسیختگی دانه در بارگذاری از پهلوی به طور معنی داری بیشتر از بارگذاری از رو به دست آمد (Khazaei et al., 2004). در پژوهشی دیگر خواص مکانیکی دانه لوبیاچیتی رقم محلی مشکین شهر در یک آزمایش فاکتوریل با سه عامل رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش رطوبت، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش، ولی انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش داشته است. همچنین نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی در بارگذاری در جهت عرض دانه بیشتر از بارگذاری در جهت ضخامت دانه بوده است. علاوه بر این، با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش داشته است (Gahhari Kermani, 2011). در تحقیق دیگری بررسی اثر محتوای رطوبتی بر خواص مکانیکی نشان داد که با افزایش رطوبت تغییر شکل در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست افزایش، ولی نیروی لازم برای شکست کاهش می یابد (Altuntaş & Yildiz, 2005). در تحقیقی خواص مکانیکی لوبیا به صورت تابعی از

خصوصیات فیزیکی دانه کلزا (در سه سطح رطوبتی ۴/۷، ۱۳/۱۴ و ۲۳/۹۶ درصد (بر پایه وزن تر) اندازه گیری و آنالیز گردید. بر اساس نتایج حاصله، تمام ابعاد دانه ها با افزایش سطح رطوبتی افزایش یافت. تخلخل، سطح مقطع، وزن هزاردانه و سرعت حد دانه ها با افزایش رطوبت افزایش و دانسیته حجمی و کرویت کاهش یافت (Calisir et al., 2005). بررسی خصوصیات فیزیکی سویا در محدوده رطوبتی ۸/۷ درصد تا ۲۵ درصد بر پایه خشک، شامل ابعاد هندسی، قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، سطح خارجی دانه، حجم و جرم دانه، وزن هزاردانه و جرم مخصوص حقیقی و جرم مخصوص ظاهری، نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت، به جز جرم مخصوص ظاهری که کاهش یافت، دیگر خواص ذکر شده با افزایش رطوبت افزایش یافتند (Deshpande et al., 1993). در تحقیقی خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی دانه گلرنگ، تحت تأثیر رطوبت بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت ضریب کرویت، قطر میانگین هندسی، حجم و جرم دانه افزایش یافت. همچنین با افزایش رطوبت درصد جوانه زنی افزایش و درصد قدرت دانه ها کاهش یافته است (Baumler et al., 2006). در تحقیقی دیگر خصوصیات فیزیکی دانه پنبه از قبیل شامل ابعاد هندسی، قطر میانگین هندسی، حجم، ضریب کرویت، تخلخل، جرم مخصوص حقیقی، جرم مخصوص ظاهری، وزن هزاردانه، ضریب اصطکاک، سرعت حد و نیروی لازم برای جدا کردن پوسته بررسی شد. نتایج نشان داد به جز جرم مخصوص ظاهری، تخلخل و نیروی لازم برای جدا کردن پوسته که با افزایش رطوبت کاهش یافتند و دیگر پارامترهای ذکر شده افزایش یافتند (Ozarslan, 2002). در پژوهشی دیگر تأثیر رطوبت بر برخی خصوصیات فیزیکی دانه آفتاب گردان مطالعه شد. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت، جرم مخصوص ظاهری کاهش و ضریب اصطکاک، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل و سرعت حد افزایش یافتند (Gupta & Das, 1997). بررسی خصوصیات بیولوژیکی دانه گندم نشان داد با افزایش رطوبت از ۵/۵ درصد تا ۸/۱۷ درصد (بر پایه تر) درصد جوانه زنی افزایش و درصد قدرت دانه ها کاهش می یابد (El Raie et al., 1996). یکی از راه های اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، شناخت ویژگی های مقاومتی محصول تحت شرایط مختلف است. برای حصول به این اطلاعات، انجام آزمون های مکانیکی مانند آزمون فشاری مفید خواهد بود. نیروی لازم برای گسیختگی دانه معیار مناسبی برای طراحی با کارایی و کیفیت بالاتر می باشد که از آن می توان به عنوان اصول اولیه و اساسی در طراحی و تنظیم قسمت های مختلف ماشین هایی

از آنجا که اطلاع از خواص فیزیکی و مکانیکی، پایه و اساس طراحی و بهینه سازی ماشین های فرآوری این محصولات را تشکیل می دهد و خواص بیولوژیکی در شناسایی ارقام پربازده و اقتصادی مؤثر است و با توجه به مطالعات اندک در تجمیع این نتایج در زمینه بقولاتی نظیر لوبیا، هدف این مقاله مطالعه این خواص می باشد.

مواد و روش ها

دانه های لوبیا تحت پنج سیستم آبیاری مختلف (قطره ای زیرسطحی، قطره ای سطحی، سنتریپوت، بارانی ثابت و روش سطحی اصلاح شده)^۱ کشت گردیدند. چهار سطح میزان آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد از نیاز آبی برای گیاه لوبیا در هر سیستم آبیاری بر طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی محلی موجود (شهر اصفهان) تعیین گردید (جدول ۱). در پایان، تمام پلات ها به صورت دستی برداشت گردید و برای مدت ۲۱ روز در معرض هوای آزاد قرار گرفت تا خشک شود. سپس غلاف ها و دانه ها به صورت دستی جدا گردید. حدود ۱۰ کیلوگرم دانه تمیز برای انجام محاسبات در نظر گرفته شد (رطوبت ۶ درصد بر پایه تر).

محتوای رطوبتی تعیین گردید و مشخص شد که مقاومت در برابر پوست شدگی دانه های لوبیا با افزایش محتوای رطوبتی، از ۱۰۰/۷۶ به ۵۹/۰۱ نیوتن کاهش می یابد (Tekin et al., 2006). اثر سرعت ضربه و محتوای رطوبتی بر آسیب های مکانیکی دانه های لوبیای سفید تحت بارگذاری ضربه ای مورد بررسی قرار گرفت و معلوم گردید که با افزایش سرعت ضربه از پنج به ۱۲ متر بر ثانیه، آسیب مکانیکی از ۳/۲۵ به ۳۷/۵ درصد افزایش می یابد و با افزایش محتوای رطوبتی از پنج به ۱۵ درصد، میانگین دانه های آسیب دیده ۱/۴ برابر کاهش پیدا می کند (Khazaei, 2008). با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت اطلاع از خواص لوبیای قرمز به منظور استفاده در سیستم های فرآوری، تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام شده است:

اثر سیستم های مختلف آبیاری در تعیین خواص فیزیکی لوبیا شامل: ابعاد، قطر میانگین هندسی، کرویت، سطح، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته حجمی، تخلخل و شاخص شناوری. اثر سیستم های مختلف آبیاری در تعیین خواص مکانیکی لوبیا شامل: ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه استقرار دینامیکی و سختی دانه.

اثر سیستم های مختلف آبیاری در تعیین خواص بیولوژیکی لوبیا شامل: درصد جوانه زنی و درصد قدرت دانه.

جدول ۱- کل میزان آب مورد نیاز آبیاری (متر مکعب در هر مرتبه) و تعداد آبیاری در سیستم های مختلف

Table 1. Total of water requirement (M^3 per irrigation) and No. of irrigation in different systems

سیستم های آبیاری Irrigation system	۵۰ درصد نیاز آبی %50 of Water requirement		۷۵ درصد نیاز آبی %75 of Water requirement		۱۰۰ درصد نیاز آبی %100 of Water requirement		۱۲۵ درصد نیاز آبی %125 of Water requirement	
	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of irrigation
قطره ای زیرسطحی Sub surface trickle	460	27	690	27	920	27	1150	27
قطره ای سطحی Surface trickle	460	27	690	27	920	27	1150	27
سنتریپوت Center pivot	590	19	890	19	1180	19	1480	19
بارانی ثابت Solid set	590	19	890	19	1180	19	1480	19
آبیاری سطحی اصلاح شده Modified surface irrigation	520	3	780	4	1040	4	1300	4

¹ Modified surface irrigation

خواص فیزیکی دانه لوبیا

سه بُعد اصلی دانه‌های لوبیای تازه شامل طول (a)، پهنا (b) و ضخامت (c) توسط یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. ابعاد ۳۰۰ دانه در هر آزمایش اندازه گرفته شد. با کمک این سه بُعد، قطر میانگین هندسی (d_g)، ضریب کرویت (ϕ) و حجم (V) دانه‌ها توسط روابط (۱) تا (۳) تعیین گردید (Mohsenin, 1970).

$$d_g = (a.b.c)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\phi = \left(\frac{d_g}{a}\right) \times 100 \quad (2)$$

$$V = \pi(a.b.c) / 6 \quad (3)$$

خواص حجمی دانه لوبیا

محتوی رطوبتی دانه

محتوی رطوبتی دانه‌های لوبیا با استفاده از نمونه‌های ۲۰ گرمی که در آن ۲ در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد، تعیین گردید و سپس بر حسب درصد ارائه شد.

دانسیته واقعی دانه‌ها

ابتدا وزن ۱۰۰ عدد دانه با کمک ترازوی الکتریکی اندازه‌گیری گردید (W). حجم واقعی دانه‌ها (V_a) با غوطه‌ور ساختن نمونه‌ها در یک استوانه مدرج پُر از آب و اندازه‌گیری حجم جابه‌جایی آب محاسبه شد. سپس دانسیته واقعی (ρ_a) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$\rho_a = W / V_a \quad (4)$$

دانسیته حجمی دانه‌ها

دانسیته حجمی (ρ_b) با اندازه‌گیری وزن نمونه‌های دانه لوبیا که در استوانه‌ای به گنجایش یک‌لیتر بدون فشردگی ریخته شد به دست آمد.

تخلخل دانه‌ها

تخلخل دانه‌های لوبیا با داشتن دانسیته واقعی و حجمی و با کمک رابطه زیر به دست آمد (Mohsenin, 1970):

$$\% \varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (5)$$

شاخص شناوری^۳

شاخص شناوری رابطه‌ای بین ضریب پُرشدگی و کل سطح جانبی دانه است و برابر مقدار زیر می‌باشد (El Raie et al., 1996).

(۶)

(gr) وزن دانه / (cm^2) کل سطح جانبی دانه = FI (شاخص شناوری) برای محاسبه سطح جانبی دانه‌ها (S_p) از رابطه زیر استفاده شد (McCabe et al., 1986).

$$S_p = \pi d_g^2 \quad (7)$$

خواص مکانیکی دانه

ضریب اصطکاک استاتیکی

ضریب اصطکاک استاتیکی نمونه دانه‌های لوبیا (به وزن ۱۰۰ گرم) با اندازه‌گیری تانژانت زاویه‌ای که ظرف نمونه دانه‌ها، بدون تماس لبه ظرف و تنها برقراری تماس دانه‌ها، شروع به لغزش بر روی سطح شیب‌دار فولادی داشته باشد (شکل ۱) از رابطه زیر به دست آمد (Sitkei, 1986).

$$\mu = \tan(\alpha) \quad (8)$$

زاویه استقرار دینامیکی

وسیله نشان داده شده در شکل ۲، برای اندازه‌گیری زاویه استقرار طبیعی دینامیکی (تخلیه) دانه‌های لوبیا به کار رفت. نمونه دانه‌ها در یک جعبه قرار داده شد و از یک دریچه که در ته آن تعبیه گردید به جریان درآمد که به موجب آن یک سطح قیفی شکل در جعبه و یک سطح مخروطی شکل در پایین جعبه تشکیل شد که قطر هیدرولیک (D) ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ریزش (H) ۱۵ سانتی‌متر است. زوایای این سطح با سطح افق، زاویه استقرار طبیعی دینامیکی می‌باشد که اندازه‌گیری شد (Sitkei, 1986).

سختی دانه

سختی دانه با استفاده از یک دستگاه مطابق شکل ۳ اندازه‌گیری گردید که نیروی اعمالی مورد نیاز جهت شکستن دانه را ایجاد و نشان می‌دهد. این دستگاه در دانشگاه اراک طراحی و ساخته شد. رابطه زیر برای محاسبه سختی دانه استفاده شد (Sitkei, 1986). پروب دستگاه استوانه‌ای به قطر ۲ میلی‌متر و سرعت بارگذاری ثبت شده توسط آن‌کودر دستگاه پنج میلی‌متر بر دقیقه بود.

$$(9) \quad \text{سطح تماس } (mm^2) / \text{نیروی شکست } (N) = \text{سختی دانه}$$

² Floating Index² Forced Convection

خواص بیولوژیکی دانه لوبیا

درصد جوانه‌زنی دانه‌ها

بزند. درصد جوانه‌زنی به‌صورت زیر محاسبه گردید
(El Raie *et al.*, 1996).

(۱۰)

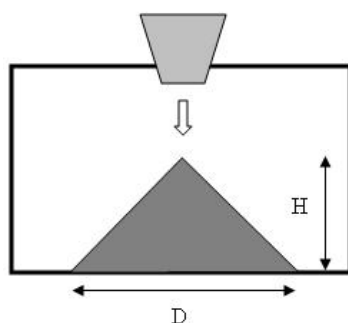
$100 \times (\text{کل دانه‌ها} / \text{تعداد دانه‌های جوانه‌زده}) = \text{درصد جوانه‌زنی}$

نمونه‌های ۱۰۰ عددی از دانه در چهار تکرار در هر آزمایش
بر روی کاغذ در پتری‌دیش‌های ۱۲/۵ سانتی‌متری در دمای
۲۰ درجه سانتی‌گراد برای دوره هفت‌روزه قرار داده شد تا جوانه



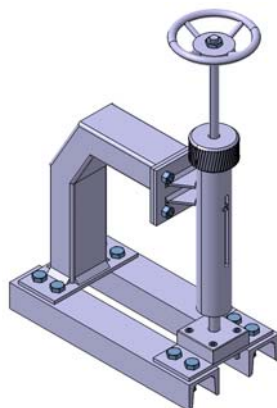
شکل ۱- سطح شیب‌دار جهت اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی (Sitkei, 1986)

Fig. 1. Sloping surface for static friction coefficient measurement (Sitkei, 1986)



شکل ۲- مکانیزم اندازه‌گیری زاویه استقرار دینامیکی دانه‌ها (Sitkei, 1986)

Fig. 2. Mechanism for measurement of seed dynamic establishment (Sitkei, 1986)



شکل ۳- دستگاه اندازه‌گیری سختی دانه

Fig. 3. Measurement unit of seed hardness

جدول ۲- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر ابعاد، حجم و درصد کروییت دانه لوبیا

Table 2. Effect of irrigation system, water requirement and reciprocal in dimension, volume and sphericity percent of bean seed

تیمارها Treatment	طول دانه Seed height (mm)	پهنای دانه Seed width (mm)	ضخامت دانه Seed thickness (mm)	حجم دانه Seed volume (mm ³)	قطر هندسی Geometric Diameter (mm)	کروییت Sphericity (%)
سیستم آبیاری Irrigation system						
S ₁ = فطره ای زیر سطحی sub surface trickle = S ₁	13	9.6	6.6	816	9.3	70.1
S ₂ = فطره ای سطحی surface trickle = S ₂	12.7	9.5	5.8	731	8.9	70.2
S ₃ = سنتر پیوت center pivot = S ₃	12.4	9.5	5.7	667	8.7	70.7
S ₄ = آبیاری ثابت Solid set = S ₄	12.8	9.7	6.4	793	9.2	71.7
S ₅ = آبیاری سطحی اصلاح شده Modified surface irrigation = S ₅	12.1	9.3	6.1	681	8.7	71.9
LSD	0.32	N.S.	N.S.	26.03	0.28	N.S.
نیاز آبی Water requirement						
W ₁ = 50% ETC	11.9	9.2	5.9	647	8.58	72.3
W ₂ = 75% ETC	12.5	9.6	6.1	738	9.03	72.3
W ₃ = 100% ETC	12.9	9.6	6.2	775	9.08	70.3
W ₄ = 125% ETC	13	9.5	6.2	790	9.18	68.8
LSD	N.S.	N.S.	N.S.	24.01	0.48	1.63
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system × water requirement						
W ₁ × S ₁	12.5	9.4	6.3	740	9.05	72.4
W ₂ × S ₁	13	9.5	6.3	778	9.2	70.6
W ₃ × S ₁	13.5	9.9	6.5	869	9.54	70.6
W ₄ × S ₁	12.8	9.5	7.2	876	9.75	66.9
W ₁ × S ₂	11.9	9.3	5.9	653	8.68	72.9
W ₂ × S ₂	12.4	9.3	6.1	703	8.9	71.8
W ₃ × S ₂	13	9.6	6	749	9.08	69.8
W ₄ × S ₂	13.6	9.7	5.2	818	9.04	66.4
W ₁ × S ₃	11.8	9	6.3	563	8.26	70
W ₂ × S ₃	12.5	9.7	5.7	691	8.84	70.7
W ₃ × S ₃	12.5	9.9	5.7	705	8.9	71.2
W ₄ × S ₃	12.6	9.2	6.1	707	8.91	70.7
W ₁ × S ₄	12.4	9.4	6.3	734	8.73	70.4
W ₂ × S ₄	12.8	10.6	6.4	868	9.54	74.5
W ₃ × S ₄	12.9	9.4	6.6	800	9.3	72.1
W ₄ × S ₄	13.1	9.3	6.3	768	9.15	69.8
W ₁ × S ₅	10.8	9	5.6	544	8.17	75.6
W ₂ × S ₅	11.7	9.1	6.1	649	8.66	74
W ₃ × S ₅	12.7	9.4	6.3	752	8.58	67.6
W ₄ × S ₅	13.1	9.6	6.2	780	9.21	70.3
LSD	N.S.	N.S.	N.S.	58.8	0.43	3.96

درصد قدرت دانه

نمونه هایی شامل ۱۰۰ عدد دانه در چهار تکرار در هر آزمایش بر روی کاغذ در پتری دیش های ۱۲/۵ سانتی متری و تحت دمای ۱۰ درجه سانتی گراد برای هفت روز نگهداری شد تا جوانه بزنند. درصد قدرت دانه به صورت زیر محاسبه شد (El Raie et al., 1996):

(۱۱)

$100 \times (\text{کل دانه ها} / \text{تعداد دانه های جوانه زده}) = \text{درصد قدرت دانه}$

آنالیز اماری

اطلاعات جمع آوری شده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل واریانس گردید و آزمون LSD برای مقایسه میانگین ها به کار رفت (Snedecor, 1956).

نتایج و بحث

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص هندسی دانه لوبیا

اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ نشان می دهد که سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها (به جز اثر معنی دار سیستم آبیاری بر طول دانه)، بر ابعاد دانه (طول، پهنا و ضخامت) اثر معنی داری ندارد. در حالی که حجم دانه محاسبه شده و قطر هندسی اختلاف معنی داری ناشی از اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها را نشان می دهد.

ابعاد

بزرگ ترین ابعاد شامل ۱۳mm طول، ۹/۶mm پهنا و ۶/۶mm ضخامت (با حجم ۸۱۶mm³) هنگامی که دانه لوبیا با سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی آبیاری گردید، به دست آمد؛ در حالی که کمترین ابعاد دانه شامل ۱۲/۴mm طول، ۹/۵mm پهنا و ۵/۷mm ضخامت (با حجم ۶۶۷mm³) هنگامی که سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت مورد استفاده قرار گرفت، به دست آمد. افزایش ابعاد دانه و حجم دانه ها تحت سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی احتمالاً به دلیل میزان نسبتاً زیاد آب در محدوده ریشه، تلفات تبخیر کمتر و آبشویی مواد غذایی توسط آبدوی یا نفوذ عمیق آب و در نتیجه افزایش انتقال متابولیت ها به سمت دانه ها می باشد. از طرف دیگر، باید توجه کرد که اگرچه ابعاد دانه (طول، پهنا و ضخامت) هیچ اختلاف معنی داری را نشان نمی دهند، حجم دانه به طور معنی داری توسط میزان آب کاربردی تغییر می کند.

حجم

حجم دانه با افزایش نیاز آبی افزایش می یابد، به طوری که همین که نیاز آبی از ۵۰ درصد به ۱۲۵ درصد افزایش می یابد، حجم دانه به طور تدریجی از ۶۴۷mm³ به ۷۹۰mm³ بیشتر می شود. بیشترین حجم دانه ۸۷۶mm³ در دانه های تولیدی تحت آبیاری قطره ای زیر سطحی و بیشترین میزان آب مصرفی (۱۲۵ درصد نیاز آبی) حاصل شد. می توان نتیجه گرفت که فاکتورهای کشاورزی مورد کاربرد نظیر سیستم آبیاری و نیاز آبی ممکن است بر ابعاد دانه اثر بگذارند؛ در نتیجه کشاورز باید به تنوع ابعاد دانه و حجم آن در یک توده دانه حتی اگر برای یک درجه انتشار معین باشد، توجه داشته باشد؛ چون که شرایط تولید مختلف بر ابعاد دانه هنگام استفاده از وسایل جداسازی و درجه بندی برای طراحی یا انتخاب فرآیند تأثیر گذار است.

قطر هندسی

سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها دارای اثرات معنی داری بر قطر هندسی دانه است و سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی بزرگترین قطر هندسی ۹/۳mm را ارائه می دهد، در حالی که مقادیر قطر هندسی برای دانه های تولیدی تحت سیستم های آبیاری بارانی سنترپیوت و سطحی (۸/۷mm) ثبت گردید. این نتایج با نتایج ابعاد و حجم دانه مشابه است؛ از این رو حالتی مشابه اثرات سیستم آبیاری به دست آمد. در نتیجه تنوع قطر هندسی دانه ممکن است به دلیل تنوع به دست آمده در ابعاد دانه در آزمایش آبیاری مشابه باشد. مقادیر آب مورد استفاده برای لوبیا دارای اختلاف های معنی داری بر قطر هندسی دانه است و افزایش تدریجی میزان آب از ۵۰ درصد نیاز آبی به ۱۲۵ درصد نیاز آبی باعث می شود قطر هندسی به تدریج از ۸/۵۸mm به ۹/۱۸mm افزایش یابد. بیشترین قطر هندسی دانه (۹/۵۷mm) زمانی ثبت گردید که دانه ها تحت سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی و میزان آب کاربردی ۱۲۵ درصد نیاز آبی تولید شد.

کرویت

تنها نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی داری را بر درصد کرویت دانه نشان داد. همین که ابعاد دانه و همین طور حجم محاسبه شده آن افزایش می یابد، کرویت دانه برعکس کاهش می یابد. یعنی افزایش ابعاد دانه و افزایش انتقال متابولیت ها به سوی دانه باعث گِردشدن دانه نگردید.

جدول ۳- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص حجمی دانه لوبیا

Table 3. Effect of irrigation system, water requirement and reciprocal on volumetric properties of bean seed						
تیمارها Treatment	دانسیتة حجمی Bulk density (g.l ⁻¹)	دانسیتة واقعی Actual density (g.cm ⁻³)	تخلخل Prosity (%)	شاخص شناوری Floating index (cm ² .g ⁻¹)	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds (g)	محتوی رطوبتی Moisture content (%)
سیستم آبیاری						
Irrigation system						
S ₁ = قطره ای زیرسطحی sub surface trickle = S1	689	1.24	42.5	8.3	61.5	16
S ₂ = قطره ای سطحی surface trickle=S2	708	1.25	42.8	7.5	60.2	15.4
S ₃ = سنتر پیوت center pivot=S3	717	1.22	45	7.2	56.4	16
S ₄ = آبیاری ثابت Solid set= S4	691	1.25	44.3	8	59.6	16.4
S ₅ = آبیاری سطحی اصلاح شده Modified surface irrigation= S5	722	1.22	44	7	56.3	15.7
LSD	17.1	N.S.	N.S.	N.S.	2.94	0.36
نیاز آبی						
Water requirement						
W ₁ = 50% ETC	725	1.25	43.6	7.3	56.3	15.6
W ₂ = 75% ETC	701	1.22	43.2	7.6	58.7	14.6
W ₃ = 100% ETC	690	1.24	44	7.6	60.4	16.3
W ₄ = 125% ETC	704	1.24	44	7.8	59.8	16.9
LSD	11.1	N.S.	N.S.	N.S.	1.58	0.22
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی						
Irrigation system× water requirement						
W ₁ ×S ₁	694	1.25	43	8	58.9	15.2
W ₂ ×S ₁	681	1.23	41	8.4	59.8	15.7
W ₃ ×S ₁	684	1.23	43	8.7	66.3	15.8
W ₄ ×S ₁	698	1.25	43	7.9	61.5	17.1
W ₁ ×S ₂	714	1.25	40	7.2	56.9	14.3
W ₂ ×S ₂	723	1.25	44	7.6	59.3	15.5
W ₃ ×S ₂	698	1.25	43	7.3	60.5	15.6
W ₄ ×S ₂	697	1.27	44	7.7	63.9	16.1
W ₁ ×S ₃	753	1.24	48	7.5	54.1	16.7
W ₂ ×S ₃	723	1.22	44	6.2	58.2	12.1
W ₃ ×S ₃	680	1.23	45	7.7	59.8	17.3
W ₄ ×S ₃	713	1.22	43	7.5	53.6	17.7
W ₁ ×S ₄	712	1.26	44	8.1	57.4	16.8
W ₂ ×S ₄	649	1.26	42	9.2	59.6	14.1
W ₃ ×S ₄	701	1.26	45	6.8	60.2	17.3
W ₄ ×S ₄	701	1.22	46	8	61.2	17.4
W ₁ ×S ₅	753	1.24	43	5.9	54.3	15.2
W ₂ ×S ₅	733	1.18	45	6.4	56.7	15.5
W ₃ ×S ₅	688	1.23	44	7.7	55.4	15.6
W ₄ ×S ₅	714	1.25	44	8.1	58.6	16.4
LSD	N.S	0.4	N.S.	N.S.	3.84	0.54

منفی بین حجم و کروییت دانه وجود دارد. این یافته ها یک نتیجه گیری مهم در اصول مورد استفاده در طراحی وسایل درجه بندی و جداسازی دانه ارائه می دهد.

درحالی که دانه هایی که کوچکترین ابعاد دانه را ناشی از تأثیر میزان آب (۵۰ درصد نیاز آبی) داشته اند، بیشترین درصد کروییت را نشان دادند. باید نتیجه گرفت که یک همبستگی

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص حجمی دانه لوبیا

اطلاعات ارائه شده در جدول ۳ اثرات سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها را بر خواص حجمی دانه های لوبیا نشان می دهد.

دانسیتة حجمی

سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه اثرات معنی داری را بر دانسیته حجمی نشان می دهند، درحالی که اثر متقابل آنها معنی دار نیست. مقادیر دانسیته حجمی تحت تأثیر سیستم آبیاری تغییر می کند، به طوری که سیستم آبیاری سطحی بیشترین مقدار (722 gr/l) و سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی کمترین مقدار (689 gr/l) را دارد. قابل توجه این که این دو سیستم به ترتیب بیشترین و کمترین درصد کرویّت را دارا هستند که عامل کرویّت باعث شده حفره های بین دانه ها با افزایش درصد کرویّت، کاهش یابد. در نتیجه دانه هایی که دارای درصد کرویّت بالا و فضاهای بین دانه ای کمتری هستند، بیشترین دانسیته حجمی را دارند؛ از این رو کاهش فضاهای بین دانه ای باعث می شود تعداد دانه هایی که در یک حجم معین قرار می گیرند، افزایش یابد و بالعکس. از طرف دیگر دانه هایی با کمترین ابعاد و حجم که تحت کمترین میزان آب آبیاری مورد استفاده (۵۰ درصد نیاز آبی) تولید شده است، بیشترین دانسیته حجمی را نشان داده اند (725 gr/l). حجم دانه دارای اثرات قابل توجهی بر دانسیته حجمی است، یعنی تیمارهایی نظیر افزایش آب آبیاری مورد استفاده در افزایش ابعاد دانه و نتیجتاً افزایش کل فضاهای بین دانه ای دخیل است و در نتیجه دانسیته حجمی کاهش می یابد.

دانسیتة واقعی

دانسیته واقعی، درصد تخلخل و شاخص شناوری توسط تیمارهای آزمایش تحت تأثیر قرار نگرفتند، در نتیجه تحلیل آماری، داده های به دست آمده معتبر نیستند (جدول ۳). نوع پلیمرهای ذخیره در لپه ها، محتوی رطوبتی و ظرفیت پُرشدگی، فاکتورهایی هستند که بر دانسیته واقعی دانه اثرگذار است. اگرچه این تحقیق اثرات معنی داری از تیمارهای به کاررفته بر برخی فاکتورهای تأثیرگذار بر دانسیته واقعی را نشان داد، اثرات منتج از این فاکتورها بر این که دانسیته واقعی تحت تأثیر قرار گیرد، تأکید نمی کند. بسیار قابل درک است، اگر ما نتیجه بگیریم که

تیمارهای آزمایش، پلیمرهای ذخیره در لپه ها را که فاکتورهای بسیار مهمی در دانسیته واقعی است را تحت تأثیر قرار نداده است. بنابراین انجام تیمارهای آزمایش هیچ اثری را بر دانسیته واقعی نشان نمی دهد.

تخلخل و شاخص شناوری

به طور مشابه، درصد تخلخل اختلاف های معنی داری را نشان نمی دهد، حتی زمانی که فاکتورهایی نظیر ابعاد دانه، حجم و کرویّت که تخلخل را تحت تأثیر قرار می دهد، اختلاف معنی داری دیده نشد. ضمناً تغییر ابعاد دانه اثری بر سطح نداشته است، درحالی که بر شاخص شناوری به طور قابل ملاحظه ای تأثیرگذار است. می توان نتیجه گرفت که دانسیته واقعی دانه، درصد تخلخل و شاخص شناوری خواص فیزیکی هستند که وابسته به فاکتورهای آزمایشات ما نیستند.

وزن ۱۰۰ دانه و محتوی رطوبتی

داده های ارائه شده در جدول ۳ نشان می دهد که سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها دارای اثر معنی داری بر وزن ۱۰۰ دانه و محتوی رطوبتی دانه است. بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه های تولیدی تحت سیستم های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی ($16/4$ و 16 درصد) است که این محتوی رطوبتی بالا به واسطه رطوبت بالای حاکم بر پوشش گیاه در حین فرآیند آبیاری است و در نتیجه، دانه ها در ابتدا و قبل از این که در معرض هوای خشک قرار داده شوند، محتوی رطوبتی بالایی دارند، بنابراین تغییر در محتوی رطوبتی نهایی دانه مشخص می کند که دانه تولید شده تحت رطوبت نسبتاً بالا دارای محتوی بیشتری است و در نتیجه زمان بیشتری برای خشک کردن آنها نسبت به دانه های تولیدی تحت سایر سیستم های آبیاری لازم است. محتوی رطوبتی بالا در وزن ۱۰۰ دانه سهمی ندارد، زیرا تیمارهایی که محتوی رطوبتی بالایی داشته اند، وزن ۱۰۰ دانه کمتری را نشان می دهند؛ درحالی که دانه های که حجم و ابعاد دانه بزرگتری را دارند (آبیاری قطره ای زیر سطحی)، بزرگترین وزن ۱۰۰ دانه را نشان می دهد ($61/5$ گرم). به این معنی که ظرفیت پُرشدگی دانه بر وزن ۱۰۰ دانه تأثیرگذارتر است تا محتوی رطوبتی.

جدول ۴- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص مکانیکی دانه لوبیا
 Table 4. Effect of irrigation system, water requirement and cross effect on mechanical bean characteristics

تیمارها Treatment	زاویه استقرار (درجه) Establishment angle (degree)	ضریب اصطکاک Friction coefficient	سختی دانه Seed hardness (N/mm ²)
سیستم آبیاری Irrigation system			
S ₁ = قطره ای زیر سطحی = S1 sub surface trickle = S1	23.2	0.388	61.5
S ₂ = قطره ای سطحی = S2 surface trickle = S2	22	0.379	60.1
S ₃ = سنتر پیوت = S3 center pivot = S3	20.6	0.370	56
S ₄ = آبیاری ثابت = S4 Solid set = S4	20.9	0.360	59.6
S ₅ = آبیاری سطحی اصلاح شده = S5 Modified surface irrigation = S5	20.4	0.355	56.3
LSD	1.73	0.008	N.S.
نیاز آبی Water requirement			
W ₁ = 50% ETC	21.2	0.379	62
W ₂ = 75% ETC	21.7	0.374	59
W ₃ = 100% ETC	21.7	0.366	57.6
W ₄ = 125% ETC	21	0.363	56.2
LSD	N.S.	0.008	N.S.
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system × water requirement			
W ₁ × S ₁	22.9	0.39	66.4
W ₂ × S ₁	23.8	0.383	61.3
W ₃ × S ₁	23.3	0.39	59.3
W ₄ × S ₁	22.8	0.387	58.9
W ₁ × S ₂	21.3	0.387	63.9
W ₂ × S ₂	23.5	0.383	60.5
W ₃ × S ₂	23.5	0.370	59.3
W ₄ × S ₂	19.8	0.377	56.5
W ₁ × S ₃	20.8	0.390	59.9
W ₂ × S ₃	21.1	0.390	56.3
W ₃ × S ₃	20.3	0.344	54.1
W ₄ × S ₃	20.3	0.357	53.7
W ₁ × S ₄	20.5	0.370	61.9
W ₂ × S ₄	20.6	0.357	60.3
W ₃ × S ₄	20.3	0.370	59.6
W ₄ × S ₄	22.3	0.344	57.4
W ₁ × S ₅	20.7	0.357	58.6
W ₂ × S ₅	19.4	0.357	56.7
W ₃ × S ₅	21.3	0.357	55.5
W ₄ × S ₅	20.1	0.351	54.3
LSD	N.S.	0.02	N.S.

به دست آمده است. این نتایج به واسطه افزایش سطح تماس بین دانه ها و سطح فلز، در نتیجه افزایش ابعاد دانه ها تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی حاصل گردید. از طرف دیگر، ضریب اصطکاک دانه ها با افزایش نیاز آبی گیاه از ۵۰ درصد تا ۱۲۵ درصد نیاز آبی، از ۰/۳۷۹ به ۰/۳۶۳ کاهش یافت. کاهش اصطکاک به دلیل افزایش ظرفیت پُرسیدن دانه و محتوی رطوبتی است؛ زیرا باعث می شود دانه کمترین انقباض (کوچک شدن) و چروکیدگی را داشته باشد و در نتیجه ضریب اصطکاک دانه ها کاهش یابد.

سختی دانه

نتایج نشان داد که سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری بر سختی دانه لوبیا ندارد. بر اساس نتایج، سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری بر سختی دانه لوبیا ندارد. تیمارهای آزمایش اثر معنی داری بر سختی دانه نداشت. بیشترین سختی دانه ($61/5 \text{ N/mm}^2$) در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین مقاومت دانه ($56/3 \text{ N/mm}^2$) در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید. از لحاظ نیاز آبی بیشترین مقاومت دانه (62 N/mm^2) در نیاز آبی ۵۰ درصد به دست آمد و با افزایش نیاز آبی مقاومت دانه کاهش یافت.

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص بیولوژیکی دانه لوبیا

نتایج آنالیز آماری در جدول ۵ نشان می دهد که تنها سیستم آبیاری دارای اثر معنی داری بر درصد جوانه زنی دانه بود. بیشترین درصد جوانه زنی ($94/7$ درصد) مربوط به دانه های تولید شده تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح شده و پس از آن آبیاری قطره ای زیرسطحی ($93/3$ درصد)، قطره ای سطحی (92 درصد)، بارانی ثابت ($90/7$ درصد) و در نهایت سیستم بارانی سنتر پیوت ($89/3$ درصد) است.

درصد جوانه زنی

قابل توجه این که سیستم هایی که باعث پاشش آب بر روی پوشش گیاه نمی شوند، درصد جوانه زنی بالایی دارند و آنهایی که آب آبیاری را بر روی گیاه اسپری می کنند، به علت ایجاد رطوبت بالا در اطراف گل آذین هایی که غلاف ها را شکل می دهند، کمترین درصد جوانه زنی را نشان دادند. میزان آب آبیاری مصرفی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی داری بر درصد جوانه زنی نشان نداد.

وزن ۱۰۰ دانه به طور معنی داری با افزایش آب آبیاری تا میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی افزایش می یابد ($60/4$ گرم)، ضمناً محتوی رطوبتی در دانه لوبیا همین که آب آبیاری تا ۱۲۵ درصد نیاز آبی بیشتر می شود، افزایش می یابد ($16/9$ درصد). بنابراین، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه از دانه های تولیدی تحت آبیاری قطره ای زیرسطحی و میزان آب آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمده است ($66/3$ گرم). اگرچه، بیشترین محتوی رطوبتی دانه زمانی به دست آمد که دانه ها تحت سیستم آبیاری گردشی و با میزان آب آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی تولید شده اند. کشاورز و مهندس کشاورزی باید به وزن ۱۰۰ دانه توجه داشته باشد، زیرا این پارامتر در تعیین دانه های با کیفیت خوب، بسیار مهم است. همچنین محتوی رطوبتی دانه پارامتر مهمی است که کشاورز را در فرآیند مورد نیاز و سطح مناسب خشک کردن جهت انتقال و ذخیره ایمن دانه ها کمک می کند.

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص مکانیکی و اصطکاکی دانه لوبیا

نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می دهد که تنها سیستم آبیاری دارای اثر معنی داری بر زاویه استقرار دانه است، به گونه ای که بیشترین زاویه استقرار ($23/2$ درجه) برای دانه های تولیدی تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی به دست آمد؛ در حالی که کمترین مقدار زاویه استقرار ($20/4$ درجه) تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح شده نتیجه گردید.

زاویه استقرار

بیشتر بودن زاویه استقرار دانه ها تحت آبیاری قطره ای زیرسطحی، به دلیل بیشتر بودن ابعاد دانه های تولیدی تحت این سیستم آبیاری در مقایسه با ابعاد دانه های تولیدی تحت سایر سیستم های آبیاری است. از طرف دیگر، باید توجه کرد که نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی داری را بر زاویه استقرار نشان نداده است. زاویه استقرار دانه ها پارامتری است که نقش کلیدی در طراحی ماشین های انتقال دانه ایفا می کند.

ضریب اصطکاک استاتیکی

ضریب اصطکاک استاتیکی دانه های لوبیا بر روی سطح فولادی به طور معنی داری توسط سیستم آبیاری، نیاز آبی گیاه و اثر متقابل آنها تحت تأثیر قرار گرفت، به گونه ای که بیشترین مقدار ضریب اصطکاک ($0/387$) تحت آبیاری با سیستم قطره ای زیرسطحی بود، در حالی که کمترین مقدار ضریب اصطکاک ($0/355$) تحت آبیاری با سیستم سطحی اصلاح شده

جدول ۵- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص بیولوژیک دانه لوبیا
 Table 5. Effect of irrigation system, water requirement and cross effect on biological bean characteristic

تیمارها Treatment	جوانه زنی دانه (درصد) Seed germination (%)	قدرت دانه (درصد) Seed power (%)
سیستم آبیاری Irrigation system		
S ₁ = قطره ای زیر سطحی = S1 sub surface trickle = S1	93.3	75.2
S ₂ = قطره ای سطحی = S2 surface trickle = S2	92	78.4
S ₃ = سنتر پیوت = S3 center pivot = S3	89.3	82.3
S ₄ = آبیاری ثابت = S4 Solid set = S4	90.7	76.2
S ₅ = آبیاری سطحی اصلاح شده = S5 Modified surface irrigation = S5	94.7	79.9
LSD	4.42	6.45
نیاز آبی Water requirement		
W ₁ = 50% ETC	92.7	80.7
W ₂ = 75% ETC	84.1	78.8
W ₃ = 100% ETC	86.9	76.1
W ₄ = 125% ETC	92	78
LSD	N.S.	N.S.
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system × water requirement		
W ₁ × S ₁	93.3	81
W ₂ × S ₁	78.7	66.3
W ₃ × S ₁	85.3	76.3
W ₄ × S ₁	93.3	77.3
W ₁ × S ₂	96	96
W ₂ × S ₂	86.7	72.3
W ₃ × S ₂	93.3	69.7
W ₄ × S ₂	92	75.7
W ₁ × S ₃	92	73.3
W ₂ × S ₃	88	83.7
W ₃ × S ₃	78.7	84.7
W ₄ × S ₃	89.3	87.3
W ₁ × S ₄	85.3	73.3
W ₂ × S ₄	74	83.7
W ₃ × S ₄	84	84.7
W ₄ × S ₄	90.7	87.3
W ₁ × S ₅	96.7	80
W ₂ × S ₅	93.3	88
W ₃ × S ₅	93.3	75.3
W ₄ × S ₅	94.7	76.3
LSD	N.S	7.74

- اگرچه سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت کمترین درصد جوانه زنی را نشان داد، دارای بیشترین درصد قدرت دانه (۸۲/۳ درصد) بود و سیستم آبیاری سطحی اصلاح شده بعد از آن با مقدار (۷۹/۹ درصد) قرار داشت و با سیستم آبیاری سنترپیوت اختلاف معنی داری نداشت. سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی در مقایسه با سایر سیستم های آبیاری، دانه هایی با کمترین درصد قدرت دانه تولید نمود (۷۵/۲ درصد). بنابراین می توان نتیجه گرفت که درصد قدرت دانه پاسخ متفاوتی نسبت به درصد جوانه زنی دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی دارد.
- دانسته حجمی تحت تأثیر سیستم آبیاری سطحی بیشترین و تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی کمترین است.
- بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه های تولیدی تحت سیستم های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی است.
- بیشترین وزن ۱۰۰ دانه تحت آبیاری قطره ای زیرسطحی و میزان آب آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و بیشترین محتوی رطوبتی دانه ها تحت سیستم آبیاری گردشی و با میزان آب آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی به دست آمد.
- بیشترین و کمترین زاویه استقرار به ترتیب تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی و آبیاری سطحی اصلاح شده است.

قدرت دانه

- مقادیر آب آبیاری اثرات معنی داری بر درصد قدرت دانه نشان نداد. درضمن، اثرات متقابل آن با سیستم آبیاری بر درصد قدرت دانه معنی دار بود. دانه های تولید شده تحت سیستم آبیاری سطحی و مقدار آب ۵۰ درصد نیاز آبی بیشترین درصد قدرت دانه (۹۶ درصد) را داشتند.
- بیشترین مقدار ضریب اصطکاک تحت آبیاری با سیستم قطره ای زیرسطحی بود، در حالی که کمترین مقدار ضریب اصطکاک تحت آبیاری با سیستم سطحی اصلاح شده به دست آمد.
- بیشترین سختی دانه در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین آن در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید.
- بیشترین درصد جوانه زنی مربوط به سیستم آبیاری سطحی اصلاح شده و پس از آن آبیاری قطره ای زیرسطحی، قطره ای سطحی، بارانی ثابت و در نهایت سیستم بارانی سنتر پیوت بود.
- اگرچه سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت کمترین درصد جوانه زنی را نشان داد، دارای بیشترین درصد قدرت دانه بود.

نتیجه گیری

- تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر پنج روش آبیاری و چهار سطح آب مصرفی نیاز آبی گیاه بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی دانه لوبیای قرمز انجام شد. خلاصه نتایج به صورت زیر است:
- بزرگ ترین ابعاد، قطر هندسی و حجم دانه لوبیا با سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی و کمترین ابعاد دانه با سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت به دست آمد.

منابع

1. Afkari Sayyah, A.H., and Minaei, S. 2004. Behavior of wheat kernels under quasi-static loading and its relation to grain hardness. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 11-19.
2. Alami, H., Khoshtayhaza, M.H., and Minaei, S. 2009. Determination of mechanical properties of soybean. Iranian Journal of Food Science and Technology 6(2): 113-124. (In Persian).
3. Altuntaş, E., and Yildiz, M. 2005. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. Journal of Food Engineering 78(1): 174-183.
4. Bargale, P.C., and Irudayaraj, J. 1995. Some mechanical properties and stress relaxation characteristics of lentils. Canadian Agriculture Engineering 36(4): 247-254.
5. Baumler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S.M., and Riccobene, I.C. 2006. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering 72: 134-140.
6. Calisir, S., Marakoglu, T., Ogut, H., and Ozturk, O. 2005. Physical properties of rapeseed. Journal of Food Engineering 69: 61-66.
7. Deshpande, S.D., Bal, S., and Ojha, T.P. 1993. Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research 56(2): 89-98.
8. El-Raie, A.E.S., Hendawy, N.A., and Taib, A.Z. 1996. Study of the physical and engineering properties for some agricultural products. Misr Journal of Agricultural Engineering 13(1): 211-226.

9. Gahhari Kermani, F. 2011. Determination of some physical and mechanical properties of a common Iranian variety of kidney bean Grains. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran (in Persian).
10. Geil, P.B., and Anderson, J.W. 1994. Nutrition and health implications of dry beans: a review. Journal of the American College of Nutrition 13(6): 549-558.
11. Ghafari Khaligh, G. 2000. Scattering of bean in iran. Seed and Plant Improvement Institute. Education Publication, 11p. (In Persian).
12. Graham. P.H., and Ranalli, P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research 53:131-146.
13. Gupta, R.K., and Das, S.K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 66(1): 1-8.
14. Harmond, J.E., Brand-Enburg & Jensen, L.A. 1962. Physical properties of seeds. Trans. ASAE 8(1):30-32.
15. Khazaei, J. 2008. Characteristics of mechanical strength and water absorption in almond and its kernel. Cercetări Agronomice în Moldova Xli(1) (133): 37-51.
16. Khazaei, J., Rajabipour, A., Mohtasebi, S and Behrozielar, M. 2004. Determination of force and energy required for rupture of chickpea kernel in quasi-static loading. Iranian Journal of Agricultural Science 35(3): 765-766. (In Persian).
17. Lyimo, M., Mugula, J., and Elias, T. 1992. Nutritive composition of broth from selected bean varieties cooked for various periods. Journal of the Science of Food & Agriculture 58(4): 535-539.
18. McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. 1986. Unit Operations of Chemical Engineering. NY: McGraw-Hill.
19. McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. 1986. Unit Operations of Chemical Engineering. NY: McGraw-Hill.
20. Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Material. Volume 1. Gordon and Beach Sc. Pub. Inc. New York, pp. 58-60.
21. Özarlan, C. 2002. Physical properties of cotton seed. Biosystems Engineering 83: 169-174.
22. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier Sc. Pub., Amsterdam, Netherlands 13-23.
23. Snedecor, G.W. 1956. Statistical Methods. 5th Ed. Iowa State Univ. Press., Ames, Iowa, USA.
24. Tekin, Y., Isik, E., Unal, H., and Okorsoy, R. 2006. Physical and mechanical properties of Turkish Goynuk Bombay Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 9(12): 2229-2235.
25. Zoerb, G.C. 1976. Instruction and measurement techniques for determining physical properties of farm products. Trans. ASAE 10(1): 100-104.

Effects of different irrigation methods on physical, mechanical and biological properties of red bean

Imanmehr¹, A. & Ganji Khorramdel^{2*}, N.

1. Assistant professor of Agricultural Machinery Mechanics, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran

2. Assistant professor of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran

Received: 25 May 2015

Accepted: 23 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44931

Introduction

Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) or common beans have been characterized as a nearly perfect food because of their high protein, fiber, prebiotic and vitamin B (Lymo *et al.*, 1992; Geil *et al.*, 1994). Dry beans can also be grown in a variety of eco-agricultural regions. As a result, dry beans are used throughout the world representing 50% of the grain legumes consumed as a human food source. Bean forms a good source of income for farm families. In Iran, bean is a major source of food security, readily available and popular food to both the urban and rural population. Of the different dry bean varieties grown in Iran; "Red, Naz, Goli and Sayad" account for vast majority in term of production and consumption. Although all the varieties contain similar major components (protein, fat, carbohydrates and minerals), each have unique minor physical, mechanical and biological profiles that can affect their functional food outcomes. Yet, dry bean is understudied with research programs remaining critically underfunded compared to other commodities. Therefore, the objective of this study was to provide physical, mechanical and biological information on Red dry bean as an important crop.

Materials and Methods

The beans were selected and cleaned manually. It was ensured that the seeds were free of dirt, broken and immature once, and other foreign materials. The experiment was carried out for five irrigation methods (sub-surface trickle, surface trickle, sprinkler center pivot, solid set sprinkler and modified surface irrigation) and four water levels of crop water requirement (50%, 75%, 100% and 125%) on yield and physical and mechanical properties of red bean landraces in central of Iran. Experiments were conducted in a randomized complete block design with three replications for one year in Isfahan. In this research parameters such as geometrical diameter, sphericity percent, angle of repose and grain strength were measured and the effect of experimental treatments on these parameters were investigated.

Results and Discussion

Physical, mechanical and biological properties of agriculturally, nutritionally and industrially valuated seed materials are important in designing the equipment for harvest, transport, storage, processing, cleaning, hulling and milling. The analysis results showed that increasing the amount of using water, increased the grain volume. Else the irrigation systems showed different effects on kernel parameters. It was notable that none of the treatments of using water and irrigation systems did not affect the grain hardness. With increasing water requirement from 50% to 125%, the volume seeds of bean gradually increased from 647 cubic mm to 790 cubic mm. Most of bean seed volume with 876 cubic mm was achieved with 125% water requirement under sub-surface trickle irrigation

* Corresponding Author: n-ganjikhorraddel@araku.ac.ir; Mobile: 09393975257

system. The most of establishment angle of seed with 23.2 degree and friction coefficient with 0.387 was achieved under sub surface trickle irrigation respectively and the least of them with 20.4 degree and 0.355 was achieved under modified surface irrigation respectively. The results of statistical analysis of biological characteristics showed that only irrigation system had a significant effect on germination of seeds. The maximum percent of germination was 94.7% in modified irrigation system and then sub surface trickle, surface trickle, solid set and center pivot respectively.

Conclusion

This study provided basic information on physical, mechanical and biological properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) The current investigation was conducted on dry red bean. Physical, mechanical and biological attributes including geometrical diameter, sphericity percent, angle of repose and grain strength, seed mass, seed size, seed density and seed germination were measured and the effect of experimental treatments on these parameters were also investigated. The results of this study are expected to be useful for plant breeders, consumers and the food industry.

Key words: Biological properties, Deficit irrigation, Irrigation systems, Mechanical properties, Physical properties, Red Bean seed

اثر کادمیوم بر تغییرات برخی اجزاء سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهچه‌های عدس

فاطمه بارنده^۱ و حمیدرضا کاوسی^{۲*}

۱ و ۲ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدباهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۶

چکیده

سیستم‌های دفاعی متعددی در فائق آمدن گیاهان به شرایط تنش‌زا با یکدیگر همکاری می‌نمایند. یکی از این تنش‌ها آلودگی محیط رویش گیاهان به فلزات سنگین است. در این تحقیق به بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم بر محتوای پرولین، فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فنیل آلانین آمونیالیز و ترکیبات فنلی کل در گیاه عدس پرداخته شده است. از این رو، گیاهچه‌های دو هفته‌ای به مدت ۱۰ روز با غلظت‌های مختلف (صفر) (شاهد)، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲/۵ و ۵ میلی‌مولار) کلرید کادمیوم مورد تیمار قرار گرفتند و فاکتورهای ذکر شده در بالا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی (پرولین و فنل) کادمیوم به‌طور معنی‌داری در گیاهچه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد افزایش داد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهچه‌های عدس افزایش پیدا می‌کند. هرچند این افزایش در غلظت‌های بیشتر از ۰/۵ میلی‌مولار مشهودتر بود. با افزایش میزان کادمیوم در محیط، میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز نیز افزایش نشان داد. روند افزایش میزان فعالیت این آنزیم در پاسخ به غلظت‌های مختلف کادمیوم، همانند آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بود. هرچند میزان القاء فعالیت این آنزیم در مقایسه با آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بیشتر بود. از نتایج حاصل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی، پرولین و ترکیبات فنلی تولید شده از طریق مسیر فنیل پروپانویید نقش کلیدی در پاسخ گیاه عدس به تنش فلز سنگین کادمیوم ایفاء می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنلی کل، عدس، فنیل آلانین آمونیالیز، کادمیوم

مقدمه

در مقایسه با آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسان از جمله احداث کارخانجات صنعتی، استخراج معادن، سوخت‌های فسیلی، مصرف کودهای شیمیایی و آلی، فاضلاب‌های صنعتی و لجن فاضلاب دارای اهمیت کمی می‌باشد (Benavides et al., 2005).

برخی فلزات سنگین مانند روی، نیکل و مس، چون بخشی از ترکیبات مهم رنگیزه‌ها و آنزیم‌ها را تشکیل می‌دهند، جزء عناصر ضروری محسوب می‌شوند و فقط در غلظت‌های بالاتر از نیاز فیزیولوژیک گیاهان آثار سمی دارند. ولی برخی دیگر از فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب که جزء فلزات غیرضروری محسوب می‌شوند، حتی در غلظت‌های پایین نیز آثار سمی روی گیاهان دارند و به‌همین علت این فلزات سنگین به‌عنوان عوامل تنش‌زا برای گیاهان محسوب می‌شوند (Callahan et al., 2005). در بین فلزات سنگین، فلز کادمیوم به علت سمیت قابل توجه، تحرک و پویایی زیاد در خاک و حلالیت بالا در آب و همچنین جذب سریع توسط سیستم ریشه‌ای بسیاری از گونه‌های گیاهی، نیمه‌عمر بیولوژیکی حدود

گیاهان طی چرخه زندگی خود معمولاً در معرض انواع وسیعی از تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند که از جمله آن‌ها می‌توان به تنش فلزات سنگین اشاره نمود. فلزات سنگین خطرناک‌ترین آلاینده‌ها هستند که در پوسته زمین و رسوبات وجود دارند (Babula et al., 2008). آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست‌محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان‌آور بر فون و فلور خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آبشویی، موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت به خطر افتادن سلامتی افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می‌شود. اگرچه فلزات سنگین می‌توانند به‌طور طبیعی و از طریق هوا دیدگی سنگ‌ها و کانی‌ها و طی فرایند خاک‌سازی در خاک تجمع یابند، ولی این منبع طبیعی

* نویسنده مسئول: دانشگاه شهیدباهنر کرمان، دانشکده کشاورزی، بخش بیوتکنولوژی، تلفن: ۰۳۴۳۳۲۰۲۶۵۴، تلفن همراه: ۰۹۱۵۵۲۵۰۰۹۳
hrkavousi@uk.ac.ir

۲۰ سال و بروز عوارضی از جمله نارسایی کبد و کلیه، بیماری‌های قلبی-عروقی، استخوانی، ریوی و غیره در انسان دارای اهمیت خاصی می‌باشد (Vassilev et al., 1998). میزان این عنصر در اثر استفاده از فاضلاب کارخانه‌های صنعتی و شهری به‌همراه مصرف بی‌رویه حشره‌کش‌ها و مقادیر بالای کودهای شیمیایی به‌ویژه فسفات در زمین‌های زراعی در حال افزایش است (John et al., 2008). کادمیوم میل ترکیبی شدیدی با گروه‌های سولفیدریل، هیدروکسیل و لیگاند‌های حاوی نیتروژن دارد. در نتیجه این عنصر بسیاری از آنزیم‌های مهم را غیرفعال کرده که منجر به اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فرآیندهای متابولیک در گیاه می‌گردد (Torres et al., 2000). یکی از دلایل بروز سمیت ناشی از کادمیوم در گیاهان، برهم‌کنش آن با عناصر غذایی ضروری گیاه است. تأثیر کادمیوم بر جذب و توزیع عناصر غذایی در گیاه می‌تواند دلیل برخی کمبودهای عناصر در گیاهان باشد که باعث برهم‌خوردن تعادل عناصر غذایی و کاهش باروری گیاه می‌گردد (Dudka et al., 1996). یکی از آسیب‌های مهم بافتی که در اثر قرارگرفتن گیاهان در معرض فلزات سنگین از جمله کادمیوم رخ می‌دهد، افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل و ایجاد تنش اکسیداتیو است (Schutzendubel et al., 2001). انواع مختلف اکسیژن فعال می‌توانند به ترکیبات حیاتی سلول مانند اسیدهای چرب غیراشباع، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک حمله نمایند. این واکنش‌ها به‌طور طبیعی ویژگی‌هایی چون سیالیت غشاء، انتقال یونی، فعالیت آنزیمی و سنتز پروتئین‌ها را کاهش داده و باعث تخریب DNA هسته‌ای و میتوکندریائی و در نهایت مرگ سلولی می‌شوند (Zhang et al., 2003). یکی از واکنش‌هایی که در حضور انواع اکسیژن فعال سرعت بیشتری پیدا می‌کند، پراکسیداسیون لیپیدهای غشائی است. اثر رادیکال‌های اکسیژن بر لیپیدها و پراکسیداسیون آن‌ها ناشی از اثر بر پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد که واکنش‌های زنجیره پراکسیداسیون را تحریک کرده و منجر به تخریب اسیدهای چرب می‌شوند. اثر گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) بر تخریب DNA هسته‌ای شامل تغییر شکل، اکسیداسیون اوكسی‌ریبوز، شکستگی رشته DNA و موتاسیون می‌باشد که در بین انواع متنوع ترکیبات ROS، رادیکال هیدروکسیل نقش مهم‌تری را در این زمینه ایفاء می‌کند. رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث تخریب اکسیداتیو پروتئین‌ها می‌شود. گزارش شده است که تخریب ایجادشده در جایگاه خاصی از آمینواسیدها در پروتئین رخ می‌دهد (Ferreira et al., 2002). میزان آسیب سلول‌های تحت تنش فلزات سنگین

به‌میزان تولید رادیکال‌های آزاد و ROS و همچنین کارایی مکانیسم‌های سم‌زدایی در گیاهان بستگی دارد. برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجادشده، یک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی با کارایی بالا در گیاهان وجود دارد که می‌تواند رادیکال‌های آزاد را از بین برده، خنثی و یا جاروب کنند. این سیستم شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیداسیون مانند کاتالاز (CAT)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، فنل پراکسیداز (POX) و گایاکول پراکسیداز (GPX) و نیز سیستم آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی شامل آسکوربات، آلفا‌توکوفرول، کاروتنوئیدها، ترکیبات فنلی، پرولین و گلوتاتیون می‌باشد (Shahid et al., 2014).

یکی از مکانیسم‌های حفاظتی غیرآنزیمی تحریک‌شده تحت تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش فلزات سنگین، بیوسنتز ترکیبات فنلی است. این ترکیبات در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند، اما تنش‌های محیطی مختلف مقدار آن‌ها را در سلول تغییر می‌دهند (Kliebenstein, 2004). ترکیبات فنلی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانتی هستند که با جمع‌آوری و احیای گونه‌های فعال اکسیژن از اکسیداسیون مولکول‌های زیستی حیاتی سلول پیشگیری کرده و مانع بروز تنش اکسیداتیو و یا تخفیف اثرات آن در سلول‌های گیاه می‌شوند (Myung-Min et al., 2009). فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی‌سینامیک استرها و لیگنین‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه حاصل از مسیر فنیل پروپانوید می‌باشند که در بافت‌های گیاهی به‌وفور یافت می‌شوند. آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز (PAL) آغازگر مسیر فنیل پروپانوید می‌باشد که L-فنیل آلانین را با دامیناسیون به ترانس‌سینامیک اسید تبدیل می‌کند. این مسیر، مسیر اصلی بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در سلول می‌باشد. این آنزیم کلیدی در تشکیل ترکیبات فنلی (یکی از مکانیسم‌های دفاعی غیرآنزیمی در گیاهان) نقش اساسی داشته و به‌عنوان یکی از شاخص‌های حساس به تغییرات محیطی و همچنین یکی از نشانگرهای بیوشیمیایی دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی مطرح می‌باشد (Boudet, 2007; Vogt, 2010).

در این تحقیق به‌منظور بررسی عملکرد سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی گیاه عدس (*Lens culinaris Medik.*) در مقابل سمیت کادمیوم، محتوای پرولین، میزان فعالیت آنزیم‌هایی نظیر کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیز و همچنین ترکیبات فنلی کل در پاسخ به

غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم در گیاهچه‌های عدس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت بذور و تیمار کادمیوم

در این تحقیق از عدس (*Lens culinaris Medik.*) رقم گچساران استفاده شد. در ابتدا سطح بذور با اتانل ۷۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۲ دقیقه ضد عفونی و به کمک آب مقطر چندین بار شستشو داده شد. بذرها به مدت ۲۴ ساعت در پتری دیش‌های ۹ سانتی متری حاوی کاغذ واتمن قرار داده شده و درون انکوباتور ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس بذرهای جوانه زده به گلدان‌های حاوی نسبت مساوی از کوکوپیت و شن بادی شسته شده منتقل شدند. میانگین دمای روزانه در طول این آزمایش ۲۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. گلدان‌ها پس از کاشت در اتاقک رشد، تحت شرایط ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. گیاهان به مدت ۱۴ روز به صورت یک‌روز در میان با آب مقطر آبیاری شدند و پس از این که گیاهان به مرحله دو تا چهار برگی رسیدند، به مدت ۱۰ روز در معرض غلظت‌های مختلف کلرید کادمیوم (صفر (شاهد)، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲/۵ و ۵ میلی مولار) قرار گرفتند.

استخراج عصاره پروتئینی

به منظور سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز از نمونه‌های منجمد عصاره آنزیمی تهیه گردید و جذب کلیه واکنش‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. برای تهیه عصاره آنزیمی میزان ۱۰۰ میلی گرم بافت (بخش هوایی) توزین و به همراه یک میلی لیتر بافر استخراج شامل فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار با $\text{pH}=7/8$ EDTA ۰/۱ میلی مولار و ۱٪ PVP در هاون چینی سرد و بر روی یخ همگن گردید. سپس عصاره‌های حاصل در ۱۳۰۰ دور در دقیقه و در دمای چهار درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و محلول رویی حاصل در ظرف‌های استریل جمع‌آوری گردید. محلول رویی به دست آمده به عنوان عصاره آنزیمی جهت اندازه‌گیری فعالیت سه آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت.

جهت اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها از روش Bradford (1976) استفاده شد. قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر انجام شد. غلظت پروتئین با استفاده از منحنی

استاندارد آلبومن گاوی محاسبه و بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۱، ۰/۱، ۰/۵، ۱ EC) از طریق اندازه‌گیری توانایی آن در جلوگیری از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم کلراید (NBT) اندازه‌گیری شد (Dhindsa et al., 1981). سه میلی لیتر مخلوط واکنش شامل فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار ($\text{pH}=7/8$)، متیونین ۱۳ میلی مولار، نیتروبلوتترازولیوم کلراید ۷۵ میکرومولار، اتیلن دی آمین تترا استیک اسید ۰/۱ میلی مولار، ریبوفلاوین ۳۶۰ میکرومولار و ۳۰ میکرولیتر عصاره خام بود. پس از آن که مخلوط به هم زده شد، سیل‌های اسپکتروفتومتر به مدت ۱۰ دقیقه در زیر یک لامپ فلورسنت ۱۵W به فاصله ۳۵ سانتی متر قرار داده شد. با خاموش کردن لامپ واکنش متوقف و جذب مخلوط واکنش در ۵۶۰ نانومتر خوانده شد. یک واحد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، مقدار آنزیمی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند تا ۵۰ درصد مانع از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم کلراید گردد. فعالیت ویژه آنزیم به صورت تعداد واحدهای آنزیم در میلی گرم پروتئین گزارش گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۱، ۰/۱، ۱ EC) به روش Nakano & Asada (1987) اندازه‌گیری گردید. یک میلی لیتر مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم یک مولار ($\text{pH}=7/8$)، آسکوربات ۱۰ میلی مولار، پراکسید هیدروژن ۱۰ میلی مولار و ۱۰ میکرولیتر عصاره خام بود. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بر اساس میزان اکسید شدن آسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی $2/8 \text{ cm}^{-1}$ تعیین گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۱، ۰/۵، ۱ EC) از روش Beers & Sizer (1952) استفاده شد. یک میلی لیتر مخلوط واکنش، شامل بافر فسفات پتاسیم یک مولار ($\text{pH}=7/8$)، پراکسید هیدروژن یک مولار و ۱۰ میکرولیتر عصاره خام بود. فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان تجزیه شدن H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از ضریب خاموشی $39/4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ تعیین گردید.

سنجش ترکیبات فنلی کل

محتوای ترکیبات فنلی کل با استفاده از روش Velioglu et al, (1998) انجام گرفت. ۰/۱ گرم از نمونه‌ها با پنج میلی لیتر

برای تعیین مقدار پرولین از روش Bates et al, (1973) استفاده شد. بدین منظور پنج گرم از نمونه‌های تر برگ در ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوسالسیلیک سه درصد به وسیله هاون هموژن شده و عصاره حاصل صاف گردید. به ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده فوق ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین (شامل ۰/۰۵ گرم ناین‌هیدرین، ۱/۲ میلی‌لیتر اسیداستیک و ۰/۸ میلی‌لیتر اسیدآرتوفسفریک شش‌مولار) اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، پس از آن برای پایان یافتن واکنش لوله‌های آزمایش در داخل یک بستر یخی قرار گرفتند و چهارمیلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسکپتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، میزان پرولین نمونه‌ها برحسب میکرومول بر گرم وزن تر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. جهت ترسیم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر کلرید کادمیوم بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان
نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم در محیط میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) در گیاهچه‌های عدس افزایش پیدا می‌کند. غلظت‌های پایین کلرید کادمیوم سبب افزایش معنی‌دار میزان فعالیت این آنزیم‌ها در مقایسه با گیاه شاهد نشد. با افزایش غلظت کادمیوم در محیط به ۰/۵ میلی‌مولار و بیشتر، افزایش معنی‌دار فعالیت این آنزیم در مقایسه با گیاهان شاهد مشاهده شد. بیشترین فعالیت هر سه آنزیم در گیاهانی مشاهده گردید که به مدت ۱۰ روز در معرض غلظت پنج میلی‌مولار قرار گرفته بودند. ۱۰ روز تیمار گیاهچه‌ها با این غلظت از کلرید کادمیوم به ترتیب منجر به افزایش ۳، ۲ و ۱/۵ برابری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در مقایسه با گیاهان شاهد گردید (شکل ۱).

در شرایط عادی رشد، بسیاری از فرایندهای متابولیکی تولید ROS می‌کنند. گیاهان دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی

متانول ۸۰ درصد حاوی اسید کلریدریک یک درصد سائیده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق روی شیکر عصاره‌گیری کامل شد. سپس مخلوط حاضر در ۳۰۰۰ g سانتی‌فیوژ و از محلول رویی جهت تعیین ترکیبات فنلی کل استفاده شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی ۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین اضافه و مخلوط حاصل به مدت پنج دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۶ درصد به آن اضافه گردید. پس از ۹۰ دقیقه جذب هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات فنلی کل با استفاده از اسیدگالیک منحنی استاندارد رسم گردید و غلظت ترکیبات فنلی بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز

سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز (۲۴، ۱، ۳، ۴ EC) با استفاده از غلظت اسیدسینامیک تولیدشده و بر اساس میزان اسیدسینامیک تولیدشده صورت گرفت (Wang et al., 2006). بدین منظور ۳۰۰ میلی گرم از بافت تر نمونه‌ها با ۵/۵ میلی‌لیتر بافر تریس-HCl ۵۰ میلی‌مولار (pH = ۸/۸) حاوی بتامرکاپتواتانول ۱۵ میلی‌مولار در هاون سرد شده سائیده شد. سپس عصاره به دست آمده با دور ۵۰۰۰ g به مدت ۳۰ دقیقه در دمای چهاردرجه سانتی‌گراد سانتی‌فیوژ گردید. محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیم مورد استفاده قرار گرفت. در این روش از فنیل آلانین به عنوان سوبسترای آنزیمی استفاده و فعالیت آنزیم PAL براساس سرعت تشکیل اسیدسینامیک تعیین گردید. در یک لوله آزمایش یک میلی‌لیتر از بافر استخراج به همراه ۰/۵ میلی‌لیتر L-فنیل آلانین ۱۰ میلی‌مولار، ۰/۴ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر و یک میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. واکنش با اضافه کردن ۰/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک شش‌مولار پایان یافت. محصول به وجود آمده با ۱۵ میلی‌لیتر اتیل استات استخراج و سپس اتیل استات بخار گردید. ماده جامد باقیمانده در سه میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۰۵ مولار حل شد و غلظت سینامیک اسید با اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی معادل $M^{-1}Cm^{-1}$ ۹۵۰۰ تعیین گردید. یک واحد از فعالیت PAL معادل یک میکرومول از سینامیک اسید تولید شده در یک دقیقه می‌باشد. فعالیت ویژه آنزیم به صورت تعداد واحدهای آنزیم در میلی گرم پروتئین گزارش گردید.

اندازه‌گیری پرولین

افزایش مشابهی در فعالیت آنزیم SOD در پاسخ به کادمیوم در توت‌سفید (Tewari et al., 2008) و لوبیا (Ahmadvand et al., 2013) گزارش شده است. همچنین افزایش کادمیوم سبب القاء فعالیت سوپراکسیددیسموتاز در *Achnatherum inebrians* می‌شود (Zhang et al., 2010).

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نیز که آنزیمی مؤثر در تجزیه پراکسیدهایروژن می‌باشد، تحت تنش کادمیوم در برگ‌های عدس افزایش پیدا کرد. کاتالاز یک آنزیم پاک‌سازی‌کننده پراکسیدهایروژن است، در نتیجه با افزایش فعالیت این آنزیم پراکسیدهایروژن از طریق شکستن آن به آب و اکسیژن، حذف می‌شود. اگر چه پراکسیدهایروژن در غلظت‌های بالا سمی است و به‌وسیله آنزیم کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز چرخه آنتی‌اکسیدانتی آسکوربات‌گلوکاتیون از بین می‌رود، اما در غلظت‌های پایین می‌تواند نقش پیام را در فرآیندهای انتقال پیام بازی کند و ژن‌های وابسته به مقاومت را در گیاه، فعال کند (Unyayar et al., 2005).

القاء فعالیت کاتالاز باعث غلبه بر تنش آکسیداتیو از طریق سم‌زدایی پراکسیدهایروژن شده و از تولید رادیکال هیدروکسیل جلوگیری و پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌ها را در برابر ترکیبات ROS محافظت می‌کند (Rastgoo & Alemzadeh, 2011). در این تحقیق فعالیت آنزیم کاتالاز هماهنگ با فعالیت آنزیم SOD در گیاهچه‌های عدس قرار گرفته در معرض تنش کادمیوم القاء شد که این امر به نقش حفاظتی مهم این آنزیم در فرآیند مهار H_2O_2 و O_2^{2-} و مکمل‌بودن نقش کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در متابولیسم سلول اشاره دارد.

افزایش در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز تحت سمیت کادمیوم در یونجه یک‌ساله گزارش شده است (Mohammadi et al., 2011).

در این تحقیق فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان آسکوربات پراکسیداز در اثر تنش کادمیوم به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. هرچند این افزایش در مقایسه با افزایش در میزان فعالیت دو آنزیم دیگر کمتر بود. معمولاً فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در طول فعالیت سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در پاسخ به فاکتورهای تنش را افزایش می‌یابد. یکی از منابع تولیدکننده H_2O_2 در سلول‌های گیاهی آنزیم SOD است که از طریق دیسموتاسیون سوپراکسید در کلروپلاست منجر به تولید H_2O_2 می‌گردد. آنزیم کاتالاز قادر به زدایش H_2O_2 از محیط می‌باشد. اما از آنجایی که این آنزیم در پراکسی‌زوم سلول‌های برگ واقع شده و در کلروپلاست یافت نمی‌شود، بنابراین H_2O_2 تولید شده در کلروپلاست به‌وسیله دو فرم آسکوربات‌پراکسیداز متصل به غشا، تیلاکوئید و

پیچیده‌ای برای گریز از اثرات مضر ROS هستند. در شرایط تنش، تشکیل ROS بیشتر از توانایی گیاه برای برطرف کردن آن است و در نتیجه منجر به صدمات اکسیداتیو، آکسید کردن رنگیزه‌های فتوسنتزی و خسارت به لیپیدهای غشایی، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک در گیاهان می‌شود (Laspina et al., 2005).

سیستم آنتی‌اکسیدانتی آنزیمی یکی از مکانیسم‌های اصلی سمیت‌زدایی فلزات سنگین در گیاهان می‌باشد. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نقش مهمی را در سازگاری و بقای گیاهان در طی دوره‌ی تنش ایفاء می‌کنند. میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بسته به مدت و نوع تنش، گونه گیاهی و بخش‌های گیاه متفاوت است (Dinakar et al., 2009).

در این مطالعه تنش کادمیوم باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و APX شد که می‌تواند دلیل غیرمستقیمی بر افزایش فعالیت رادیکال‌های آزاد تحت تنش کادمیوم در گیاهچه‌های عدس باشد. هرچند به‌نظر می‌رسد با افزایش غلظت کادمیوم به بیش از ۵/۰ میلی‌مولار، میزان تولید ترکیبات سمی ROS شدت بیشتری پیدا کرده و گیاه برای مبارزه با رادیکال‌های آزاد تولیدشده، القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی خود را افزایش بیشتری داده است. سوپراکسیددیسموتاز اولین و مهم‌ترین آنزیم در فرآیند سمیت‌زدایی ترکیبات ROS است که با تبدیل رادیکال سوپراکسید (O_2^{2-}) به H_2O_2 در سیتوسول، کلروپلاست و میتوکندری، نقش حیاتی در مکانیسم‌های دفاعی سلول در برابر خطر تشکیل رادیکال هیدروکسیل (OH) ایفاء می‌کند. پراکسیدهایروژن حاصله در مرحله بعدی به‌وسیله آنزیم‌هایی نظیر کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز پاک‌سازی می‌شود (Benavides et al., 2005). آنزیم سوپراکسیددیسموتاز حمایت‌کننده گیاهان در شرایط تنش فلزات سنگین، برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تولیدی در شرایط تنش می‌باشد. با توجه شکل ۱ که نشان‌دهنده فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز است، با افزایش غلظت کادمیوم در محیط رشد، میزان فعالیت آنزیم نیز افزایش یافت. کادمیوم سبب القاء فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانت مذکور در گونه مورد مطالعه بسته به میزان غلظت فلز شد، به‌طوری که بیشترین فعالیت این آنزیم نیز در بالاترین سطح سمیت کادمیوم (پنج میلی‌مولار) مشاهده شد. کنترل سطح O_2^{2-} توسط این آنزیم (SOD) در شرایط ماندگار مکانیزم حفاظتی مهمی در مقابل تنش آکسیدی در سلول می‌باشد، زیرا O_2^{2-} به‌عنوان پیشگامی برای مشتقات سمی‌تر یا فعال‌تر از جمله پراکسی‌نیتريت یا $HO^{\cdot}$ عمل می‌کند (Khatun et al., 2008).

آسکوربات پراکسیداز استرومایی از محیط حذف می‌گردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که به موازات افزایش فعالیت آنزیم SOD، میزان فعالیت آنزیم APX نیز افزایش می‌یابد (Mittler, 2002).

این آنزیم از آسکوربات به عنوان عامل احیاکننده استفاده می‌کند و H_2O_2 را از طریق چرخه آسکوربات-گلوتاتیون تجزیه می‌نماید. در این چرخه با فعالیت آنزیم APX، آسکوربات به مونودهیدروآسکوربات اکسید می‌شود و برای ادامه چرخه تولید دوباره آسکوربات لازم است. به همین منظور در این چرخه آنزیم‌های مونودهیدروآسکوربات-ردوکتاز و دهیدروآسکوربات-ردوکتاز و گلوتاتیون-ردوکتاز فعالیت می‌کنند و با استفاده از NAD(P)H و گلوتاتیون، آسکوربات را احیاء می‌کنند (Mittler, 2002).

افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهچه‌های عدس قابل انتظار بود، زیرا افزایش در فعالیت آنزیم SOD منجر به تولید H_2O_2 می‌شود که در مراحل بعدی باید به وسیله این آنزیم‌ها سمیت زدایی شود، تا وضعیت رداکس سلولی حفظ شود. بنابراین در شرایط تنش کادمیوم بالا رفتن فعالیت SOD به تنهایی نمی‌تواند از گیاه در برابر سمیت رادیکال‌های اکسیژن محافظت کند و افزایش فعالیت دیگر آنزیم‌ها (کاتالاز و پراکسیداز) در سمیت زدایی H_2O_2 ضروری است. نتایج مشابه حاکی از افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش نیترات کادمیوم در رقم صغه گیاه گلرنگ بود (Badpa et al., 2015).

اثر کلرید کادمیوم بر میزان ترکیبات فنلی کل و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز

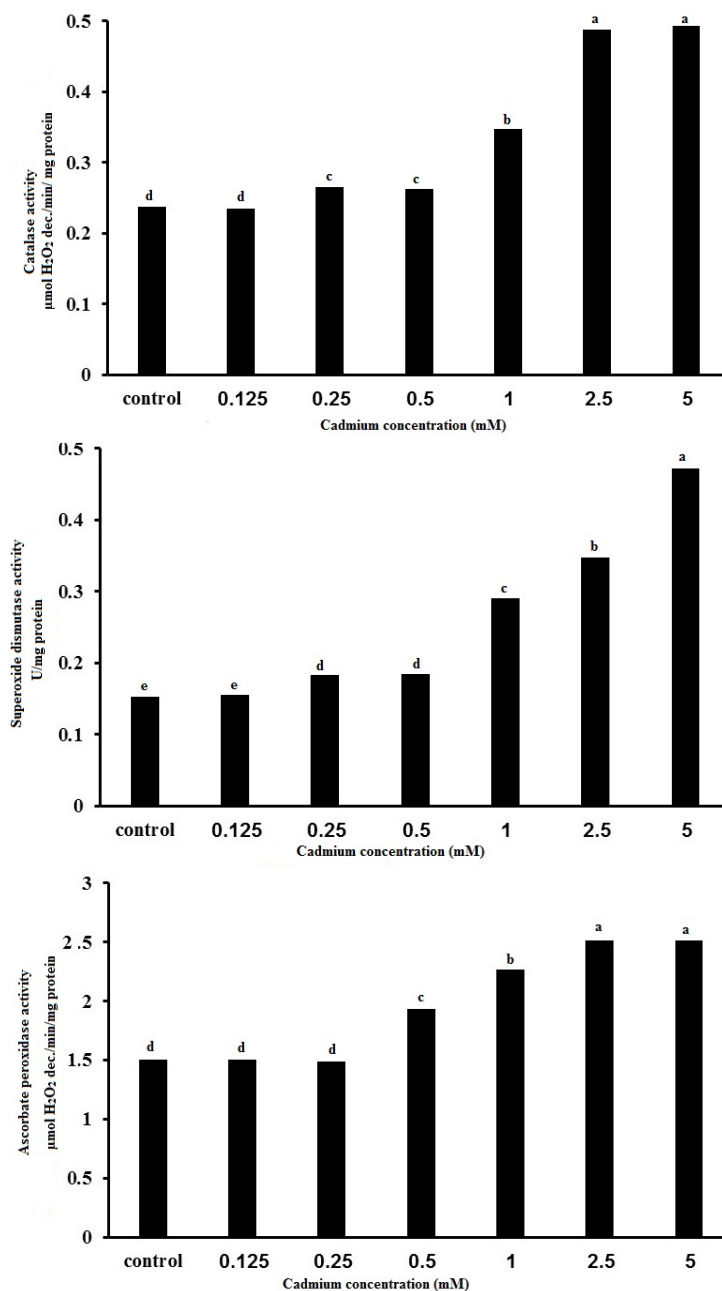
نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم در محیط میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز به طور معنی داری افزایش پیدا می‌کند. به طور مشابه القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، غلظت‌های پایین کلرید کادمیوم سبب القاء شدید میزان فعالیت آنزیم PAL نشد و با افزایش میزان کادمیوم به بیش از ۰/۵ میلی مولار شاهد افزایش معنی دار ($P < 0/05$) فعالیت آنزیم در مقایسه با شاهد بودیم. بیشترین میزان فعالیت آنزیم در گیاهانی مشاهده شد که ۱۰ روز در معرض غلظت پنج میلی مولار کلرید کادمیوم قرار داشتند. میزان فعالیت آنزیم در گیاهان قرار گرفته در این غلظت پس از ۱۰ روز حدود پنج برابر گیاهان شاهد بود که به مراتب بیشتر از میزان القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان بود (شکل ۲).

نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیبات فنلی کل نیز نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم در محیط، میزان ترکیبات فنلی

به طور معنی داری افزایش می‌یابد. در غلظت‌های پایین کلرید کادمیوم میزان افزایش در مقایسه با شاهد معنی دار نبود و افزایش غلظت کادمیوم در محیط به ۰/۵ میلی مولار و بیشتر سبب افزایش معنی دار ($P < 0/05$) در میزان ترکیبات فنلی گیاه گردید. بیشترین میزان فعالیت آنزیم در گیاهانی مشاهده شد که ۱۰ روز در معرض غلظت پنج میلی مولار کلرید کادمیوم قرار داشتند. ترکیبات فنلی به عنوان یکی از ترکیبات آنتی اکسیدان شناخته شده‌اند که با مکانیسم‌های متعدد مثل رُباش رادیکال‌های آزاد، خاموش کردن اکسیژن یکتایی، کلات کردن یون‌های فلزی و یا قرار گرفتن به عنوان سوبسترای آنزیم‌های پراکسیداز، نقش آنتی اکسیدانی خود را ایفاء می‌کنند. این ترکیبات همچنین با انتقال سریع هیدروژن به رادیکال‌های لیپید، از ادامه زنجیره پراکسیداسیون لیپیدها ممانعت می‌کنند (Chu & Chang, 2000). ترکیبات فنلی در شرایط طبیعی در سلول سنتز می‌گردند، اما تنش‌های محیطی مقدار آن‌ها را در سلول تغییر می‌دهد. تغییر در بیوسنتز آنزیم‌های بیوسنتزکننده یا تجزیه‌کننده این ترکیبات بر مقدار آن‌ها در سلول تأثیر می‌گذارد. فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین‌ها از ترکیبات فنلی و جزء متابولیت‌های ثانویه حاصل از مسیر فنیل پروپانوید می‌باشند که در بافت‌های گیاهی به وفور یافت می‌شوند. آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز (PAL) آغازگر مسیر فنیل پروپانوید می‌باشد که L-فنیل آلانین را با دامیناسیون به ترانس سینامیک اسید تبدیل می‌کند (Solecka, 1997). افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز که اولین آنزیم مسیر بیوسنتز فنل‌ها است، در پاسخ به برخی تنش‌های زیستی و غیرزیستی گزارش شده است. آنزیم PAL می‌تواند به عنوان آنزیم آنتی اکسیدان در نظر گرفته شود، زیرا دارای خاصیت به دام اندازی رادیکال‌های اکسیژن از طریق ترکیبات فنلی تولید شده است (Tian & Li, 2007). در این تحقیق مشاهده شد که تنش کلرید کادمیوم باعث افزایش فعالیت این آنزیم شده است و این افزایش به موازات افزایش در میزان ترکیبات فنلی کل گیاه در مواجهه با تنش می‌باشد. افزایش میزان ترکیبات پُلی فنلی تحت تنش کادمیوم و آرسنیک در گیاه *Albizia procera* گزارش شده است (Pandey & Tripathi, 2011). افزایش میزان ترکیبات فنلی در گیاه چمن شور (*Aeluropus littoralis*) قرار گرفته در معرض تنش کادمیوم نیز گزارش شده است (Rastgoo & Alemzadeh, 2011). در گیاه بابونه تحت تنش کادمیوم و مس نیز افزایش فعالیت آنزیم PAL گزارش شده است (Kovacik & Backor, 2007). با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و افزایش میزان ترکیبات فنلی کل و افزایش

افزایش ترکیبات مختلف فنلی حاصل از مسیر فنیل پروپانویید (به عنوان یک جزء آنتی اکسیدان غیر آنزیمی) نقش بسیار مهمی در پاسخ گیاه عدس به تنش فلز سنگین کادمیوم ایفاء می کند.

شدید میزان فعالیت آنزیم PAL در گیاهچه‌های عدس قرار گرفته در معرض تنش کادمیوم که در مقایسه با میزان القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز بیشتر بود، به نظر می رسد که

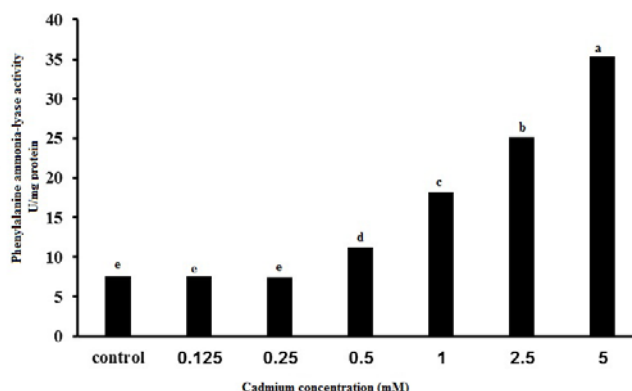


شکل ۱- اثر کادمیوم بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز گیاهچه‌های عدس

مقایسه میانگین‌ها (میانگین سه تکرار) با استفاده از آزمون دانکن انجام شد ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند ($P < 0.05$).

Fig. 1. Effect of Cadmium on superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase activity in lentil seedlings
Values are means ($n = 3$) $\pm$ SE. Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0.05$ according to the Duncan's test.



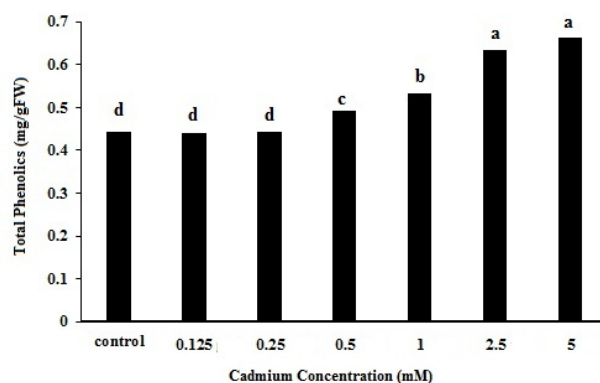
شکل ۲- اثر کادمیوم بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالایز گیاهچه‌های عدس

مقایسه میانگین‌ها (میانگین سه تکرار) با استفاده از آزمون دانکن انجام شد ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$).

Fig. 2. Effect of Cadmium on Phenylalanine ammonia-lyase activity in lentil seedlings

Values are means ($n = 3$) $\pm$ SE. Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0.05$ according to the Duncan's test.



شکل ۳- اثر کادمیوم بر میزان ترکیبات فنلی کل گیاهچه‌های عدس

مقایسه میانگین‌ها (میانگین سه تکرار) با استفاده از آزمون دانکن انجام شد ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$).

Fig. 3. Effect of Cadmium on total phenolics in lentil seedlings

Values are means ($n = 3$) $\pm$ SE. Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0.05$ according to the Duncan's test.

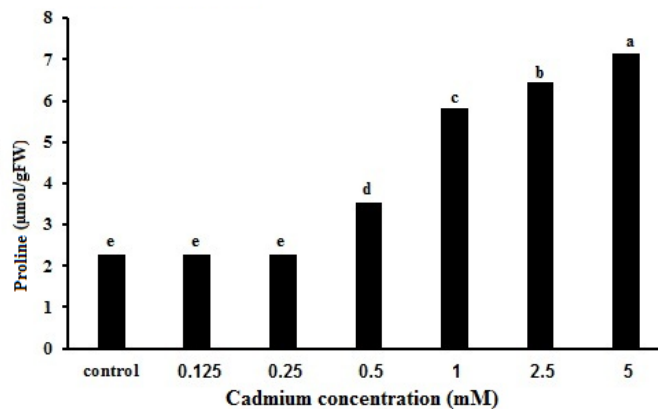
در اثر افزایش غلظت کادمیوم میزان پرولین در برگ‌ها تا سه برابر افزایش یافت. در حقیقت مکانیسم متابولیسمی گیاه عدس جهت مقابله با تنش کادمیوم احتمالاً منجر به افزایش میزان این ترکیب شده است. نتایج مشابهی در اثر تنش کادمیوم در دیگر گیاهان نظیر تاجریزی (*Solanum nigrum*) (Sun et al., 2007)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) (Ahmadvand et al., 2013)، عدسک آبی (*Lemna polyrrhiza*) (John et al., 2008)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) (Dinakar et al., 2009) و چمن‌شور (*Aeluropus littoralis*) (Rastgoo & Alemzadeh, 2011) به دست آمده است.

اثر کادمیوم بر میزان پرولین

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کادمیوم در محیط میزان پرولین به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش یافت. همان‌گونه که نتایج مقایسه میانگین در مورد این صفت نشان می‌دهد، کمترین میزان پرولین مربوط به سطح بدون تنش بود، اعمال اولین و دومین سطح تنش کلرید کادمیوم (۰/۱۲۵ و ۰/۲۵۰ میلی‌مولار) منجر به افزایش معنی‌دار محتوای پرولین در گیاه عدس نشد. محتوای پرولین با افزایش بیشتر سطح تنش کلرید کادمیوم افزایش یافت و بیشترین میزان پرولین در سطح کلرید کادمیوم پنج میلی‌مولار مشاهده گردید (شکل ۴).

تجمع پرولین در حفظ وضعیت آبی گیاه بیشتر از اهمیت سایر مواد آلی است و پرولین به‌عنوان رایج‌ترین اسمولیت انباشته‌شده در شرایط تنش عمل می‌کند. پرولین به‌عنوان یک محافظ شیمیایی باعث پایداری فرم طبیعی پروتئین‌ها شده و از به‌هم‌خوردن شکل طبیعی ترکیبات آنزیمی ممانعت می‌نماید و کلات‌کننده فلزات است و از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می‌کند و باعث حفظ تمامیت غشاء می‌گردد. بنابراین، در هنگام تنش فلزات سنگین، تولید پرولین افزایش می‌یابد تا گیاه را در مقابل سمیت حفظ نماید (Hayat et al., 2012).

به‌خوبی مشخص شده است که پرولین در محدوده وسیعی از موجودات از باکتری تا گیاهان عالی به‌هنگام مواجهه با تنش‌های غیرزیستی تجمع می‌یابد. در پاسخ به تنش فلزات سنگین، مقادیر قابل توجهی پرولین در گیاهان تجمع می‌یابد. تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش با کاهش خسارت در غشاء سلولی و پروتئین‌ها در ارتباط می‌باشد. سنتز پرولین در کاهش پتانسیل اسمزی سیتوپلاسمی و حفظ نسبت $NADP/NADPH^+$ دخالت دارد. همچنین پرولین به‌عنوان یک اسمولیت، جاروب‌کننده رادیکال‌ها، تثبیت‌کننده ماکرومولکول‌ها و یک جزء دیواره سلولی عمل می‌کند. اهمیت



شکل ۴- اثر کادمیوم بر میزان پرولین گیاهچه‌های عدس

مقایسه میانگین‌ها (میانگین سه تکرار) با استفاده از آزمون دانکن انجام شد ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$).

Fig. 4. Effect of Cadmium on proline content in lentil seedlings

Values are means ($n = 3$) $\pm$ SE. Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0.05$ according to the Duncan's test.

گیاه می‌باشد که آسیب‌های اکسیداتیو و خسارات فیزیولوژیک را به‌دنبال دارد. افزایش غلظت کادمیوم منجر به افزایش میزان پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه‌ها شد که این مورد می‌تواند نشانه‌ای از مکانیسم‌های مقاومت گیاه عدس در برابر تنش فلز سنگین کادمیوم باشد.

نتیجه‌گیری

افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی (پرولین و ترکیبات فنلی) در گیاهچه‌های عدس به‌دنبال قرارگرفتن در معرض کادمیوم، دلیلی بر سمیت کادمیوم و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در

منابع

- Ahmadvand, S., Bahmani, R., Habibi, D., and Forouzesh, P. 2013. Investigation of cadmium chloride effect on growth parameters and some physiological characteristics in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(4): 167-182. (In Persian).
- Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., Zehnalek, J., Havel, L., and Kizek, R. 2008. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. Environmental Chemistry Letters 6: 189-213.
- Badpa, K., Movahhedi Dehanvi, M., and Yadavi, A. 2015. Interaction of cadmium nitrite and salicylic aside on antioxidant enzyme activity and leaf soluble protein and malondialdehyde of safflower

- (*Carthamus tinctorius* L. cv. Soffe). Journal of Plant Process and Function 3(9): 21-32. (In Persian with English Summary).
4. Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
 5. Beers, R.F., and Sizer, I.W. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Journal of Biological Chemistry 195: 133-140.
 6. Benavides, M.P., Gallego, S.M., and Tomaro, M.L. 2005. Cadmium toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17: 21-34.
 7. Boudet, A.M. 2007. Evolution and current status of research in phenolic compounds. Phytochemistry 68: 2722-2735.
 8. Bradford, M.M. 1976. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
 9. Callahan, D.L., Baker, A.J.M., Kolev, S.D., and Wedd, A.G. 2005. Metal ion ligands in hyper accumulating plants. Journal of Biological Inorganic Chemistry 11: 2-12.
 10. Chu, Y.H., Chang, C.L., and Hsu, H.F. 2000. Flavonoid contents of several vegetable and their antioxidant activity. Journal of Agriculture and Food Science 80: 561-566.
 11. Dhindsa, R.A., Plumb-Dhindsa, P., and Thorpe T.A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany 126: 93-101.
 12. Dinakar, N., Nagajyothi, P.C., Suresh, S., Damodharam, T., and Suresh, C. 2009. Cadmium induced changes on proline, antioxidant enzymes, nitrate and nitrite reductases in *Arachis hypogaea* L. Journal of Environmental Biology 30(2): 289-294.
 13. Dudka, S., Piotrowska, M., and Terelak, H. 1996. Transfer of cadmium, lead and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: A field study. Environmental Pollution 94: 181-188.
 14. Ferreira, R.R., Fornazir, R.F., Vitoria, A.P., and Lea, P.J. 2002. Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress. Journal of plant Nutrition 25: 327-342.
 15. 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.
 16. John, R., Ahmad, P., Gadgil, K., and Sharma, S. 2008. Effect of cadmium and lead on growth, biochemical parameters and uptake in *Lemna polyrrhiza* L. Plant, Soil & Environment 54(6): 262-270.
 17. Khatun, S., Babar Ali, M., Hahn, E.J., and Paek, K.Y. 2008. Copper toxicity in *Withania somnifera*: Growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants. Environmental and Experimental Botany 64: 279-285.
 18. Kovacik, J., and Backor, M. 2007. Phenylalanine ammonialyase and phenolic compounds in chamomile tolerance to cadmium and copper excess. Water, Air & Soil Pollution 185: 185-193.
 19. Kliebenstein, D.J. 2004. Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through Arabidopsis thaliana tinted glasses. Plant Cell and Environment 27: 675-684.
 20. Laspina, N.V., Groppa, M.D., Tomaro, M.L., and Benavides, M.P. 2005. Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd-induced oxidative stress. Plant Sciences 169(2): 323-330.
 21. Mohammadi, M., Habibi, D., Ardakani, M., and Asgharzadeh, A. 2011. Effect of biologic fertilizers, homic acid and super absorbent polymer on chlorophyll content, membrane and superoxide dismutase and catalase activity in annual *Medicago* species under cadmium toxicity. 6(2): 79-65. (In Persian).
 22. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. TRENDS in Plant Science 7(9): 405-410.
 23. Myung-Min, H., Trick, H.N., and Rajasheka, E.B. 2009. Secondary metabolism and antioxidant are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. Journal of Plant Physiology 166: 180-191.
 24. Nakano, Y., and Asada, K. 1987. Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplast: in inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. Plant Cell Physiology 28: 131-140.

25. Pandey, P., and Tripathi, A.K. 2011. Effect of heavy metals on morphological and biochemical characteristics of *Albizia procera* benth seedlings. International Journal of Environmental Sciences 1(5): 1009-1018.
26. Rastgoo, L., and Alemzadeh, A. 2011. Biochemical responses of Gouan (*Aeluropus littoralis*) to heavy metals stress. Australian Journal of Crop Science 5(4): 375-383.
27. Schutzendubel, A., Schwanz, P., Teichmann, T., Gross, K., Langenfeld, R., Douglas, L., and Polle, A. 2001. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in Scots pine roots. Plant Physiology 127: 887-898.
28. Shahid, M., Pourrut, B., Dumat, C., Nadeem, M., Aslam, M., and Pinelli, E. 2014. Heavy-metal induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 232: 1-44.
29. Solecka, D. 1997. Role of phenylpropanoid compounds in plant responses to different stress factor. Plant Physiology 19: 257-268.
30. Sun, R.L., Zhou, Q.X., Sun, F.H., and Jin, C.X. 2007. Antioxidative defense and proline/phytochelatins accumulation in a newly discovered Cd hyperaccumulator, *Solanum nigrum* L. Environmental and Experimental Botany 60: 468-476.
31. Tewari, R.K., Kumar, P., and Sharma, P.N. 2008. Morphology and physiology of zinc-stressed mulberry plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 286-294.
32. Tian, X., and Li, Y. 2007. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum 50: 775-778.
33. Torres, E., Cid, A., Herrero, C., and Abalde, J. 2000. Effect of cadmium on growth, ATP content, carbon fixation and ultra-structure in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin. Water, Air & Soil Pollution 117: 1-14.
34. Unyayar, S., Kele, Y., and Cekic, F.O. 2005. The antioxidative response of two tomato species with different drought tolerances as a result of drought and cadmium stress combinations. Plant Soil Environment 51(2): 57-64.
35. Vassilev, A., Tsonev, T., and Yordanov, I. 1998. Physiological response of barley plants (*Hordeum vulgare*) to cadmium contamination in soil during ontogenesis. Environmental Pollution 103: 287-293.
36. Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 4113-4117.
37. Vogt, T. 2010. Phenylpropanoid biosynthesis. Molecular Plant 3: 2-20.
38. Wang, J.W., Zheng, L.P., Wu, J.Y., and Tan, R.X. 2006. Involvement of nitric oxide in oxidative burst phenylalanine ammonia-lyase activation and taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunnanensis* cell suspension cultures. Nitric Oxide Biology and Chemistry 15: 351-358.
39. Zhang, F., Shi, W., Jim, Z., and Shen, Z. 2003. Response of antioxidative enzymes in cucumber chloroplasts to cadmium toxicity. Journal of Plant Nutrition 26: 1779-1788.
40. Zhang, X., Fan, X., Li, C., and Nan, Z. 2010. Effects of cadmium stress on seed germination, seedling growth and antioxidative enzymes in *Achnatherum inebrians* plants infected with a Neotyphodium endophyte. Plant Growth Regulation 60: 91-97.

Effect of Cadmium on changes of some enzymatic and none-enzymatic antioxidant defense systems in lentil seedlings (*Lens culinaris* Medik.)

Barandeh, F. & Kavousi,* H.R.

Department of Biotechnology, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 5 April 2015

Accepted: 28 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45542

Introduction

Throughout their life cycle, plants are subjected to various types of environmental stresses which include salinity, water deficit, temperature extremes, toxic metal ion concentration and UV radiation. These environmental factors limit the growth and productivity of plants to various degrees, depending upon severity of stress. Heavy metal toxicity is one of the major current environmental health problems and potential dangerous due to bioaccumulation through the food chain and in plant products for human consumption. Cadmium (Cd) is a high toxic trace element that enters the environment mainly from industrial processes and phosphate fertilizers. It can reach high levels in agricultural soil and is easily accumulated in plants. Cd ions are taken up readily by the plant roots and translocated to the above-ground vegetative parts. The presence of Cd at higher concentrations in the soil damages root tips, reduces nutrient and water uptake, impairs photosynthesis and inhibits growth of the plants. Furthermore, Cd directly or indirectly induces reactive oxygen species (ROS), which affect the redox status of the cell and cause oxidative damage to proteins, lipids, and other biomolecules. Cd damages the nucleoli in cells of the root tip, alters the synthesis of RNA, inhibits ribonuclease activity and inhibits the DNA repairing mechanism. Understanding the biochemical and molecular responses to Cd stress is essential for a holistic opinion of plant resistance mechanisms of heavy metal stress.

Materials and Methods

In this study, the effect of different concentrations of cadmium on proline and phenolic contents, activity of some antioxidative enzymes such as superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase, phenylalanine ammonialyase in *Lense culinaris* Medik. was studied. Therefore, two-week-old plantlets were treated with different concentrations of cadmium chloride (0 as control, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2.5 and 5 mM) of cadmium chloride for 10 days and then the above mentioned factors were investigated. The experiments were carried out by using a complete randomized block design with three replications. The statistical analyses were carried out using the SAS version 9. Changes in biochemical parameters were tested statistically by performing one-way analysis of variance (ANOVA). The treatment means separated using Duncan's multiple-range test (DMRT) taking $P < 0.05$ as significant.

Results and Discussion

Surveying the results indicated that the amount of non-enzymatic antioxidant compounds (phenol and proline) were increased in treated seedlings compared with the control. Review of the literature indicates that a stressful environment results in an overproduction of proline in plants which in turn imparts stress tolerance by maintaining cell turgor or osmotic balance; stabilizing membranes thereby preventing electrolyte leakage; and bringing concentrations of ROS within normal ranges, thus preventing

* Corresponding Author: hrkavousi@uk.ac.ir, Mobile: 09155250093

oxidative burst in plants. The increase in phenolic content may be due to protective function of these compounds against heavy metal stress by metal chelation and ROS scavenging. The results obtained from measuring the activity of antioxidant enzymes showed that with increasing concentrations of cadmium, the activity of antioxidant enzymes superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase were increased in lentil seedlings. However, this increase was more evident at concentrations greater than 0.5 mM. These results suggest that lentil seedlings tend to cope with free radicals generated by Cd through coordinated, enhanced activities of the antioxidative enzymes involved in detoxification. With increasing levels of cadmium in the medium, the activity of the phenylalanine ammonialyase also increased. The trend of phenylalanine ammonialyase activity induction in response to different concentrations of cadmium, was similar to those of antioxidant enzymes. Although the induction of activity of this enzyme was higher than the antioxidant enzymes. PAL is a key enzyme in the phenolic metabolism that has been reported to protect plants against stress conditions via synthesizing various phenylpropanoid products such as simple phenols, anthocyanin, flavonoid, and lignin.

Conclusion

The present study demonstrated that antioxidative system in *L. culinaris* underwent biochemical changes to survive under high concentrations of cadmium. Increase in metal chelate components (free phenols and proline) in all treatment levels proves this fact. Proline and phenolic compounds produced by the Phenylpropanoid Pathway in lentil played a major role in its response to Cd stress. Also that prolonged stress induced by Cd concentrations, can result into the activation of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase.

Key words: Antioxidant enzymes, Cadmium, Lentil, Phenylalanine ammonialyase, Total phenolics

بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata*)

مجتبی کیخا^۱، محسن نوری^۲ و عباس کشته‌گر^{۳*}

۱- مربی، دانشجو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، mojtaba8736@yahoo.com

۲- اعضای هیئت علمی مجتمع آموزش عالی سراوان، به‌ترتیب mohsen.noori@saravan.ac.ir و abbas.keshtehgar@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۷

چکیده

هورمون‌های گیاهی از جمله سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر صفات کمی و کیفی گیاهان زراعی مؤثرند. کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود مقاومت به شوری در گیاهان مطرح است. به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات کشت‌و صنعت گوهرکوه خاش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار انجام شد. در این بررسی سالیسیلیک‌اسید در چهار غلظت مختلف شامل ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام به‌عنوان عامل اول و جیبرلین در سه غلظت ۰، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام به‌عنوان عامل دوم بودند. صفات موردبررسی شامل ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر و خشک، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و شاخص برداشت بودند. نتایج نشان داد که در تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید بهترین عملکرد علوفه خشک به‌میزان ۱۸۳۷ کیلوگرم در هکتار و ۴۹ درصد افزایش نسبت به شاهد، عملکرد دانه به‌میزان ۵۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار و ۳۶/۱۹ درصد افزایش نسبت به شاهد و شاخص برداشت نیز به‌میزان ۲۷/۱۱ درصد بود که نسبت به شاهد ۳۰/۷۶ درصد افزایش نشان داد و در تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین بهترین عملکرد علوفه خشک به‌میزان ۱۴۶۹/۳۶ کیلوگرم در هکتار و ۲۰/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد، عملکرد دانه به‌میزان ۵۰۸/۰۸ کیلوگرم در هکتار و ۳۱/۰۹ درصد افزایش نسبت به شاهد و شاخص برداشت نیز به‌میزان ۲۵/۶۶ درصد بود که نسبت به شاهد ۲۰/۴۵ درصد افزایش نشان داد. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر صفات موردبررسی تأثیر معنی‌دار مثبت داشتند و رشد بهتر بوته‌های ماش در تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد، درصد جوانه‌زنی، حبوبات، شاخص برداشت، عملکرد علوفه خشک، هورمون‌های گیاهی

مقدمه

نیاز پروتئین از منابع گیاهی خصوصاً حبوبات تأمین می‌شود. ماش با نام علمی *Vigna radiata* گیاهی یک‌ساله از خانواده حبوبات می‌باشد. سطح زیرکشت ماش سبز در جهان در حدود ۲/۵ تا سه میلیون هکتار و تولید آن در حدود پنج میلیون تن است. عمده‌ترین مناطق کشت این گیاه در جهان سریلانکا، هندوستان، تایلند و پاکستان می‌باشند. دانه ماش از نظر ویتامین و مواد پروتئینی غنی است و بذرها خشک آن تقریباً دارای ۲۳/۶ درصد پروتئین می‌باشد. علاوه‌براین، دانه ماش سرشار از فسفر است (Mobaser & Mousavi Nick, 2010). کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود مقاومت به شوری در گیاهان مطرح است (Kafi et al., 2009). هورمون‌های گیاهی از عوامل مؤثر بر فعالیت‌های مختلف رشد، نمو و خواب بذر هستند. جیبرلین‌ها شامل گروهی از هورمون‌ها هستند که بیشترین دخالت مستقیم را در کنترل و تسهیل جوانه‌زنی بذر دارند. افزایش سنتز و آزادسازی هورمون جیبرلین‌اسید در بذر موجب تجزیه نشاسته بذر و تبدیل آن به‌مواد قابل‌استفاده جنین

آنچه علم کشاورزی به‌خصوص زراعت عهده‌دار است، عبارت از تولید محصولات زیاده‌تر و باکیفیت بهتر است که بتواند جوابگوی ازدیاد جمعیت باشد، تا بدین‌وسیله فقر غذایی و گرسنگی را از میان بردارد (Noor Mohammadi et al., 1997). در حال حاضر حدود ۷۰ درصد پروتئین گیاهی مورد استفاده انسان توسط غلات و حبوبات تأمین می‌شود. پایین‌بودن میزان پروتئین غلات (۹-۱۲ درصد) و بالا بودن آن در حبوبات (۳۲-۱۸ درصد) توجه کشورهای در حال توسعه را به مصرف حبوبات به‌عنوان منبع مهم تأمین‌کننده پروتئین جلب نموده و حبوبات را به‌عنوان مکمل غذایی مناسب برای غلات مطرح کرده است. حبوبات بعد از غلات مهم‌ترین نقش را در تغذیه بشر داشته و به‌دلیل کمبود منابع پروتئین حیوانی، عمده

* نویسنده مسئول: استان سیستان و بلوچستان، سراوان، بلوار پاسداران، مجتمع آموزش عالی سراوان، کد پستی: ۹۹۵۱۶۳۴۱۴۵، تلفن همراه: ۰۹۱۵۵۴۹۵۸۲۲
abbas.keshtehgar@yahoo.com

سالیسیلیک‌اسید بر رشد گیاه، این تحقیق با هدف بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش به‌اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشت و صنعت گوهرکوه خاش در سال زراعی ۱۳۹۳ با موقعیت جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۳۲۹ متر از سطح دریا به‌مرحله اجرا درآمد. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی گوهرکوه، میانگین درازمدت ۳۰ ساله بارندگی ۱۰۰ میلی‌متر، حداکثر دما ۴۵ درجه، حداقل دما ۵- درجه و میانگین دمای منطقه ۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار انجام شد. سالیسیلیک‌اسید در چهار غلظت مختلف شامل $A_1=0$ ppm, $A_2=25$ ppm, $A_3=50$ ppm و $A_4=100$ ppm به‌عنوان عامل اول و جیبرلین در سه غلظت $B_1=0$ ppm, $B_2=50$ ppm و $B_3=100$ ppm به‌عنوان عامل دوم بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کشت به طول چهار و عرض سه‌متر و با فاصله بین ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر آماده گردید. فاصله تکرارها (بلوک‌ها) از هم یک‌متر بود. در این آزمایش از نوعی رقم ماش به‌نام پاکستانی که یک‌رقم محلی می‌باشد، استفاده گردید. هورمون‌های سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین‌اسید از شرکت خدمات کشاورزی بهنوژن تهیه شدند. عملیات کاشت مطابق با تقویم زراعی مطلوب منطقه در تاریخ ۱۳۹۳/۰۳/۲۵ به‌صورت دستی انجام گردید. اعمال تیمارها طبق نقشه آزمایش بدین ترتیب بود که پس از تهیه غلظت‌های مختلف هورمون‌ها، بذرها به‌مدت هفت‌ساعت (Metwally et al., 2003) در محلول‌های موردنظر خیسانده شدند و پس از آن عملیات کاشت آغاز گردید. آبیاری در مزرعه به‌شیوه غرقابی بود. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت انجام گرفت. در مراحل اولیه رشد، آبیاری هر چهار روز یک‌بار صورت گرفت و در مراحل بعدی، مدار آبیاری به ۱۰ روز یک‌بار افزایش یافت. جهت رسیدن به تراکم مطلوب، پس از رشد گیاهان به‌مرحله چهاربرگی عملیات تُنک‌کردن انجام گرفت. بیشتر علف‌های هرز مزرعه شامل پنجه‌مرغی و خارشر بودند که به‌طریق وجین دستی با آنها مبارزه شد. آفات مهم مزرعه آزمایشی شامل شته سبز و ملخ بودند. مبارزه علیه آفت شته سبز از طریق سم‌پاشی با سم دیازینون به‌میزان ۲ در هزار سی‌سی آب و مبارزه با ملخ با سم فیتروتیون به‌میزان ۲ در هزار سی‌سی آب صورت گرفت. پس از رسیدن گیاه به ارتفاع نهایی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک،

می‌شود و جوانه‌زنی شروع می‌شود. نقش اصلی هورمون جیبرلین که توسط جنین بذر ترشح می‌شود، فعال‌نمودن ژن کُدننده آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذر به‌ویژه آنزیم آلفا‌آمیلاز است (Afzal et al., 2006). استفاده از جیبرلین‌اسید معمولاً باعث افزایش سبز شدن، افزایش رشد و سیستم ریشه‌ای گسترده می‌شود، علاوه‌براین سبب افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی می‌شود، همچنین گلدهی و رسیدگی نیز سریع‌تر و عملکرد را افزایش می‌دهد (Kaure et al., 2003; Toker et al., 2004). جیبرلین برای شکستن دوره کمون دانه‌ها و شروع جوانه‌زنی ضروری است (Stebert et al., 2001). جیبرلین یکی از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در مراحل رشد اثرات متنوع و متفاوتی بر رشد و نمو بسیاری از گیاهان دارد. استفاده از جیبرلین در غلظت‌های بالا رشد برخی از گیاهان را تشدید می‌کند (Atri, 1996). جیبرلین در بیولوژی جوانه‌زنی بذر تأثیر آنتاگونیستی دارد و اثر تنظیمی مختلفی را در فرآیندهای مختلف نشان می‌دهد. تعدادی از مطالعات اخیر نقش جیبرلین را در کنترل جوانه‌زنی گزارش کرده‌اند (Kermode, 2005; Finkelstein, 2008). برخی محققان کاربرد خارجی هورمون‌های گیاهی مثل جیبرلین را برای کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و نمو گیاهان مفید گزارش کرده‌اند (Ghorbani et al., 2011). ترکیب سالیسیلیک‌اسید یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که امروزه به‌عنوان ماده شبه‌هورمونی محسوب می‌گردد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. القاء گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم سالیسیلیک‌اسید به‌حساب می‌آید (Raskin, 1992). سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم (Shakirova & Bezrukova, 1997) و مقاومت به کمبود آب در گیاهچه‌های گندم می‌گردد (Bezrukova et al., 2001). کاربرد سالیسیلیک‌اسید بر بسیاری از فرآیندهای گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور، بسته‌شدن روزنه‌ها، تبادل انتقال، نفوذپذیری غشاءها، فتوسنتز و سرعت رشد اثر دارد (Raskin, 1992). سالیسیلیک‌اسید می‌تواند نقش محوری در مقاومت نسبت به بیماری در گیاهان خصوصاً طی مقاومت سیستمیک کسب شده داشته باشد (Amborabe & Fleurat-Lessard, 2002). سالیسیلیک‌اسید در گوجه‌فرنگی و لوبیاسبز نیز سبب افزایش مقاومت به درجه‌حرارت‌های پایین و بالا شد (Senaratna et al., 2000) و باعث کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج گردید (Mishra & Choudhuri, 1999). با توجه به اثر مثبت جیبرلین‌اسید و

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد:

$$GP = 100 (NG/NT)$$

که در آن NG تعداد بذره‌های جوانه‌زده و NT تعداد کل بذره‌های کاشته شده می‌باشد.

جهت تعیین سرعت جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد.

$$Rs = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i}$$

که در آن Rs سرعت جوانه‌زنی، S_i تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز و D_i تعداد روز تا شمارش n ام می‌باشد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل، با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوته از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۲۲/۸۸ سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۶/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲).

قبل از برداشت نهایی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای با استفاده از خط‌کش مدرج از سطح خاک تا انتهای‌ترین قسمت ساقه، ۱۰ بوته از هر کرت را به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین ارتفاع آنها برای هر کرت محاسبه شد. مساحت دو مترمربع از هر کرت برداشت و بلافاصله توسط ترازو توزین شده و میانگین عملکرد علوفه تر به‌دست‌آمده، به هکتار تعمیم داده شد. علوفه برداشت‌شده در داخل آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و در نهایت میانگین عملکرد علوفه خشک ماش در هکتار محاسبه شد. بذره‌های کل دو مترمربع از هر کرت توزین و میانگین عملکرد اقتصادی به‌دست آمده، به هکتار تعمیم داده شد. بعد از رسیدن گیاه به‌طور کامل و زرد شدن یک‌سوم پایینی بوته و رسیدن دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۵۰۰ عدد بذر از هر کرت را شمارش نموده، با استفاده از ترازوی حساس ۱۰ هزارم گرم وزن کرده و به‌این ترتیب وزن هزاردانه محاسبه شد. با به‌دست‌آوردن عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی در هر کرت، شاخص برداشت توسط فرمول زیر محاسبه گردید.

$$HI = 100 \times \text{عملکرد بیولوژیکی} / \text{عملکرد اقتصادی}$$

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات گیاهی ماش تحت تأثیر سطوح سالیسیلیک‌اسید و هورمون جیبرلین

Table 1. Analysis of variance of vetch plant characteristic affected by levels of salicylic acid and gibberellin

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares							
		ارتفاع بوته Plant height	عملکرد علوفه تر Forage yields	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزاردانه 1000 grain weight	شاخص برداشت Harvest index	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
تکرار Replication	2	1.36	91117.44	1391270.07	30303.36	84.81	27.00	37.00	0.57
سالیسیلیک‌اسید (A) Salicylic acid (A)	3	4.24**	11155452.22**	326833.42**	69573.07*	133.82*	142.11**	59.37**	2.14**
جیبرلین (B) Gibberellins (B)	2	14.11**	4318567.02**	541536.95**	87176.02*	261.48**	90.25*	213.25**	0.86**
(A×B) خطا Error	6	8.29**	44490275.69**	47212.56**	40870.43ns	96.36*	72.80*	9.28ns	0.05ns
22	22	0.81	63961.14	1391270.07	16127.90	27.83	22.78	7.30	0.03
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	4.09	5.62	16.96	30.92	18.39	20.31	3.05	6.96

ns: غیر معنی‌دار

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

ns: Non significant

* & **: significant at 5% and 1% probability level; respectively

سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه سویا در شرایط گلخانه و مزرعه گردید (Guitierrez- Coronado *et al.*, 1998). در یک بررسی تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع گیاه نخود مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که استفاده از تیمار سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه نخود گردید (Majd *et al.*, 2006).

در آزمایشی مشخص گردید که استفاده از سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه ذرت گردید (Mehrabian Moghadam *et al.*, 2011). استفاده از سالیسیلیک‌اسید در گیاه گندم سبب افزایش ارتفاع این گیاه گردید (Shakirova *et al.*, 2003). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر گیاه سویا مشخص گردید که

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی ماش تحت تأثیر سطوح سالیسیلیک‌اسید و هورمون جیبرلین
Table 2. Means comparison of plant characteristic of vetch affected by levels of salicylic acid and gibberellin

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد علوفه تر Forage yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
سالیسیلیک‌اسید salicylic acid								
شاهد Control	21.38c	2908.0d	937.4c	327.5b	23.96b	18.77b	85.44c	2.22d
25 ppm	21.61bc	4625.0c	1091.1bc	348.1b	27.08ab	21.66b	87.44bc	2.48c
50 ppm	22.88a	5459.6a	1837a	513.3a	31.97a	27.11a	91.22a	3.31a
100 ppm	22.33ab	4997.7b	1258.2b	453.4ab	31.67a	26.44a	89.88ab	2.97b
جیبرلین gibberellins								
شاهد Control	21.00c	4147.8b	1162.17b	350.08b	23.58b	20.41b	85.58b	2.45b
50 ppm	22.00b	4154.6b	1211.20b	373.67b	29.7a	24.41ab	86.58b	2.83a
100 ppm	23.16a	5190.3a	1469.36a	508.08a	32.75a	25.66a	93.33a	2.96a

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

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

برگ‌ها گردید (Mortazavi & Hosseinpour Asil, 2009). در مطالعه‌ای که توسط Gomathi & Thandapan (2005) انجام شد، شوری به میزان ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ارتفاع بوته و رشد برگ نیشکر گردید، درحالی‌که کاربرد برگی ۱۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین اثرات منفی تنش شوری را در نیشکر به‌طور معنی‌داری کاهش داد. Al-Khassawneh *et al.*, (2006) گیاهان زنبق را با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۲۵ و ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید در آب آبیاری نمودند، همچنین تعدادی از گیاهان را با غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید محلول‌پاشی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌داد که گیاهان طویل‌تری در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین تقسیم سلولی را درون مرستم‌های گیاهچه‌های ماش افزایش داده و به‌این طریق موجب بهبود رشد گیاه شده است. سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین از طریق آماس مناسب سلول‌ها، افزایش تقسیم، طویل‌شدن و

ارتفاع بوته ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱)؛ ولی بیشترین ارتفاع از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به‌میزان ۲۳/۱۶ سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۹/۳۲ درصد افزایش نشان‌داد (جدول ۲). در بررسی اثر جیبرلین بر گل‌مریم رقم کم‌پر مشخص گردید که تیمار قبل از کاشت پیازهای گل‌مریم با جیبرلین سبب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها و گلچه‌های هر گل‌آذین گردید (Pretti *et al.*, 1997). در بررسی اثر جیبرلین بر خصوصیات کمی و کیفی گل‌مریم رقم پرپر مشخص گردید که جیبرلین موجب افزایش طول ساقه گل‌دهنده، طول خوشه گل‌آذین و نیز موجب تسریع ظهور ساقه گل‌دهنده گردید (Kheiri *et al.*, 2010). در بررسی اثرات دما و جیبرلیک‌اسید در پیش‌رس‌کردن و بهبود کیفیت گل شاخه‌بریدنی زنبق مشخص گردید که تیمار دمایی و کاربرد جیبرلیک‌اسید سبب افزایش طول ساقه گل زنبق، تسریع در جوانه‌زنی، ظهور گل، افزایش عمر گل، افزایش آنتوسیانین برگ‌ها و افزایش میزان کلروفیل

تمایز سلولی، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت رشد و طولانی تر شدن دوره رشد گیاه، می‌توانند باعث توسعه عادی سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شوند.

عملکرد علوفه تر

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد علوفه تر از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۵۴۵۹/۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۹۱/۱۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در یک بررسی مشخص گردید که پرایمینگ هورمونی بذور هیبریدهای ذرت با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش طول ساقه‌چه، ریشه، وزن تر و وزن خشک گیاهچه ذرت در مقایسه با بذور پرایم‌نشده در دمای پایین شد (Farooq et al., 2008). هنگامی که بذور گندم در استیل سالیسیلیک‌اسید (که در محلول آبی به سالیسیلیک‌اسید تجزیه می‌شود) خیسانده شده بودند، گیاهان مقاومت بهتری به تنش خشکی داشتند. خیساندن در ۱۰۰ پی‌پی‌ام استیل سالیسیلیک‌اسید به مدت ۶ ساعت قبل از کاشت، نه تنها اثرات ممانعت‌کنندگی خشکی را کاهش داد، بلکه تأثیر تحریک‌کنندگی بر افزایش وزن خشک و تر در قسمت هوایی و ریشه داشت و سرعت تنفس نیز افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را نشان داد (Al-Hakimi & Hamada, 2001). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر ذرت در شرایط تنش شوری مشاهده گردید که سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه ذرت می‌شود (Khodary, 2004). گزارش شده است که سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های ۱/۱ میلی‌مول و ۵/۵ میلی‌مول به‌طور مؤثری گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا را در مقابل تنش خشکی محافظت کرد و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط گردید (Senaratna et al., 2000). Martin-Mex et al., (2001) گزارش کردند که در گیاهان زینتی نظیر بنفشه آفریقایی سالیسیلیک‌اسید برگ‌های تشکیل‌شده را افزایش داد، به‌طوری‌که سطح برگ گیاهان تیمار شده ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. عملکرد علوفه تر ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱). ولی بیشترین عملکرد از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۵۱۹۰/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۰/۰۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر جیبرلین و بنزیل‌آدنین بر فیزیولوژی پس از برداشت و عمر ماندگاری گل بریده گلایل مشخص گردید که تیمار ۵۰ میلی‌گرم جیبرلین باعث افزایش جذب محلول، وزن تر و وزن خشک در خوشه گل شد (Danaei et al., 2009).

هیدروپرایمینگ با جیبرلین به مدت ۲۴ ساعت در بذور نخود باعث طول شدن ریشه‌چه و ساقه‌چه و افزایش وزن خشک و وزن تر گیاهچه در مقایسه با بذور پرایم‌نشده گردید (Kaure et al., 2005). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بذرهای پرایم‌شده با ایجاد شرایط مناسب، از طریق افزایش ارتفاع گیاه، محتوای نسبی آب، محتوای پروتئین و کاهش محتوای قندهای محلول موجب افزایش بیوماس و عملکرد دانه ماش شد. پیش تیمار کردن بذور با هورمون‌های رشد گیاهی، نه تنها جوانه‌زنی و سرعت سبز شدن، بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را افزایش می‌دهد (Ahmad et al., 1995; Pakmehr, 2009). گیاهان تیمار داده شده با سالیسیلیک‌اسید، مستقل از غلظت آن، به‌طور معمول محتوای رطوبتی، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی رابیسکویی، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کلروفیل کل بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده نشان می‌دهند (Pakmehr, 2009; Singh & Usha, 2003). تیمار سالیسیلیک‌اسید، فعالیت نیترات‌ریداکتاز را محافظت می‌کند و محتوای پروتئین و نیتروژن برگ‌ها را حفظ می‌کند. نتایج به نقش سالیسیلیک‌اسید در افزایش بیوماس گیاهان دلالت می‌کنند. در کل، پیشنهاد می‌کنند که سالیسیلیک‌اسید می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه مورد استفاده واقع شود.

عملکرد علوفه خشک

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد علوفه خشک از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۱۸۳۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۴۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر گیاه کلزا مشخص گردید که سالیسیلیک‌اسید، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک کل را افزایش می‌دهد (Sadeghi et al., 2010). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید در برگ‌های گیاه ذرت و سویا مشخص گردید که سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش سطح برگ و بیوماس خشک این گیاهان گردید (Khan et al., 2003). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر گندم مشخص گردید که مصرف سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم شد (Singh & Usha, 2003). در یک بررسی مشخص گردید که غلظت‌های ۱/۱ و ۲/۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه ذرت گردید (Mehrabian Moghadam et al., 2011). عملکرد علوفه خشک ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱). ولی

بیشترین عملکرد از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۱۴۶۹/۳۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۰/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر جیبرلین بر رشد گیاهچه کنار مشخص گردید که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین موجب افزایش وزن خشک کل گیاهچه در مقایسه با شاهد گردید (Abduallahi et al., 2013). در بررسی تأثیر جیبرلین بر بنیه بذر و خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی سیاه‌دانه تحت تنش شوری مشخص گردید که پرایمینگ جیبرلیک‌اسید به مدت ۴۸ ساعت سبب حداکثر عملکرد ماده خشک گیاهچه سیاه‌دانه گردید (Fathi Amirkhizi et al., 2012). پرایمینگ با جیبرلین سبب افزایش وزن خشک و کاهش گیاهچه‌های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید (Demir kaya et al., 2006). در بررسی اثر جیبرلین بر رشد رویشی زعفران زراعی مشخص گردید که پیازهای تیمار شده با جیبرلین بیشترین مقدار وزن خشک برگ را در مقایسه با شاهد تولید کردند (Amir Shekari et al., 2007). افزایش عملکرد علوفه خشک ماش را می‌توان به بالا بودن ارتفاع گیاه و عملکرد علوفه تر گیاه مرتبط دانست. عملکرد بیولوژیک، حاصل تجمع مواد فتوسنتزی در قسمت‌های مختلف گیاه می‌باشد. در گیاهان زراعی عواملی نظیر مواد غذایی خاک، رقم و اقلیم، بر وزن خشک نهایی بوته‌ها تأثیر دارند و هرگاه فتوسنتز گیاه در اثر بروز عوامل نامساعد محیطی با کمبود مواد غذایی محدود گردد، اثر آن روی وزن خشک کل تظاهر می‌یابد (Salehi et al., 2008). عملکرد علوفه خشک به میزان زیادی بستگی به مقدار رشد و تولید ماده خشک پیش از گلدهی دارد. افزایش پرایمینگ با هورمون‌های سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۵۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۳۶/۱۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر روی ذرت در شرایط بدون تنش مشخص گردید که خیساندن بذره‌های ذرت و خیساندن بذر + محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Mehrabian Moghadam et al., 2011). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیدم مشخص گردید که تیمار بذور گندم با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن هزاردانه، عملکرد دانه و

عملکرد بیولوژیک گردید (Sajedi & GHoli Nejad, 2012). بررسی چند آزمایش نشان داد که باعث افزایش عملکرد دانه برخی گیاهان مانند سویا (Kumar & Dube, 1991)، لوبیا چشم‌بلبلی (Singh & Kaur, 1998) و نخودفرنگی (Kumar et al., 1997) شده است. بررسی آزمایشی نشان داد که سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های ۱/۰ میلی‌مولار و ۵/۰ میلی‌مولار به‌طور مؤثری گیاه لوبیا را در مقابل تنش خشکی محافظت کرد و موجب افزایش عملکرد دانه لوبیا گردید (Senartena et al., 2000). عملکرد دانه ماش تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱). ولی بیشترین عملکرد از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۵۰۸/۰۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به شاهد ۳۱/۰۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر پیش‌تیمار بذر زیره سیاه با جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سیاه مشخص گردید که پیش‌تیمار بذر با جیبرلین سبب افزایش عملکرد اقتصادی زیره سیاه گردید. در بررسی اثر پیش‌تیمار هورمونی بذر با جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز مشخص گردید که پیش‌تیمار بذر با جیبرلین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۲۴ ساعت سبب افزایش وزن هزاردانه گردید (Babai et al., 2011). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به نظر می‌رسد که غلظت‌هایی از تیمارهای سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین که موجب افزایش ارتفاع گیاه گشته‌اند، در نهایت می‌توانند عملکرد بهتری تولید کنند. زیرا مقدار قندهای ذخیره شده‌ای که از ساقه در مرحله پُرسدن به دانه انتقال می‌یابند، به ارتفاع گیاه بستگی دارد و کوتاه‌بودن ارتفاع می‌تواند این مورد را محدود کند. همچنین کاربرد این هورمون‌های گیاهی می‌تواند با افزایش سرعت فتوسنتز (Khodary, 2004) و انتقال بیشتر مواد آسمیلات به دانه‌ها، باعث افزایش وزن دانه و عملکرد دانه گیاه گردد (Gunes et al., 2005).

وزن ۱۰۰۰ دانه

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن هزاردانه از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۳۱/۹۷ گرم به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۵/۰۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر وزن هزاردانه در گیاه نخود مشخص گردید که غلظت ۱/۰ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن هزاردانه از ۳۲/۱۷ به ۳۴/۶۵ گرم گردید (Majd et al., 2006). در یک بررسی مشخص گردید که سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن هزاردانه در گیاه ذرت گردید (Mehrabian Moghadam et al., 2011).

وزن هزاردانه ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱). ولی بیشترین وزن هزاردانه از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۳۲/۷۵ گرم به دست آمد که نسبت به شاهد حدود ۲۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). می‌توان علت کاهش وزن دانه را تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و موادپورده در طول پُرشدن دانه‌ها بیان کرد. اثرات مفید سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پُرشدن دانه‌ها باشد که در نتیجه، باعث افزایش وزن دانه می‌شود (Gunes et al., 2005).

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین شاخص برداشت از تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۲۷/۱۱ درصد به دست آمد که نسبت به شاهد ۳۰/۷۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بررسی آزمایشی مشخص گردید، سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش شاخص برداشت ذرت می‌شود. در این آزمایش مشخص گردید که در شرایط بدون تنش خیساندن بذره‌ای ذرت در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید سبب شاخص برداشت می‌گردد (Mehrabian Moghadam et al., 2011). در بررسی اثر سالیسیلیک بر گیاه نخود مشاهده گردید که بذره‌ای تیمار شده نخود با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش شاخص برداشت می‌گردد (Kumar et al., 1999). شاخص برداشت ماش تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱)، ولی بیشترین شاخص برداشت از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۲۵/۶۶ درصد به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۰/۴۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). به گفته Merah (2001) ذخایر ساقه برای پُرشدن کامل دانه لازم است و پتانسیل لازم برای ذخیره مواد در ساقه به طول ساقه بستگی دارد. ذخایر تجمع یافته در ساقه قبل از گرده افشانی نیز می‌تواند در برخی از گیاهان برای پُرشدن دانه، علاوه بر آسمیلات‌های حاضر مورد استفاده قرار گیرد، در نتیجه در بالا رفتن شاخص برداشت نقش داشته باشد (Chaves et al., 2003).

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی از ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید به میزان ۹۱/۲۲ درصد به دست آمد که نسبت به شاهد ۶۲/۳۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). کاربرد سالیسیلیک‌اسید در گیاهان باعث کاهش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) می‌گردد که به دنبال آن در گیاه

مقاومت ایجاد می‌کند. همچنین سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها (Shakirova et al., 2003) و کاهش نشت یونی از سلول‌های گیاهی می‌گردد (Ghoulam et al., 2001). سالیسیلیک‌اسید خارجی می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را تنظیم کند و مقاومت گیاه را به تنش‌های غیرزنده را افزایش دهد (He et al., 2002). سالیسیلیک‌اسید افزایش پراکسیداسیون لیپدها ناشی از اتیلن را از طریق اثر بر مکانیسم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی گیاه کاهش می‌دهد و گیاه را در مقابل تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند. گیاهان در پاسخ‌های به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده پروتئین‌هایی را تولید می‌کنند. تولید تعدادی از این پروتئین‌ها به وسیله کاربرد فیتوهورمون‌هایی مثل آب‌سزیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید القاء می‌گردد (Jin et al., 2000). سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های کم باعث افزایش رشد و افزایش مقاومت به شرایط نامساعد محیطی می‌گردد. سالیسیلیک‌اسید تغییرات ایجاد شده در فیتوهورمون‌ها را که تحت شرایط شوری در گیاه اتفاق می‌افتد، کاهش می‌دهد و از طریق کاهش سطح هورمون‌های اکسین و سیتوکینین، از کاهش رشد ناشی از تنش شوری جلوگیری می‌کند (Shakirova et al., 2003). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر گیاه گندم مشخص گردید که سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه گندم می‌شود. در این آزمایش مشخص گردید غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در شرایط بدون تنش سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه گندم می‌شود (Dowlatabadi et al., 2007). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر درصد جوانه‌زنی گیاه گندم مشخص گردید که پیش تیمار بذور گندم با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید سبب کاهش جوانه‌زنی گندم می‌شود، در حالی که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید درصد جوانه‌زنی بذور گندم را افزایش می‌دهد (Rajasekaran et al., 1997; Shakirova, 2002). در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر درصد جوانه‌زنی گیاه کلزا مشخص گردید که استفاده از سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی گیاه کلزا گردید (Mazaheri Tirani & Kalantari, 2006). با بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر لوبیا چشم‌بلبلی مشخص گردید که پرایمینگ بذور لوبیا چشم‌بلبلی با سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش شاخص سبز شدن، درصد جوانه‌زنی و افزایش سطح برگ در گیاهان پرایم شده گردید (Shekari & Esfandiari, 2010). درصد جوانه‌زنی ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱). ولی بیشترین درصد جوانه‌زنی از تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین به میزان ۹۳/۳۳ درصد

به دست آمد که نسبت به شاهد ۸/۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). استفاده از جیبرلین در غلظت ۱۰۰ پی پی ام می تواند موجب افزایش درصد جوانه زنی بذر ماش شود. این امکان وجود دارد که جیبرلیکاسید فعالیت آمیلاز را در لپه های گیاهچه های ماش افزایش داده است. اما جیبرلین نتوانست درصد جوانه زنی را در تیمار ۵۰ پی پی ام بهبود دهد. این احتمال وجود دارد که در این تیمار تعدادی از بذر ها در اثر شرایط نامساعد محیطی از بین رفته باشند و امکان ترمیم یا بهبود بافت های خسارت دیده وجود نداشته است. جیبرلین ها، هم برای طول شدن سلول های جنین و هم برای شل کردن آندوسپرم در طی جوانه زنی بذر ماش مورد نیاز هستند. جیبرلین از طریق افزایش آنزیم ها که موجبات نفوذ پروتئین ها به دیواره سلول را فراهم می کند، موجب رشد سلول می شود. در بررسی اثر جیبرلین بر رشد گیاه سورگوم مشخص گردید که تحت تأثیر جیبرلیکاسید درصد جوانه زنی بذر های سورگوم افزایش یافت (Davis, 1995). در بررسی اثر جیبرلین بر درصد جوانه زنی جو مشخص گردید که استفاده از تیمار جیبرلین سبب افزایش درصد جوانه زنی بذور جو گردید (Dastaran & Tavakkol, 2009). در بررسی اثر جیبرلین و آسزیکاسید بر جوانه زنی بذر گندم نان مشخص گردید که میزان جوانه زنی در طی دوره پس رسی به مدت شش هفته در دمای ۲۳ درجه سانتی گراد و شرایط تاریکی ۷۱ درصد افزایش یافت (Tvokol, Afshari et al., 2010). کاربرد ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ پی پی ام جیبرلیکاسید جوانه زنی بذر های *Koelreateria paniculata* را به ترتیب ۱۷، ۱۸ و ۱۵ درصد افزایش داد (Remans, 2000). (Afzal et al., 2002) نیز مشاهده نمودند که جوانه زنی بذر ذرت هیبرید خیسانده شده با جیبرلین (GA3) در مقایسه با پلی اتیلن گلیکول بهبود یافت.

سرعت جوانه زنی

نتایج نشان داد که اثر سالیسیلیکاسید بر سرعت جوانه زنی معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین سرعت جوانه زنی از تیمار ۵۰ پی پی ام سالیسیلیکاسید به میزان ۳/۳۱ به دست آمد که نسبت به شاهد ۳۲/۹۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). با بررسی اثر سالیسیلیکاسید بر گیاه کلزا مشخص گردید که بذر های تیمار شده کلزا با سالیسیلیکاسید از میانگین سرعت جوانه زنی بالاتری برخوردارند (Mazaheri Tirani & Kalantari, 2006). در بررسی اثر سالیسیلیکاسید بر برنج با پرایمینگ هورمونی مشخص شد که پرایمینگ بذر با سالیسیلیکاسید باعث افزایش سرعت جوانه زنی و طول گیاهچه برنج می شود (Basra et al., 2006). در بررسی اثر

سالیسیلیکاسید بر گیاه جو مشخص گردید که پرایمینگ بذور جو با سالیسیلیکاسید باعث افزایش سرعت جوانه زنی گردید (El- Tayeb, 2005). سرعت جوانه زنی ماش شدیداً تحت تأثیر هورمون جیبرلین قرار گرفت (جدول ۱)، ولی بیشترین سرعت جوانه زنی از تیمار ۱۰۰ پی پی ام جیبرلین به میزان ۲/۹۶ به دست آمد که نسبت به شاهد ۱۷/۲۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در یک بررسی مشخص گردید که خیساندن بذر های *Balanitesae gyptica* با جیبرلیکاسید سبب بهبود جوانه زنی و افزایش سرعت جوانه زنی گردید (Schelin et al., 2003). در بررسی دیگر مشخص گردید که جیبرلیکاسید جوانه زنی بذور سورگوم را تحت شرایط تنش شوری و خشکی افزایش داد (Sharma et al., 2004). یکی از دلایل افزایش سرعت جوانه زنی در شرایط کاربرد استفاده از هورمون های گیاهی، افزایش انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین است. تجمع ماده خشک در بافت جنین افزایش می یابد و اراقامی که اندوخته مواد غذایی بیشتری داشته باشند یا میزان اندوخته مواد غذایی در آنها کمتر تحت تأثیر محیط قرار بگیرد، سرعت جوانه زنی بیشتری خواهند داشت. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می دهند، می توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه ها به محور جنینی تأثیر بگذارند.

نتیجه گیری

اثر سالیسیلیکاسید و جیبرلین بر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک معنی دار بود. بهترین درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و عملکرد دانه از تیمار ۵۰ پی پی ام سالیسیلیکاسید به همراه ۱۰۰ پی پی ام جیبرلین به دست آمد. جیبرلین در بیولوژی جوانه زنی بذر تأثیر آنتاگونیستی دارد و اثر تنظیمی مختلفی را در فرآیندهای مختلف نشان می دهد. استفاده از جیبرلیکاسید معمولاً باعث افزایش سبز شدن، افزایش رشد و سیستم ریشه ای گسترده می شود. علاوه بر این سبب افزایش تحمل نسبت به تنش های غیر زیستی می شود. همچنین گلدهی و رسیدگی نیز سریع تر شده و عملکرد را افزایش می دهد. کاربرد سالیسیلیکاسید بر بسیاری از فرآیندهای گیاهان مانند جوانه زنی بذور، بسته شدن روزنه ها، تبادل انتقال، نفوذ پذیری غشاء ها، فتوسنتز و سرعت رشد اثر دارد. به نظر می رسد سالیسیلیکاسید و جیبرلین تقسیم سلولی را درون مریستم های گیاهچه های ماش افزایش داده و به این طریق موجب بهبود رشد گیاه شده است. سالیسیلیکاسید و جیبرلین از طریق آماس مناسب سلول ها، افزایش تقسیم، طول شدن و تمایز سلولی، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت رشد و

حاضر مورد استفاده قرار گیرد، در نتیجه در بالارفتن شاخص برداشت نقش داشته باشد. سالیسیلیک‌اسید خارجی می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را تنظیم کند و مقاومت گیاه را به تنش‌های غیرزنده افزایش دهد. جیبرلیک‌اسید فعالیت آمیلاز را در لپه‌های گیاهچه‌های ماش افزایش داده است. جیبرلین‌ها، هم برای طولی شدن سلول‌های جنین و هم برای شل کردن آندوسپرم در در طی جوانه‌زنی بذر ماش موردنیاز هستند. جیبرلین از طریق افزایش آنزیم‌ها که موجبات نفوذ پروتئین‌ها به دیواره سلول را فراهم می‌کند، موجب رشد سلول می‌شود. یکی از دلایل افزایش سرعت جوانه‌زنی در شرایط کاربرد استفاده از هورمون‌های گیاهی، افزایش انتقال موادغذایی از لپه‌ها به جنین است. تجمع ماده خشک در بافت جنین افزایش می‌یابد و ارقامی که اندوخته موادغذایی بیشتری داشته باشند یا میزان اندوخته موادغذایی در آنها کمتر تحت تأثیر محیط قرار بگیرد، سرعت جوانه‌زنی بیشتری خواهند داشت. به‌طور کل می‌توان بیان کرد که سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر صفات موردبررسی تأثیر معنی‌دار مثبت داشتند و رشد بهتر بوته‌های ماش در تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید و ۱۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلین مشاهده شد.

طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه، می‌تواند باعث توسعه عادی سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شوند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بذره‌های پرایم‌شده با ایجاد شرایط مناسب، از طریق افزایش ارتفاع گیاه، محتوای نسبی آب، محتوای پرولین و کاهش محتوای قندهای محلول موجب افزایش بیوماس و عملکرد دانه ماش شد. افزایش عملکرد علوفه خشک ماش را می‌توان به بالابودن ارتفاع گیاه و عملکرد علوفه‌تر گیاه مرتبط دانست. عملکرد بیولوژیک، حاصل تجمع مواد فتوسنتزی در قسمت‌های مختلف گیاه می‌باشد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها به‌نظر می‌رسد که غلظت‌هایی از تیمارهای سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین که موجب افزایش ارتفاع گیاه گشته‌اند، در نهایت می‌توانند عملکرد بهتری تولید کنند. اثرات مفید سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پُرشدن دانه‌ها باشد که در نتیجه، باعث افزایش وزن دانه می‌شود. ذخایر ساقه برای پُرشدن کامل دانه لازم است و پتانسیل لازم برای ذخیره مواد در ساقه به طول ساقه بستگی دارد. ذخایر تجمع‌یافته در ساقه قبل از گرده‌افشانی نیز می‌تواند در برخی از گیاهان برای پُرشدن دانه، علاوه‌بر آسمیلات‌های

منابع

1. Abdullahi, F., Jafari, L., and Gardi Takhti, Sh. 2013. Effect of gibberellin (GA3) on the growth and chemical composition of Lotus (*Ziziphus spina-christi*) under salt stress. Journal of Process and Plant Operation 2(2): 53-64. (In Persian with English Summary).
2. Afzal, I., Basra, S.H.M., Ahmad, N., Cheema, M.A., Warraich, E.A., and Khaliq, A. 2006. Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize. International Journal of Agriculture and Biology 4(2): 303-306.
3. Ahmad, A., Haque, I., and Aziz, O. 1995. Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. Acta Agronomica Hungarica 43: 211-221.
4. Al-Hakimi, A.M.A., and Hamada, A.M. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. Biologia Plantarum 44: 253-261.
5. Ali, H.M., Siddiqui, M.H., Basalah, M.O., Al-Whaibi, M.H., Sakran, A.M., and Al-Amri, A. 2012. Effect of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of *Hibiscus sabdariffa* L. African Journal of Biotechnology 11: 800-804.
6. Amborabe, B.E., and Fleurat-Lessard, P. 2002. Antifungal effects of salicylic acid and other benzoic acid derivatives towards *Eutypa lata*: structure-activity relationship. Plant Physiology and Biochemistry 40(12): 1051-1060.
7. Amir Shekari, H., Soroush Zadeh, A., Modares Sani, S.A.M., and Jalali Jawaran, M. 2007. The effect of temperature at the root, onion and gibberellin on growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14(5): 96-104. (In Persian with English Summary).
8. Atri, M. 1996. Plants organogenesis and morphogenesis. Jahad Daneshgahi Urmia Press. (In Persian).
9. Babai, A.R., Rahimzade Khoi, F., and Ahari Zad, S. 2011. The effect of the hormonal treatments on seed yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). 6th National Conference New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University of Khorasan. (In Persian with English Summary).
10. Basra, S.M.A., Farooq, M., Wahid, A., and Khan, M.B. 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. Seed Science and Technology 34: 775-780.
11. Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V., Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R.A., Shakirova, I., and Sakhabutdinova, F.A.R. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ) 2: 51-54.

12. Chaves, M.M., Maroco, J.P., and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30: 239-264.
13. Danaei, A., Moradi, P., Abdosi, V., and Mousavinia, S.M. 2009. Effect of gibberellin, BA and sucrose on postharvest physiology, cell membrane stability and shelf life of cut flowers *Gladiolus*. 6th Congress of Horticultural Sciences, Rasht, Gilan University (In Persian).
14. Dastaran Mamaghani, F., and Tavakkol Afshari, R. 2009. Study of seed dormancy, period of afterripening, and pre-harvest sprouting resistance in barley genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40: 77-88. (In Persian with English Summary).
15. Davies, P.J. 1995. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: P.J. Davies (Ed.). *Plant Hormones*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. p.13-38.
16. Demir Kaya, M., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291- 295.
17. Dowlatabadi, A., Modaress Sani, S.A.M., and Etemadi, F. 2007. Effect of salicylic acid on germination (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Iranian Journal of Biology* 21(4): 692-702. (In Persian with English Summary).
18. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 225-215. (In Persian).
19. Farooq, S., and Koul, K.K. 1983. *Biochimi and physiologie der pflanzen* 8: 685-689.
20. Fathi Amirkhizi, K., Omidi, H., Heshmati, S., and Jafarzadeh, L. 2012. Effect of catalyst on vigor and germination characteristics of *nigella* (*Nigella sativa* L.) under salt stress. *Iranian Journal of Agricultural Research* 10(2): 299-310. (In Persian with English Summary).
21. Finkelstein, R., Reeves, W., Arizumi, T., and Steber, C. 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annual Review of Plant Biology* 59: 387-415.
22. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, S.A.M., and Allahdadi, I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science* 5: 726-734.
23. Ghoulam, C.F., Ahmed, F., and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 47: 139-150.
24. Gomathi, R., and Thandapani, V. 2005. Role of gibberellins and polyamines in relation to salt tolerance of sugarcane genotypes (*Saccharum officinarum* L.). *International Journal of Plant Archives* 5: 293-296.
25. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* 51: 687-695.
26. Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Larque-Saavedra, A. 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36: 563-565.
27. He, Y.L., Liu, Y.L., Chen, Q., and Bian, A.H. 2002. Thermotolerance related to antioxidation induced by salicylic acid and heat acclimation in tall fescue seedlings. *Journal of Plant Physiology, Molecular and Biology* 28: 89-95.
28. Jin, S., Chen, C.C.S., and Plant, A.L. 2000. Regulation by ABA of osmotic stress-induced changes in protein synthesis in tomato roots. *Plant Cell and Environment* 23: 51-60.
29. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. *Environmental Stress Physiology of Plants*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
30. Kaur, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 81-87.
31. Kaur, S., Gupta, A., and Kaur, N. 2003. Gibberellin A3 reverses the effect of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings by enhancing amylase activity and mobilization of starch cotyledons. *Journal of Plant Growth Regulation* 26: 85-90.
32. Kermode, A.R. 2005. Role of abscisic acid in seed dormancy. *Journal of Plant Growth Regulation* 24: 319-344.
33. Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 160: 485-492.
34. Kheiri, A.L., Khalighi, A., Mostoufi, Y., and Naderi, R.A. 2010. The effect of different concentrations of gibberellin and 6-BA on the quantitative and qualitative characteristics of tuberoses filled. *Journal of Crop Improvement in Agriculture* 13(1): 9-20. (In Persian with English Summary).

35. Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 5-8.
36. Kumar, P. 1997. Effect of salicylic acid on flowering, pod formation and yield of pea (*Pisum sativum* L.). Paper Presented at National Seminar on Plant Physiology for Sustainable Agriculture, IARI, New Delhi, March 19-21, p. 69.
37. Kumar, P., Dube, D., and Chauhan, V.S. 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Indian Journal of Plant Physiology* 4: 327-330.
38. Majd, A., Maddah, S.M., Fallahian, F., Sabagh Pour, S.H., and Chalbiyan, F. 2006. Comparing the effect of salicylic acid on yield, yield components and two susceptible and resistant chickpea resistance to the fungus *Ascochyta rabiei*. *Iranian Journal of Biology* 19(3): 314-324. (In Persian with English Summary).
39. Martin-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Herrera-Campos, T., and Larqué-Saavedra, A. 2001. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae* 103: 499-502.
40. Mazaheri Tirani, M., and Kalantari, KH. 2006. Evaluation of three factors, salicylic acid, ethylene effects of stress and their interaction on seed germination of canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Biology* 19(4): 408-418. (In Persian with English Summary).
41. Mehrabian Moghadam, N., Arvine, M.J., Khajavy Nejad, Gh.R., and Maghsoudi, K. 2011. Effect of salicylic acid on the growth and yield of corn in drought conditions in the field. *Journal of Agronomic Seedlings and Seeds* 2-27(1): 41-55. (In Persian).
42. Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 137: 139-145.
43. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Physiology and Biochemistry of Plant* 132: 272-281.
44. Mishra, A., and Choudhuri, M.A. 1999. Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biologia Plantarum* 42(3): 409-415.
45. Mobaser, H.R., and Mousavi Nick, M. 2010. *Legumes Crops*. 1st Edition, Islamic Azad University of Zahedan Publishers. p. 65-67. (In Persian).
46. Mortazavi, S.H., and Hosseinpour Asil, M. 2009. Effects of temperature and gibberellic acid in premature and improve the quality of cut flower iris (*Iris hollandica* cv. 'Blue Magic'). *Journal of Agricultural and Sustainable Production*. 2/20(2): 1-14. (In Persian with English Summary).
47. Noor Mohammadi, GH., Siyadat, S.A., and Kashani, A. 1997. *Cereal Crops*. 9th Edition, Shahid Chamran University of Ahwas Publishers. p. 121-125. (In Persian).
48. Pakmehr, A. 2009. Effect of priming by salicylic acid on morphological and physiological traits of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit. MSc Thesis Faculty of Agriculture, Zanjan University. (In Persian with English Summary).
49. Parasher, A., and Varma, S.K. 1988. Effect of presowing seed soaking in gibberellic acid on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under different saline conditions. *Indian Journal of Biological Science* 26: 473-475.
50. Prakash, L., and Prathapasenan, G. 1990. NaCl and gibberellic acid induced changes in the content of auxin, the activity of cellulose and pectin lyase during leaf growth in rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany* 365: 251-257.
51. Preeti, H., and Gogoi, S. 1997. Effects of preplant chemical treatment of bulbs on growth and flowering of *Polianthes tuberosa* cv. single. *Annals Biology* 13: 145-149.
52. Rajasekaran, L.R., Stiles, A., and Cadwell, C.D. 2002. Stand establishment in processing carrots: Effect of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science* 82: 443-450.
53. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43: 439-463.
54. Rehman, S. 2000. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of golden-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm). *Scientia Horticulture* 85: 319-329.
55. Sadeghi, S., SHehari, F., Fotovat, R., and Zangani, A. 2010. The effect of priming with salicylic acid rapeseed vigor and seedling growth under water deficit conditions. *Journal of Plant Biology* 2(6): 55-70. (In Persian with English Summary).
56. Sajedi, N.A., and GHoli Nejad, A. 2012. Response of yield and yield components of wheat on selenium and salicylic acid. *Iranian Journal of Agricultural Research* 10(3): 614-621. (In Persian with English Summary).

57. Salehi, M., Akbari, R., and Khorshidi, M.B. 2008. Effect yield and yield components of red beans cultivars to the delay in sowing in Miyaneh region. Journal of Sciences and Natural Resources 43: 115-105. (In Persian).
58. Schelin, M., Tigabu, M., Eriksson, I., Sawadogo, L., and Oden., P.C. 2003. Effects of scarification, gibberelic acid and dry heat treatments on the germination of *Balanite aegyptiaca* seeds from the sudanian savanna in Burkina faso. Seed Science and Technology 31: 605-617.
59. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
60. Shakirova, F.M., and Bezrukova, M.W. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin 24: 109-112.
61. Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164(3): 317-322.
62. Sharma, A., Thakur, M., Rana, M., and Singh, K. 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphatase activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. African Journal of Biotechnology 3: 308-312.
63. Shekari, F., and Esfandiari, A. 2010. Physiology in Crop Production. University of Maragheh Press. p. 42-43. (In Persian).
64. 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.
65. Singh, G., and Kaur, M. 1998. Effect of growth regulators on podding and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.). Indian Journal of Plant Physiology 23: 366-370.
66. Stebert, C., and Mc court, P. 2001. A role for Brassinosteroids in germination in Arabidopsis. Plant Physiology 125(2): 763-769.
67. Toker, C., Ulger, S., Karhan, M., Canci, H., Akdesir, O., Ertoy, N., and Cagiran, M.I. 2004. Comparison of some endogenous hormone levels in different parts of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Genetic Resources and Crop Evolution 52(3): 233-237.
68. Tvakol Afshari, R., Badri, S., and Abbasi, A.R. 2010. Effect of gibberellin and abscisic acid on germination, induce sleep and activity of acid and alkaline phosphatase seed embryos of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars RL4137. Iranian Journal of Field Crop Science 41(4): 781-789. (In Persian with English Summary).

Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*)

Keikha¹, M., Noori², M. & Keshtehgar^{2*}, A.

1. Educator, Student, Islamic Azad University of Zahedan, Iran, mojtaba8736@yahoo.com

2. Contributions from Higher Educational Complex of Saravan, Iran

Received: 20 April 2015

Accepted: 29 August 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45907

Introduction

The plant hormones such as salicylic acid and gibberellin can affect the quantity and quality of crops. External application of plant growth regulators as a strategy for improving salt tolerance in plants is discussed. Foreign Salicylic acid can regulate antioxidant enzyme activity and increase plant resistance to abiotic stresses. Salicylic acid reduction due to ethylene through the effect on the mechanisms of enzymatic and non-enzymatic of plant improves oxidative stress protection. Gibberellic acid increased amylase activity in the cotyledons of mung bean seedlings. Gibberellin are for the elongation of cells in the embryo and endosperm during seed germination.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of mung bean, an experiment was conducted using factorial experiment in the form of RCBD with three replications at Research Farm of Agro-Industry Center of Goharkooh Khash (Iran) in 2014. In this experiment salicylic acid was used at four different concentrations including A1 (0 ppm [control]), A2 (25 ppm), A3 (50 ppm) and A4 (100 ppm) as first factor and gibberellin in three different concentrations B1 (0 ppm [control]), B2 (50 ppm) and B3 (100 ppm) as second factor. Agricultural traits including plant height, forage yield, dry matter yield, grain yield, 1000 seed weight and harvest index.

Results and Discussions

The results showed that in the treatment of 50 ppm of salicylic acid the highest dry matter yield was obtained by 1837 kg per hectare and 49% increase compared to the control, 513.3 kg per hectare grain yield by 36.19% increase compared to control, and harvest index also amounted to 27.11 percent compared to the control was 30/76%. In the treatment of 100 ppm gibberellin best dry matter yield by 1469.36 kg per hectare and 20.9% increase compared with the control, grain yield by 508.08 kg per hectare yield and 31.09% increase compared to control, and harvest index by 25.66 percent and 20.45% compared to control increased, respectively. It seems that salicylic acid and gibberellin increased cell division in the meristem plantlets and thus improved the plant growth. Salicylic acid and gibberellin through proper inflammatory cells, increase division, elongation and cell differentiation, the allocation of the substances synthesized for growth and prolong the period of growth may rise to normal cells, and thus increase the plant height. The comparison shows that primed seeds to create favorable conditions by increasing plant height, relative water content, proline content and soluble sugar content reduction was significantly increased plant biomass and grain yield. Vetch dry matter accumulation yield, plant height and yield of forage plants can be attributed to a high level of dry matter accumulation in different parts of the plant. Concentrations of salicylic

* Corresponding Author: abbas.keshtehgar@yahoo.com; Mobile: 09155495822

acid and gibberellin treatments, have increased plant height and ultimately produced a better performance. The use of these plant hormones can increase the rate of photosynthesis and the transfer of materials to the seeds. Reserves accumulated in the stem before pollination can also in some plants be used for grain filling, in addition to the present assimilate used, resulting in an increase in harvest index contributed. Foreign Salicylic acid can regulate antioxidant enzyme activity and increase plant resistance to abiotic stresses. Salicylic acid reduction due to ethylene through the effect on the mechanisms of enzymatic and non-enzymatic of plant improves oxidative stress protection. Gibberellic acid increased amylase activity in the cotyledons of mung bean seedlings. Gibberellin are for the elongation of cells in the embryo and endosperm during seed germination.

Conclusion

The results showed that in the treatment of 50 ppm of salicylic acid the highest dry matter yield was obtained by 1837 kg per hectare and 49% increase compared to the control, 513.3 kg per hectare grain yield by 36.19% increase compared to control, and harvest index also amounted to 27.11% compared to the control was 30/76%. In the treatment of 100 ppm gibberellin best dry matter yield by 1469.36 kg per hectare and 20.9% increase compared with the control, grain yield by 508.08 kg per hectare yield and 31.09% increase compared to control, and harvest index by 25.66 percent and 20.45% compared to control increased, respectively. In general it can be stated that salicylic acid and gibberellin have positive and significant impact on traits, and vetch plants grow better with treatment of 50 ppm of salicylic acid and 100 ppm of gibberellin.

Key words: Dry matter yield, Fabaceae, Germination percentage, Growth regulators, Harvest index, Plant hormones

بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) با ماش (*Vigna radiata*) بر مهار علف‌های هرز و افزایش عملکرد ماش

بهرام میرشکاری*

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵

چکیده

با ایجاد تنوع از طریق کشت مخلوط، پایداری نظام‌های زراعی افزایش می‌یابد. به‌منظور مطالعه تأثیر کشت مخلوط همیشه‌بهار با ماش بر عملکرد و بیوماس علف‌های هرز، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور شامل دو رقم همیشه‌بهار پُرپر و کم‌پر و کشت مخلوط آن‌ها با ماش در نسبت‌های صفر، ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵ و ۵۰ درصد تراکم مطلوب انجام شد. در کرت‌های رقم کم‌پر، علف‌های هرز توانایی رشد کمتری نسبت به رقم پُرپر داشتند. وقتی ماش با ۳۷/۵ درصد تراکم مطلوب کاشته شد، وزن خشک گل همیشه‌بهار افزایش یافت. بیشترین وزن خشک گل از دو تیمار کشت خالص و کشت مخلوط ماش با ۳۷/۵ درصد تراکم مطلوب آن در کشت مخلوط با همیشه‌بهار و به‌ترتیب برابر با ۱۰۳/۵ و ۹۵/۸ گرم در مترمربع حاصل گردید. در سیستم‌های کاشت ۲۵ درصد، ۳۷/۵ درصد و ۵۰ درصد ماش به‌همراه ۱۰۰ درصد همیشه‌بهار بیشترین عملکرد دانه ماش به‌ترتیب برابر با ۳۷/۲، ۳۹/۹ و ۴۱/۶ گرم در مترمربع حاصل شد. در تمامی تیمارها به‌جز تیمار کاشت مخلوط همیشه‌بهار پُرپر با ماش در تراکم ۱۲/۵ درصد نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. با توجه به بهبود شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گل همیشه‌بهار کم‌پر با ماش در تراکم‌های مختلف آن و نیز در کشت مخلوط رقم پُرپر با ماش در تراکم‌های بیش از ۲۵ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مقدار این شاخص در تراکم‌های مذکور، کشت مخلوط ارقام کم‌پر و پُرپر گل همیشه‌بهار با ماش به‌ترتیب در نسبت‌های ۱۲/۵ و ۲۵ درصد تراکم مطلوب آن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تراکم مطلوب، رقابت بین‌گونه‌ای، کشت خالص، نسبت برابری زمین، وزن خشک گل

مقدمه

همیشه‌بهار با نام علمی *Calendula officinalis* L. یکی از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیرهٔ آفتابگردان است که دارای خواص دارویی متعدد بوده و در درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mirshekari, 2010). لگوم‌ها از جمله مهم‌ترین گیاهان زراعی مورد کشت توسط انسان هستند و نه‌تنها دارای ارزش غذایی بالایی برای انسان هستند، بلکه بر حاصلخیزی خاک‌های زراعی نیز تأثیر مثبتی دارند (Szumigalski & Van Acker, 2005). ماش با نام علمی *Vigna radiata* L. متعلق به تیره نخود، یکی از منابع غذایی مهم در کشورهای درحال توسعه به‌شمار می‌رود. این گیاه دارای مزایایی از جمله طول دوره رشدی کوتاه، توانایی تثبیت نیتروژن، جلوگیری از فرسایش خاک و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک است (Allahmoradi et al., 2011).

با ایجاد تنوع از طریق کشت مخلوط، نظام‌های زراعی به منابع درونی و قابل تجدید خود وابستگی بیشتری پیدا می‌کنند

و پایداری آن‌ها افزایش می‌یابد (Mazaheri, 1994). محققان بر این باورند که عملکرد در کشت مخلوط افزایش می‌یابد، زیرا منابع رشدی مانند نور، آب و مواد غذایی به‌مقدار بیشتری جذب کانوپی گیاهی شده و به بیوماس تبدیل می‌شود (Feikea et al., 2010). در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) با لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) نور بیشتری توسط کانوپی گیاهی جذب شده و در اثر بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، عملکرد افزایش می‌یابد (Olorunmaiye, 2010). کشت مخلوط به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای طول دوره بحرانی مهار علف‌های هرز را نسبت به تک‌کشتی کاهش می‌دهد (Sarunatte et al., 2010). کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum*) با جو (*Hordeum vulgare*) قدرت رقابتی گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد و در شرایطی که فشار علف‌های هرز زیاد است، استفاده از این روش بسیار مؤثر خواهد بود (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). Szumigalski & Van Acker (2005) گزارش نمودند که تیمارهای کشت مخلوط نظیر کلزا-گندم و کلزا-نخود مهار بیشتری روی

* نویسنده مسئول: تلفن همراه: ۰۹۱۴۳۱۶۸۲۰۸، mirshekari@iaut.ac.ir

کشت مخلوط ماش و دو رقم همیشه‌بهار کم‌پر و پرپر روی عملکرد و اجزای عملکرد گل همیشه‌بهار و ماش و بیوماس علف‌های هرز بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا شد. این محل دارای طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۲۷۱ میلی‌متر و براساس نتایج تجزیه خاک pH در محدوده قلیایی تا متوسط قرار دارد و خطر شوری قابل ملاحظه‌ای در خاک سطح‌الارض وجود ندارد.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و دو فاکتور شامل دو رقم همیشه‌بهار پرپر و کم‌پر به عنوان عامل اصلی و ترکیب‌های کشت مخلوط افزایشی آن‌ها هر کدام در تراکم ۱۰۰ درصد با ماش رقم گوهر به عنوان گیاه همراه در نسبت‌های صفر، ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵ و ۵۰ درصد تراکم مطلوب به عنوان عامل فرعی انجام شد. در هر بلوک یک کرت نیز برای کشت خالص ماش در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۴ × ۳ متر بود.

قبل از اجرای آزمایش نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۵ سانتی‌متری تهیه و جهت تجزیه به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شد. به منظور از بین بردن اثر حاشیه‌ای بین کرت‌ها دو ردیف نکاشت و بین بلوک‌ها یک‌متر فاصله در نظر گرفته شد. برای تهیه زمین بعد از افزودن ۱۵-۱۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده، زمین به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر شخم زده شد. تاریخ کاشت هر دو گیاه نیمه اول اردیبهشت‌ماه بود. کاشت به صورت جوی پشته‌ای با الگوی کاشت ۲۵ × ۶۰ سانتی‌متر برای گل همیشه‌بهار روی پشته و در عمق ۳-۲ سانتی‌متری انجام گرفت. کشت ماش در دو طرف گل همیشه‌بهار و با فاصله ۱۲-۱۰ سانتی‌متر از وسط پشته صورت گرفت. فواصل بوته‌ها روی ردیف بسته به نسبت تراکمی مورد مطالعه متغیر بود. تراکم ماش در کشت خالص ۴۰ بوته در مترمربع بود و درصدهای مخلوط به تناسب آن محاسبه شد. تراکم مطلوب برای گل همیشه‌بهار ۶/۷ بوته در مترمربع بود. بنابراین، معادل گیاهی بر مبنای هر بوته گل همیشه‌بهار معادل شش بوته ماش محاسبه شد، سپس تراکم‌های ماش بر اساس نسبت‌های مختلف افزایشی در سطوح تراکمی ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵ و ۵۰ درصد به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

علف‌های هرز در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از این گیاهان دارد که نشان از وجود نوعی اثر هم‌افزاینده بین گیاهان زراعی موجود در کشت مخلوط در مهار علف‌های هرز است. Banik et al, (2006) نیز در کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum*) و نخود کاهش معنی‌داری را در تعداد و بیوماس علف‌های هرز نسبت به کشت منفرد هر یک از آن‌ها مشاهده کردند. (Naghavi (2012 گزارش نمود که ارقام گیاهان زراعی از نظر قدرت رقابت با علف‌های هرز متفاوت هستند. در مطالعه Tatari & Abbasi (2006 مقایسه مقادیر محاسبه‌شده برای نسبت برابری زمین^۱ به عنوان مهم‌ترین شاخص ارزیابی کشت مخلوط، نشان از برتری تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص داشت و نسبت تراکم ۹۰ بوته در مترمربع زیره سبز (*Cuminum cyminum*) به همراه ۱۵ بوته در مترمربع نخود بیشترین اثرات مثبت را نشان داد. در تحقیق انجام شده توسط Hunsigi & Gupta (2010) بر اساس کشت مخلوط ریحان (*Ocimum basilicum*) و ماش، بالاترین نسبت برابری زمین در نسبت افزایشی ۲۵ درصد ریحان و کمترین مقدار آن در نسبت‌های افزایشی ۵۰ درصد و ۷۵ درصد ریحان مشاهده شد. نتایج این بررسی نشانگر برتری کشت مخلوط لگوم-گیاه دارویی می‌باشد. در یک تحقیق مشاهده شد که امکان کشت بابونه (*Matricaria chamomila*) بین ردیف‌های زعفران (*Crocus sativus*) بدون هیچ‌گونه رقابت منفی بین این دو گیاه وجود دارد و عملکرد زعفران در تیمارهای کشت خالص و مخلوط با بابونه تفاوت معنی‌داری نداشت (Ijoyah & Naderi Darbaghshahi et al., 2010). Jimbah (2012) گزارش نمودند که در کشت مخلوط *Abetmoschus esculentus* با ذرت (*Zea mays*) نسبت برابری زمین برای دو سال متوالی به ترتیب ۱/۸۴ و ۱/۸۰ به دست آمد که نشان‌دهنده توان تولید بیشتر سیستم زراعی در واحد سطح است. (Shahbazi & Sarajuoghi (2012 در بین نسبت‌های مختلف کشت ذرت و باقلا (*Vicia faba*)، کاشت ۷۵ درصد ذرت به همراه ۲۵ درصد باقلا را به عنوان ترکیبی با بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد معرفی نمودند.

همیشه‌بهار یکی از گیاهان دارویی مهم بوده و در مقابله با علف‌های هرز توان کمتری دارد. نظام‌های کشت مخلوط ضمن بهبود تنوع گونه‌ای شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت علف‌های هرز، چرخش عناصر غذایی، استفاده از منابع و افزایش عملکرد فراهم می‌آورند. هدف از این بررسی مشخص نمودن اثر

^۱ Land Equivalent Ratio (LER)

جدول ۱- برخی از نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در نمونه مرکب حاصل از دو عمق نمونه‌برداری

Table 1. Soil analysis for experimental field in two sampling depths

عمق نمونه‌برداری (سانتی متر)	اسیدیته	شوری	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
Depth (cm)	pH	EC (dS m ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
0-35	7.8	7.2	64	22	14	Sandy loam

مقادیر کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) شامل ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل در زمان کاشت و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحله کاشت و شروع گلدهی ماش به‌طور مساوی بود. عملیات داشت شامل آبیاری بر اساس نیاز گیاه هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار، تنک در مرحله اوایل ساقه‌روی ماش و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در دو مرحله انجام شد.

صفات اندازه‌گیری شده در ماش شامل تعداد شاخه‌های فرعی، زمان گلدهی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و عملکرد دانه، در گل همیشه‌بهار شامل ارتفاع ساقه و عملکرد گل خشک و در علف‌های هرز شامل وزن خشک آن‌ها بود. قبل از اندازه‌گیری صفات تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت با رعایت اثر حاشیه انتخاب شده و صفات مورد مطالعه روی آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه ماش و عملکرد گل همیشه‌بهار تعداد بوته‌های واقع در سطح یک مترمربعی وسط هر کرت برداشت و بعد از خشک کردن در آون نسبت به توزین آن‌ها اقدام شد. نسبت برابری زمین به کمک معادله ۱ (Mazaheri, 1994) محاسبه شد.

$$\text{معادله ۱} \quad \text{LER}^1 = Y_{ci}/Y_c + Y_{mi}/Y_m$$

که در آن LER نسبت برابری زمین، Y_{ci} عملکرد اسانس گل همیشه‌بهار در کشت مخلوط، Y_c عملکرد اسانس گل همیشه‌بهار در کشت خالص، Y_{mi} عملکرد دانه ماش در کشت مخلوط و Y_m عملکرد دانه ماش در کشت خالص بود. اگر $\text{LER} > 1$ باشد کشت مخلوط قابل توصیه خواهد بود.

نسبت برابری زمین استاندارد شده (LERS) به کمک معادله ۲ (Javanshir et al., 2009) محاسبه شد.

$$\text{معادله ۲} \quad \text{LERS}^2 = (Y_{ci}^2/Y_{cmax}) + (Y_{bi}^2/Y_{bmax})$$

که در آن Y_{cmax} و Y_{bmax} به ترتیب حداکثر عملکرد گل همیشه‌بهار و دانه ماش در کشت‌های خالص است. اگر $\text{LERS} > 1$ باشد کشت مخلوط قابل توصیه خواهد بود.

قبل از تجزیه آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اثر رقم روی ارتفاع ساقه گل همیشه‌بهار و بیوماس علف‌های هرز به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). نسبت‌های مختلف کاشت نیز روی صفات بیوماس علف‌های هرز، وزن خشک گل همیشه‌بهار، تعداد دانه در نیام ماش و نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد و روی صفت عملکرد دانه ماش در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی دار داشت. اثر متقابل رقم در درصد کاشت ماش روی تعداد دانه در نیام آن و نسبت برابری زمین در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. علف‌های هرز مشاهده شده در آزمایش و ویژگی‌های کلی مربوط به آن‌ها به شرح جدول ۳ است.

در شرایط آزمایش، گل همیشه‌بهار رقم کم‌پَر با دارا بودن ارتفاع ساقه حدود ۴۲ سانتی‌متر پابلندتر از رقم پُر‌پَر با ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر بود. در کرت‌های رقم کم‌پَر علف‌های هرز توانایی رشد کمتری نسبت به کرت‌های رقم پُر‌پَر آن داشتند و این امر موجب کاهش سه درصدی بیوماس علف‌های هرز موجود در کرت‌های رقم کم‌پَر گردید (شکل ۱). ارقام مختلف گیاهان زراعی از نظر قدرت رقابت با علف‌های هرز متفاوت هستند و این تفاوت از اختلافات مورفوفیزیولوژیک ارقام ناشی می‌شود. ارقام با قدرت رقابت بالا از ارتفاع ساقه و سرعت رشد بیشتری برخوردار می‌باشند. زیاد بودن رشد ساقه‌ها منجر به بسته شدن سریع کانوپی شده و به دلیل سایه‌اندازی منجر به کاهش درصد سبز شدن و رشد علف‌های هرز می‌گردد (Deihimfard et al., 2007). به نظر می‌رسد انتخاب رقم مناسب تأثیر مثبتی در مهار کردن علف‌های هرز داشته باشد.

در مطالعه حاضر، با کاهش درصد کاشت ماش به مقدار کمتر از ۲۵ درصد نسبت به سطوح تراکمی بالاتر آن

¹ Land Equivalent Ratio

² Standardized Land Equivalent Ratio

تعداد و وزن خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند و حالت‌های مختلف کشت مخلوط توانستند علف‌های هرز را نسبت به تک‌کشتی نخود به‌خوبی کاهش دهند.

وقتی ماش با ۳۷/۵ درصد تراکم مطلوب کاشته شد، وزن خشک گل همیشه‌بهار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۳). بررسی ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ۴) نشان داد که وزن خشک گل همیشه‌بهار با بیوماس علف‌های هرز همبستگی منفی داشت که نشان می‌دهد که با افزایش بیوماس علف‌های هرز از وزن خشک گل آن کاسته می‌شود. در این مطالعه در دو رقم کم‌پر و پرپر همیشه‌بهار بیشترین وزن خشک گل از تیمار کشت خالص و پس از آن در تیمار کشت ماش با ۳۷/۵ درصد تراکم مطلوب آن و به‌ترتیب برابر با ۱۰۳/۵ و ۹۵/۸ گرم در مترمربع حاصل گردید که با یافته‌های (2010) Olorunmaiye در کشت مخلوط ذرت با پنج‌نوع لگوم مطابقت دارد.

علف‌های هرز رشد بهتری پیدا کردند، به‌طوری‌که بیوماس علف‌های هرز در میانگین دو سطح اول درصد کاشت حدود ۱۳/۵ درصد نسبت به میانگین دو سطح بعدی، تراکم بیشتر بود (شکل ۲). بنا بر گزارش (2010) Olorunmaiye کشت مخلوط به‌دو طریق منجر به کاهش جمعیت علف‌های هرز می‌گردد که شامل افزایش رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز و خاصیت آلوپاتیک گیاهان زراعی است. در یک تحقیق کشت مخلوط جو با ماشک به‌دلیل آزادسازی ترکیبات دگرآسیب توسط ماشک باعث کاهش تراکم، وزن خشک و تنوع علف‌های هرز شد (Asadi et al., 2013). در آزمایشی دیگر با افزایش نسبت ماش در کشت مخلوط با سورگوم، زیست‌توده علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به سورگوم خالص کاهش یافت (Eskandari, 2012). همچنین در مطالعه Mira & Rivas (2011) با افزایش تراکم کاشت ریحان در کشت مخلوط با لوبیا از قدرت رقابت علف‌های هرز کاسته شد. نتایج آزمایش انجام‌شده توسط (2011) Seyed et al, نشان داد که

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر رقم همیشه‌بهار و درصد کاشت ماش روی صفات موردبررسی
Table 2. Analysis of variance (mean of squares) of the effect of marigold variety and mungbean density on studied traits

میانگین مربعات Mean square				
منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع ساقه همیشه‌بهار Marigold stem height	بیوماس علف‌های هرز Weeds biomass	وزن خشک گل همیشه‌بهار Marigold flower dry weight
تکرار Replication	2	580.888 ^{ns}	0.212 ^{ns}	25.554 ^{ns}
رقم Cultivar	1	282.231 [*]	5.227 ^{**}	27.735 ^{ns}
اشتباه اول Error 1	2	58.297 ^{ns}	0.022 ^{ns}	11.216 ^{ns}
درصد کاشت rate Sowing	4	226.510 ^{ns}	357.641 ^{**}	117.451 ^{**}
اثر متقابل Interaction	4	80.009 ^{ns}	0.174 ^{ns}	0.664 ^{ns}
اشتباه دوم Error 2	16	120.150	39.525	17.032
ضریب تغییرات CV (%)	-	19.58	18.90	14.61

ادامه جدول ۲

میانگین مربعات Mean square				
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	عملکرد دانه ماش Mungbean grain yield	تعداد بذر در هر غلاف ماش Mungbean grain number per pod	تعداد غلاف در هر بوته ماش Mungbean pod number per plant	تعداد شاخه‌های جانبی ماش Mungbean lateral branches
0.086 ^{ns}	37.426 ^{ns}	4.422 ^{ns}	46.486 ^{ns}	60.124 ^{ns}
0.459 ^{ns}	11.620 ^{ns}	0.167 ^{ns}	1.084 ^{ns}	45.140 ^{ns}
0.090 ^{ns}	4.338 ^{ns}	0.252 ^{ns}	17.176 ^{ns}	28.111 ^{ns}
0.348 ^{**}	186.902 [*]	60.816 ^{**}	59.527 ^{ns}	19.150 ^{ns}
0.222 [*]	4.112 ^{ns}	2.239 [*]	16.746 ^{ns}	38.380 ^{ns}
0.057	41.428	0.585	28.282	19.255
20.60	17.44	5.13	28.8	22.00

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد. *, **: significant at 5% and 1%, respectively.

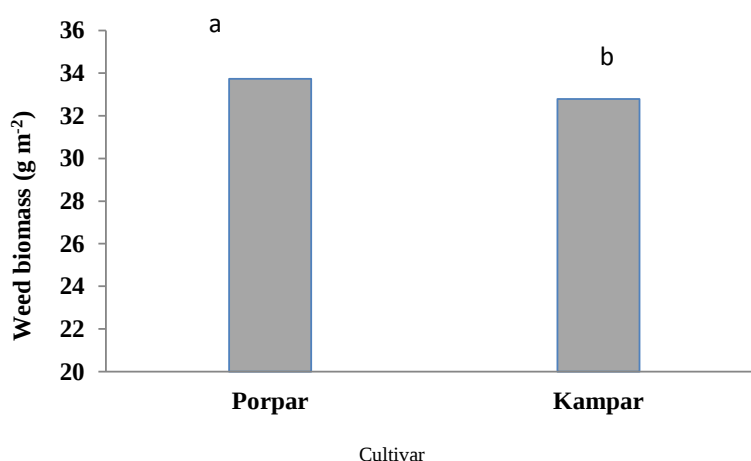
جدول ۳- علف‌های هرز مشاهده شده در آزمایش و ویژگی‌های کلی مربوط به آن‌ها

Table 3. Weed species observed in the experiment field and some of their characteristics

گونه علف‌هرز Weed species	نام علمی Scientific name	تیپ رشدی Growth type	تراکم نسبی Relative density (plants m ⁻²)
سلمه‌تره	<i>Chenopodium album</i>	یک‌ساله و پهن‌برگ	8
تاج‌خروس ریشه قرمز	<i>Amaranthus retroflexus</i>	یک‌ساله و پهن‌برگ	8
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i>	چندساله و پهن‌برگ	4
مرغ	<i>Cynodon dactylon</i>	چندساله و باریک‌برگ	10
چاودار وحشی	<i>Secale montaneum</i>	یک‌ساله و باریک‌برگ	2

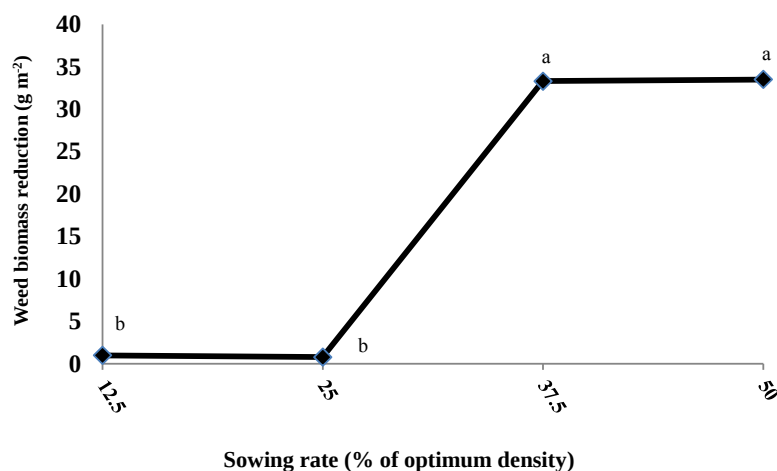
رقابتی گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد و در شرایطی که فشار علف‌های هرز زیاد است، استفاده از این روش بسیار مؤثر خواهد بود (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2001). با افزایش نسبت کاشت ماش در مخلوط، بر عملکرد دانه ماش افزوده شد، به‌طوری‌که در سیستم‌های کاشت ۲۵ درصد، ۳۷/۵ درصد و ۵۰ درصد ماش به‌همراه ۱۰۰ درصد همیشه‌بهار بیشترین عملکرد دانه ماش به ترتیب برابر با ۳۷۲، ۳۹۹ و ۶۴۱۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۵). بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه با بیوماس علف‌های هرز (-0.734^{**}) وجود دارد. عملکرد گیاهان زراعی به‌طور عمده در نتیجه رقابت با علف‌های هرز برای جذب آب، عناصر غذایی و نور کاهش می‌یابد. همچنین در مورد برخی از علف‌های هرز، عملکرد گیاه زراعی در اثر آزادسازی ترکیبات دگرآسیب به محیط از سوی علف‌های هرز کم می‌شود (Ijoyah & Jimba, 2012).

بر اساس نتایج، وقتی نسبت کاشت ماش تا ۳۷/۵ درصد افزایش یافت، تعداد دانه در هر نیام آن بیشتر از سایر سطوح تراکم بود (شکل ۴). در دو سطح کاشت ماش با ۱۲/۵ و ۲۵ درصد تراکم مطلوب بیوماس علف‌های هرز بیشتر از سطوح ۳۷/۵ و ۵۰ درصد بود (شکل ۲). لذا به‌نظر می‌رسد زیادبودن رقابت علف‌های هرز در تیمارهای کاشت ماش با تراکم‌های ۱۲/۵ درصد و ۲۵ درصد منجر به کاهش تعداد دانه در نیام آن شده است. با این حال، در تراکم کاشت ماش ۵۰ درصد نیز تعداد دانه در نیام کمتر از تیمار ۳۷/۵ درصد کاشت ماش بود که دلیل آن می‌تواند در نتیجه افزایش رقابت بین گونه‌ای به دلیل افزایش تراکم کل جامعه گیاهی باشد. با افزایش تراکم کاشت، در دسترس بودن آب و مواد غذایی برای گیاهان کاهش می‌یابد. در نتیجه گیاهان دچار کمبود آب می‌شوند و به دنبال آن عملکرد کاهش پیدا می‌کند (Carmi *et al.*, 2006). کاهش رقابت علف‌های هرز در کشت مخلوط یکی از دلایل افزایش عملکرد و اجزای عملکرد است. گزارش شده است که کشت مخلوط، قدرت



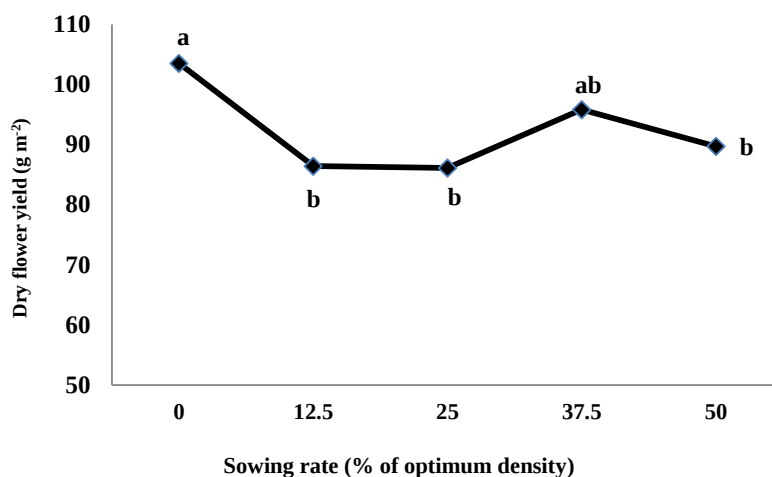
شکل ۱- میانگین بیوماس علف‌های هرز در دو رقم گل همیشه‌بهار

Fig. 1. Means comparison of weeds biomass affected by marigold cultivar



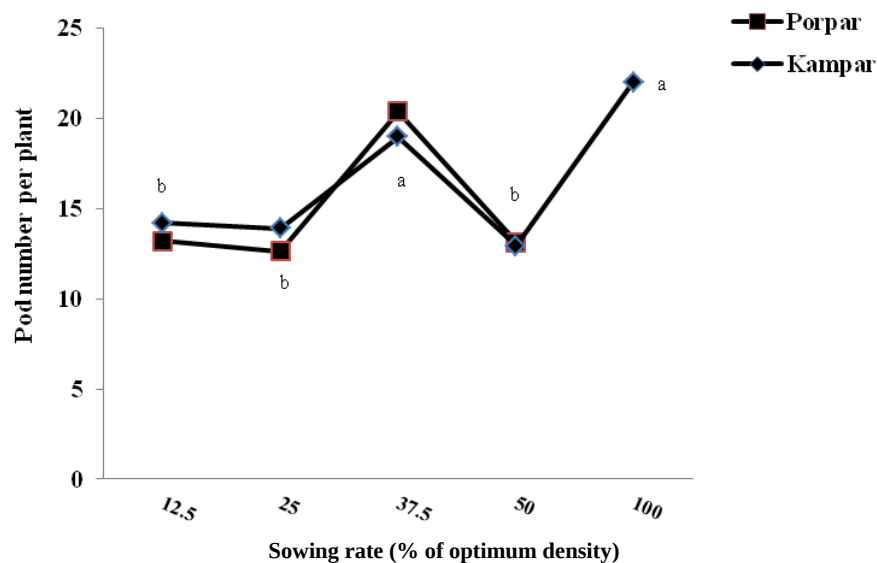
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های درصد کاهش بیوماس علف‌های هرز در کشت مخلوط همیشه‌بهار با ماش با نسبت‌های مختلف
Fig. 2. Means comparison of weeds biomass reduction in marigold and mungbean intercropping at different sowing rates

میانگین‌های با حرف مشابه، اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند.
 Means by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ based on Duncan's test.

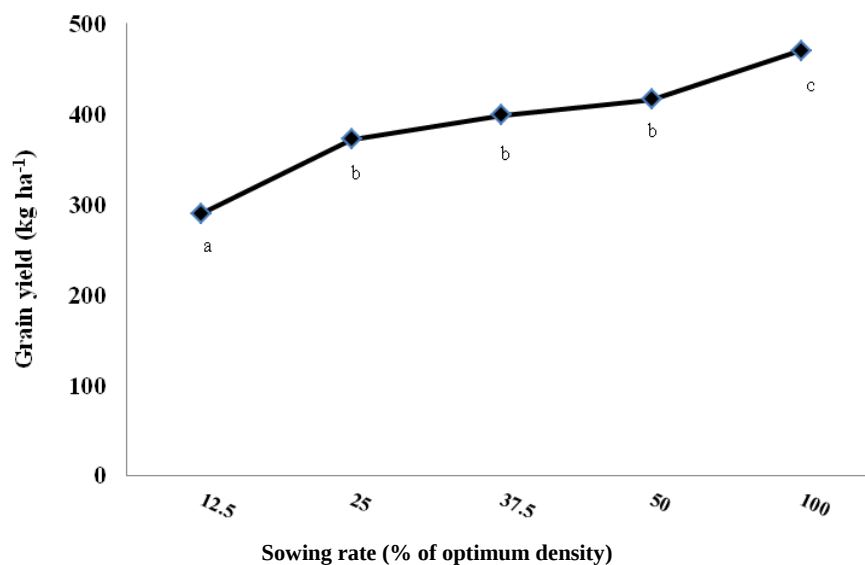


شکل ۳- مقایسه میانگین‌های وزن خشک گل همیشه‌بهار تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت ماش
Fig. 3. Means comparison of marigold dry flower yield affected by mungbean sowing rate

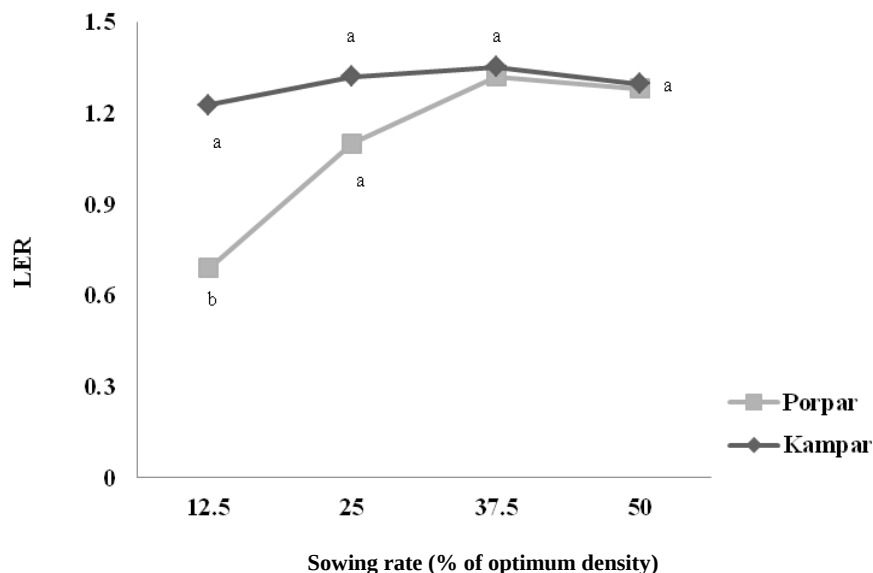
میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند.
 Means by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ based on Duncan's test.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در نیام ماش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت ماش و رقم گل همیشه‌بهار
Fig. 4. Means comparison of mungbean pod number per plant affected by sowing rate and marigold cultivar
 میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند.
 Means by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ based on Duncan's test.



شکل ۵- میانگین عملکرد دانه ماش تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت آن
Fig. 5. Means comparison of mungbean yield affected by sowing rate
 میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند.
 Means by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ based on Duncan's test.



شکل ۶- میانگین نسبت برابری زمین تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت ماش و رقم گل همیشه‌بهار
Fig. 6. Means comparison of land equivalent ratio affected by mungbean sowing rate and marigold cultivar
 میانگین‌های با حرف مشابه اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند.
 Means by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ based on Duncan's test.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی در کشت مخلوط گل همیشه‌بهار با ماش
Table 4. Correlation coefficients between studied traits in intercropping of marigold and mungbean

	بیوماس علف‌های‌هرز Weeds biomass	وزن خشک گل همیشه‌بهار Marigold flower dry weight	تعداد غلاف در هر بوته ماش Mungbean pod number per plant	تعداد بذر در هر غلاف ماش Mungbean grain number per pod	عملکرد دانه ماش Mungbean grain yield	نسبت برابری زمین LER	نسبت برابری زمین استاندارد شده LER _s
بیوماس علف‌های‌هرز Weed biomass	1						
وزن خشک گل همیشه‌بهار Marigold dry flower yield	-0.506*	1					
تعداد غلاف در هر بوته ماش Mungbean pod number per plant	0.561**	-0.462*	1				
تعداد بذر در هر غلاف ماش Mungbean seed number per pod	-0.391	0.637**	-0.728**	1			
عملکرد دانه ماش Mungbean grain yield	-0.734**	0.425*	-0.304	0.132	1		
نسبت برابری زمین LER	-0.369	0.472*	-0.207	0.297	0.249	1	
نسبت برابری زمین استاندارد شده LER _s	-0.348	0.058	-0.247	0.077	0.452*	0.131	1

* و ** به ترتیب، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

*, ** mean correlation is significant at 5% and 1% probability levels respectively.

نتیجه‌گیری

در شرایط آزمایش در کرت‌های همیشه‌بهار رقم کم‌پر علف‌های هرز توانایی رشد کمتری نسبت به کرت‌های رقم پُرپر آن داشت و این امر موجب کاهش سه‌درصدی بیوماس علف‌های هرز موجود در مزرعه رقم کم‌پر گردید. همچنین وقتی تراکم کاشت ماش تا ۱۲/۵ و ۲۵ درصد کاهش یافت، علف‌های هرز در نتیجه رشد بیشتر، از وزن خشک بالاتری نسبت به سطوح تراکمی ۳۷/۵ و ۵۰ درصد برخوردار شدند. وقتی تراکم مطلوب کاشته شد، وزن خشک گل همیشه‌بهار در تراکم ۳۷/۵ درصدی ماش به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. باتوجه به بهبود شاخص نسبت برابری زمین، کشت مخلوط ارقام کم‌پر و پُرپر گل همیشه‌بهار با ماش به‌ترتیب در نسبت‌های ۱۲/۵ و ۲۵ درصد تراکم مطلوب آن قابل توصیه می‌باشد.

بیشترین عملکرد دانه ماش از تیمار کشت خالص آن به‌دست آمد. کمترین عملکرد دانه ماش نیز مربوط به تیمار کاشت ماش با ۱۲/۵ درصد به‌صورت مخلوط با همیشه‌بهار بود، ولی با افزایش درصد کاشت ماش، بر عملکرد دانه ماش افزوده شد (شکل ۵). در این مطالعه در تمامی تیمارها به‌جز تیمار کاشت مخلوط همیشه‌بهار پُرپر با ماش در تراکم ۱۲/۵ درصد نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این امر نشان می‌دهد در شرایط آزمایش عملکرد بیشتری از واحد سطح زمین در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن‌ها به‌دست آمده است (شکل ۶). مطالعه ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی نشان‌داد که بین صفت نسبت برابری زمین با وزن خشک گل همیشه‌بهار همبستگی مثبت و معنی‌دار (*۰/۴۲۷) وجود دارد.

منابع

1. Allahmoradi, P., Ghobadi, M., and Taherabadi, S. 2011. Physiological aspects of mungbean (*Vigna radiata* L.) in response to drought stress (Abstract). In: International Conference on Food Engineering and Biotechnology, May 11-15, 2011. Singapore, Singapore, p. 128.
2. Asadi, G., Khoramdel, S., and Ebrahimian, E. 2013. Evaluation of weeds population and diversity under different sowing rate of barley and hairy vetch in intercropping system. 2nd National Organic Symposium, 2-4 June, Tehran. Iran. (In Persian).
3. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
4. Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., and Miron, J. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum cultivar, Tal, at two maturity stage. *Animal Feed Science and Technology* 131: 120-132.
5. Deihimfard, R., Hejazi, A., Zand, E., Baghestani, M.A., Akbari, G.A., and Soufizadeh, S. 2007. Evaluation of some characteristics affecting competitiveness of eight Iranian wheat cultivars with rocket weed. *Iranian Journal of Weed Science* 3: 59-78. (In Persian with English Summary).
6. Eskandari, H. 2012. Yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) and Mungbean (*Vigna radiata*) as double cropped. *Journal of Basic and Applied Sciences Research* 2(1): 93-97. (In Persian with English Summary).
7. Feikea, T., Chen, Q., Pfenninga, J., Graeff-Hönningera, S., Zühlkea, G., and Claupeina, W. 2010. How to overcome the slow death of intercropping in China? (Abstract). In: 9th European IFSA Symposium, July 4-7, Vienna, Austria, p. 38.
8. Javanshir, A., Dabbadhe Mohammadi Nasab, A., Hamadi, I., and Gholipour, M. 2009. The ecology of intercropping. *Jehad-Daneshgahi of Mashhad Publishers, Mashhad, Iran*, 222p.
9. Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research* 70: 101-109.
10. Hosseini, S.A., Rashed Mohassel, H., Nassiri Mahallati, M., and Hajmohammadnia Galibaf, K. 2010. Study effect of nitrogen rate and weeds interference duration on yield and yield components of grain corn. *Journal of Plants Protection* 23: 97-105.
11. Hunsigi, J., and Gupta, M. 2010. Yield components and weed control potential in intercropping of mungbean and basil. *Indian Journal of Medicinal Plants* 13: 15-21.

12. Ijoyah, M.O., and Jimba, J. 2012. Evaluation of yield and yield components of Maize (*Zea mays* L.) and Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) intercropping system at Makurdi, Nigeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 2: 38-44.
13. Jensen, E.S., Hauggaard-Nielsen, H., Kinane, J., Andersen, M.K., and Jørnsgaard, B. 2005. Intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable organic cropping systems. In: U. Köpke, U. Niggli, D. Neuhoﬀ, W. Lockeretz and H. Willer (Eds): *Researching Sustainable Systems*. John Willey Publ., New York, p. 65-75.
14. Mazaheri, D. 1994. *Intercropping*. Tehran University Publishers, Tehran, Iran. 262p.
15. Mira, A., and Rivas, Z. 2011. Weeds control potential may be affected by intercropping of bean and basil. *Indian Journal of Crop Research* 9: 49-55.
16. Mirshekari, B. 2010. *Production of Medicinal and Spice crops*. Islamic Azad University Publishers, Tabriz, Iran. 192p.
17. Naderi Darbaghshahi, M., Pazouki, A., Banitaba, A., and Jalali Zand, A. 2010. Study of agronomical and economical aspects of saﬀron-chamomile intercropping in Isfahan. *Journal of New Findings in Agriculture* 4: 414-423. (In Persian with English Summary).
18. Naghavi, M.R. 2012. Effects of planting populations on yield and yield components of saﬀlower in different weed competition treatments. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10(1): 481-483.
19. Olorunmaiye, P.M. 2010. Weed control potential of five legume cover crops-maize intercrop in a Southern Guinea savanna ecosystem of Nigeria. *Australian Journal of Crop Science* 4: 324-329.
20. Šarūnaitė, L., Deveikytė, I., and Kadžiulienė, Z. 2010. Intercropping spring wheat with grain legume for increased production in an organic crop rotation. *Journal of Žemdirbystė Agriculture* 97: 51-58.
21. Seyedi, M., Hamzeie, J., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2011. The evaluation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22(3): 101-115.
22. Shahbazi, M., and Sarajuoghi, M. 2012. Evaluating maize yield in intercropping with mungbean. *Annals of Biological Research* 3(3): 1434-1436.
23. Szumigalski, A., and Van Acker, R. 2005. Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Science* 53: 813- 825.
24. Tatari, M., and Abbasi, A. 2006. Study effect of different densities of cumin-pea intercropping on weeds control: growth indices and yield components of pea. (Abstract). In: 1st International Legumes Meeting. Nov. 19-20, 2006. Mashhad, Iran, p. 142, (In Persian).

Study effect of sowing ratios in Marigold (*Calendula officinalis*) and Mungbean (*Vigna radiata*) intercropping systems on weed control and Mungbean yield improvement

Mirshekari, B.

Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
mirshekari@iaut.ac.ir, Mobile: 09143168208

Received: 21 April 2015

Accepted: 16 August 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45919

Introduction

Sustainability of agricultural systems may improve due to intercropping as a result of diversity increasing. Marigold (*Calendula officinalis*) is a major medicinal plant from Asteraceae family, though weeds suppress it because of lower competitiveness against weeds. Mungbean (*Vigna radiata*) is a pulse crop from Fabaceae family and is one of the major nutritive sources especially in developing countries. Intercropping systems has a major role in suitable weeds control in crop fields. A primary and direct way of increasing diversity of an agro ecosystem is intercropping system that allows interaction between the individuals of the different crops and varieties. Intercropping can add temporal diversity through the sequential planting of different crops during the same season. To optimize plant density, the sowing rate of each crop in the mixture is adjusted below its full rate. If full rates of each crop were planted, neither would yield well because of intense overcrowding. By reducing the sowing rates of each, the crops have a chance to yield well within the mixture. A research study was conducted by Hunsigi & Gupta (2010) revealed that intercropping of basil (*Ocimum basilicum*) with mungbean in planting pattern of 25% basil and 100% mungbean lead to higher land equivalent ratio (LER). Shahbazi and Sarajuoghi (2012) reported that in multiple cropping of faba bean and maize crops with mixing rates of 75% maize and 25% faba bean yield and yield components of maize crop was the highest. This study has performed to evaluation intercropping effect of mungbean (*Vigna radiata*) with two varieties of marigold Kampar and Porpar on yield and yield components of the both crops and weeds biomass.

Materials and Methods

A field study was conducted on marigold and mungbean in a split plot experiment based on randomized complete block design in three replications in Islamic Azad University, Tabriz, north-west of Iran, during 2014. The climate of research site is semi-arid cold with an average annual precipitation of 271 mm. The soil was sandy-loam with EC of 0.72 dS m⁻¹ and pH of 7.8. The field was ploughed twice (October 2013 and March 2014) and fertilizers applied, based on soil analysis, were 80 kg ha⁻¹ and 120 kg ha⁻¹ of triple super phosphate and urea respectively. The field then harrowed to prepare the final seed bed. Plots size was 3×4 m. Treatments were marigold cultivars (Kampar, Porpar) and mungbean sowing rates (0, 12.5%, 25%, 37.5% and 50% of optimum density). An important tool for the study and evaluation of intercropping systems is the Land Equivalent Ratio (LER). LER providing that all other things being equal measure of the yield advantage obtained by growing two or more crops or varieties as an intercrop compared to growing the same crops or varieties as a collection of separate monocultures. LER thus allows us to go beyond a description of the pattern of diversity into an analysis of the advantages of intercropping. The LER is calculated using the below formula.

$$LER = Y_{ci}/Y_c + Y_{mi}/Y_m$$

An LER value of 1.0, indicating no difference in yield between the intercrop and the collection of monocultures. Any Value greater than 1.0 indicates a yield advantage for intercrop.

All data were statistically analyzed based on Randomized Complete Block Design, using MSTAT-C software. The means of the treatments were compared using the Duncan's Multiple Range test at * $P < 0.05$.

Results and Discussion

Dominant weeds emerged in the experiment field were broad leaves weeds such as lambsquarters (*Chenopodium album*), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and small bindweed (*Convolvulus arvensis*) and narrow leaves weeds bermuda grass (*Cynodon dactylon*) and wild rye (*Secale montaneum*). Such as based on variance analysis, effect of marigold variety on its stem height and weeds biomass was significant. Sowing rates influenced weeds biomass and dry flower yield of marigold. Also, interaction of studied factors on grain number per pod and land equivalent ratio was significant. Results showed that in marigold cv. Porpar plots weeds had higher biomass than Kampar. When mungbean was sown with 37.5% of optimum density, marigold dry flower yield increased significantly. Greater flower yield was produced from marigold sole cropping and its intercropping with mungbean at 37.5% of optimum density, which were 103.5 and 95.8 g m⁻², respectively. In planting patterns of 25% mungbean+100% marigold, 37.5% mungbean+100% marigold and 50% mungbean+100% marigold mungbean grain yields were higher (37.2, 39.9 and 41.6 g m⁻² respectively). In all treatments except 12.5% mungbean+100% marigold land equivalent ratio was higher than unit.

Conclusion

Because of improvement of land equivalent ratio in marigold cv. Kampar intercropped with different densities of mungbean and also in marigold cv. Porpar intercropped with >25% optimum densities of mungbean plots, intercropping of 12.5% mungbean+100% marigold cv. Kampar and 25% mungbean+100% marigold in cv. Porpar could be recommended.

Key words: Dry flower yield, Land equivalent ratio, Optimum density, Sole cropping

اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط خشکی

مرتضی جمشیدی^{۱*}، عبدالرزاق دانش‌شهرکی^۲ و سیدمجتبی هاشمی جزی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

۲- استادیار گروه مهندسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، danesh-a@agr.sku.ac.ir

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط خشکی آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی شامل سه سطح S1، S2 و S3 (به ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) و فاکتور فرعی شامل ترکیب فاکتوریل محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی، هر کدام در سه سطح شامل محلول‌پاشی با آب مقطر، محلول‌پاشی ۱/۵ در هزار و محلول‌پاشی ۳ در هزار از منابع سولفات منگنز و سولفات روی بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر کلیه صفات مورد بررسی داشت و بیشترین مقادیر تعداد غلاف در بوته (۱۴/۲)، عملکرد دانه (۳۱۷۲/۴) کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیک (۹۱۲۴/۱) کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار S1 بود؛ در حالی که بیشترین مقادیر تعداد دانه در غلاف (۴/۷)، وزن صدانه (۲۶ گرم) و شاخص برداشت (۳۶/۴) در تیمار S2 به‌دست آمد. کمترین مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در تیمار S3 مشاهده شد؛ به‌نحوی که تعداد غلاف در بوته (۵)، تعداد دانه در غلاف (۳/۶)، وزن صدانه (۲۱/۴ گرم)، عملکرد دانه (۷۷۴/۵) کیلوگرم در هکتار، عملکرد بیولوژیک (۵۴۵۱/۷) کیلوگرم در هکتار و شاخص برداشت (۱۳/۶) نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۶۴/۸، ۲۰، ۱۲/۶، ۷۵/۶، ۴۰/۲ و ۶۰/۸ درصد کاهش یافتند. اثر ساده محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی نیز در مورد کلیه صفات، به‌جز شاخص برداشت و وزن دانه معنی‌دار و متناسب با افزایش مصرف عناصر مورد بررسی، از روند افزایشی برخوردار بود، به‌نحوی که عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی ۳ در هزار منگنز و روی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۳۶/۳ و ۲۸/۲ درصد افزایش یافت. بررسی اثرات متقابل نیز نشان داد که در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی منگنز اثر مساعدتری نسبت به محلول‌پاشی روی در مورد صفات تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه داشت. به‌طور کلی اگرچه محلول‌پاشی منگنز و روی سبب افزایش عملکرد دانه گردید، اما در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی منگنز تأثیر بهتری در تخفیف اثرات سوء تنش خشکی داشت.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، حبوبات، شاخص برداشت، عناصر کم‌مصرف، کم‌آبیاری

مقدمه

جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Broughton et al., 2003). سطح زیرکشت لوبیا در ایران حدود ۹۸ هزار هکتار و تولید آن بالغ بر ۲۵۳ هزار تن می‌باشد (FAO, 2013). با این حال، زراعت لوبیا همواره با محدودیت‌های متعددی مواجه است که در میان این عوامل محدودکننده تولید، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محسوب شده و سهم قابل‌توجهی را در کاهش تولید این محصول همانند سایر محصولات زراعی به‌خود اختصاص داده است، به‌نحوی که بر اساس مطالعات اخیر تنها ۷ درصد از سطح زیرکشت جهانی لوبیا از مقدار آب کافی برخوردار است و ۶۰ درصد از تولید این محصول تحت شرایط تنش خشکی شدید صورت می‌گیرد (Bourgault et al., 2013). طبق

حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی انسان پس از غلات مطرح بوده و از نظر تأمین نیاز غذایی جامعه، کشاورزی پایدار و سودمندی اقتصادی نقش مهمی را ایفا می‌کنند و یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌آیند. در بین حبوبات لوبیا از بیشترین اهمیت برخوردار بوده و دارای بالاترین میزان مصرف در دنیا نسبت به سایر حبوبات می‌باشد. لوبیا به‌لحاظ داشتن مقدار بالای پروتئین، ویتامین‌ها و همچنین مواد معدنی از لحاظ ارزش غذایی از

*نویسنده مسئول: jam.agric@yahoo.com، همراه: ۰۹۱۳۳۸۳۸۰۸۸

افزایش عملکرد محصول لوبیا دارای اهمیت است (Teixeira *et al.*, 2004)، این احتمال وجود دارد که تغذیه این گیاه با عناصر فوق بتواند باعث تخفیف اثرات سوء تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه گردد. با توجه به محدودیت‌های مصرف خاکی عناصر کم‌مصرف، محلول پاشی یا تغذیه برگ می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر در برطرف کردن نیاز غذایی گیاهان به این عناصر، به خصوص در شرایط تنش مطرح باشد.

نقش عناصر منگنز و روی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی نظیر گندم (Zeidan *et al.*, 2010)، سویا (Ghasemian *et al.*, 2010) و کلزا (Ahmadi *et al.*, 2010) گزارش شده است، اما آزمایش‌هایی که نقش این عناصر را تحت شرایط تنش مورد بررسی قرار داده‌اند، اندک است. در همین راستا و به منظور ارتقای سطح تولید محصول لوبیا با توجه به پتانسیل‌های تولید آن، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول پاشی عناصر کم‌مصرف منگنز و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا قرمز تحت شرایط خشکی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۷۳ متر از سطح دریا، اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۶۵/۸ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد بوده و از لحاظ اقلیمی جزو مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک محسوب می‌شود (بر اساس طبقه‌بندی کوپن). خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رُس سیلتی بوده و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقدار اندازه‌گیری شده عناصر منگنز و روی کمتر از حدود بحرانی ارائه شده برای این عناصر است.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی در سه سطح بدون تنش یا شاهد (S_1)، تنش خشکی ملایم (S_2) و تنش خشکی شدید (S_3) (به ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) به عنوان فاکتور اصلی و محلول پاشی منگنز در سه سطح شامل M_1 ، M_2 و M_3 (محلول پاشی با آب مقطر، محلول پاشی ۱/۵ در هزار و محلول پاشی ۳ در هزار) و محلول پاشی روی نیز در سه سطح شامل Z_1 ، Z_2 و Z_3 (محلول پاشی با آب مقطر، محلول پاشی ۱/۵ در هزار و محلول پاشی ۳ در هزار) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

تعریف، تنش خشکی هنگامی ایجاد می‌گردد که میزان رطوبت خاک و همچنین رطوبت نسبی هوا پایین بوده و درجه حرارت محیط نیز بالا باشد (Lipiec *et al.*, 2013). به طور کلی گیاه لوبیا به عنوان گیاهی حساس به تنش خشکی مطرح است و به شدت تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرد (Machado Neto & Duraes, 2006). اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه لوبیا در آزمایش‌های مختلفی مورد پژوهش واقع شده است، در این رابطه Szilagyi (2003) ضمن بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا کاهش کلیه اجزای عملکرد و همچنین کاهش ۸۰ درصدی عملکرد دانه را گزارش کرد. طبق گزارش Martinez *et al.* (2007) تنش خشکی در لوبیا باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه شد، در حالی که وزن دانه به مقدار کمی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

تنش خشکی می‌تواند گیاهان را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار دهد. یکی از اثرات مضر تنش خشکی، برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است، بدین گونه که در اثر تنش خشکی تحرک عناصر غذایی در خاک کم‌شده و جذب و انتقال مواد به گیاه دچار اختلال می‌گردد (Hu *et al.*, 2008)، بنابراین انتظار می‌رود تأمین عناصر مورد نیاز گیاه به خصوص عناصری که گیاه بیشتر با کمبود آن‌ها روبرو است، بتواند مقاومت گیاه به تنش را تا حدی افزایش داده و وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (Movahedy Dehnavy *et al.*, 2009). اهمیت عناصر کم‌مصرف در تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر به دلیل استفاده از ارقام پُر محصول، نظام‌های زراعی فشرده و همچنین افزایش نقش ماشین‌آلات و سیستم‌های آبیاری که کاربرد این عناصر را تسهیل نموده است، افزایش یافته است (Fageria *et al.*, 2009). عناصر کم‌مصرف با تأثیر فراوان بر جذب عناصر پُر مصرف و بهبود خواص کمی و کیفی محصول از اهمیتی ویژه برخوردارند. بخش قابل توجهی از خاک‌های ایران دارای pH بالا و مقدار آهک زیاد بوده و همچنین مقدار ماده آلی به شدت پایین است که همه این عوامل منجر به وقوع کمبود عناصری نظیر منگنز و روی در برخی گیاهان کشت شده در این مناطق شده است (Alloway, 2008; Mousavi *et al.*, 2011). از طرفی مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی از جمله کودهای حاوی فسفر سبب گردیده تا توازن عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف در خاک به هم خورده و منجر به کاهش جذب عناصر فوق توسط گیاه گردد.

با توجه به این که لوبیا به کمبود عناصر ریزمغذی از جمله منگنز و روی حساسیت بالایی دارد (Gupta *et al.*, 2008) و بررسی‌ها نیز نشان داده است که مصرف عناصر روی و منگنز در

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of experimental soil

Table 1-1 Physical and chemical properties of experimental soil												
بافت خاک Soil Texture	سیلت	رس	شن	کربن آلی	مواد خنثی شونده	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	
	Silt	Clay	Sand	OC	TNV	N	P	K	Zn	Mn	pH	
	درصد (%)						میلی گرم در کیلوگرم (mg kg ⁻¹)					
لوم رس سیلتی Silty clay loam	44	36	20	0.8	22	0.08	28	320	0.66	5.61	7.9	0.4
	حدود بحرانی											
	0.71 8											

۱ میزان آب ازدست‌رفته پس از ۲۴ ساعت قرارگرفتن نمونه‌ها در آون محاسبه گردید (Karimi et al., 1990).

$$W_{24}=0.666W_9^{1.192} \quad [۱]$$

که در آن W_{24} و W_9 به‌ترتیب وزن آب ازدست‌رفته از نمونه خاک پس از ۲۴ و ۹ ساعت قرارگرفتن در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

حجم آب مورد نیاز برای هر بار آبیاری در هر تیمار و برای هر خط کاشت و در هر کرت آزمایشی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه و با استفاده از کنتور به‌صورت یکنواخت توزیع گردید (Mahlouji et al., 2000).

$$V=(FC-SM)BD.A.(d+0.15) \quad [۲]$$

که در آن:

V = حجم آب مصرفی (m³)

FC = درصد وزنی رطوبت خاک در حد گنجایش زراعی

SM = درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری

BD = وزن مخصوص ظاهری خاک (g.cm⁻³)

A = سطح آبیاری شده (m²)

d = عمق توسعه ریشه (m)

برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از تکمیل مراحل رشد و نمو گیاه و با توجه به زمان رسیدگی دانه در تیمارهای مختلف در ۲۵ شهریور تا سوم مهر یعنی ۱۱۱ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت و طی چند نوبت از هر کرت فرعی سطحی به‌اندازه یک مترمربع با حذف اثر حاشیه برداشت شد. تعداد ۱۰ بوته نیز به‌طور تصادفی جهت تعیین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد‌دانه انتخاب شد. جهت محاسبه شاخص برداشت نیز از رابطه ۳ استفاده شد.

$$HI(\%)=(GY/BY)\times 100 \quad [۳]$$

که در آن GY و BY به‌ترتیب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به‌روش LSD در سطح احتمال پنج‌درصد و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT- C انجام شد.

پس از انجام بررسی‌های لازم رقم ناز جهت کشت انتخاب شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه انجام شد و کاشت در ششم خردادماه صورت گرفت. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به‌طول چهارمتر بود. به‌منظور جلوگیری از تأثیر تیمارهای تنش خشکی بر هم، بین کرت‌های اصلی، دو متر فاصله منظور شد. بر اساس آزمون خاک فقط مقدار ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مورد استفاده قرار گرفت که نصف آن قبل از کاشت و نصف دیگر قبل از گلدهی مصرف شد. کلیه عملیات داشت شامل وجین، آبیاری و مبارزه با آفات به فراخور نیاز انجام شد. به‌منظور شناسایی مراحل رشد گیاه جهت تعیین دقیق زمان اعمال تیمارها از روش ارائه‌شده توسط Schoonhoven & Pastor-Corrales (1987) منگنز و روی موردنیاز جهت اعمال تیمارها به‌ترتیب از منابع سولفات منگنز ($MnSO_4 \cdot H_2O$) حاوی ۲۲ درصد منگنز و سولفات روی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) نیز حاوی ۲۲ درصد روی تأمین شدند که پس از حل‌شدن در آب مقطر توسط سمپاش بادی پستی در مرحله رشدی V_4 اعمال گردیدند. جهت جلوگیری از اختلاط تیمارهای محلول پاشی از پوشش‌های پلاستیکی استفاده شد. آبیاری همه کرت‌های آزمایشی نیز تا مرحله V_4 با فواصل پنج‌روزه ادامه داشت و از این مرحله تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید، بدین‌صورت که برای تشخیص زمان آبیاری هر روز عصر، مقدار تبخیر از تشت تبخیر کلاس A اندازه‌گیری و پس از رسیدن به‌حد موردنظر، در صبح روز بعد آبیاری صورت گرفت. نمونه‌گیری خاک از عمق توسعه ریشه با اوگر انجام شد. نمونه‌ها پس از توزین اولیه، در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹ ساعت قرار گرفته و مجدداً توزین شدند، بدین‌ترتیب وزن آب از دست‌رفته پس از ۹ ساعت اندازه‌گیری شد و با توجه به لزوم تعیین درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری جهت محاسبه حجم آب موردنیاز و همچنین محدودیت زمان، با استفاده از رابطه

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تعداد غلاف در بوته به عنوان اصلی‌ترین جزء عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی منگنز و همین‌طور محلول پاشی روی قرار گرفت (جدول ۲). متناسب با افزایش شدت تنش خشکی تعداد غلاف در بوته به‌طور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار شاهد به دست آمد و در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۷ و ۶۴/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). (Martinez *et al.*, (2007) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش قابل توجه تعداد غلاف در بوته در ارقام مختلف لوبیا می‌شود و این جزء عملکرد بیشترین تأثیر را نسبت به تنش خشکی در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد نشان می‌دهد. کاهش قابل توجه تعداد غلاف‌ها در بوته، تحت تأثیر تنش خشکی ناشی از افزایش ریزش گل و غلاف به واسطه سقط و عدم تکامل این اندام‌ها است. بروز محدودیت آب، خصوصاً طی مراحل گلدهی و تشکیل غلاف سبب کاهش قدرت و کارایی منبع شده و ریزش گل‌ها و غلاف‌ها را افزایش می‌دهد.

افزایش مصرف منگنز و روی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد، به‌طوری‌که کمترین تعداد آن در تیمارهای شاهد یعنی M_1 و Z_1 (به ترتیب ۸/۳ و ۸/۹ غلاف در بوته) مشاهده شد و در تیمارهای M_3 و Z_3 به ترتیب با افزایش ۴۴/۵ و ۲۹/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد به تعداد ۱۲ و ۱۱/۵ غلاف در بوته رسید (جدول ۳). گزارش‌های متعددی از تأثیر مثبت مصرف عناصر منگنز و روی در افزایش تعداد غلاف در گیاه لوبیا و سایر لگوها توسط تعدادی از پژوهش‌گران از جمله Ozbahce & Zengin و Abd El-Monem *et al.*, (2009) (2011) ارائه شده است. اثر مساعد عناصر منگنز و روی در افزایش تعداد غلاف در بوته با توجه به مشارکت این دو عنصر در فرایندهای بیوشیمیایی، آنزیم‌ها و همچنین سنتز اسیدهای آمینه و قندها و نیز نقش حائز اهمیت عنصر روی در افزایش مقدار هورمون‌ها خصوصاً اکسین‌ها و جیبرلین‌ها طی مرحله گلدهی (Ebrahim & Aly, 2004)، کاهش درصد ریزش گل‌ها، افزایش تشکیل و توسعه غلاف‌ها و افزایش تسهیم مواد فتوسنتزی به سمت این اندام‌ها قابل تشریح است (Mady, 2009).

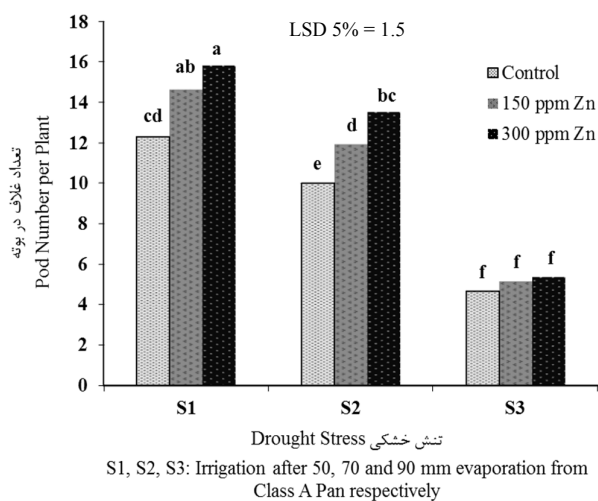
اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی منگنز و همین‌طور تنش خشکی و محلول پاشی روی بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییرات تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر محلول پاشی عناصر منگنز و روی در

سطوح بدون تنش و تنش ملایم تقریباً از روند مشابهی برخوردار بود، درحالی‌که در سطح تنش خشکی شدید افزایش مصرف منگنز تأثیر مساعدتری نسبت به عنصر روی بر این صفت داشت (شکل‌های ۱ و ۲). اثر مثبت عناصر منگنز و روی در تخفیف اثرات مخرب تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته با توجه به نقش کلیدی این عناصر در آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز که از آسیب بافت‌ها در برابر اثرات مخرب انواع اکسیژن فعال تولید شده در طی تنش خشکی محافظت می‌کنند، قابل توضیح است (Marschner, 1995).

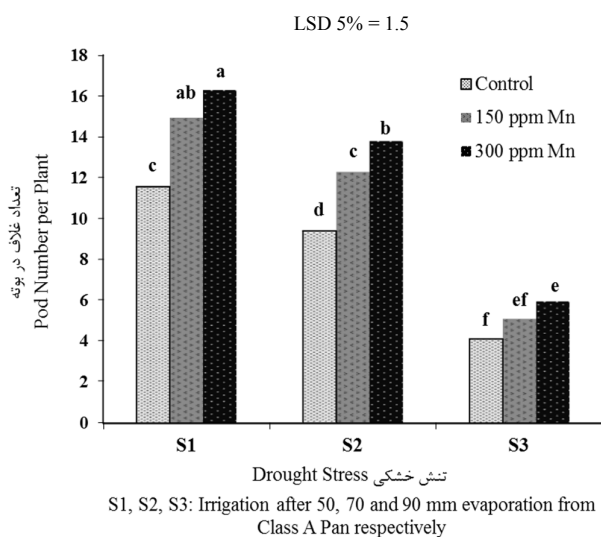
تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی، محلول پاشی منگنز ($P \leq 0.01$) و همچنین محلول پاشی روی ($P \leq 0.05$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در مورد صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۴/۷ مربوط به تیمار تنش خشکی ملایم و کمترین مقدار آن به میزان ۳/۶ مربوط به تنش خشکی شدید بود که نسبت به تیمار شاهد ۲۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). این نتایج مطابق با نتایج به دست آمده توسط Mahlouji *et al.*, (2000) می‌باشد. دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش خشکی شدید کاهش شدید مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش سطح و تعداد برگ‌ها در اثر ریزش و به تبع کاهش عرضه این مواد به سمت غلاف‌های در حال رشد است که نتیجه آن حفظ تعداد کمتر دانه در غلاف می‌باشد (Faisal Elgasim & Abdel Shakor, 2010). علاوه بر این، علت بالاتر بودن تعداد دانه در غلاف در تیمار تنش خشکی ملایم نسبت به تیمار شاهد را می‌توان وجود تعداد کمتر غلاف در بوته و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی موجود، به دانه‌ها بیان کرد.

افزایش غلظت عناصر منگنز و روی اثر مثبتی بر تعداد دانه در غلاف داشت، درحالی‌که بین تیمار M_1 و M_2 و همین‌طور تیمار Z_2 و دیگر تیمارهای محلول پاشی عنصر روی، از این لحاظ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در غلاف در واکنش به مصرف عناصر منگنز و روی می‌تواند به دلیل نقش این عناصر در تقسیمات سلولی، متابولیسم هیدروکربن‌ها و انتقال آن‌ها، متابولیسم چربی‌ها، نقل و انتقال مواد محلول بین سلول‌ها و همچنین نقش کلیدی عنصر روی در تشکیل دانه به دلیل تأثیر بر فرایندهای زیستی و ماده‌سازی باشد. گزارش‌های ارائه شده توسط محققان دیگر نیز مؤید اثر مساعد و مثبت عناصر منگنز و روی بر ویژگی تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا می‌باشد (Ozbahce & Zengin, 2011; Togay *et al.*, 2004).



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی منگنز بر تعداد غلاف در بوته
Fig. 1. Interaction between drought stress and Mn spray on pod number per plant



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی روی بر تعداد غلاف در بوته
Fig. 2. Interaction between drought stress and Zn spray on pod number per plant

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری تحت شرایط آزمایش
Table 2. Analysis of variance for measured traits under experimental conditions

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صدانه 100 Seed weight	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	درجه آزادی DF	منابع تغییرات S.O.V	
0.66 ^{ns}	2147142.40 [*]	264082.06 ^{ns}	2.20 ^{ns}	0.82 [*]	0.82 ^{ns}	2	Block	بلوک
4104.07 ^{**}	91159797 ^{**}	43523431.00 ^{**}	150.37 ^{**}	8.38 ^{**}	613.54 ^{**}	2	Drought Stress (A)	تنش خشکی
9.03	2196882.40	49707.25	6.60	0.06	3.59	4	a Error	اشتباه a
36.50 ^{ns}	19494082.50 ^{**}	3163531.04 ^{**}	5.85 ^{ns}	1.25 ^{**}	93.03 ^{**}	2	Mn Spray (B)	محلول پاشی منگنز
26.90 ^{ns}	13094439.20 ^{**}	2093497.38 ^{**}	7.23 ^{ns}	0.74 [*]	45.77 ^{**}	2	Zn Spray (C)	محلول پاشی روی
9.70 ^{ns}	983266.80 ^{ns}	315933.20 [*]	1.76 ^{ns}	0.04 ^{ns}	6.32 ^{**}	4	(A)×(B)	تنش خشکی × محلول پاشی منگنز
3.80 ^{ns}	1107726.50 ^{ns}	186800.10 ^{ns}	2.05 ^{ns}	0.10 ^{ns}	6.14 ^{**}	4	(A)×(C)	تنش خشکی × محلول پاشی روی
8.90 ^{ns}	589439.80 ^{ns}	111150.50 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.001 ^{ns}	3.15 ^{ns}	4	(B)×(C)	محلول پاشی منگنز × محلول پاشی روی
2.50 ^{ns}	384624.20 ^{ns}	54824.70 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1.30 ^{ns}	8	(A)×(B)×(C)	تنش خشکی × محلول پاشی منگنز × محلول پاشی روی
15.80	504224.30	135290.20	4.70	0.23	1.62	48	b Error	اشتباه b
13.90	9.60	16.60	9.10	11.29	12.28	-	C.V(%)	ضریب تغییرات

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

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

وزن صدانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی برخلاف محلول پاشی عناصر منگنز و روی اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن صدانه داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن صدانه نشان داد که تنش خشکی شدید (S_3) باعث کاهش مقدار این صفت شد، درحالی که بین تیمارهای S_1 و S_2 از این لحاظ اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۳) که این نتیجه مشابه با نتیجه به دست آمده توسط *Mahlouji et al*, (2000) می باشد. تنش خشکی از طریق کاهش سطح فتوسنتزکننده موجب کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش وزن صدانه می گردد. علاوه براین با قرار گرفتن گیاه در معرض تنش خشکی به منظور کاهش اثرات سوء آن، چرخه زندگی گیاه کوتاه تر شده و بنابراین به دلیل کوتاه تر شدن طول دوره پُرسیدن دانه، وزن نهایی دانه ها کاهش می یابد.

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی و همین طور اثر ساده محلول پاشی عناصر منگنز و روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه در اثر تنش خشکی به شدت کاهش یافت. بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار شاهد به طور متوسط با میانگین $3172/4$ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و در تیمارهای تنش خشکی ملایم و شدید، نسبت به تیمار شاهد به ترتیب $14/9$ و $75/5$ درصد کاهش یافت (جدول ۳). بدیهی است که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی عمدتاً به دلیل کاهش تعداد غلاف ها در اثر ریزش، کاهش تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن صدانه است. (2005) *Nunez et al* نیز کاهش در عملکرد دانه لوبیا را تحت تأثیر تنش خشکی گزارش کرده اند. نتایج به دست آمده از محلول پاشی عناصر نشان داد که متناسب با افزایش مصرف عناصر منگنز و روی عملکرد دانه از روند افزایشی برخوردار بود. بین کلیه سطوح محلول پاشی منگنز از این لحاظ اختلاف معنی داری وجود داشت، درحالی که بین تیمارهای Z_3 و Z_2 اختلاف معنی داری دیده نشد

(جدول ۳). نتایج حاصل از دیگر پژوهش‌ها نیز حاکی از افزایش عملکرد دانه لوبیا در واکنش به مصرف عناصر منگنز و روی است (Teixeira *et al.*, 2004; Valenciano *et al.*, 2007)

که این اثر مثبت همان‌طور که اشاره شد، مربوط به نقش حائز اهمیت این عناصر در فرایند فتوسنتز و همچنین سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها است.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری تحت شرایط آزمایش
Table 3. Mean comparison of measured traits under experimental conditions

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تیمار Treatment
						Drought Stress*
34.7 a	9124.1 a	3172.4 a	24.5 a	4.5 b	14.2 a	Control (S ₁) شاهد
36.4 a	7404.6 b	2697.0 b	26.0 a	4.7 a	11.8 b	Moderate (S ₂) ملایم
13.6 b	5451.7 c	774.5 c	21.4 b	3.6 c	5.0 c	Sever (S ₃) شدید
2.2	1120.0	168.4	1.9	0.1	1.5	LSD (5%)
						Mn Spray
28.8 a	6521.5 c	1884.5 c	23.4 a	4.1 b	8.3 c	Control (M ₁) شاهد
30.2 a	7244.0 b	2191.6 b	24.2 a	4.2 b	10.7 b	150 ppm (M ₂) ۱/۵ در هزار
30.8 a	8337.3 a	2567.9 a	24.3 a	4.5 a	12.0 a	300 ppm (M ₃) ۳ در هزار
						Zn Spray
29.1 a	6542.3 c	1904.0 b	23.4 a	4.1 b	8.9 c	Control (Z ₁) شاهد
30.3 a	7565.8 b	2298.5 a	24.1 a	4.3 ab	10.5 b	150 ppm (Z ₂) ۱/۵ در هزار
31 a	7872.1 a	2441.6 a	24.3 a	4.4 a	11.5 a	300 ppm (Z ₃) ۳ در هزار
2.1	388.5	201.2	1.1	0.2	0.6	LSD (5%)

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means in each column and for each treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test
*S1, S2, S3: Irrigation after 50, 70 and 90 mm evaporation from Class A Pan, respectively

هکتار به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار تنش خشکی شدید بودند (جدول ۳). به‌طور کلی تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در فتوسنتز و توسعه بافت‌ها می‌گردد، لذا تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه رشد و توسعه اندام‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد که مجموعه این عوامل، سبب کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌گردد. بر اساس گزارش (Habibi 2011) عملکرد بیولوژیک لاین‌های لوبیای سفید در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش به‌میزان ۴۷/۸ درصد کاهش یافت.

با افزایش مصرف مقادیر عناصر منگنز و روی مقدار عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) افزایش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش در عملکرد بیولوژیک لوبیا در واکنش به محلول پاشی عناصر منگنز و روی، در ارتباط با مشارکت این عناصر در فرایند فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن، تشکیل اکسین و سایر واکنش‌های آنزیمی دیگری است که این دو عنصر در آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور ایفای نقش می‌کنند.

اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی منگنز بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲) و روند تغییرات این صفت تحت تأثیر مقادیر محلول پاشی عنصر منگنز در سطوح تنش خشکی، با اندکی تفاوت با روند تغییرات تعداد غلاف در بوته مشابه بود (شکل ۳) که این تشابه با توجه به همبستگی بالای تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در گیاه لوبیا کاملاً قابل انتظار بود. به‌نظر می‌رسد که محلول پاشی منگنز همان‌طور که قبلاً اشاره شد با تأثیر مثبت بر تعداد غلاف در بوته و حفظ تعداد بیشتر غلاف به‌عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد دانه بتواند راهکاری مناسب جهت تخفیف اثرات تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه لوبیا در شرایط کم‌آبی شدید باشد.

عملکرد بیولوژیک

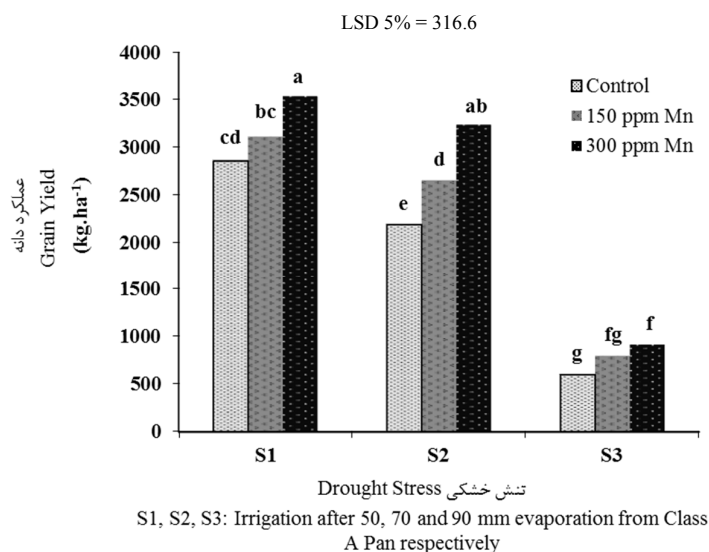
با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک با مقدار ۹۱۲۴/۱ و ۵۴۵۱/۷ کیلوگرم در

با میانگین ۳۶/۴ درصد به دست آمد که البته با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت، در حالی که در تنش خشکی شدید به شدت کاهش یافت و به مقدار متوسط ۱۳/۶ درصد رسید (جدول ۳). گزارش‌هایی از تأثیر منفی تنش خشکی بر شاخص برداشت لوبیا توسط سایر پژوهشگران از جمله Calvache *et al*, (1997) نیز ارائه شده است. کاهش شاخص برداشت می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر رشد زایشی به تنش خشکی در مقایسه با رشد رویشی، اختلال در بارگیری و تخلیه آوندهای آبکش و مختل شدن ارتباط بین منبع و مخزن تحت تأثیر تنش خشکی باشد.

افزایش عملکرد بیولوژیک در لوبیا در اثر کاربرد عناصر منگنز و روی توسط Teixeira *et al*, (2004) نیز گزارش شده است.

شاخص برداشت

اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، در حالی که تیمارهای محلول پاشی عناصر تأثیر معنی داری بر این صفت نشان ندادند، ولی در محلول پاشی ۳ در هزار عناصر بیشترین شاخص برداشت به دست آمد (جدول ۳). بررسی روند تغییرات شاخص برداشت تحت تیمارهای تنش خشکی نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی ملایم و به طور متوسط



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی منگنز بر عملکرد دانه
Fig. 3. Interaction between drought stress and Mn spray on grain yield

منابع

1. Abd El-Monem, M.S., Ibrahim, I.F., and Mahmoud, R.S. 2009. Response of Broad bean and Lupin plants to foliar treatment with Boron and Zinc. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(3): 2226-2231.
2. Ahmadi, M. 2010. Effect of Zinc and Nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed Rape (*Brassica napus* L.). World Applied Sciences Journal 10(3): 298-303.
3. Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels.
4. Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Dutilleul, P., Stulina, G., Horst, M.G., and Smith, D.L. 2013. Legume production and irrigation strategies in the Aral sea basin: yield, yield components, water relations and crop development of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Journal of Agronomy and Crop Science 199(4): 241-252.
5. Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., and Vanderleyden, J. 2003. Beans (*Phaseolus spp.*) model food legumes. Plant and Soil 252: 55-128.
6. Calvache, M., Reichardt, K., Bacchp, O.O.S., and Dourado-Neto, D. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Imbabello). Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 54: 1-16.

7. Ebrahim, M.K.H., and Aly, M.M. 2004. Physiological response of wheat to foliar application of Zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. *Journal of Plant Nutrition* 27(10): 1859-1874.
8. Fageria, N.K., Barbosa Filho, M.P., Moreira, A., and Guimaraes, C.M. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 32: 1044-1064.
9. FAO. Available at Web Site <http://faostat3.fao.org/2013/faostat/>
10. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Sorooshzadeh, A., and Pirzad, A. 2010. The Effect of Iron, Zinc and Manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology* 2(11): 73-79.
11. Gupta, U.C., Kening, W., and Siyuan, L. 2008. Micronutrients in soils, crops, and livestock. *Frontiers of Earth Science* 15(5): 110-125.
12. Habibi, G. 2011. Influence of drought on yield and yield components in white bean. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 5: 169-178.
13. Hu, Y., Burucs, Z., and Schmidhalter, U. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedling under drought and salinity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 54: 133-141.
14. Karimi, M., Mousavi, S.F., and Heidarzadeh, M. 1990. Rapid measurement of soil water by gravimetric method. *Iran Agricultural Research* 9: 65-73.
15. Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., and Kondracka, K. 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics Journal* 27: 463-477.
16. Machado Neto, N.B., and Duraes, M.A.B. 2006. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 269-277.
17. Mady, M.A., 2009. Effect of foliar application with yeast extract and zinc on fruit setting and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Biological, Chemical & Environmental Science* 4(2): 109-127.
18. Mahlouji, M., Mousavi, S.F., and Karimi, M. 2000. Effect of water stress and planting date on grain yield and yield components of Pinto Bean. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources* 4(1): 57-67. (In Persian).
19. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. Academic, London.
20. Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F., and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy* 26: 30-38.
21. Mousavi, S.R., Shahsavari, M., and Rezaie, M. 2011. A general overview on Manganese (Mn) importance for crops production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(9): 1799-1803.
22. MovahedyDehnavy, M., ModarresSanavy, S.A.M., and MokhtassiBidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products* 30: 82-99.
23. Nunez Barrios, B.A., Hoogenboom, G., and Nesmith, D.S. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.) 62(1): 18-22.
24. Ozbahce, A., and Zengin, M. 2011. Effects of manganese fertilizers on yield and yield components of dwarf dry bean. *Journal of Plant Nutrition* 34: 127-139.
25. Schoonhoven, A.V., and Pastor-Corrales, M.A. 1987. *Standard System for the Evaluation of Bean Germplasm*. CIAT, Cali, Colombia.
26. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology Special Issue*: 320-330.
27. Teixeira, I.R., Borem, A., and Araujo, G.A.A. 2004. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a cerrado soil. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.) 61(1): 77-81.
28. Togay, N., Ciftci, V., and Togay, Y. 2004. The Effect of Zinc fertilization on yield and some yield components of dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 3(6): 701-704.
29. Valenciano, J.B., Miguelez-Frade, M.M., Marcelo, V., and Reinoso, B. 2007. Response of irrigated common bean (*Phaseolus vulgaris*) yield to foliar zinc application in Spain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 325-330.
30. Zeidan, M.S., Mohamed, M.F., and Hamouda, H.A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Science* 6(6): 696-699.
31. Faisal Elgasim, A., and Abdel Shakoor, H.S. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(4): 534-540.

Effect of foliar application of Manganese and Zinc on grain yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions

Jamshidi^{1*}, M., Danesh-Shahraki², A. & Hashemi-Jazi³, M.

1. MSc. Graduated Student of Agronomy, Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran

2. Assistant Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University

3. Scientific Member, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Chaharmahal-e- Bakhtiari

Received: 17 April 2015

Accepted: 6 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.45921

Introduction

Grain legumes are considered as the second source of human nutrition after cereals and play an important role in community food supply, sustainable agriculture and economic profitability. Among grain legumes, common bean has the most consumption in the world compared with others. However there are always some constraints in common bean production and drought is most important factor in yield reduction of this crop. In addition high sensitivity of common bean to some micronutrients shortage such as manganese and zinc is another limiting factor that will be exacerbated in drought conditions. In such situation foliar application could be considered as a suitable strategy to facilitate the absorption of these micronutrients by plant.

Materials and Methods

In order to study the effect of foliar application of manganese and zinc on grain yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions the experiment was carried out at research station of agriculture and natural resources research center of Shahrekord as a split plot factorial design in basis randomized complete block with three replications. Drought stress considered as main factor including S1, S2 and S3 (irrigation after 50, 70 and 90 mm of cumulative evaporation from Class A pan respectively) and subplots were the factorial combination of Manganese and zinc foliar application both with three levels including foliar application of distilled water, 150 ppm and 300 ppm from manganese sulfate and zinc sulfate resources respectively. Sowing date was May 27, 2010 and each experimental plot was included of 4 rows with 50 cm apart and 4 m long. Between main plots a m² wide strip was left bare to eliminate influences of lateral water movement. According to soil test 100 kg.ha⁻¹ N was used in the form of urea (50 kg.ha⁻¹ N before sowing and 50 kg.ha⁻¹ N before flowering) by hand broadcasting method. Irrigation was done every 5 days and Drought stress treatments along with foliar application treatments were applied at V4 (Third trifoliate leaf appearance) crop growth stage. During the growth season, weeds and pests were controlled. At the harvesting time (15th to 26th September) 1 square meter of each plot in different treatments was harvested and grain yield, number of pod per plant, number of seed per pod, 100 seed weight, biological yield and harvest index were investigated. Data analysis performed by SAS software and mean comparisons were done using the least significant difference test at 5% probability by MSTAT-C software.

Results and Discussion

The results showed that drought had a significant effect on all investigated traits and the highest values of pod number per plant (14.2), grain yield (3172.4 kg.ha⁻¹) and biological yield (9124.1 kg.ha⁻¹) were related to S1 treatment, whereas the highest values of seed number per pod (4.7), 100 seed weight (26 gr) and harvest index (36.4) were

* Corresponding Author: jam.agric@yahoo.com; Mobile: 09133838088

obtained in S2 treatment. The lowest values of all traits were observed in S3 treatment, so that pod number per plant (5), seed number per pod (3.6), 100 seed weight (21.4 gr), grain yield (774.5 kg.ha^{-1}), biological yield ($5451.7 \text{ kg.ha}^{-1}$) and harvest index (13.6) decreased by 64.8, 20, 12.6, 75.6, 40.2 and 60.8 percent respectively compared with control. The simple effects of foliar application of Mn and Zn in all investigated traits except harvest index and weight of 100 seed were significant and these traits increased with increasing in application of micronutrients amount. So that grain yield in 300 ppm of Mn and Zn foliar application treatments increased 36.3% and 28.2% respectively compared with control. Investigation of interaction effects of treatments showed that in severe drought stress condition foliar application of Mn had a better effect than Zn on number of pod per plant and grain yield. The positive effects of Mn and Zn micronutrients might be attributed to the favorable influence of them on metabolism and their stimulating effect on photosynthetic pigments and enzyme activity which in turn encourage growth and yield.

Conclusion

Generally, however foliar application of Mn and Zn caused to grain yield increasing but in drought stress Mn had a better effect in drought impacts alleviation and could be considered as an applied method for yield improvement of common bean in water deficit conditions.

Key words: Deficit irrigation, Grain legume, Harvest index, Micronutrients, Plant nutrient management

اثر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیم (Phaseolus lunatus L.) در شرایط تنش خشکی

صدیقه بهشتی^۱، علی تدین^{۲*} و سیف‌الله فلاح^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

۲- اعضای هیئت علمی (به ترتیب دانشیار و استاد) گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و محلول پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیم آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ اجرا شد. فاکتور اصلی شامل چهار سطح مختلف تنش خشکی (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک‌تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول پاشی چهار سطح اسید هیومیک (صفر، ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) بود. در این آزمایش صفات تعداد غلاف در بوته، طول، عرض و وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار همه صفات مورد بررسی به جز عرض غلاف گردید. اسید هیومیک نیز باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف، طول غلاف، وزن صدانه، عملکرد و شاخص برداشت گردید؛ در حالی که بر عرض و وزن غلاف و تعداد دانه در غلاف تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی اسید هیومیک بر تعداد غلاف، وزن صدانه، عملکرد و شاخص برداشت معنی‌دار بود، ولی در سایر صفات تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. استفاده از اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی (۷۰ میلی‌متر تبخیر) در نهایت باعث افزایش عملکرد (۴۶ درصد) و شاخص برداشت (۱۸ درصد) گردید. این افزایش برآیند افزایش تعداد غلاف (متعاقباً افزایش تعداد دانه در بوته) و وزن دانه‌هاست که از مهم‌ترین صفات مورد توجه در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، کم‌آبایی، محلول پاشی، مواد آلی

مقدمه

لوبیا عروس یا لیم با نام رایج انگلیسی Lima bean و نام علمی *Phaseolus lunatus* L. پس از لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) بیشترین اهمیت را در بین گونه‌های جنس *فازولوس* از نظر کشت و کار دارد (Bagheri et al., 2001). لوبیا لیم یک گونه گرمسیری و متعلق به سرزمین‌های پست بوده و به فصل رشد گرم نیاز دارد. گاهی گیاه‌شناسان لوبیای لیم را به دو گونه جدا از هم به دلیل اختلاف در اندازه، رنگ و شکل رشد (بوته‌ای یا بالارونده) تقسیم می‌کنند. اما در کل لوبیای لیم به عنوان یک گونه *Phaseolous lunatus* در نظر گرفته می‌شود. این نوع معمولاً به منظور تولید دانه خشک کشت می‌شود (Fallah, 2009). یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد لوبیا تنش خشکی می‌باشد، به طوری که بر بیش از

۶۰ درصد تولید لوبیا در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد (Beebe et al., 2011). تنش خشکی زمانی حادث می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Alizadeh & Koocheki, 1996). خشکی شایع‌ترین تنش غیرزیستی در شرایط فعلی کشور ما نیز محسوب می‌گردد. اولین و بارزترین تأثیر تنش خشکی کاهش تولید اقتصادی گیاه است، اگرچه علت این کاهش تحت تأثیر قرار گرفتن فرایندهای فیزیولوژیک در گیاه می‌باشد (Veisipoor et al., 2013). به طور کلی خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی مناطق خشک و نیمه خشک است که سبب کاهش رشد گیاهان زراعی می‌شود و دستیابی به عملکرد مطلوب محصولات کشاورزی را مشکل می‌سازد (Larcher, 2001). در این راستا، یافتن راهکارهایی که بتواند امکان بهره‌برداری یا راندمان بالا از منابع آب را در این مناطق فراهم نماید، می‌تواند باعث ایجاد تحول قابل ملاحظه‌ای در تولید محصولات کشاورزی در این مناطق گردد.

* نویسنده مسئول: شهرکرد، کیلومتر ۲ جاده سامان، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، tadayyon.sku@gmail.com، تلفن همراه:

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای عروس تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱۱۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی با چهارسطح (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک‌تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول‌پاشی اسید هیومیک در چهارسطح (صفر، ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد (جدول ۱).

همچنین میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی طی دوره رشد لوبیا لیما در جدول ۲ نشان‌داده شده است. به‌منظور آماده‌نمودن زمین در بهار، با گاوآهن برگردان‌دار شخم نیمه‌عمیق زده و سپس با زدن دو دیسک عمود برهم زمین تسطیح شد و به‌وسیله فارور پشته‌هایی به‌طول چهارمتر، عرض ۸۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. برای کشت از بذور لوبیا لیما که از شرکت نگین بذر پارس شهر خمین (استان مرکزی) تهیه گردیده بود، استفاده شد. کشت به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. بدین‌ترتیب که بذور ضدعفونی شده، دو سانتی‌متر بالاتر از محل داغ‌آب و دو طرف پشته‌ها به‌فاصله روی ردیف ۲۰ و عمق ۵ سانتی‌متر (Falah, 2009) در واحدهای آزمایش به ابعاد ۳×۴ متر کشت شدند. در طول دوره رشد گیاه، آبیاری (نیاز آبیاری گیاه با استفاده از نرم‌افزار Netwat تخمین زده شد که این میزان برای لوبیا ۵۶۰۰ مترمکعب در هکتار بود) و کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و به موازات اعمال تیمارها انجام شد. کوددهی نیز بر اساس آزمون خاک، توصیه کودی و نیاز گیاه (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک) انجام شد.

استفاده از کودهای طبیعی و از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی جهت بالابردن عملکرد و میزان زیست‌توده ریشه گیاهان به‌خصوص در شرایط متغیر محیطی می‌تواند مؤثر باشد، لذا از اسید هیومیک به‌عنوان کود آلی دوستدار طبیعت نام برده می‌شود (Hasanzadeh Daluie, 1994). اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوند تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. از طرف دیگر مولکول‌های اسیدفولویک (بخش ریز مولکول اسیدهیومیک) می‌توانند به درون بافت‌های گیاهی نفوذ کرده و با پیوندبرقرار کردن با مولکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به‌حفظ آب در درون گیاه کمک کنند (Delfine et al., 2005). علاوه‌براین اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد نیز محتوای غذایی محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد. (Cavani et al., 2003) محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی در لوبیا توانست تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Jahan et al., 2010). افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت نخود نیز در آزمایشی مشابه گزارش شد (Hagh-Parast et al., 2012). عملکرد گل‌رنگ نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی قرار گرفت و افزایش یافت (Mohsen-nia & Jalilian, 2011).

با توجه به گزارش‌های متعدد مبنی بر تأثیرات مفید اسید هیومیک روی خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی و همچنین اهمیت تولید حیوانات مخصوصاً تولید لوبیا و ناکافی‌بودن مطالعات انجام‌شده در منطقه، اجرای این پروژه می‌تواند حائز اهمیت باشد. لذا هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثرات سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما به‌عنوان یک لوبیای جدید تحت شرایط تنش خشکی در اقلیم شهرکرد مطرح بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق Depth (cm)	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیترژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg kg ⁻¹)	بافت Texture
0-30	7.64	0.549	0.819	0.093	31.4	569	رسی لومی Clay loam

جدول ۲- میانگین ماهیانه حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی طی دوره رشد لوبیا لیما
Table 2. The mean monthly minimum and maximum temperature and total rainfall during the growing season
lima beans

ماه Month	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Tmax (C)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Tmin (C)	مجموع بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)
اردیبهشت May	27.2	-0.7	7
خرداد June	29.13	7.82	0
تیر July	35.8	8.6	0
مرداد August	37	9	0
شهریور September	32.2	4	0

هیومیک در سطح احتمال یک‌درصد و اثر متقابل عوامل آزمایشی در سطح پنج‌درصد قرار گرفت (جدول ۳). نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل بین تیمار تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک مقایسه میانگین‌های صفات مستقل ارائه نشد و فقط میانگین‌های اثرات متقابل آورده شده است. لذا تغییرات صفت تعداد غلاف در بوته علاوه بر تنش خشکی به کاربرد اسید هیومیک نیز بستگی دارد. در کلیه سطوح تنش خشکی کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گردید (جدول ۴) به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی بیشترین تعداد غلاف در بوته (به ترتیب ۵، ۲۷/۳۰، ۲۰/۴۴ و ۱۹/۰۸) مربوط به کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن (به ترتیب ۲۴/۲۷، ۲۰/۱۶، ۱۷/۲۲ و ۱۴/۲۲) مربوط به عدم کاربرد اسید هیومیک بود. با افزایش سطوح تنش خشکی، از روند افزایشی تأثیر اسید هیومیک بین سطوح مختلف آن کاسته می‌شود، به طوری که در تیمارهای آبیاری پس از ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک وجود نداشت.

در کل بیشترین افزایش در تعداد غلاف (۳۶ درصد) با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد و بیشترین کاهش این صفت (۴۱ درصد) در آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر بدون کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد.

در بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و تیمار سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد که محلول پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی تعداد غلاف در بوته لوبیا (Jahan et al., 2010) و نخود (Hagh-Parast et al., 2012) را به طور معنی‌داری تغییر داد.

بعد از دستیابی به تراکم مطلوب و استقرار کامل گیاه، زمانی که گیاه دارای دو تا سه گره روی ساقه اصلی خود بود، سطوح تیمار تنش با توجه به تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A اعمال گردید و این روند تا زمان برداشت ادامه داشت. مقادیر تبخیر از ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شهرکرد (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به مزرعه تحقیقاتی) به صورت روزانه دریافت گردید. منبع اسید هیومیک مورد استفاده دارای فاز مایع با نام تجاری HUMI-FERT ULTRA شامل ۱۲ درصد اسید هیومیک، سه درصد اسید فولیک و سه درصد اکسید پتاسیم (K_2O) بود. غلظت‌های مورد نظر (۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) قبل از آغاز گلدهی در دو نوبت به فاصله دو هفته اعمال گردید. عملیات محلول پاشی پس از غروب خورشید (برای جلوگیری از تبخیر سریع محلول) و یک تا دو روز قبل از آبیاری (جهت به حداکثر رسیدن جذب محلول توسط گیاه) صورت گرفت. برداشت نهایی هنگامی که ۸۰ تا ۹۰ درصد غلاف‌ها رسیدند و با حذف حاشیه‌ها انجام شد. بدین منظور از هر کرت ۱۰ بوته از سه خط میانی به طور تصادفی انتخاب و کف‌بر شده و برای اندازه‌گیری صفات تعداد غلاف در بوته، طول، عرض و وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت به آزمایشگاه انتقال یافتند.

داده‌های حاصل از صفات اندازه‌گیری شده با نرم‌افزارهای آماری SAS version 9 و MSTATC آنالیز و مقایسه میانگین عوامل آزمایشی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد ارزیابی شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد غلاف در بوته لوبیا به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تنش خشکی و اسید

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما

Table 3. Analysis of variance the effect of drought stress and humic acid levels on yield and yield components of lima bean

منابع تغییرات (S. O. V.)	درجه آزادی df	غلایف در بوته Pod no. per plant	طول غلایف Pod length	عرض غلایف Pod width	دانه در غلایف Seed no. per pod	وزن غلایف Pod weight	وزن صددانه 100-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.62	0.055	0.001	0.01	0.073	0.62	60093	20.59
تنش خشکی Stress	3	234**	0.837**	0.003 ^{ns}	0.96**	0.269**	520.3**	216798**	695**
خطای اصلی Error (E _a)	6	6.66	0.024	0.002	0.05	0.023	24.45	469535	53
اسید هیومیک Humic acid	3	57.1**	0.899**	0.004 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.029 ^{ns}	429.8**	3913242**	232**
تنش خشکی × اسید هیومیک Stress × humic acid	9	3.6*	0.098 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.009 ^{ns}	75.49**	13848**	115.9**
خطای فرعی Error (E _b)	24	1.55	0.046	0.002	0.039	0.023	12.67	144185	27.1
ضریب تغییرات (درصد) c.v (%)		5.7	1.69	2.01	10.22	6.24	4.47	12.84	14.25

^{ns}, *, ** : به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال خطای پنج درصد و یک درصد.

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

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر تعداد غلایف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت

Table 4. Mean comparison of interaction effect of drought stress and humic acid on number of pod per plant, 100 seed weight, seed yield and harvest index

تنش خشکی (میلی متر تبخیر) Drought stress (mm evaporation)	اسید هیومیک Acid humic (l ha ⁻¹)	تعداد غلایف در بوته Number pod per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
50	شاهد (Control)	24.27 c	76.86 de	3258.17 de	35.71 cdef
	1	27.02 b	83.15 c	4168.66 c	40.88 bc
	3	28.33 ab	90.11 b	5257.37 b	45.16 b
	6	30 a	104.38 a	6774.92 a	63.71 a
70	شاهد (Control)	20.16 efg	73.84 e	2429.95 fghi	34.9 cdef
	1	21.86 de	75.43 de	2573.71 fgh	36.66 bcdef
	3	22.97 cd	79.14 cde	2819.20 ef	38.04 bcde
	6	27.5 b	84.98 bc	3558.80 cd	41.22 bc
90	شاهد (Control)	17.22 h	75.35 de	2013.92 ghi	29.9 efg
	1	20.13 efg	79.76 cde	2506.23 fghi	36.92 bcdef
	3	20.25 efg	79.56 cde	2586.73 fg	38.73 bcd
	6	20.44 ef	77.08 de	2198.78 fghi	30.08 defg
110	شاهد (Control)	14.22 i	63.26 f	1373.45 j	22.26 g
	1	18.33 gh	72.94 e	1891.08 ij	29.86 efg
	3	17.63 h	75.51 de	1939.36 hij	31.5 def
	6	19.08 fgh	80.04 cd	1941.80 ghij	29.27 fg

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

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

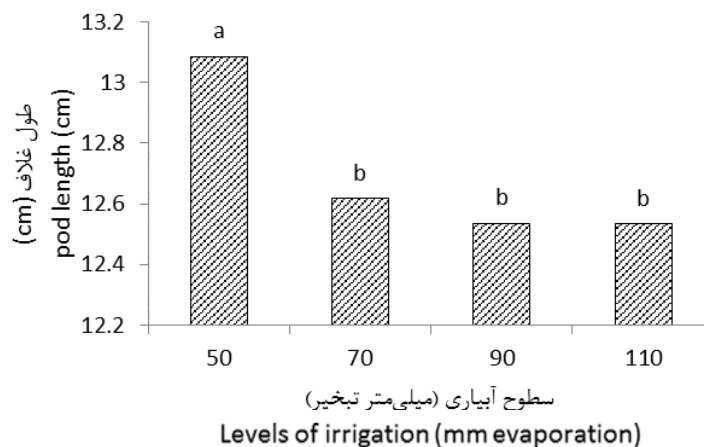
توجه به مقایسه میانگین‌ها طول غلاف با افزایش تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۱) و طویل‌ترین غلاف در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و کوتاه‌ترین غلاف در تیمار تنش خشکی شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) مشاهده گردید. افزایش سطوح تنش خشکی به‌ترتیب باعث کاهش ۳/۵، ۴/۲ و ۴/۲ درصدی طول غلاف نسبت به شاهد گردید. این درحالی‌است که سطوح آبیاری پس از ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

کاهش معنی‌دار ۹/۵ درصدی (Habibi & Bihamta, 2007) و ۱۶/۲ درصدی (Ebrahimi et al., 2010) طول غلاف لوبیا در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش نیز گزارش شده است، درحالی‌که اعمال تنش خشکی تفاوت معنی‌داری در طول غلاف ماش ایجاد نکرد (Bandani et al., 2014). با توجه به ریزش گل‌ها طی وقوع تنش خشکی و کاهش تعداد غلاف با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص‌های فیزیولوژیکی کاهش یافته و در نتیجه تقسیط مواد فتوسنتزی بین غلاف‌های کمتری صورت می‌گیرد. این امر روند نزولی کاهش طول غلاف را در پی داشته و باعث ایجاد عدم‌اختلاف معنی‌دار بین سطوح بالای تنش گردید.

کم‌آبی در مرحله زایشی با خشک‌کردن دانه‌های گرده باعث عدم گرده‌افشانی و در نتیجه سقط گل‌ها و متعاقب آن کاهش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. از دیگر عوامل مؤثر بر این صفت می‌توان به کاهش طول دوره گل‌دهی و ریزش غلاف‌های جوان در شرایط تنش خشکی اشاره کرد (Roshdi et al., 2011). عوامل گیاهی که تقسیم و توسعه سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند میزان آب بافت و غلظت هورمون‌های مؤثر گیاهی مانند آبسزینک‌اسید مسئول تنظیم تعداد غلاف در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Saini & Westgate, 2000). در همین راستا، اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی و خاکی موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و جیبرلین در گیاه می‌شود (Abdel-Mawgoud et al., 2007) و به‌نظر می‌رسد این مکانیسم توجه مناسبی برای افزایش تعداد غلاف در بوته در کنار سایر عوامل باشد. این امر بیانگر اثر اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته است که براینده عوامل فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلف از جمله جلوگیری احتمالی از ریزش گل‌ها، افزایش تعداد شاخه جانبی و ... می‌باشد.

طول و عرض غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر طول غلاف داشت (جدول ۳). با

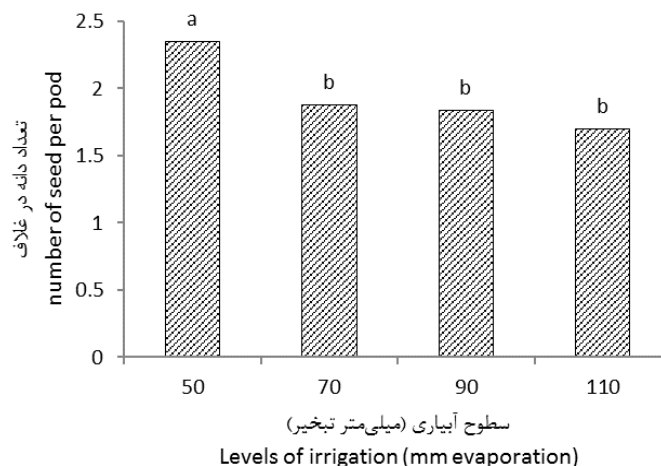


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول غلاف لوبیا لیم

Fig. 1. The effects of drought stress levels on the pod length for lima bean

به شاهد حاصل شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۳ لیتر اسید هیومیک نداشت (شکل ۲). همچنین کمترین طول غلاف در تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) مشاهده شد. کاربرد ۱ لیتر اسید هیومیک نیز با افزایش ۲/۵ درصدی

اسید هیومیک نیز باعث افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.01$) طول غلاف گردید (جدول ۳). با افزایش غلظت اسید هیومیک، بر طول غلاف در لوبیا لیم افزوده شد، به‌طوری‌که بیشترین طول غلاف با کاربرد ۶ لیتر در هکتار با افزایش ۴/۵ درصدی نسبت



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر تعداد دانه در غلاف لوبیا لیما
Fig. 3. The effects of drought stress levels on the number of seed per pod for lima bean

تنش رطوبتی در طول دوره پُرشدن دانه ممکن است از طریق کاهش دوره پُرشدن و یا کاهش سرعت پُرشدن دانه، عملکرد را کاهش دهد (Kafi *et al.*, 2007). تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن درجه باز شدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و از این‌راه به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن هر دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Emam & Niknejad, 2004). مقدار و کارایی انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌ای به دانه به‌ویژه وقتی که گیاه در شرایط تنش خشکی قرار گرفته باشد، تعیین‌کننده عملکرد نهایی دانه خواهد بود (Ehdaie *et al.*, 2006). از آنجایی که در شرایط عادی، تنفس پوشش گیاهی و تجمع مواد خشک در دانه‌ها، از مهم‌ترین مسیرهای مصرف مواد پرورده تولیدشده به‌وسیله برگ‌ها می‌باشند و مجموع نیاز آنها از میزان مواد فتوسنتزی جاری تولیدشده بیشتر است (Ehdaie *et al.*, 2006)، به‌نظر می‌رسد هنگامی که ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌وسیله تنش خشکی بعد از گلدی کاهش پیدا می‌کند، پُرشدن دانه شدیداً وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه می‌شود (Saeedi & Moradi, 2010). از طرف دیگر، تنش رطوبتی در مراحل اولیه پُرشدن دانه ممکن است، از طریق کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم روی پُرشدن دانه و در نتیجه عملکرد تأثیر بگذارد (Kafi *et al.*, 2007). کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در تیمار تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه را می‌توان به پدید آمدن دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت داد (Emam & Niknejad, 2004). تأثیر کمبود آب در این مرحله موجب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان

الگوی تغییرات وزن صدانه در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و تیمار تنش شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) مشابه بود، به نحوی که بیشترین وزن صدانه در کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید (جدول ۴). به‌علاوه در تیمار یک‌لیتر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری وزن صدانه کمتری نسبت به کاربرد ۳ لیتر هیومیک در هکتار در این دو تیمار تنش مشاهده شد. عکس‌العمل وزن صدانه گیاه لوبیا در تیمار تنش ملایم (۷۰ میلی‌متر) و متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) نسبت به کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک متفاوت بود. در تنش رطوبتی ملایم کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری صدانه بیشتری نسبت به سایر تیمارهای اسید هیومیک تولید نمود، ولی با کاربرد ۳ لیتر در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در تنش رطوبتی متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) کاربرد تمامی سطوح اسید هیومیک اثر یکسانی را در تعداد صدانه نشان داد (جدول ۴).

محققان به افزایش وزن صدانه در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک در گیاه لوبیا (Jahan *et al.*, 2010) و نخود (Hagh-Parast *et al.*, 2012) اذعان داشتند. به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شده (Delfine *et al.*, 2005) و احتمالاً با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز گذاشته، محتوای غذایی (ترکیبات ذخیره‌ای بذر) محصولات کشاورزی را افزایش دهد (Cavani *et al.*, 2003).

عملکرد اقتصادی یک گیاه ثمره بسیاری از فرآیندهای رشد است که در طی دوره رشد و نمو به وقوع می‌پیوندد. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیرگذاری بر این فرآیندها عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط آبیاری مطلوب، گیاهان از بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه برخوردار بودند، بنابراین عملکرد بیشتری را نیز تولید نمودند. با وقوع تنش از عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری‌که گیاهان در سطوح مختلف تنش عملکرد کمتری نسبت به آبیاری مطلوب داشتند. در مطالعه‌ای که *Jahan et al.* (2010) در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی لوبیا انجام دادند، با بررسی اثرات متقابل تنش و اسید هیومیک به‌این نتیجه رسیدند که سرعت اسیمیلاسیون خالص به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی قرار گرفت. در این آزمایش اثر اسید هیومیک در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود، بدین‌ترتیب که در شرایط بدون تنش سرعت اسیمیلاسیون خالص به میزان ۱۴ درصد کاهش یافت و در شرایط تنش، افزایش ۷۹ درصدی این صفت نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید. *Giasuddin et al.* (2007) عنوان کردند که اسید هیومیک نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش داده و بدین‌طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل‌سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد. به‌دنبال آن یک فاکتور مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌گردد و تولید نیترات کاهش می‌یابد که در نهایت این اثرات منجر به افزایش تولید می‌شود (*Giasuddin et al.*, 2007).

شاخص برداشت

نتایج آنالیز واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر شاخص برداشت می‌باشد (جدول ۳). به‌علاوه اثرات اصلی تنش خشکی و اسید هیومیک نیز بر این صفت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). محلول‌پاشی با اسید هیومیک سبب افزایش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گردید، بدان‌معنی که اسید هیومیک با افزایش عملکرد دانه در تمامی سطوح تنش خشکی باعث افزایش شاخص برداشت شد. چنان‌که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، بالاترین درصد شاخص برداشت (۶۳/۷) در سطح آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن (۲۹/۹ درصد) در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر و بدون کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد

موادپرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌ها خواهد شد (*Ullah et al.*, 2002). به‌علاوه، کوتاه‌شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش خشکی که توسط برخی پژوهشگران مشاهده شده است، یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزاردانه در تیمارهای اعمال تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه است (*Emam & Niknejad*, 2004). در کل، توانایی انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های کلیدی کمک به بهبود مقاومت به خشکی در لوبیا شناسایی شده است (*Beebe et al.*, 2013).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسید هیومیک قرار گرفت. ضمناً اثر متقابل عوامل آزمایشی، تنش خشکی و اسید هیومیک، در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد. لذا تغییرات عملکرد دانه علاوه بر تنش خشکی به کاربرد اسید هیومیک نیز بستگی دارد. بیشترین میزان عملکرد دانه با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در تیمار آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر (۱۰۸ درصد افزایش نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک) و کمترین آن در تیمار شاهد بدون اسید هیومیک و تیمار آبیاری ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر (با ۴۰ درصد کاهش نسبت به کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک) مشاهده شد (جدول ۴). بر این اساس، واکنش عملکرد دانه لوبیا نسبت به اسید هیومیک در شرایط تنش ملایم (۷۰ میلی‌متر تبخیر) الگوی متفاوتی را نسبت به تیمار شاهد بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) نشان داد، به‌نحوی که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار با افزایش ۴۶ درصدی نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد و بین سطوح ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد. ضمناً عکس‌العمل تولید دانه در تنش متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید، الگوی یکسانی را نشان داد، به‌نحوی که عملکرد دانه در کلیه سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

در گیاه لوبیا (*Jahan et al.*, 2010) و نخود (*Hagh-Parast et al.*, 2012) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد. اما در آزمایشی مشابه در گیاه گلرنگ اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد، اگرچه اثرات ساده معنی‌دار بودند (*Mohsen-nia & Jalilian*, 2011).

شرایط تنش خشکی را حساسیت بیشتر رشد زایشی در مقایسه با رشد رویشی نسبت به شرایط نامطلوب تشخیص دادند. Moradi et al, (2007) نیز دلیل احتمالی کاهش شاخص برداشت را کمبود آب قابل دسترس دانستند و به دنبال آن شدت فتوسنتز و انتقال مواد پرورده جاری به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در تولید عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش محسوب می‌شود.

نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که به دلیل تأثیرگذاری خشکی بر عملکرد دانه لوبیا شاخص برداشت در تیمار تنش کاهش می‌یابد (Beebe Khoshvaghti, 2006) Gerardine et al, (2013)؛ در حالی که (et al., 2013) پایداری شاخص برداشت لوبیا در تنش خشکی را گزارش دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه تنش خشکی باعث کاهش کم‌وبیش صفات مورد بررسی گردید، اما محلول‌پاشی اسید هیومیک توانست اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. در این بین کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط بدون تنش توصیه می‌شود. اما استفاده از اسید هیومیک نقش محسوسی در کاهش اثرات منفی در تنش ملایم خشکی (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک داشت، چراکه در شرایط تنش بیشترین میزان افزایش عملکرد (۴۶ درصد) را سبب گردید. لذا استفاده از این ماده آلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهت مقابله با تنش خشکی و در راستای اهداف کشاورزی پایدار توصیه می‌شود.

(جدول ۴). الگوی تغییرات شاخص برداشت در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) با تیمار تنش ملایم (۷۰ میلی‌متر تبخیر) مشابه بود، به نحوی که بیشترین شاخص برداشت از نظر عددی در کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید. ضمناً در تنش رطوبتی ملایم (۷۰ میلی‌متر تبخیر)، متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) و شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) کاربرد سطوح ۱، ۳ و ۶ لیتر اسید هیومیک اثر یکسانی را در شاخص برداشت نشان داد.

دیگر محققان نیز به افزایش شاخص برداشت تحت شرایط تنش خشکی در حضور اسید هیومیک در نخود اذعان داشتند (Hagh-Parast et al., 2012). اما Mohsen- Nia & Jalilian (2011) در گلرنگ، عدم معنی‌داری این صفت را در شرایط مذکور گزارش دادند. اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nardi et al., 2002). به نظر می‌رسد اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. علاوه بر تجمع ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های مختلف گیاه نیز مهم است. در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی تولید شده صرف ریشه‌ها شده تا آب بیشتری برای گیاه تأمین نماید. بنابراین در چنین شرایطی شاخص برداشت کاهش می‌یابد (Taleei et al., 2008). کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز باشد (Khoshvaghti, 2006). Pandey et al, (2000) دلیل کاهش شاخص برداشت در

منابع

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-GreadlyHelmy, N.H.M., Helmy, Y.I., and Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research 3(2): 169-174.
2. Amiri-Dehahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2009. Effects of water stress at different phenological stages on the growth indexes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under greenhouse condition. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian).
3. Bagheri, A., Mahmudi, A., and Ghezeli, F.d. 2001. Common Beans, Research for Crop Improvement. Mashhad University Jihad Press. (In Persian)
4. Bandani, M., Mobasser, H.R., and Sirusmehr, A. 2014. Effect of organic fertilizer on length of pod, biological yield and number of seeds per pod in mung bean (*Vigna radiata* L.). International Research Journal of Applied and Basic Sciences 8(7): 763-766.
5. Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W., and Acosta- Gallegos, J.A. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. Journal of Frontiers in Plant Physiology 4(35): 1-20.

6. Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I.M., Mosquera, G., Bueno, J.M., and Blair, W. 2011. Genetic Improvement of Common Beans and the Challenges of Climate Change. In: S.S. Yadav, R.J. Redden, J.L. Hatfield, H.L. Campen & A.E. Hall (Eds.). Crop Adaptation to Climate Change, First Edition. 2011 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2011 by Blackwell Publishing Ltd. P. 356-369.
7. Cavani, L., Ciavatta, C., and Gessa, C., 2003. Identification of organic matter from peat, leonardite and lignite fertilizers using humification parameters and electrofocusing. Bioresour Technology 86: 45-52.
8. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy Sustain 25: 183-191.
9. Ebrahimi, M., Behamta, M., Hoseinzadeh, A., Khialparast, F., and Gholbashi, M. 2010. Evaluation of yield, yield components and some agronomic traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under climatic conditions of Karaj. Journal of Agroecology 2(1): 134-150. (In Persian with English Summary).
10. Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Journal of Crop Science 46: 735-746.
11. Emam, Y., and Niknejad, M. 2004. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (Translation) Shiraz University Publication (In Persian).
12. Falah, S. 2009. Agricultural (General and Specialized) (Translation). Shahrekord University Publications 200 pp. (In Persian).
13. Gerardine, M., Butare, L., Cregan, P.B., Blai, M.W., and Kelly J.D. 2013. Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. Journal of Crop Science 54: 923-938.
14. Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Journal of Environment Science Technology 41(6): 2022-2027.
15. Habibi, G., and Bihamta, M.R. 2007. Study of seed yield and some traits associated with pinto bean under reduced irrigation. Journal of Research and Conservation in Agriculture and Horticulture 74: 34-46. (In Persian).
16. Hagh-Parast, M., Maleki Farahani, S., Masoud Sinaki, J., and Zare, G.H. 2012. Reduction of negative effects of dry tension and stress in chickpea with the application of humic acid and seaweed extract. Journal of Production of Agricultural Plants in Environmental Stresses 4(1): 59-71. (In Persian with English Summary).
17. Hasanazade-Valuie, M. 1994. Effect of foliar application time of humic acid on the yield, component yield protein and nitrogen remobilization and dry matter of two wheat cultivars. MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
18. Jahan, M., Sohrabi, R., Doaei, F., and Amiri, M.B. 2012. Effect of soil moisture superabsorbent hydrogel and foliar application of humic acid on some of agro-ecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad. Journal of Ecological Agriculture 6 (In Press). (In Persian with English Summary).
19. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Mahdavi Damghani, A.A., Abasi, F., and Sharifi, H. 2007. Plant Physiology. Vol. I Mashhad Jahad-e- Daneshgahi Publication. 732 pp. (In Persian).
20. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth pattern, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis. Tabriz University, Iran. (In Persian with English Summary).
21. Koocheki, A., and Alizadeh, A. 1996. Principles of Agriculture in Arid Regoin. (Translation) Astan Quds Razavi Publications. 270 pp (In Persian).
22. Larcher, W. 2001. Physiological Plant Ecology. Springer Verlag Berlin Heidelberg Germany.
23. Mohsen-Nia, O., and Jalilian, J. 2011. The effect of water stress and fertilizer sources on the yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary).
24. Moradi, A., Ahmadi, A., and Hossein- zadeh, A. 2008. Agro-physiological responses of mung bean (cv. Partov) to severe and moderate drought stress applied at vegetative and reproductive growth stages. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 12(45): 659-671. (In Persian with English Summary).

25. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
26. Pandey, R.K., Marienville, J.W., and Adum, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment I. Grain yield components. *Journal Agricultural Water Management* 46: 1-13.
27. Roshdi, M., Boyaghchi, D., and Rezadoost, S. 2011. The effect of micronutrients on growth and yield of chiti bean under water deficit treatments. *Journal of Crop Production and Processing* 2(5): 131-141. (In Persian with English Summary).
28. Saeedi, M., and Moradi, F. 2010. Effects of water stress after pollination on remobilization of carbohydrates solution from the last and second last internode in the developing grains of two cultivars of bread wheat. *Iranian Journal of Crop Science* 3: 548-564. (In Persian with English Summary).
29. Saini, H.S., and Westgate, M.E. 2000. Reoroductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68: 59-95.
30. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common beanbulg. *Journal Plant Phisiology. Special Issue*: 320-330.
31. Taleei, A., Postini, C., and Davazdahemami, S. 2008. Effect of plant density on some physiological characteristics of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Sciences* 31(3): 477-488. (In Persian).
32. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian Journal of Plant Science* 4: 355-357.
33. Veisipoor, A., Majidi, M.M., and Mirlohi, A.F. 2013. Response of physiological traits to drought stress in some varieties of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 21(1): 87-102. (In Persian with English Summary).
34. Winnyfred, A., Nkalubo, S.T., Gibson, P., Edema, R., and Ochwo-Ssemakula, M. 2014. Genetics of drought tolerance in common bean genotypes adapted to Ugandan conditions. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 7(1): 18-27.
35. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review. Plant Biology* 53: 247-316.

Effect of Humic acid on the yield and yield components of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions

Beheshti¹, S., Tadayyon^{2*}, A. & Falah², S.

1. MSc. Student, Agronomy, Faculty of Shahrkord University Shahrkord, Iran

2. Faculty of Agriculture, Shahrkord University, Shahrkord, Iran

Received: 6 May 2015
Accepted: 27 June 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.46533

Introduction

Drought stress is one of the most yield reduction factor of lima bean where effects on the more than 60% of bean world production. In this regard, solutions that help increase productivity with high water efficiency in this region can change the agricultural crop production. One of the solutions is using organic materials (acid humic). Humic acid with linkage of water molecules and folic acid and penetration into plant tissues link to water molecules reduce evaporation and transpiration and finally helps inner plant water.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of humic acid on yield and yield components of lima bean under water stress conditions, a field experiment was conducted as split plot arrangement in RCBD design with three replications at the Research Station of Shahrekord University in year 1994. Main factors include four treatments of water deficit (irrigation after 50, 70, 90 and 110 mm evaporation from evaporate pan of class A) and sub factor include four levels of humic acid (0, 1, 3, and 6 lit/ha). For this purpose, a semi-deep plowing in the spring then by the two vertical discs were leveling land and finally by furrower created 80 cm row width. Lima bean seeds were prepared by Pars Khomein Company. Seeds were planted in the wet soil. In this way, sterilized seeds were planted in both side of 80 cm width row with 20 cm row plant space in depth of 5 cm at plots area of 3×4 m². During the plant growth period, the plots were irrigated by furrow irrigation, hand weeding were applied through the experiment. Chemical fertilizers were applied based on the soil test analysis and plant requirements. After achieving the desired density and complete plant establishment, where the plants had two stem nodes, irrigation treatment were applied as cumulative evaporation from class A evaporation pan, and this trend continued until harvest. Humic acid used in the composition of the liquid phase include 12% of humic acid, 3% of folic acid and 3% of potassium oxide. The recommended concentration of humic acid (1, 3, and 6 lit/ha) before flowering was applied two times within two weeks. Plants were harvested when the pods reach 80 to 90% maturity. After harvesting the plants for measurements number of pods per plant, length, width and weight of pods, number of seeds per pod, 100 seeds weight, seed yield and harvest index were transported to the laboratory. Data traits were analyzed by SAS 9, mean comparison of treatments using the least significant difference (LSD) at 5% by MSTAT-C were evaluated. Excel was used to plot the graphs.

Results and Discussion

The results showed that the humic acid in drought conditions increased yield of pods per plant, 100 seeds weight, grain yield and harvest index was followed. In this experiment, as the width of the seed was not influenced by drought stress and humic acid.

* Corresponding Author: tadayyon.sku@gmail.com; Mobile: 09131109098

Traits of pod weight and seeds number per pod were only affected by drought stress and pod length significantly affected by drought stress and humic acid was used. Drought stress by drying pollen grains, reducing the duration of flowering and young pods loss reduced pod per plant. The current decrease in photosynthesis leads to founder grains shrink and ultimately decreased 100 seeds weight under drought stress. Humic acid appears to increase plant photosynthesis activity as increased enzyme activity of Rubisco and to improve production of sugar, protein and vitamins in plant and has a positive effect on the various aspects of photosynthesis, seed storage compounds increased. In general, many of the economical yield of a plant, is the result of the growth process that occurs during growth and development. Drought stress can affect performance by influencing these yield processes. The yield was decreased due to stress, so that the performance of the plants in drought stress levels were less than optimum irrigation. Humic acid increased cell membrane permeability, thereby facilitating the entry of potassium, resulting in increased pressure moved into the cell and cell division. On the other hand, increasing energy inside cells leads to the production of chlorophyll and photosynthesis rate. Followed by an important factor in the growth of the nitrogen uptake into cells is developed resonance and finally, the effects of nitrate production decreases, which leads to the increased production. Reduced harvest index in drought stress treatment may be due to reduction of photosynthetic level, reduced photosynthesis remobilization in grain filling stage and more sensitive of vegetative growth compared to vegetative growth to the adverse conditions.

Conclusion

A total of 6 liters per hectare application of humic acid under drought stress and moderate stress (irrigation after 70 mm evaporation) is recommended. Because under stress condition, caused the highest yield. Therefore, usage of organic materials in arid and semi-arid areas to fight drought stress and in order to deal with drought stress is recommended for sustainable agriculture.

Key words: Foliar application, Lima bean, Organic matter, Water deficit

اثر تداخل علف‌های هرز، تاریخ کاشت و روش کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

مریم کمالی^۱، محسن عدالت^{۲*}، سید عبدالرضا کاظمینی^۲ و بهرام حیدری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز،

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۷

چکیده

به منظور ارزیابی تداخل علف‌های هرز، تاریخ کاشت و روش کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز رقم اختر، آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی فرعی به ترتیب شامل روش کاشت در دو سطح (یک‌دیفه و دوردیفه) که در دو حالت عدم کنترل و کنترل علف‌های هرز در سه تاریخ کاشت (۱۲۵، ۱۱ خرداد و ۲۸ خرداد) انجام شد. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه، طول غلاف، وزن غلاف، تعداد شاخه فرعی، سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بودند. نتایج نشان داد که وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ در روش کاشت یک‌دیفه (۵۴۸/۷۶ گرم بر مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش کاشت دوردیفه (۱۸۳/۱ گرم بر مترمربع) بود، ولی سایر صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر روش کاشت قرار نگرفت. تاریخ کاشت ۱۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ اما در مقایسه با تاریخ کاشت ۲۸ خرداد برتری داشتند. بر اساس نتایج تجزیه علیت، تعداد غلاف در بوته، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. به‌طور کلی، تاریخ کاشت ۱۱ خرداد با روش کاشت دوردیفه می‌تواند در منطقه باجگاه شیراز پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، تجزیه علیت، روش کاشت، لوبیا

مقدمه

تلاش‌های قابل توجهی در طراحی استراتژی‌های مدیریتی علف‌های هرز انجام شده است (Aspasia et al., 2009). هر راهبرد مؤثر کنترل علف هرز می‌بایست در برگرفته همه گزینه‌های مدیریتی قابل دسترس برای کشاورزان باشد. هرچند کاربرد علف‌کش‌ها مهم‌ترین گزینه برای کنترل علف‌های هرز محسوب می‌شود، اما بهره‌گیری از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، به عنوان راهبردی مناسب جهت دستیابی به مدیریت پایدار از طریق روش‌های زراعی از جمله شخم حفاظتی، آرایش کاشت و تاریخ کاشت، زمینه کاهش مصرف علف‌کش‌ها و راهکاری اکولوژیکی برای توسعه توان رقابتی گیاهان زراعی و مهار رشد علف‌های هرز را فراهم می‌آورد (Kiani et al., 2012; Rezvani Moghadam et al., 2013). عوامل متعددی در افزایش عملکرد (تولید در واحد سطح) گیاهان زراعی نقش دارند که می‌توان به عوامل اقلیمی، خاکی، نوع رقم، تهیه و آماده‌سازی بستر مطلوب، انتخاب تاریخ و روش کاشت مناسب، میزان بذر، تناوب زراعی و غیره اشاره کرد. کاشت بسیار زود محصولات گرمادوست ممکن است استقرار گیاهچه را به دلیل خنکی هوا در مخاطره قرار دهد.

لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از گیاهان تیره بقولات در دنیا محسوب می‌شود که دارای ۲۵-۳۰ درصد پروتئین و ۶۰-۵۰ درصد کربوهیدرات است و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به پروتئین، استفاده از منابع گیاهی در حال افزایش است، لذا این گیاه زراعی با داشتن مقدار زیادی پروتئین به عنوان منبعی با ارزش مورد توجه قرار گرفته است (Majnoni, 2008). لوبیا از جمله گیاهان آسیب‌پذیر در مقابل علف‌های هرز بوده و کنترل علف‌های هرز به عنوان مهم‌ترین مشکل تولید لوبیا در بسیاری از کشورها از جمله ایران می‌باشد (Kiani et al., 2012). کشاورزی مدرن وابستگی زیادی به علف‌کش‌های شیمیایی دارد. به دنبال افزایش علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش و نگرانی‌های محیطی در استفاده از این مواد،

*نویسنده مسئول: شیراز، منطقه باجگاه، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، edalat@shirazu.ac.ir، تلفن همراه: ۰۹۱۷۳۱۷۷۵۸۹

روش کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و مدیریت علف‌های هرز لوبیای قرمز رقم اختر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیراز واقع در ۱۱ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۳ به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مشخصات میانگین حداقل و حداکثر دما، میزان بارندگی در طول انجام آزمایش در جدول ۱ منعکس گردیده است. عامل اصلی شامل روش کاشت (یک و دو ردیف بر روی پشته)، عامل فرعی (کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز) و عامل فرعی فرعی (تاریخ‌های کاشت ۲۵ اردیبهشت، ۱۱ خرداد و ۲۸ خرداد) بودند که در کشت پشته‌ای دوردیفه با فاصله بین بوته‌ها ۲۰ سانتی متر با آرایش زیگزاگی در طرفین پشته نسبت به هم قرار گرفت و در کشت یک‌ردیفه فاصله بین بوته‌ای ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. از خاک محل آزمایش جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد که خاک مورد نظر از نوع رسی بود (جدول ۲). عملیات تهیه زمین به ترتیب شامل شخم و دیسک بهاره، کودپاشی ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار کود اوره به صورت سرک و ۱/۵ کیلوگرم درهکتار کود میکرو به صورت محلول پاشی بود. بذر مورد استفاده لوبیا از رقم اختر بود که پیش از کاشت با قارچ کش ویتاواکس به نسبت دو در هزار ضد عفونی شد. در طول فصل رشد جهت مبارزه با آفات کرم طوقه‌بُر، کنه دونه‌پاره‌ای، تریپس و زنجره از سموم دیازینون، دسیس و پیریداین با سان‌مایت استفاده گردید.

کاشت زود هنگام سبب افزایش رشد رویشی و برخورد مراحل گلدهی، گرده‌افشانی و اوایل دانه‌بندی با هوای گرم تیر و مرداد می‌شود. کاشت دیر هنگام با محدودیت رشد رویشی و گلدهی زود هنگام گیاه همراه است، اما ممکن است طول دوره دانه‌بندی به دلیل برخورد با هوای خنک آخر فصل طولانی شده یا برداشت محصول به دلیل وقوع باران‌های پاییزی با مشکلاتی مواجه گردد (Khajepoor, 1997). شدت رقابت علف‌های هرز به گونه علف‌هرز، مدت آلودگی گیاه زراعی به علف‌هرز، توانایی رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز و شرایط آب‌وهوایی که روی رشد گیاه زراعی و علف‌هرز اثر می‌گذارد، بستگی دارد (Roa, 2000). در حال حاضر تقریباً تمامی زمین‌های مرغوب و مناسب کشاورزی، به خدمت گرفته شده‌اند و زمین‌هایی که کشت و کار نمی‌شوند، اغلب زمین‌های فقیر و کم‌استعدادی هستند که موانع عمده‌ای برای تولید در آن‌ها وجود دارد، به گونه‌ای که تولید در این زمین‌ها اقتصادی نمی‌باشد (Emam Seghatoleslami, 2005). بنابراین اتخاذ راهکارهایی به منظور افزایش تولید در واحد سطح از جمله تعیین الگوی مناسب آرایش کاشت بوته‌ها در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. گیاهان زراعی که در فواصل کمتر کاشته شده‌اند، نسبت به آن‌ها که با فاصله بیشتر کشت شده‌اند، توانایی بیشتری برای رقابت مؤثر و موفقیت‌آمیز با بوته‌های علف‌های هرز دارند. از لحاظ نظری، انتخاب ردیف‌های باریک و افزایش فاصله بوته‌ها روی ردیف سبب استفاده مؤثر از منابع و تأخیر در زمان آغاز رقابت درون‌گونه‌ای خواهد شد (Yazdi samadi & Postini, Forcella et al., 1992). با توجه به مطالب مذکور، این پژوهش با هدف بررسی تاریخ و

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی ماهانه هوا طی فصل رشد در منطقه باجگاه شیراز، ۱۳۹۳

Table 1. Average monthly air temperature and precipitation during the growing season in 2014 in Badjgah region

ماه Month	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
حداقل دما (°C) Minimum temperature (°C)	7.24	11.23	15.23	14.2	10.54
حداکثر دما (°C) Maximum temperature (°C)	26.15	33.07	35.99	36.39	32.92
بارندگی (mm) Precipitation (mm)	0	0	0	0	0

تنوع گونه‌های علف‌های هرز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک توسط کوادرات ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین اجزای عملکرد نیز ۱۰ بوته به طور تصادفی از بوته‌های برداشت‌شده انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش سطح برگ در مرحله گلدهی،

بعد از اولین آبیاری در تاریخ کشت، آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط آب‌وهوایی و دوره رایج برای مزرعه حبوبات ۷-۹ روز یکبار انجام شد و تا زمانی که غلاف‌ها رو به زردی رفته و حدود ۲۵ درصد بوته‌ها زرد شد، ادامه یافت. همزمان با ظهور برگ‌های لپه‌ای لوبیا کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی در کرت‌های عاری از علف‌هرز در تمام فصل انجام گرفت. تراکم و

همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت از نرم افزار SAS (2002) (9.0) و Excel (2007) استفاده شد. به منظور بررسی تراکم و وزن خشک علف‌های هرز با حذف سطوح بدون علف هرز طرح به صورت اسپلیت پلات آنالیز شد.

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک نیز اندازه‌گیری شد و برای محاسبات آماری تجزیه واریانس و میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد،

جدول ۲- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی
Table 2. Soil properties of experimental field

عمق نمونه برداری (cm)	اسیدیته (pH)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg kg ⁻¹)	پتاسیم Potassium (mg kg ⁻¹)
0-30	6.92	42.44	38.72	18.84	0.11	12	330

در مترمربع)، بیشتر از روش کاشت دو ردیفه (۱/۸۳ گرم در مترمربع) بود (جدول ۴). اثر روش کاشت بر وزن خشک علف هرز باریک برگ معنی دار نشد، باین حال وزن خشک این گروه از علف‌های هرز در روش کاشت یک ردیفه (۸/۲۱۸ گرم در مترمربع) بیشتر از دو ردیفه (۷/۱۹۵ گرم در مترمربع) بود (جدول ۴). بر اساس بسیاری از مطالعات انجام شده فواصل ردیف کاهش یافته در حبوبات، ضمن این که حصول عملکرد بالاتری را در شرایط عاری از علف هرز در پی خواهد داشت، به دلیل بسته شدن سریع تر پوشش گیاهی در ممانعت از سبز شدن و آلودگی مزرعه به علف‌های هرز و نیز کاهش بنیه علف‌های هرز سبز شده مؤثر است (Parsa & Bagheri, 2008).

نتایج و بحث

اثر تاریخ و روش کاشت بر تنوع، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز انتهای فصل رشد

در این آزمایش سلمه تره (*Chenopodium album*)، تاج خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus*)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*)، توق (*Xanthium strumarium*)، پنیرک (*Malva neglecta*)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، تاتوره (*Datura stramonium* L.)، سوزن چوپان (*Scandix pecten-veneris* L.)، پانیکوم (*Echinochloa crus*) و سوروف (*Panicum capillare* L.)، علف‌های هرز عمده مزرعه لوبیا بودند. وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ در روش کاشت یک ردیفه (۵۴۸/۷۶ گرم

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تراکم و وزن خشک علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ در انتهای فصل رشد
Table 3. ANOVA results for total density and dry weight of grass and broad-leaved weeds at the end of growing season

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات			
		علف‌های هرز باریک برگ Grass weed		علف‌های هرز پهن برگ Broad-leaved weed	
		تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
Block بلوک	2	17891.68 ns	ns 18738.97	ns 68162.93	ns 4753.19
Sowing method (A) روش کاشت	1	ns 1369.38	ns 6161.98	18915.12ns	601667.93*
Error خطا	2	44238.04	35097.71	69774.54	10418.57
Sowing date (B) تاریخ کاشت	2	38870.02**	101796.33**	** 114264.84	407263.92**
(A)×(B) تاریخ کاشت×روش کاشت	2	ns 6180.05	81026.86ns	ns 161680.5	770334.5ns
Error خطا	8	950.34	6342.23	44945.02	2535.87
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)		19.93	23.07	10.46	13.76

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1%, respectively

در نتیجه، روش کاشت دو ردیفه به علت هم‌پوشانی بهتر توسط گیاه در کنترل علف‌هرز و جلوگیری از رشد و توسعه علف‌هرز مؤثر می‌باشد و از این لحاظ بر روش کاشت یک‌ردیفه برتری دارد. تاریخ کاشت در سطح احتمال یک‌درصد بر وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ معنی‌دار بود که وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت (۲۷۲ گرم بر مترمربع) و ۱۱ خرداد (۲۹۷/۳۳ گرم بر مترمربع) حدود ۵/۵ برابر تاریخ کاشت ۲۸ خرداد (۵۲/۳۳ گرم بر مترمربع) بود. تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت با بیشترین وزن خشک علف‌هرز پهن‌برگ (۶۶۰/۵۳ گرم بر مترمربع) تفاوت معنی‌داری با تاریخ‌های ۱۱ خرداد (۲۷۱/۴ گرم بر مترمربع) و ۲۸ خرداد (۱۶۵/۸۵ گرم بر مترمربع) داشت و تاریخ کاشت ۲۸ خرداد به‌طور معنی‌داری کمترین وزن خشک علف‌هرز پهن‌برگ را داشت (جدول ۴).

در این ارتباط نتایج یک پژوهش در بررسی تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت و ۱۳ خرداد بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

لوبیا نشان داد که تاریخ کاشت اول بیشترین تراکم و وزن خشک علف‌هرز را داشت (Ghanbari Motlagh *et al.*, 2011). اثر روش کاشت بر تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ معنی‌دار نشد، ولی با این‌وجود تراکم علف‌های هرز در روش کاشت یک‌ردیفه بیشتر بود. تراکم علف‌های هرز باریک‌برگ در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد حدود ۳/۵ برابر تاریخ کاشت ۲۸ خرداد بود (جدول ۴). علت افزایش زیست‌توده علف‌های هرز در تاریخ کاشت زود هنگام دسترسی علف‌های هرز به منابع قابل‌استفاده می‌باشد، اما در کاشت دیر هنگام کاهش زیست‌توده، نتیجه سرکوبی بیشتر علف‌های هرز توسط گیاه زراعی و کاهش سرعت رشد علف‌های هرز می‌باشد (William, 2007). از دلایل افزایش وزن خشک علف‌های هرز در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد دسترسی بیشتر به منابع و طول دوره رشد بیشتری نسبت به تاریخ کاشت ۲۸ خرداد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسات میانگین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ انتهایی فصل رشد

Table 4. Mean comparisons of total density and dry weight of grass and broad-leaved weeds at the end of growing season

تیمار Treatment	علف‌های هرز باریک‌برگ Grass weed		علف‌های هرز پهن‌برگ Broad-leaved weed	
	تراکم Density (plant m ⁻²)	وزن خشک Dry weight (gr m ⁻²)	تراکم Density (plant m ⁻²)	وزن خشک Dry weight (gr m ⁻²)
روش کاشت Sowing method				
یک‌ردیفه single-row	156.61 ^a	218.7 ^a	382.6 ^a	548.76 ^a
دو ردیفه double-row	139.17 ^a	195.72 ^a	317.8 ^a	183.1 ^b
تاریخ کاشت Sowing date				
۲۵ اردیبهشت 15 May	186.67 ^a	272 ^a	488.4 ^a	660.53 ^a
۱۱ خرداد 1 June	200.5 ^a	297.33 ^a	212.4 ^b	271.42 ^b
۲۸ خرداد 18 June	56.5 ^b	52.33 ^b	349.8 ^b	165.85 ^b

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at $\alpha=0.05$.

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفت تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد و تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت با بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۷/۲۱)، دارای تفاوت معنی‌داری با تاریخ کاشت ۲۸ خرداد (۱۳/۹۶) بود (جدول ۶). افزایش دما در طول نمو زایشی باعث کاهش در تشکیل بذر و غلاف به‌دنبال افزایش

ریزش جوانه‌های گل‌ها و غلاف‌ها می‌شود (Omae *et al.*, 2012). افزایش دما در مرحله گلدهی در تاریخ کاشت دیرتر می‌تواند در افزایش ریزش جوانه‌های گل، غلاف و کاهش تعداد غلاف در این پژوهش مؤثر باشد. طی پژوهش انجام‌شده در بررسی تاریخ کاشت و تیمار بذر در سویا (*Glycine max* L.)، تاریخ کاشت ۱۵ تیر تعداد غلاف در بوته و عملکرد کمتری نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت داشت (Cox *et al.*, 2008). با کنترل علف‌هرز، تعداد غلاف در بوته (۲۲/۳۵)، حدود سه‌برابر در مقایسه با عدم کنترل علف‌هرز (۷/۵۸) بود

(جدول ۶). بر اساس مطالعات انجام شده توسط سایر محققان نیز در رابطه با دوره بحرانی رقابت علف‌های هرز در حبوبات نشان داده شد که باقلا (*Vicia faba* L.)، عدس (*Lens culinaris*)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و لوبیا دوره بحرانی طولانی‌تری داشته و نسبت به سایر حبوبات رقابت‌کننده‌های ضعیف‌تری هستند (Parsa & Bagheri, 2008) با توجه به این که تعداد غلاف هم تحت تأثیر رقابت اول فصل (از نظر تعداد غلاف تولیدی) و هم رقابت طی فصل (مرگ و میرغلاف‌های تولیدی) قرار می‌گیرد، لذا به عنوان اولین جزء عملکرد می‌باشد که تحت تأثیر رقابت علف‌هرز است (Parsa & Bagheri, 2008). کاهش شدید تعداد غلاف در بوته در رقابت با علف‌هرز نشان‌دهنده تأثیر رقابتی علف‌هرز و لوبیا بر تعداد غلاف می‌باشد که با نتایج (Ghanbari Motlagh et al., 2011) نیز مطابق بود. این صفت با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.74^{**}$) در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۷). بر اساس نتایج به دست آمده توسط سایر محققان نیز تعداد دانه و غلاف بیشترین اثر را بر عملکرد دانه داشت (Robinson et al., 2009; Kantolic & Slafer, 2001).

تعداد دانه در غلاف

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر علف‌هرز در سطح احتمال یک درصد و تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). این صفت دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد ($r=0.40^{**}$) (جدول ۷). با توجه به نتایج به دست آمده، علف‌های هرز باعث کاهش تعداد دانه در غلاف شده ولی تأثیر آن بر کاهش تعداد غلاف در بوته بیشتر از تعداد دانه در غلاف بود (جدول ۵) که با نتایج (Ghanbari Motlagh et al., 2011) نیز مطابق بود. افزایش دما در طول نمو زایشی باعث کاهش در تشکیل بذر و غلاف، به دنبال افزایش ریزش جوانه‌های گل‌ها و غلاف‌ها می‌شود (Omae et al., 2012). تاریخ کاشت ۱۲۵ اردیبهشت در زمان تلقیح و تشکیل بذر احتمالاً در زمان مناسب‌تری قرار داشته است که در افزایش تعداد دانه در غلاف آن‌ها می‌تواند تأثیر داشته باشد.

وزن صدانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفت وزن صدانه در تیمار علف‌هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و این صفت تحت تأثیر تاریخ کاشت معنی‌دار نشد (جدول ۵) و با عملکرد دانه دارای همبستگی غیرمعنی‌دار و منفی ($r=-0.13$)

می‌باشد (جدول ۷). هرچه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد، توزیع مواد فتوسنتزی به تعداد دانه بیشتری اختصاص یافته و به دنبال آن وزن هر دانه کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج جدول ۷، همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه به همین مطلب اشاره دارد. با وجودی که وزن صدانه تحت تأثیر تاریخ کاشت معنی‌دار نشد، ولی تاریخ ۱۱ خرداد با کمترین تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه بیشتری داشت، ضمن این که در شرایط عدم کنترل علف‌هرز نیز با کاهش تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه افزایش یافت. در بررسی برهمکنش تاریخ کاشت و علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیای سفید در سمیرم، اثر علف هرز و تأخیر در کاشت باعث کاهش وزن صدانه شد که با نتایج این پژوهش مغایر بود (Kiani et al., 2012).

تعداد شاخه فرعی

این صفت تحت تأثیر تاریخ کاشت معنی‌دار نشد، ولی تحت تأثیر علف‌هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵) و با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.59^{**}$) در سطح احتمال یک درصد می‌باشد (جدول ۷). در اثر رقابت با علف هرز، کاهش در تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن صدانه و شاخص برداشت گزارش شده است (Saxena et al., 1996). تعداد شاخه جانبی، با عدم کنترل علف‌هرز (۳/۶۴) به طور معنی‌داری کمتر از تعداد آن در کنترل علف‌هرز (۵/۹۷) بود که نشان‌دهنده تأثیر منفی علف‌هرز بر گیاه زراعی می‌باشد. از طرفی تعداد شاخه فرعی با تعداد غلاف در بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با احتمال یک درصد ($r=0.77^{**}$) می‌باشد (جدول ۷) و کاهش تعداد شاخه فرعی در رقابت با علف‌هرز با کاهش تعداد غلاف در بوته همراه است.

طول غلاف

طبق نتایج مقایسه میانگین، این صفت در تاریخ کاشت ۱۲۵ اردیبهشت با بیشترین میزان دارای اختلاف معنی‌دار با تاریخ کاشت ۱۱ خرداد و ۲۸ خرداد بود (جدول ۶). در مطالعه اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام لوبیاقرمز در منطقه الیگودرز، طول غلاف در ارقام لوبیا با تأخیر در کاشت، به دلیل کاهش دوره رشد و نیز برخورد مراحل حساس رشدی گیاه مانند غلاف‌بندی و گلدهی با درجه حرارت بالا و شرایط نامساعد رشدی، کاهش یافته است (Rahmani et al., 2012). لذا احتمالاً در تاریخ کاشت زودتر شانس بقای اندام‌های فوقانی مثل شاخه‌های فرعی و غلاف‌ها بیشتر بوده است (Santalla et al., 1993). تاریخ کاشت ۱۲۵ اردیبهشت نسبت به دو تاریخ

کاشت دیرتر احتمالاً در شرایط مناسب‌تر دمایی در مراحل گلدهی بوده است که در افزایش طول غلاف در این تاریخ مؤثر می‌باشد. این صفت تحت تأثیر روش کاشت و علف‌هرز معنی‌دار نشد (جدول ۵). این صفت دارای همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار ($r = 0.06$) با عملکرد بود (جدول ۷).

وزن غلاف

طبق نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس این صفت تحت تأثیر تاریخ کاشت با سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت با تفاوت معنی‌دار دارای بیشترین وزن غلاف ($1/75$ گرم) در مقایسه با

تاریخ کاشت ۲۸ خرداد ($1/45$ گرم) بود (جدول ۶) و با همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.37$) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). بیشتر بودن وزن غلاف در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت می‌تواند با دمای مطلوب در مراحل حساس رشدی گیاه و به‌ویژه طول دوره رشدی گیاه مرتبط باشد. این صفت با تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه در سطح احتمال پنج درصد و طول غلاف در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار می‌باشد (جدول ۷) که این صفات در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد دارای مقادیر بیشتری بودند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در لوبیا

Table 5. Analysis of variance of measured traits in common bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعدادشاخه Number of branches	طول غلاف Pod length	وزن غلاف Pod weight	تعداد غلاف در بوته Pod per Plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن صدانه 100-seed weight	سطح برگ LA	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
Block بلوک	2	3.56	0.309	0.03	3.14	0.025	2.54	861327	1173492.32	39280.78
روش کاشت (A) Sowing date	1	0.007 ns	0.015 ns	0.002 ns	50.05 ns	0.013 ns	9.55 ns	1725118 ns	2845594.32 ns	474875.94 ns
خطا Error	2	1.55	0.41	0.15	1.02	0.15	13.55	3022141	860980.4	181280.06
علف‌هرز (B) Weed	1	0.2472**	0.094 ns	0.004 ns	1388.2**	4.52**	260.32**	368690*	16418704.07*	3232256.9*
روش کاشت × علف‌هرز (A) × (B)	1	0.311 ns	0.068 ns	0.05 ns	69.94 ns	0.473 ns	7.92 ns	180673 ns	561167.7 ns	20751.5 ns
خطا Error	4	0.32	0.26	0.05	14.7	0.16	11.93	282627	985394.3	217445.3
تاریخ کاشت (C) Sowing date	2	1.44 ns	2.73**	0.27*	32.69*	2.364 ns	2.74 ns	4014590**	1663391.09*	246382.69*
روش کاشت × تاریخ (A) × (C)	2	0.552 ns	0.976 ns	0.03 ns	77.41 ns	0.0469 ns	9.51 ns	364968 ns	398072.03 ns	241192.33 ns
علف‌هرز × تاریخ کاشت (B) × (C)	2	0.5018 ns	0.880 ns	0.09 ns	6.16 ns	0.0345 ns	30.99 ns	944372**	1930183.8*	489105.67**
روش کاشت × علف‌هرز × تاریخ کاشت (A) × (B) × (C)	2	0.055 ns	1.15*	0.04 ns	5.7 ns	0.2324 ns	7.60 ns	651087 ns	57571.83 ns	404310.53 ns
خطای باقیمانده	15	0.45	0.18	0.06	4.06	0.35	7.5	133582	397343.8	58508.49
ضریب تغییرات (%) CV (%)		19.69	3.56	16.25	19.4	14.2	9.82	29.3	28.29	24.83

ns, *, ** به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1%, respectively

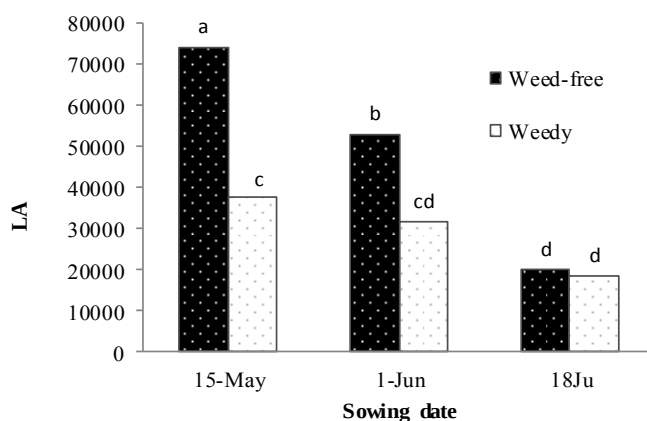
سطح برگ

سطح برگ در مرحله گلدهی تحت تأثیر تاریخ کاشت و علف‌هرز به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت با بیشترین میزان سطح برگ (55874) دارای اختلاف معنی‌دار با تاریخ

در کشت زودهنگام، طول دوره پُرشدن، گلدهی و گرده‌افشانی و پُرشدن غلاف، طولانی‌تر است و در نتیجه گیاه، فرصت کافی برای تولید غلاف و پُرکردن غلاف‌ها دارد (Loss *et al.*, 1997).

فرعی و سطح فتوسنتز کننده می‌شود (Robinson & Wilcox, 1998). در تاریخ ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد با کنترل علف‌هرز به ترتیب بیشترین سطح برگ را به خود اختصاص دادند که تفاوت معنی داری با یکدیگر داشتند، ولی با عدم کنترل علف‌هرز این دو تاریخ تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. تاریخ ۲۸ خرداد با کمترین سطح برگ که تفاوت معنی داری بین کنترل و عدم کنترل علف‌هرز وجود نداشت، در نتیجه با کنترل علف‌هرز و شرایط دمایی مناسب برای رشد گیاه شاهد افزایش سطح برگ بودیم. ضمن این‌که در تاریخ کاشت دیر هنگام با کاهش طول دوره رشد و تداخل علف‌هرز می‌تواند در کاهش سطح برگ مؤثر باشد (شکل ۱).

کاشت ۱۱ خرداد (۴۳۳۲۰) و تاریخ ۱۱ خرداد نیز با بیشترین سطح برگ دارای تفاوت معنی دار با تاریخ ۲۸ خرداد (۱۸۳۹/۹) بود. سطح برگ با کنترل علف‌هرز (۴۹۱۱۰) و بدون کنترل علف‌هرز (۲۹۱۹۸) دارای اختلاف معنی داری نسبت به هم بودند (جدول ۶). همبستگی این صفت با عملکرد دانه مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد ($r=0.61^{**}$) بود (جدول ۷). در پژوهشی نیز بین عملکرد دانه و سطح برگ یک رابطه معنی دار وجود داشت (Sincik et al., 2009). تأخیر کاشت بهاره لوبیا، اغلب با افزایش دما طی دوران رشد رویشی و زایشی و در نتیجه با تسریع نمو همراه می‌باشد. تسریع نمو موجب کاهش فرصت برای رشد ساقه اصلی، تولید ساقه های



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت و علف‌هرز بر سطح برگ لوبیا

ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال $\alpha=0.05$ می‌باشند.

Fig. 1. Interactions of sowing date and weed on bean leaf

Columns with the same letters are not significantly different (Duncan test at 5%).

اصلی، تولید ساقه فرعی و سطح فتوسنتز کننده می‌شود (Robinson & Wilcox, 1998).

با کنترل علف‌هرز عملکرد بیولوژیک (۲۸۵۹/۶ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی داری در مقایسه با عدم کنترل علف‌هرز (۱۵۰۸/۶) داشت (جدول ۶) که همبستگی مثبت و معنی دار ($r=0.72^{**}$) با عملکرد دانه داشت (جدول ۷).

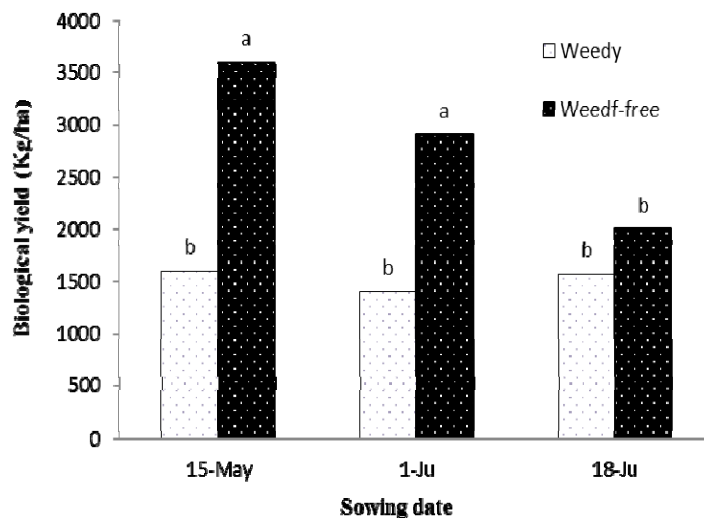
تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد با کنترل علف‌هرز بیشترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند که با هم تفاوت معنی داری نداشتند (شکل ۲). علف‌های هرز عملکرد بیولوژیک لوبیا را تا ۴۹/۹ درصد کاهش دادند (Ghanbari Motlagh et al., 2011).

عملکرد بیولوژیک

با توجه به نتایج مقایسه میانگین این صفت در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت با بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۵۷۹/۳ کیلوگرم در هکتار)، دارای تفاوت معنی دار با تاریخ کاشت ۲۸ خرداد (۱۸۳۹/۹) کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶).

کاشت زود هنگام لوبیا، باعث طولانی شدن رشد و توسعه بیشتر لوبیا می‌شود و عملکرد بیولوژیک بیشتری را تولید می‌کند.

تأخیر کاشت بهاره لوبیا، اغلب با افزایش دما طی دوران رشد رویشی و زایشی و در نتیجه با تسریع نمو همراه می‌باشد. تسریع نمو موجب کاهش فرصت در رشد ساقه



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و علف هرز بر عملکرد بیولوژیک لوبیا

ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشند.

Fig. 2. Interactions of sowing date and weed on biological yield

Columns with the same letters are not significantly different (Duncan test at 5%).

لازم برای تولید گیاهان زراعی و عوامل غیراقلیمی مانند رقم، آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز، تهیه بستر بذر، اقتصاد، تولید و غیره است (Khajepoor, 1997). با توجه به نتایج به دست آمده عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند و می‌توان هر دو تاریخ را به عنوان تاریخ کشت لوبیاقرمز در منطقه باجگاه شیراز پیشنهاد داد. ولی فعالیت آفت کرم طوقه‌بر (*Agrotis segetum*) و کنه دونقطه‌ای تارتن (*Tetranychus urticae*) به ترتیب در اوایل و اواخر فصل رشد (داده‌ها نشان داده نشده است) و تراکم و وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ در تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت (جدول ۴) بیشتر بود.

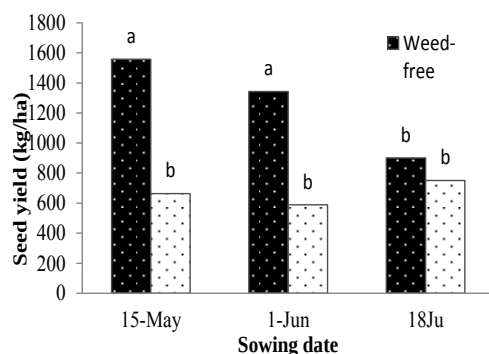
با در نظر گرفتن بُعد اقتصادی و زیست‌محیطی مبارزه شیمیایی با آفات و علف‌های هرز، تاریخ کاشت ۱۱ خرداد به عنوان تاریخ کاشت مناسب در منطقه باجگاه در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد با کنترل علف هرز بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند که تفاوت معنی داری بین آن‌ها وجود نداشت (شکل ۳).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر علف هرز و تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۵) که تاریخ ۲۵ اردیبهشت با بیشترین عملکرد دانه (۱۱۱۱ کیلوگرم در هکتار) دارای تفاوت معنی دار با تاریخ کاشت ۲۸ خرداد (۸۲۵/۵ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶).

محققان با بررسی توانایی ارقام زودرس سویا در کشت تأخیری دریافتند که تاریخ کاشت بر عملکرد دانه ارقام سویا تأثیر گذاشته و با تأخیر در کاشت نسبت به زمان مطلوب عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Egli, 2000). با توجه به جداول ۷، ۸ و ۹، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد می‌باشند که با تأخیر در کاشت و برخورد مراحل رشد و نمو با دمای نامناسب و طول دوره رشد در کاهش تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک می‌تواند مؤثر باشد و می‌تواند در کاهش عملکرد در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد مؤثر باشد.

انتخاب تاریخ کاشت شامل عوامل اقلیمی (بارندگی، دما، نور، طول روز) یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریتی



شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت و علف هرز بر عملکرد دانه لوبیا

ستون‌های با حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می باشند.

Fig. 3. Interactions of sowing date and weed on seed yield
Columns with the same letters are not significantly different (Duncan test at 5%).

می‌تواند از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد در شرایط عدم کنترل علف‌هرز می‌باشد.

تجزیه علیت

در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات قرار گرفت (جدول ۸). اولین صفتی که وارد مدل رگرسیون شد، تعداد غلاف در بوته بود که ۵۵ درصد تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نمود، صفت وزن صدانه نیز به‌عنوان دومین صفت که وارد مدل رگرسیون شد.

طبق نتایج جداول ۷، ۸ و ۹، تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک یکی از مهم ترین اجزای عملکرد در لوبیا محسوب می‌شود و نیز اشاره شد که تعداد غلاف هم تحت تأثیر رقابت اول فصل (از نظر تعداد غلاف تولیدی) و هم رقابت طی فصل (مرگ و میر غلاف‌های تولیدی) قرار می‌گیرد؛ لذا به‌عنوان اولین جزء عملکرد می‌باشد که تحت تأثیر رقابت علف‌هرز است (Parsa & Bagheri, 2008)، لذا کاهش شدید تعداد غلاف در بوته

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در لوبیا

Table 6. Mean comparison of measured traits in common bean

تیمار	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن صدانه 100-Seed weight (g)	تعداد شاخه Number of branches	طول غلاف Pod length (cm)	وزن غلاف Pod weight (gr)	سطح برگ LA (cm ²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
روش کاشت Sowing method									
یک‌ردیفه single-row	14.1a	3.83 a	29.5 a	4.8 a	11.86 a	1.62 a	36423 a	1903.1 a	904.2 a
دو ردیفه double-row	16.32a	4.01 a	28.43 a	4.85 a	11.96 a	1.65 a	42632 a	2465.4 a	1032.3 a
علف‌هرز Weed									
کنترل Weed-free	22.35a	4.15 a	26.2 a	5.64 a	11.88 a	1.63 a	49110 a	2859.6 a	1267.6 a
عدم کنترل Weedy	7.58b	3.67 b	31.93 b	3.97 b	11.94 a	1.58 a	29198 b	1508.6 b	668.3 b
تاریخ کاشت Sowing date									
۱۵ اردیبهشت 15 May	17.21 a	4.28 a	28.58 a	4.85 a	12.44 a	1.75 a	55874 a	3579.3 a	1111 a
۱۱ خرداد 1 June	14.78 a	3.71 b	29.63 a	4.49 a	11.68 b	1.62 a	43320 b	2133.5 a	985.6 a
۲۸ خرداد 18 June	13.96 b	3.84 a	28.8 a	5.11 a	11.59 b	1.45 b	19445 c	1839.9 b	825.5 b

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different at $\alpha=0.0$

کاهش وزن دانه کاهش می‌یابد. ضرایب اثرات غیرمستقیم وزن صدانه از طریق سایر صفات منفی بود، لذا می‌توان استنباط نمود که همبستگی ضعیف وزن صدانه و عملکرد به دلیل اثر غیرمستقیم منفی این صفت از طریق تعداد غلاف می‌باشد. البته به لحاظ مراحل رشد تعداد غلاف زودتر از وزن صدانه تشکیل می‌شود و تأثیر وزن صدانه بر تعداد غلاف منطقی به نظر نمی‌رسد. تعداد غلاف از طریق عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر غیرمستقیم بر عملکرد را داشت (جدول ۹). وزن صدانه دومین صفت با بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود، درحالی‌که دارای همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار با عملکرد بود که این نشان‌دهنده این است که ضرایب همبستگی به‌تنهایی نمی‌تواند در توجیه روابط صفات با عملکرد دانه کارایی لازم را داشته باشد (جدول ۷).

این صفت، به همراه تعداد غلاف در بوته ۶۶ درصد از تغییرات صفت وابسته به عملکرد دانه را توجیه کرد. پس از این صفات، عملکرد بیولوژیک وارد مدل شد و در مجموع ۷۳ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود (جدول ۸). این نتایج تا حدودی با نتایج همبستگی ساده مطابقت داشت. با توجه به نتایج رگرسیون صفات وارد مدل شده مورد تجزیه علیت قرار گرفتند. در تجزیه علیت عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل تعداد غلاف در بوته، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک به عنوان متغیر مستقل قرار داده شد تا اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از متغیرها با متغیر وابسته مشخص گردد (جدول ۹). بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد غلاف در بوته بود که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (جدول ۷). اثر غیرمستقیم تعداد غلاف در بوته از طریق وزن صدانه منفی بود، بنابراین با افزایش تعداد غلاف در بوته مقدار عملکرد در اثر

جدول ۷- همبستگی ساده بین عملکرد و صفات مورد ارزیابی در لوبیا

Table 7. A simple correlation between yield and measured traits in Common bean

صفات Traits	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن صدانه 100-Seed Weight	تعداد شاخه Number of branches	طول غلاف Pod length	وزن غلاف Pod weight	سطح برگ LA	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تعداد غلاف در بوته Pod per plant	1								
تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	0.49**	1							
وزن صدانه 100-Seed weight	-0.54**	-0.34*	1						
تعداد شاخه Number of branches	0.77**	0.27ns	-0.21ns	1					
طول غلاف Pod length	0.16ns	0.39*	0.02ns	0.07ns	1				
وزن غلاف Pod weight	0.072ns	0.34*	0.41*	0.05ns	0.60**	1			
سطح برگ LA	0.48**	0.38*	-0.08ns	0.22ns	0.26ns	0.38*	1		
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.71**	0.42**	-0.28ns	0.44**	0.14ns	0.21ns	0.66**	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.74**	0.40*	-0.13ns	0.59**	0.06ns	0.37*	0.61**	0.72**	1

ns, *, ** : به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: no significant, significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

سطح برگ وارد مدل شدند و صفات تعداد دانه در گیاه، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب بیشترین اثر مستقیم و مثبت را با عملکرد دانه داشتند (Soghani et al., 2010).

در مطالعه همبستگی و تجزیه علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های لوبیاسفید، صفات تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک، وزن غلاف و شاخص

جدول ۸- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات لوبیا
Table 8. Stepwise regression analysis for common bean trait

صفات Traits	R ² Partial	R ²	F
تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	0.553	0.55	40.87**
وزن صدانه 100-seed weight	0.106	0.66	10.04**
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.051	0.73	5.51*

صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک دارای بیشترین اثرات مستقیم می‌باشند که تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک دارای اثر غیرمستقیم و مثبت با یکدیگر می‌باشند و بهبود هر یک از این صفات سبب بهبود صفت دیگر می‌شود (جدول ۹).

محققان با بررسی تجزیه علیت و همبستگی عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در لوبیاقرمز دریافتند که صفات وزن صدانه، تعداد کل غلاف و تعداد بذر در غلاف دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه تک‌بوته می‌باشند (Rahnamaie et al., 2007). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده

جدول ۹- تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه لوبیا
Table 9. Path analysis of traits in Common bean

همبستگی کل Correlation total	اثر غیر مستقیم Indirection effect			اثر مستقیم Direction effect	صفات Traits
	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن صدانه 100-seed weight	تعداد غلاف در بوته plant pod no. per		
0.74	0.23	-0.18	—	0.69	تعداد غلاف در بوته plant Pod no. per
-0.13	-0.09	—	-0.38	0.34	وزن صدانه 100-seed weight
0.72	—	-0.09	0.49	0.32	عملکرد بیولوژیک Biological yield

باجگاه شیراز پیشنهاد می‌شود. بر اساس نتایج تجزیه علیت، تعداد غلاف در بوته، وزن صدانه و عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس احسان شاکری و سرکار خانم مهندس خدیجه علیجانی (دانشجویان دکتری زراعت دانشگاه شیراز) کمال سپاسگزاری را داریم.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روش کاشت و تاریخ کاشت در جهت افزایش عملکرد لوبیاقرمز و اهمیت کنترل تلفیقی علف‌های‌هرز و آفات در جهت کاهش آلودگی محیط زیست، هرچند اثر روش کاشت بر صفات اندازه‌گیری‌شده در لوبیا معنی‌دار نشد، ولی کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های‌هرز پهن‌برگ در روش کاشت دو ردیفه می‌تواند نسبت به روش کاشت یک‌ردیفه برتری داشته باشد. تاریخ کاشت ۲۵ اردیبهشت و ۱۱ خرداد در بسیاری از صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی، تاریخ کاشت ۱۱ خرداد با روش کاشت دو ردیفه در منطقه

منابع

- Aspasia, P., Anestis, E., Karkanis, C., Bilalis, D.J., and Efthimiadis, P. 2009. The phenomenon of crop weed competition a problem or a key for sustainable weed management? Journal of Food, Agriculture & Environment 7(2): 861-868.
- Cox, W.J., Shields, E., and Cherney, J.H. 2008. Planting date and seed treatment effects on soybean in the northeastern United States. Agronomy Journal 100(6): 1662-1665.

3. Egli, D.B., and Bruening, W.P. 2000. Potential of early maturing soybean cultivar in late planting. *Agronomy Journal* 92(3): 532-537.
4. Emam, Y., and Seghatoleslami, M.J. 2005. *Crop Yield, Physiology and Processes*. Shiraz University Press. (In Persian).
5. Forcella, F., westgate, M.E., and Warnes, D.D. 1992. Effects of row width on herbicide and cultivation requirements in row crops. *American Journal of Alternative Agriculture* 7(1): 161-167.
6. Ghanbari Motlagh, M., Rastgoo, M., Pur Yusef, M., Saba, J., and Afsahi, K. 2011. Effect of sowig date and weed interference on yeild and yeild component of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars with different growth habitat. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(1): 1-20. (In Persian with English Summary).
7. Hemmati, A., Vazan, Q., and Sadeghi Shoaii, M. 2012. Effect of pre-planting irrigation, maize planting pattern and nitrogen on grain yield and yield components of maize cv. SC704. *Agronomy and Plant Breeding* 8(2): 31-21. (In Persian).
8. Kantolic, A.G., and Slafer, G.A. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in soybean cultivars. *Field Crop Research* 72(2): 109-118.
9. Khajepoor, M.R. 1997. *Principles and Fundamentals of Agronomy*. Isfahan University Press. (In Persian).
10. Kiani, M., Yadavi, A., and Movahedi Dehnavi, M. 2012. Interaction effects of planting date and weed competition on yield and yield components of three white Bean cultivars in Semirom. *Journal of Crop Production and Processing* 2(3): 17-29. (In Persian with English Summary).
11. Loss, S.P., Siddique, K.H.M., and Martin, L.D. 1997. Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environments II. Phenology, canopy development, radiation absorption and biomass partitioning. *Journal of Field Crops Research* 52: 29-41.
12. Majnon Hosseini, N. 2008. *Agriculture and Cereal Production*. Mashhad University Press (In Persian).
13. Omae, H., Kumar, A., and Shono, M. 2012. Adaptation to high temperature and water deficit in the common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the reproductive period. *Journal of Botany* 2012: 1-7.
14. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. *Legumes*. Mashhad University Jihad Press. (In Persian).
15. Rahmani, T., Heidari Sharif Abad, H., and Madani, H. 2012. The study of effect plantig date on yeild of red bean cultivars in Aligudarz region. *New Finding Agriculture* (4): 321-335. (In Persian).
16. Rahnamaie Tak, A., Vaezi, Sh., and Mozafari, J. 2007. Study on correlation and path analysis for seed yield per plant and its dependent traits in red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pajouhesh and Sazandegi* 76: 80-88. (In Persian with English Summary).
17. Roa, V.S. 2000. *Principles of Weed Science*. Enfield, NH: Science Publisher.
18. Robinson, S.L., and Wilcox, J.R. 1998. Comparison of determine and indeterminate soybean nearisolines and their response to row spacing and planting date. *Crop Science* 38(6): 1554-1557.
19. Robinson, A.P., Conley, S.P., Volenec, J.J., and Santini, J.B. 2009. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. *Agronomy Journal* 101(1): 131-139.
20. Rezvani Moghadam, P., Pourazar, R., and Najafi, H. 2013. Studying the effect of cultivar and seeding rate on weed suppression in single- vs. double-row corn. (Abstract). In: *Abstract Book of the 5rd Iranian Weed Science Conference*, August 24-26, 2013. University of Tehran-Karaj. p.1444. (In Persian).
21. SAS Institute. 2002. *SAS/Stat User's Guide*, Version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
22. Santalla, M., Escribano, M.R., and Deron, A.M. 1993. Correlation between agronomic and immature pod characters in populations of French bean. *Plant Breeding Abstract* 63(4): 495.
23. Saxena, N.P., Saxena, M.C., and Jhonsen, J. 1996. *Adaptation of Chickpea in the West Asia and North Africa Region*. ICARDA.
24. Sincik, M., Goksoy, A.T., and Turan, Z.M. 2009. Soybean seed yield performances under different cultural practices. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33: 111-118.
25. Soghani, M., Vaezi, S., and Sabaghpoor, S.H. 2010. Study on correlation and path analysis for seed yield and its dependent traits in white bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding* 6: 27-36. (In Persian).
26. Williams, M.M., and Lindquist, J.L. 2007. Influence of planting date and weed interference on sweet corn growth and development. *American Society of Agronomy* 99: 1066-1072.
27. Yazdi Samadi, B., and Postini, A. 1994. *Principles of Crop Production*. Publishing Center of Tehran University (In Persian).

Effects of weed interference, sowing date and method on growth, yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Kamali¹, M., Edalat^{2*}, M., Kazemeini², S.A. and Heidari², B.

1- MSc. Student of Crop Production and Plant Breeding Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Contributions from Crop Production and Plant Breeding Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 1 July 2015

Accepted: 29 August 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.46993

Introduction

Red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with 22-25% protein and 50-60% carbohydrates are one of the most important legumes in the world, particularly in some developing countries. It is one of the major sources of vegetable protein. With regard to increasing population and increasing the need of protein, the use of plant resources like red bean with a large amount of protein is growing. Modern agriculture is highly dependent on the use of herbicides. Due to increase in the number of herbicide-resistant weeds and environmental concerns, there have been considerable efforts in designing alternative weed management strategies. Although the use of herbicides is the most popular method for weed control, but the use of integrated weed management (considering other methods like conservation tillage, sowing date and method) as an ecological strategy provides a suitable method to reduce herbicides and as a result, to increase the competitiveness of crops and inhibit weed growth. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of weed interference, sowing date and method on growth, yield, and yield components of red bean (var. Akhtar).

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2014 at the research field of College of Agriculture (Badjgah region), Shiraz University, Iran, NE (lat 29. 40° N, long 52.25° W). The soil of research area was clay with pH of 6.92. The experiment was carried out in split-split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. Treatments included two levels of sowing method (single-row and double-row) and three sowing dates (15 May, 1 June, and 18 June) which were performed in weedy and weed-free conditions. Studied features were included leaf area at flowering stage, pod number per plant, seed number per pod, 100-seed weight, pod length, pod weight, number of branches, biological yield, and seed yield. Analysis of variance of the data, correlation, stepwise regression analysis and path analysis was carried out using SAS (2002) software. Duncan's test was applied to compare means at 5% probability level. Excel (2007) software was used to draw figures.

Results and Discussion

The results showed that dry weight of both broad-leaf and grass weeds in single-row sowing method was higher than double-row. According to previous researches, competitiveness of weeds at single-row planting pattern was higher than double-row planting method and double-row planting method due to better weed overlap with the closure of the canopy and better competition with crops could control weeds. Weed density and dry weight on 18 June were less than 15 May, and 1 June. The results of the influence of planting date and weed interference on sweet corn growth and development Sweet corn was suggested high weed biomass early, which reflected resource availability

*Corresponding Author: edalat@shirazu.ac.ir; Mobile: 09173177589

to the weed community, but low weed biomass late could be the result of a more suppressive crop, lower weed growth rate, or a combination of the two factors. The effect of sowing method was not significant on all traits except for weed dry weight. Also, the effect of sowing date was significant on all traits except for 100-seed weight and number of branches. All the traits on 15 May and 1 June were higher than 18 June. The results of path analysis showed that number of pods per plant, 100-seed weight and biological yield had the highest direct effect on grain yield. According to the results of this experiment, 1 June and 15 May sowing date had no significant difference with each other, so these sowing dates could be offered as appropriate sowing dates for red bean in Badjgah region. It should be mentioned that, the *Agrotis segetum* and *Tetranychus urticae* activities were higher in early and late season, respectively, and also, density and dry matter of broadleaf weeds were higher on 15 May sowing date (data not shown).

Conclusion

Generally, with regard to importance of sowing date and method to enhance the red beans yield, suitable weed control, sowing on 1 June with double-row sowing method can be recommended specially for Badjgah region.

Key words: Path analysis, Red bean, Sowing date, Sowing method

ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی متانول بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عدس (*Lens culinaris Medik*) تحت شرایط تنش کم آبی

راهله احمدپور^{۱*}، نظام آرمند^۲، سعیدرضا حسین‌زاده^۳ و مهدی رژه^۳

۱- مربی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

۳- کارمند دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۷

چکیده

متانول نقش مؤثری در کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاهان سه‌کربنه دارد. در این راستا مطالعه‌ای با هدف اثر محلول‌پاشی متانول بر شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه عدس (رقم گچساران) به‌منظور بهبود اثرات تنش کم‌آبی در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. دو عامل مورد آزمایش عبارت بودند از: تنش کم‌آبی شامل تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی متانول با چهار سطح، شاهد، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد حجمی. محلول‌پاشی متانول سه‌بار طی فصل رشد گیاه (گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی) و با فواصل ۱۰ روز صورت گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از متانول در شرایط بدون تنش و تنش ملایم منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورفولوژیکی شد. تحت شرایط تنش کم‌آبی شدید، متانول فقط در افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ نقش داشت. بررسی صفات فیزیولوژیکی نشان داد که متانول بر غلظت عناصر برگ (سدیم، پتاسیم و کلسیم) تأثیر معنی‌داری نداشت، اما در تمامی سطوح تنش کم‌آبی منجر به افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب و پایداری غشای سلول شد. در مورد صفات بیوشیمیایی، نتایج نشان داد که کاربرد متانول تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت برگ نداشت، اما تحت شرایط تنش ملایم و شدید، محتوای پروتئین و پرولین را افزایش داد. با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از متانول به‌صورت محلول‌پاشی برگی در جهت کاهش اثرات منفی تنش کمبود آب در گیاه عدس توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، حبوبات، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، صفات مورفوفیزیولوژیکی

مقدمه

عدس گیاهی است دیپلوئید، یک‌ساله با شاخ‌وبرگ زیاد و انشعابات فراوان ساقه که به‌صورت بوته‌ای رشد می‌کند (Oweis et al., 2005). این گیاه یکی از مهم‌ترین حبوبات بوده و نقش بسزایی در تغذیه و سلامت انسان دارد، به‌طوری‌که دانه‌های عدس سرشار از منابع پروتئینی، مواد مغذی (پتاسیم، فسفر، آهن و روی)، ویتامین‌ها و همچنین اسیدآمین‌های لوسین و تریپتوفان برای تغذیه انسان می‌باشند (Erskine et al., 2009). در ایران عدس پس از نخود و لوبیا در بین حبوبات از اهمیت خاصی برخوردار است و به دلیل حساسیت زیاد به تنش‌های مختلف، دارای عملکرد بسیار پایین است

(Parsa & Bagheri, 2008; Khamadi et al., 2008). یکی

از مهم‌ترین مشکلات تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشکل کمبود آب و نزولات جوی است (Oweis et al., 2005). پژوهشگران متعددی گزارش کردند که تنش کم‌آبی در گیاهان مختلف منجر به کاهش شاخص‌های مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد برگ، سطح برگ) و فیزیولوژیکی (فتوسنتز خالص، غلظت CO₂ درون سلولی، پایداری غشاء، محتوای آب نسبی و غلظت برخی عناصر برگ) می‌شود (Porsa et al., 2001; Zaferanieh et al., 2010; Ganjeali et al., 2011; Hosseinzadeh et al., 2015). بستن روزنه‌ها به‌منظور کاهش تعرق، اولین مکانیسم مقاومتی گیاهان به تنش کم‌آبی است، اما از اثرات منفی این پاسخ در گیاهان، کاهش ورود CO₂ به سلول‌های برگی و کاهش فتوسنتز است (Rahbarian et al., 2011). به نظر می‌رسد که استفاده از موادی که بتوانند منجر به افزایش

* نویسنده مسئول: استان خوزستان، شهرستان بهبهان، ابتدای جاده دیلم، دانشگاه

صنعتی خاتم‌الانبیاء، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تلفن همراه: ۰۹۳۳۵۹۱۲۲۷۱، ahmadpour_tmu@yahoo.com

از انجام این تحقیق پاسخ به این سوال بود که آیا محلول پاشی متانول در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش کم آبی در گیاه عدس مؤثر است؟

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهیمن انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش عبارت بودند از: محلول پاشی متانول در چهار سطح شاهد (بدون محلول پاشی)، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد حجمی و تنش کم آبی در سه سطح بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی). تیمارهای مورد بررسی بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب شد. بذره‌های عدس (رقم گچساران) به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس در چهار قسمت از گلدان کشت شدند. گلدان‌ها در اتاقک رشد در شرایط کنترل شده با درجه حرارت روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد و ۱۲/۵ ساعت روشنایی و ۱۱/۵ ساعت تاریکی قرار گرفتند. به منظور اعمال تنش خشکی ابتدا یک گلدان که دارای ۲۵۰ گرم خاک بود در داخل آون در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت توزین شد و وزن خاک خشک تعیین شد. سپس در گلدانی دیگر ریخته شده و به آرامی و تا حد اشباع، آب به خاک خشک شده اضافه گردید و پس از خارج شدن کامل آب ثقیلی، گلدان توزین شد و پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند. آبیاری گلدان‌ها به مدت دو هفته تا سبز شدن بذرهای عدس انجام شد. پس از این زمان، گلدان‌ها مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف تنش کم آبی) هر دو روز یک بار آبیاری شدند. کاربرد محلول آبی متانول به صورت محلول پاشی بر روی برگ‌ها و سه بار در طی فصل رویشی گیاه با فواصل ۱۰ روزه انجام شد. اولین محلول پاشی در مرحله گیاهچه‌ای (چهار هفته پس از کاشت) و محلول پاشی‌های بعدی، به ترتیب در مراحل گلدهی و غلافدهی انجام شد. محلول پاشی تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول روی برگ ادامه یافت (برای هر گلدان حدوداً ۶۷ سی سی استفاده شد). اندازه‌گیری صفات یک‌روز بعد از محلول پاشی سوم (در مرحله غلافدهی) انجام گرفت.

CO₂ برگ‌گی شود، بتواند برخی از اثرات منفی تنش کم آبی را جبران کند (Hosseinzadeh et al., 2014). یکی از راهکارهای افزایش غلظت CO₂ درون برگ‌گی در گیاهان استفاده از متانول می‌باشد (Nadeali et al., 2010). متانول ماده کاملاً شناخته شده برای گیاهان می‌باشد، زیرا این ماده یکی از ساده‌ترین فرآورده‌های گیاهی است که توسط گیاهان خصوصاً طی رشد برگ‌ها و در اثر دمتیلاسیون پکتین در دیواره‌های سلولی آن‌ها تولید می‌شود. گیاهان می‌توانند متانول محلول پاشی شده بر روی برگ‌ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند (Ehyaei et al., 2010). مطالعات بر روی نخود، لوبیا، چغندر قند و کلزا نشان داد که کاربرد برگ‌گی متانول منجر به افزایش معنی دار خصوصیات مورفولوژیکی در مقایسه با سطوح عدم کاربرد متانول می‌گردد (Zebic et al., 2003; Safarzade Vishkaei et al., 2008; Ehyaei et al., 2010). محتوای نسبی آب می‌تواند به عنوان شاخص مناسبی جهت ارزیابی میزان تحمل گیاهان به تنش خشکی، مورد استفاده قرار گیرد (Yordanov et al., 2003). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد محلول پاشی متانول با افزایش فتوسنتز و قند سازی در برگ‌ها سبب کاهش نیاز آبی گیاهان در شرایط کمبود آب می‌شود (Safarzade Vishkaei et al., 2008). با افزایش تنش کم آبی، گیاهان با تجمع مواد محلول در سلول، پتانسیل آبی خود را کاهش می‌دهند. این مواد محلول شامل قند های محلول، سوربیتول، بتائین، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، پرولین و گلیسین و یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم می‌شوند (Hu & Schmidhalter, 2005). کمبود پتاسیم در گیاهان منجر به کاهش فعالیت روبیسکو، هدایت روزنه‌ای و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد و در نهایت باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Cakmak, 2005). تجمع پرولین و پروتئین‌های محلول از نشانگرهای مهم مقاومت به تنش خشکی در باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان عالی به حساب می‌آید (Ashraf & Iram, 2005). تنش کم آبی شدید سبب تولید گونه‌های اکسیژن فعال در گیاهان شده و عدم حضور مکانیسم محافظتی جهت حذف آن‌ها، سبب تخریب لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌گردد. از این رو سیستم دفاع آنتی اکسیدانتی سبب محافظت از لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها در مقابل اثرات تخریبی گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود (Ahmed et al., 2002).

باتوجه به این که یکی از مشکلات عمده کشاورزی در ایران کمبود آب بوده و مهم‌ترین اثر تنش کمبود آب کاهش معنی دار شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاهان است، هدف

صفات مورفولوژیکی

به منظور سنجش صفات رشدی، بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات رشدی شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک برگ و اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آن ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد.

صفات فیزیولوژیکی

به منظور تعیین محتوای آب نسبی موجود در برگ، مقدار معینی از برگ دوم گیاهان برداشت شده و به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس برگ‌ها از آب خارج و سطح آن‌ها با دستمال کاغذی خشک شد و مجدداً وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد، برگ‌ها در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن آن‌ها نیز محاسبه شد. محتوای آب نسبی با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد:

معادله (۱)

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] * 100$$

در این معادله، RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است (Bian & Jiang, 2008). برای تعیین شاخص پایداری غشای سلولی، ۰/۱ گرم از برگ دوم گیاهان برداشت شده و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک گروه از لوله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد و گروه دیگر به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Model RS232, AZ Instrument Corp, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس شاخص پایداری غشاء از معادله (۲) مطابق روش (Sairam & Saxena, 2001) به دست آمد:

= شاخص پایداری غشاء

(هدایت الکتریکی آب در دمای ۱۰۰°C / هدایت الکتریکی آب در دمای ۴۰°C) - ۱

اندازه‌گیری میزان عناصر موجود در بافت برگ، به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (Sherwood Scientific, Cambridge, United Kingdom) انجام شد (Chapman & Patt, 1982). بدین صورت که در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، ۰/۰۵ گرم پودر حاصل از برگ خشک‌شده هر تیمار، به طور جداگانه با سه میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ مخلوط شدند. سپس به مدت ۷۲-۴۸ ساعت

در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. در نهایت ارلن‌ها در زیر هود و بر روی کوره دمایی به آرامی حرارت داده شدند. تصاعد دود سفید و بی‌رنگ شدن محلول اسیدی، نشانه پایان عمل هضم بود. حجم محلول باقیمانده با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. سپس غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب گرم در صد گرم وزن خشک بافت برگ محاسبه شد.

صفات بیوشیمیایی

برای استخراج و سنجش پروتئین و پرولین به ترتیب از روش (Lowry (1951) و Bates et al, (1973) استفاده شد. مقدار پرولین بر اساس میکرومول در گرم وزن تر نمونه گیاهی مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

= میکرومول پرولین در گرم وزن تر

$$\left(\frac{\mu g \text{ prolin}}{ml} \times \frac{ml \text{ toloen}}{115.5 \left(\frac{\mu g}{\mu mol} \right)} \right) / \frac{gr \text{ sample}}{5}$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش (Holy (1972) اندازه‌گیری شد. منحنی جذب نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Model SPEKOL 2000, Analyticjena, Germany) هر ۳۰ ثانیه به مدت سه دقیقه در طول موج ۵۳۰ نانومتر رسم شد و در نهایت فعالیت ویژه آنزیم بر حسب تغییرات واحد آنزیم در دقیقه به ازاء هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش (Candlee & Scandalios (1984) استفاده شد. در این روش منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت سه-چهار دقیقه بررسی شد. فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات واحد در دقیقه به ازاء هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از روش (Beauchamp & Fridovich (1971) انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه دانکن ($p \leq 0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

برهمکنش کاربرد متانول و تنش کم آبی بر پارامترهای مورفولوژیکی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش شدید، کاربرد برگی متانول در کلیه سطوح در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. در شرایط تنش ملایم، کاربرد ۲۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول در

باکتری‌ها در محیط‌های حاوی کربن تجمع کرده و از متانول موجود که به صورت طبیعی در برگ‌های گیاهان ساخته شده استفاده می‌کنند. متانول در برگ‌های گیاهان از فرایند دمتیلاسیون پکتین در دیواره سلول‌های برگ تولید می‌شود (Madhaiyan *et al.*, 2006). نقش اصلی باکتری‌های مذکور این است که در ازای دریافت متانول از برگ پیش‌سازهای هورمون‌های گیاهی سیتوکینین و اکسین را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Abanda *et al.*, 2006). در مطالعه بر روی کتان و نخود گزارش شده است که کاربرد برگ‌گی متانول با افزایش سیتوکینین و افزایش تقسیم سلولی و در نهایت تحریک رشد موجب افزایش ارتفاع گیاهان تیمار شده می‌گردد (Makhdom *et al.*, 2002; Hosseinzadeh *et al.*, 2014).

مقایسه با عدم استفاده از آن موجب افزایش معنی‌داری (به ترتیب هشت درصد و ۹ درصد) در ارتفاع گیاه شد (جدول ۱). از مهم‌ترین اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی و ارتفاع گیاه است که دلیل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد گزارش شده است (Bayoumi *et al.*, 2008). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش کم‌آبی در سایر گیاهان از جمله نخودفرنگی (Games *et al.*, 2005)، نخود (Ganjeali *et al.*, 2011) و عدس (Salehi *et al.*, 2006) نیز گزارش شده است. متیلوتروفیک باکتری‌هایی هستند که به صورت همزیست در برگ‌های بسیاری از گیاهان زراعی مشاهده شده و نقش بارزی در افزایش رشد گیاهان زراعی دارند (Ivanova *et al.*, 2001). این

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کاربرد متانول و تنش کمبود آب
Table 1. Comparison of morphological traits of lentil under different levels of methanol application and water deficit stress

تیمارها/ متانول Treatments/Methanol	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g/plant)	تعداد برگ در گیاه Leaf number per plant	سطح برگ Leaf area (cm ²)	تعداد غلاف Number of pod	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg/plant)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
بدون تنش کم‌آبی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) Non stress (100% field capacity)						
شاهد Control	0.263 f	39.33 bcd	785.6 c	5 cde	1.213 b	31.87 b
20%	0.306 ab	41.33 abc	943.6 ab	7.3 a	1.533 a	34.83 a
25%	0.316 a	44.33 a	996.3 a	7 ab	1.557 a	36.27 a
30%	0.296 de	42 ab	897.2 b	6 abc	1.520 a	34.77 a
تنش کم‌آبی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) Moderate water stress (75% field capacity)						
شاهد Control	0.210 f	31.53 fg	660.4 fg	4.3 de	0.916 d	26.97 d
20%	0.230 e	35.67 def	701.3 def	5.6 bcd	1.137 bc	28.77 cd
25%	0.246 de	37 cde	753.9 cde	6 abc	1.270 b	29.17 c
30%	0.241 de	35.67 def	767.4 cd	4.6 cde	1.183 bc	29.70 c
تنش کم‌آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) Severe water stress (25% field capacity)						
شاهد Control	0.173 h	30.33 g	600.2 g	2.6 f	0.703 e	21.27 f
20%	0.193 fg	31.67 fg	657.5 fg	3.6 ef	0.923 d	23.33 e
25%	0.196 fg	32.71 efg	684.4 ef	4 ef	1.013 cd	23.67 e
30%	0.190 gh	32.67 efg	650.7 fg	4 ef	1.020 cd	24.63 e

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

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.

منجر به کاهش اجزای عملکردی نظیر تعداد غلاف در بوته در حبوبات می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008) که با نتایج این مطالعه منطبق می‌باشد. غلافدهی معمولاً تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه کمبود آب قابل‌دسترس در خاک قرار می‌گیرد، بنابراین شرایط محیطی می‌تواند سهم غلاف‌ها از عملکرد نهایی را تغییر دهد (Parsa & Bagheri, 2008). در مطالعه انجام شده بر روی نخود بیشترین تعداد غلاف در تیمار ۲۰ و ۳۰ درصد متانول مشاهده شد که مهم‌ترین دلیل آن را آسیمیلاسیون بیشتر کربن و افزایش فتوسنتز بیان کردند

نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، تیمار با متانول در سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی به‌طور معنی‌داری تعداد غلاف در بوته را در مقایسه با سطح شاهد به ترتیب ۳۱ درصد و ۲۸ درصد افزایش داد. در شرایط تنش ملایم، تیمار ۲۵ درصد حجمی متانول در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش معنی‌داری (۲۸ درصد) تعداد غلاف شد، اما تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارهای متانول نداشت. در شرایط تنش شدید از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف متانول وجود نداشت (جدول ۱). گزارش شده است که تنش کم‌آبی

کمیود آب، برگ‌ها کوچک‌تر و تعداد آن‌ها نیز کمتر می‌شود. کاهش تعداد برگ در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس، به منظور کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه در شرایط کم‌آبی باشد (Parsa & Bagheri, 2008). محلول‌پاشی متانول بر ظرفیت فتوسنتزی گیاهان و افزایش عملکرد آن‌ها خصوصاً در شرایط تنش‌های محیطی نقش به‌سزایی دارد، بدین‌صورت که با افزایش میزان CO_2 درون سلولی، آنزیم روبیسکو در جهت فرآیند کربوکسیلاسیون ($RUBP + CO_2$) فعالیت می‌کند و منجر به افزایش میزان قندسازی در برگ می‌شود. از طرفی با افزایش میزان CO_2 قابل دسترس، میزان تنفس نوری در اثر اکسیژناسیون ($RUBP + O_2$) آنزیم روبیسکو کاهش می‌یابد (Hossein-zadeh et al., 2014).

افزایش وزن خشک برگ و اندام هوایی در اثر کاربرد متانول را می‌توان به افزایش صفات مورفولوژیکی موردبررسی در این آزمایش از قبیل ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ نسبت داد. در تحقیقی که بر روی دو رقم نخود تحت تنش خشکی صورت گرفت، مشاهده شد که محلول‌پاشی متانول در سطح ۳۰ درصد حجمی بیشترین میزان وزن خشک برگ را نسبت به دیگر سطوح آن داشت (Ehyaei et al., 2010). در آزمایشی بر روی چغندر قند، بیشترین ماده خشک هوایی در تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول گزارش شد (Nadeali et al., 2010).

برهم‌کنش کاربرد متانول و تنش کم‌آبی بر پارامترهای فیزیولوژیکی

با در نظر گرفتن تمامی سطوح تنش کمیود آب (بدون تنش، ملایم و شدید) استفاده از محلول آبی متانول در تمامی سطوح موردبررسی منجر به افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب در مقایسه با سطوح شاهد شد (جدول ۲). نتایج مطالعات پژوهشگران نشان داده است که کاربرد برگ‌ی متانول در گیاهانی که با کمیود آب مواجه‌اند، منجر به افزایش رطوبت و محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌گردد. این محققان دلیل افزایش محتوای آب نسبی در گیاهان تیمار شده با متانول را دوبرابر شدن میزان قند تولید شده در برگ گیاهان بیان کردند (Nadeali et al., 2008; Safarzade Vishkaei et al., 2010). متانول بعد از محلول‌پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان CO_2 درون‌برگی سبب افزایش میزان آماس و تولید کربوهیدرات در برگ‌ها می‌شود (Hossein-zadeh et al., 2014).

نتایج اثرات متقابل متانول و تنش بر پایداری غشاء سلول‌های برگ‌ی عدس نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی و تنش شدید، تیمارهای متانول به‌صورت معنی‌داری پایداری غشاء سلول را نسبت به سطوح شاهد افزایش دادند. در

(Ehyaei et al., 2010). متانول بعد از محلول‌پاشی از طریق آنزیم متانول‌اکسیداز تبدیل به فرمالدهید و سپس تبدیل به فرمات (متانوئیک اسید) می‌شود. فرمات در مرحله بعد توسط آنزیم فرمات‌دهیدروژناز تبدیل به CO_2 شده و باعث افزایش CO_2 درون‌سلولی در گیاه می‌شود. بنابراین متانول به‌عنوان یک منبع کربن می‌تواند در افزایش فتوسنتز خالص نقش داشته باشد (Hossein-zadeh et al., 2014). مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با خصوصیات برگ‌ی نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی و تنش ملایم بیشترین تعداد برگ در تیمار با ۲۵ درصد متانول حاصل شد که در مقایسه با تیمارهای شاهد به ترتیب ۱۱ درصد و ۱۵ درصد افزایش داشت. در شرایط تنش شدید، تیمارهای مختلف کاربرد متانول از نظر تعداد برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). تحت شرایط بدون تنش، کاربرد برگ‌ی متانول در تمامی سطوح شاخص سطح برگ را در گیاه به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. در شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید مشاهده شد که تیمار ۲۵ درصد حجمی در مقایسه با تیمارهای شاهد شاخص سطح برگ را ۱۲ درصد افزایش داد (جدول ۱). معلوم شده است که کمیود آب قابل دسترس در بستر کشت گیاهان، تأثیر مستقیمی بر کاهش سطح و تعداد برگ‌ها دارد (Ganjeali & Nezami, 2008). در این مطالعه نیز تنش کم‌آبی ملایم و شدید در مقایسه با شرایط بدون تنش سطح و تعداد برگ را کاهش داد. محلول‌پاشی متانول از طریق اثر بر روی سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق انداخته و سبب فعالیت فتوسنتزی بیشتر برگ‌ها شده و در نتیجه سبب افزایش سطح و تعداد برگ می‌شود (Ivanova et al., 2001). کاربرد متانول به‌صورت محلول‌پاشی برگ‌ی علاوه بر افزایش فشار آماس سلول‌های برگ‌ی که به رشد و توسعه برگ‌ها کمک می‌کند، در فعال شدن آنزیم پکتین‌متیل‌استراز نقش اساسی دارد. ثابت شده است که افزایش فرآیند دمتیلاسیون پکتین توسط آنزیم متیل‌استراز منجر به افزایش یون کلسیم در سلول‌های برگ‌ی و در نهایت بزرگ شدن برگ‌ها می‌شود (Ramirez et al., 2006). مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل متانول و کم‌آبی نشان داد که تیمارهای متانول در تمامی شرایط تنش منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمارهای شاهد شد (جدول ۱).

بر اساس نتایج، وزن خشک برگ در اثر کاربرد برگ‌ی متانول افزایش معنی‌داری در شرایط بدون تنش و تنش ملایم داشت (جدول ۱). در شرایط تنش شدید، تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی افزایش معنی‌داری (به ترتیب ۱۰ درصد و ۱۲ درصد) نسبت به تیمار شاهد داشتند. در شرایط تنش

به واسطه حفظ پتانسیل اسمزی سلول است. در یک مطالعه بر روی خصوصیات ریشه گیاه نخود تحت تأثیر کاربرد برگی متانول مشاهده شد که متانول با افزایش فتوسنتز و تولید کربوهیدرات نقش مهمی در برقراری پتانسیل اسمزی منفی این گیاه دارد و با افزایش میزان جذب آب، اثرات منفی ناشی از کمبود آب را به حداقل می‌رساند (Hossinzadeh *et al.*, 2012). در مطالعه حاضر می‌توان یکی دیگر از دلایل منفی تر شدن پتانسیل اسمزی در اثر کاربرد متانول را افزایش تنظیم کننده های اسمزی از قبیل پرولین و پروتئین محلول برگی ذکر کرد (جدول ۳).

شرایط تنش ملایم، تیمار ۲۵ درصد حجمی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی دار پنج درصدی داشت. اما افزایش این صفت در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد معنی دار نبود (جدول ۲). معلوم شده است که تنش کم آبی با کاهش فشار تورگر و افزایش تخریب کننده هایی مانند انواع واکنش گر اکسیژن، نقش مستقیمی در تخریب غشاء های سلولی و کاهش رشد دارند (Bayoumi *et al.*, 2008). کاهش ضریب پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی در سایر گیاهان مانند گندم و زیتون نیز گزارش شده است (Guerfel *et al.*, 2008). از مهم ترین مزایای کاربرد برگی متانول افزایش جذب آب

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کاربرد متانول و تنش کمبود آب
Table 2. Comparison of physiological traits of lentil under different levels of methanol application and water deficit stress

تیمارها/متانول Treatments/ Methanol	غلظت کلسیم Concentration Ca g 100g ⁻¹ leaf dw	غلظت پتاسیم Concentration K g 100g ⁻¹ leaf dw	غلظت سدیم Concentration Na g 100g ⁻¹ leaf dw	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	محتوای آب نسبی Relative water content (%)
بدون تنش کم آبی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) Non stress (100% field capacity)					
شاهد Control	1.52 a	2.43 a	0.976 d	0.432 bc	0.717 c
20%	1.49 a	2.44 a	0.993 cd	0.502 a	0.747 b
25%	1.52 a	2.49 a	0.991 cd	0.507 a	0.793 a
30%	1.51 a	2.44 a	1.087 c	0.498 a	0.758 b
تنش کم آبی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) Moderate water stress (75% field capacity)					
شاهد Control	1.38 b	2.21 b	1.207 b	0.417 c	0.695 d
20%	1.38 b	2.20 b	1.183 b	0.426 bc	0.714 c
25%	1.33 bc	2.20 b	1.203 b	0.438 b	0.713 c
30%	1.37 b	2.17 b	1.200 b	0.421 bc	0.714 c
تنش کم آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) Severe water stress (25% field capacity)					
شاهد Control	1.21 d	2.08 b	1.397 a	0.368 e	0.631 e
20%	1.23 d	2.10 b	1.380 a	0.388 d	0.695 d
25%	1.25 cd	2.08 b	1.353 a	0.392 d	0.691 d
30%	1.22 d	2.06 b	1.387 a	0.385 d	0.683 d

* در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند، مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن ($p \leq 0.05$) اختلاف معنی داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.

بر غلظت این عنصر در برگ ها نشدند (جدول ۲). به نظر محققان جذب مواد غذایی از خاک با وضعیت آب موجود در خاک ارتباط مستقیم دارد، به طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه ها کاهش می یابد که این کاهش به دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است که در نهایت منجر به کاهش انتقال مواد غذایی به اندام های هوایی می شود (Arndt *et al.*, 2001). از مهم ترین دلایل دیگر تنش کم آبی بر روند جذب برخی عناصر از قبیل پتاسیم و کلسیم، کاهش تحرک این عناصر در خاک است (Osuagwu *et al.*, 2010). (Khoshbakht *et al.*, 2014) گزارش کردند که تنش خشکی میزان عناصر پتاسیم و کلسیم

مقایسه میانگین داده های مربوط به غلظت پتاسیم و کلسیم برگی نشان داد که در کلیه سطوح تنش کم آبی، تیمارهای متانول در مقایسه با تیمارهای شاهد موجب بروز اختلاف معنی داری بر این صفت نشدند، اما تنش کم آبی ملایم و شدید منجر به کاهش معنی دار غلظت های پتاسیم و کلسیم نسبت به شرایط بدون تنش شد (جدول ۲). نتایج اثرات متقابل متانول و تنش بر غلظت سدیم برگی نشان داد که تنش کم آبی شدید منجر به افزایش معنی دار غلظت سدیم برگی در مقایسه با شرایط بدون تنش و تنش ملایم شد. در شرایط بدون تنش، غلظت سدیم برگی در تیمار ۳۰ درصد متانول نسبت به تیمار شاهد ۱۰ درصد افزایش معنی داری داشت، اما در شرایط تنش ملایم و شدید، تیمارهای متانول موجب ایجاد تفاوت معنی داری

(متانوئیک اسید) می شود. فرمات در مرحله بعد توسط آنزیم فرمات دهیدروژناز تبدیل به H^+ و CO_2 می شود (Zebic et al., 2003; Ramadant & Omran, 2005; Hosseinzadeh et al., 2014). از طرف دیگر گزارش شده است که آنزیم بیوسنتز کننده پرولین تحت عنوان پیرولین ۵-کربوکسیلات سنتتاز (P5CS) در شرایط اسیدی بیشترین فعالیت را دارد (Yordanov et al., 2003). احتمالاً متانول با آزاد کردن H^+ در اسیدی کردن محیط و افزایش فعالیت این آنزیم نقش داشته باشد.

بررسی محتوای پروتئین محلول برگ‌گی نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی، تیمارهای متانول اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، اما در شرایط تنش ملایم، محتوای پروتئین محلول برگ‌گی در تیمار ۲۵ درصد متانول در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری (۸/۵ درصد) داشت. در شرایط تنش شدید نیز محتوای پروتئین محلول برگ‌گی در تیمارهای متانول در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در شرایط بروز تنش‌های غیرزنده از قبیل خشکی، شوری، گرما و سرما، بیان یک‌سری از پروتئین‌ها در گیاه افزایش می‌یابد که این پروتئین‌ها در ایجاد سازگاری با شرایط تنش ایفای نقش کرده و علاوه‌بر آن، در شرایط تنش شوری و خشکی در سازگاری اسمزی گیاه نیز نقش دارند (Ashraf & Harris, 2004). در یک آزمایش، تنش کمبود آب غلظت پرولین و پروتئین‌های محلول را در برگ‌های نخود افزایش داد، به‌طوری‌که غلظت پروتئین‌های محلول در برگ‌ها تا ۴۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشت (Najaphy et al., 2010). Madhaiyan et al., (2006) گزارش کردند که باکتری‌های متیلوتروف موجود در برگ گیاهان با مصرف متانول به‌عنوان ماده مغذی قادر به تولید اکسین و سیتوکینین در برگ شدند و با توجه به‌این‌که این هورمون‌ها در افزایش پروتئین‌سازی نقش مهمی دارند، بنابراین این محققان بیان کردند که ارتباط مستقیمی بین محلول پاشی متانول و افزایش پروتئین‌سازی در گیاهان وجود دارد. در آزمایشی بر روی سویا و بادام‌زمینی گزارش شد که محلول پاشی متانول منجر به افزایش مقدار پروتئین در گیاه شد (Safarzade Vishkai et al., 2008; Mirakhori et al., 2010).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در برهمکنش متانول و تنش نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار ۲۵ درصد متانول تحت شرایط بدون تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری (۶ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد داشت. در شرایط تنش ملایم و شدید، تیمارهای متانول با تیمارهای شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). فعالیت آنزیم

را در برگ‌های گیاه *Ocimum gratissimum* کاهش داد که علت آن را حرکت عناصر مذکور از برگ‌ها به ریشه بیان کردند، زیرا که در این شرایط این دو عنصر به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی عمل می‌کنند. در این مطالعه نیز میزان پتاسیم و کلسیم تحت تنش کم‌آبی شدید نسبت به شرایط بدون تنش و تنش ملایم کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). سدیم از جمله کاتیون‌های قابل‌حل در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است. اغلب گیاهان به غلظت بالای سدیم حساس‌اند، زیرا پایداری یون‌های داخل سلول را برهم می‌زند و منجر به عملکرد ضعیف غشاء و اختلال در واکنش‌های متابولیکی می‌شود (Hu & Schmidhalter, 2005). تجمع یون سدیم در برگ و سمیت ناشی از تجمع این یون باعث کاهش فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم در ریشه و برگ افزایش می‌یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به‌واکوتل‌فرستادن آن دارد (Tester & Davenport, 2003). نتایج این مطالعه نیز افزایش غلظت سدیم برگ‌گی را در اثر تنش کم‌آبی اثبات می‌کند.

برهمکنش کاربرد متانول و تنش کم‌آبی بر پارامترهای بیوشیمیایی

محتوای پرولین برگ‌گی در اثر تیمارهای مختلف کاربرد متانول در مقایسه با تیمارهای شاهد در هر دو شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید، افزایش معنی‌داری داشت، ولی در شرایط بدون تنش کم‌آبی اختلاف بین تیمارهای مختلف مصرف متانول با یکدیگر از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش پرولین در شرایط تنش کمبود آب، علاوه بر حفظ ساختار غشاء، ایجاد سازگاری اسمزی و حفظ ساختار آنزیم‌ها در سلول، نقش مهمی در محافظت از ماکرومولکول‌های مهم از قبیل نوکلئیک‌اسیدها و پروتئین‌ها دارد (Tewfik, 2008). به‌دلیل خاصیت هیدروفیلی پرولین، این مولکول ممکن است جایگزین مولکول‌های آب در اطراف نوکلئیک‌اسیدها، پروتئین‌ها و مولکول‌های غشایی گردد و از این طریق اثر یون‌های تخریب‌کننده برای ترکیبات را کاهش داده و بدین‌وسیله محافظت از این ترکیبات و ساختار غشاء را انجام دهد (Bayoumi et al., 2008). مطالعات متعددی افزایش پرولین را در گیاهان تحت تنش خشکی گزارش کردند (Najaphy et al., 2010; Rahbarian et al., 2012). نتایج اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه تأثیر متانول بر گیاهان نشان داده است که متانول محلول پاشی‌شده بر روی برگ‌ها توسط آنزیم متانول اکسیداز و با ازدست‌دادن $2H^+$ تبدیل به فرمات

بدون تنش شد (Rahbarian *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که بر روی ذرت انجام گرفت، گزارش شد که افزایش فعالیت کاتالاز، سبب افزایش پتانسیل دفاعی گیاه در مقابل تنش خشکی شده و میزان تحمل آن را به تنش خشکی بهبود می‌بخشد (Helal & Samir, 2008). یک حالت از تشکیل گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن بسته‌شدن روزنه به‌عنوان یک پاسخ به تنش کم آبی و در نتیجه کاهش غلظت CO_2 در مزوفیل برگ و در نتیجه تجمع NADPH است. در این حالت اکسیژن به‌عنوان یک پذیرنده جایگزین الکترون‌ها عمل می‌کند که منجر به تشکیل رادیکال‌های سوپراکسید می‌شود (Yordanov *et al.*, 2003). متانول با تبدیل به CO_2 سبب افزایش غلظت CO_2 درون سلول‌های برگ شده و با انجام عمل فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر منجر به مصرف NADPH تولیدشده در زنجیره انتقال الکترون می‌شود. بدین ترتیب از تجمع آن در کلروپلاست سلول‌های برگ و تشکیل سوپراکسید جلوگیری می‌شود. کاهش معنی‌دار آنزیم پراکسیداز در شرایط بدون تنش کم آبی را می‌توان به افزایش بیشتر فتوسنتز و کاهش تجمع NADPH نسبت داد.

سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز تحت اثر تنش کم آبی شدید افزایش معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش داشت، اما در تمامی سطوح تنش کم آبی، تیمارهای متانول نسبت به تیمارهای شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). پراکسیدهیدروژن و سوپراکسیدهیدروژن اولین ترکیبات تولیدشده در شرایط تنش کم آبی هستند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز اولین سد دفاعی در برابر آن‌ها می‌باشند، بنابراین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تنش خشکی منطقی است (Gunes *et al.*, 2006). سوپراکسیددیسموتاز از مهم‌ترین پالایش‌کننده‌های سوپراکسید است. در نتیجه فعالیت این آنزیم، سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌شود. سپس پراکسید هیدروژن تولیدشده به‌وسیله پراکسیدازها پالایش می‌گردد (Eraslan *et al.*, 2007). افزایش فعالیت پراکسیداز تحت تنش آب نشان‌دهنده شکل‌گیری بخش زیادی H_2O_2 در طول تنش آبی است (Helal & Samir, 2008). در مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های نخود مشاهده شد که تنش خشکی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز در مقایسه با تیمار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کاربرد متانول و تنش کمبود آب
Table 3. Comparison of biochemical characteristics of lentil under different levels of methanol application and water deficit stress

تیمارها/متانول Treatments/ Methanol	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز SOD Activity Unit μg^{-1} Protein	فعالیت کاتالاز CAT Activity Unit μg^{-1} Protein	فعالیت پراکسیداز POX Activity Unit μg^{-1} Protein	محتوای پروتئین Protein content (mg g^{-1}DW)	پروترین Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$)
بدون تنش کم آبی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) Non stress (100% field capacity)					
شاهد Control	7.147 ef	0.221 bc	0.312 d	1.437 e	1.13 f
20%	6.590 ef	0.208 c	0.313 d	1.530 de	1.40 ef
25%	6.417 f	0.212 bc	0.293 e	1.510 e	1.36 ef
30%	7.317 e	0.209 c	0.305 de	1.543 de	1.26 ef
تنش کم آبی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) Moderate water stress (75% field capacity)					
شاهد Control	8.633 bcd	0.230 ab	0.373 c	1.577 cde	1.63 e
20%	8.303 cd	0.229 ab	0.368 c	1.700 bc	3.06 bc
25%	8.127 d	0.228 ab	0.364 c	1.723 b	2.90 cd
30%	8.350 cd	0.229 ab	0.371 c	1.710 bc	2.66 cd
تنش کم آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) evere water stress (25% field capacity)					
شاهد Control	9.903 a	0.245 a	0.418 a	1.660 bcd	2.60 d
20%	9.447 ab	0.244 a	0.413 ab	2.110 a	3.46 ab
25%	9.273 ab	0.240 a	0.405 ab	2.113 a	3.53 a
30%	9.317 ab	0.247 a	0.414 ab	2.020 a	3.33 ab

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

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.

منابع

1. Abanda, D., Musch, M., Tschiersch, J., and Schawb, M. 2006. Molecular interaction between *Methylobacterium extorquens* and seedling growth promotion, methanol consumption and localization of the methanol emission site. *Journal of Experimental Botany* 57(15): 4025-4032.
2. Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activity of mungbean subjected to waterlogging. *Journal of Plant Science* 163: 117-123.
3. Arndt, S.K.K., Clifford, S.C., Wanek, W., Jones, H.G., and Popp, M. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiology* 21: 705-715.
4. Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Journal of Plant Science* 166: 3-16.
5. Ashraf, M., and Iram, A. 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Journal of Flora* 20: 535-546.
6. Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil Environment* 39: 205-207.
7. Bayoumi, T.Y., Eid, M., and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 7: 2341-2352.
8. Beauchamp, C., and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. *Annual Review Biochemistry* 44: 276-287.
9. Bian, Sh., and Jiang, Y. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae* 120: 264-270.
10. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 521-530.
11. Chandlee, J.M., and Scandalios, J.G. 1984. Analysis of variants affecting the catalase development program in Maize scutellum. *Journal of Apply Genetic* 69: 71-77.
12. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1982. *Method of Analysis for Soil, Plants and Water*. Chapman Publisher: Riverside, CA.
13. Ehyaei, H.R., Parsa, M., Kafi, M., and Nasiri Mahalati, M. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 37-48. (In Persian with English Summary).
14. Eraslan, F., Inal, A., Savasturk, O., and Gunes, A. 2007. Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Journal of Crop and Horticultural Science* 114: 5-10.
15. Erskine, W., Muehlbauer, F., Sarker, A., and Sharma, B. 2009. *The Lentil Botany, Production and Uses*. ISBN 978-1-84593-487-3. 577 pp.
16. Gamze, O., Mehmet Demir, K.A., and Mehmet A.T., 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.), *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 237-242.
17. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Determinatives Yield of Pulses. In: M. Parsa and A. Bagheri (Eds.). *Pulses. Jahad-e Daneshgahi Mashhad Press*. Iran. p. 500. (In Persian).
18. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. *Agriculture Water Management* 98: 1477-1484.
19. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W., and Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 1: 1-7.
20. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant Soil Environment* 52: 868-876.

21. Helal, R.M., and Samir, M. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Australian Journal Crops Science* 1: 31-36.
22. Holy, M.C. 1972. Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. *Journal of Plant Physiology* 50: 15-18.
23. Hosseinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2014. Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology* 5: 115-132. (In Persian with English Summary).
24. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica* 54(1): 87-92.
25. Hossainzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2012. Effects of foliar application of methanol on growth and root characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *European Journal of Experimental Biology* 2 (5): 1697-1702.
26. Hu, Y.C., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 541-549.
27. Ivanova, E.G., Dornina, N.V., and Trotsenko, Y.A. 2001. Aerobic methylobacteria are capable of synthesizing auxins. *Microbiology* 70: 392-397.
28. Khamadi, N., Nezami, A., and Bagheri, A. 2008. Effect of autumn planting on phenology and morphology of cold hardy Lentils (*Lens culinaris* Medik.) in Mashhad conditions. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 2(1): 39-51. (In Persian with English Summary).
29. Khoshbakht, D., Ghorbani, A., and Baninasab, B. 2014. Effects of supplementary potassium nitrate on growth and gas-exchange characteristics of salt-stressed citrus seedlings. *Photosynthetica* 52: 589-596.
30. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randapp, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Research Chemistry* 191: 265-275.
31. Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Sundaram, S.P., and Sa, T.A. 2006. New insight into foliar applied methanol influencing phylloplane methylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Environmental and Experimental Botany* 57: 168-176.
32. Makhdum, I.M., Nawaz, A. Shabab, M., Ahmad, F., and Illahi, F. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. *Journal of Research Science, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan* 13: 37-43.
33. Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Nazeri, P., and Nasri, M. 2010. Effects of foliar application of methanol on *Glycine max* L. *Journal of Agroecology* 2: 236-244. (In Persian with English Summary).
34. Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2010. Effect of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Rasoul in drought and non-drought stress conditions. *Journal of Seed and Plant Improvement* 26: 95-108. (In Persian with English Summary).
35. Najaphy, A., Niari Khamssi, N., Mostafaie, A., and Mirzaee, H. 2010. Effect of progressive water deficit stress on praline accumulation and protein profiles of leaves in chickpea. *African Journal of Biotechnology* 9: 7033-7036.
36. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. *Recent Research in Science and Technology* 2: 27-33.
37. Oweis, T., Hachum A. and Pala, M. 2005. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agriculture Water Management* 68: 251-265.
38. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Mashhad University Jahad Press. (In Persian).
39. Porsa, H., Bagheri, A., Nezami, A., Mohammadabadi, A.A., and Langari, M. 2001. Evaluation of fall winter planting of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dryland conditions of North Khorasan. *Agricultural Sciences and Technology* 16: 143-152. (In Persian with English Summary).
40. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia* 53: 47-56.

41. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F., and Roshanfeker, M. 2012. Use of biochemical indices and antioxidant enzymes as a screening technique for drought tolerance in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Agricultural Research 7: 5372-5380.
42. Ramadant, T., and Omran, Y. 2005. The effects of foliar application of methanol on productivity and fruit quality of grapevine cv. flame seedlees. Vitis Journal 44: 11-16.
43. Ramirez, I., Dorta, F., Espinozo, V., Jimenez, E., Mercad, A., and Pen Acortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. Journal of Plant Growth and Regulation 25: 30-44.
44. Safarzade Vishgahi, M., Noormohammadi, Gh., Majidi, A., and Rabii, B. 2008. Effect of methanol on the growth function peanuts. Journal of Agricultural Sciences 1: 102-87.
45. Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 184: 55-61.
46. Salehi, M., Haghazari, A., and Shekari, F. 2006. The study of morpho-physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) relation with grain yield under normal and drought stress conditions. The 9th Iranian Crop Sciences Congress. p. 27-28. (In Persian with English Summary).
47. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.
48. Tewfik, K.M. 2008. Effect of water stress in addition to potassium application on mungbean. Australian Journal Basic Apply Science 2: 42-52.
49. Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgharestan Journal of Plant Physiology 2: 187-206.
50. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2010. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under supplementary irrigation in Mashhad condition: 1- Phenological and morphological characteristics. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 473-482. (In Persian with English Summary).
51. Zebic, I., Karczmarczyk, S., and Podsiadlo, C. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 6(1): 1-7.

Evaluation of foliar application of Methanol effects on some morphological, physiological and biochemical indices of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under water deficit stress

Ahmadpour^{*}, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R. & Rejeh, M.

Contributions from Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran

Received: 1 July 2015
Accepted: 29 August 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.47507

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is a good source of protein, carbohydrates as well as minerals, vitamins and unsaturated fatty acids as such it plays an important role in the human diet and cultivated worldwide. Water shortage is one of the most important abiotic factors that can limit morphological, physiological, yield, and plant distribution. Legumes such as lentil are highly sensitive to water stress. According to references, increasing the concentration of CO₂ can neutralize the effects of water stress on plants. One of the ways for increasing the concentration of CO₂ in plants is using compounds such as methanol, ethanol, propanol, butanol, and the glycine amino acids, glutamate and aspartate. Methanol is oxidized to formaldehyde and CO₂, and further synthesized into sugars and amino acids, including serine and methionine, in tissues of various C3 plants. In plants, methanol can arise from a number of sources; for example, from pectin de-methylation in cell walls, protein repair pathways and lignin degradation. Metabolism of methanol is less understood in plants. The identity of enzymes that oxidize methanol to formate in plants is unclear yet. However, positive growth effects of methanol have been reported earlier in a variety of C3 plants like wheat, barley, mung bean, chickpea, bean, tomato and cotton. Research has shown that plants respond to water deficit stress by accumulations of soluble materials in cells. Most compatible compounds contain soluble proteins, sorbitol, organic acids, proline content and ions such as K and Ca. K deficiency in plants leads to reduced Rubisco activity, stomatal conductance and an increase of reactive oxygen species (ROS), which ultimately reduces photosynthesis. As water stress is one of the major problems for production in the agricultural in Iran. The aims of this study were to determine: (1) whether foliar application of methanol can be improve the negative effects of water deficit stress in lentil and (2) determine the most effective methanol concentration for foliar application.

Materials and Methods

To evaluate the effects of foliar application of methanol and water deficit stress on morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil, a factorial experiment based on completely randomized design with three replications was performed. The treatments included methanol solution at four levels (0, 10, 20 and 30% v/v) and water stress included severe water stress (25% of field capacity), moderate water stress (75% of field capacity) and non-stress (100% of field capacity). Lentil seeds (Ghachsaran cultivar) were sown in a standard petri dish in a germinator chamber. When the seedlings reached a height of 5 cm, they were transplanted at a rate of three seedlings per pot and the pots were placed in a growth chamber. The foliar application of methanol was applied at three

^{*}Corresponding Author: ahmadpour@bkayu.ac.ir; Mobile: 09335912271

times during growth season of lentil, with 10 days intervals. The first foliar application of methanol was performed in early seedling stage (4 weeks after planting). Second and third methanol applications were given ten days after first application in flowering and podding stages, respectively. Measurements were taken for the morpho-physiological traits were: plant height, number of leaves, number of pods, leaf area, shoot and leaf dry weights, relative water content (RWC), membrane stability index (MSI) and nutrient concentration of leave (Na, K and Ca). Biochemical traits such as proline content, soluble proteins and antioxidant enzyme activity were measured.

Results and Discussion

All of the morphological traits were mainly affected by severe water stress. Under non-stress and moderate water stress, methanol treatments had significantly increasing of the morphological traits. Methanol treatments induced a significant increase in MSI and RWC comparing with control under all of water stress treatments. Methanol treatments increased proline content and total soluble protein under severe and moderate water stress comparing with control treatments. Foliar application of methanol had no significant effects on concentration of elements (Na, K and Ca) in leaf and also in antioxidant enzyme activity. Plants are easily able to absorb methanol sprayed on leaves then used by the plant as a source of carbon. In comparison with CO₂, methanol is formed of relatively smaller molecules and it is more easily absorbed and used by plants. Therefore, as a carbon source, methanol can play a role in developing CO₂ assimilation and net-photosynthesis. An investigation on flax, reported that spraying a solution of methanol might have stimulated growth and increased height in the treated plants by increasing cytokinin levels and cell division. Coexisting bacteria like methylotrophic live on the leaves of most crops; these bacteria, for receiving methanol that gets out of the plant's leaf, give the construction precursor of some hormones like auxin, cytokinin to the plant in order to accelerate the growth and physiological process. Reports have mentioned that application of methanol on aerial parts of cultivated plants led to a significant increase in the morpho-physiological traits, acceleration of ripeness, reduced effect of water deficit stress and reduced water requirement.

Conclusion

Results of this research indicated that application of methanol has significantly increasing in the lentil morpho-physiological traits, proline content and leaf soluble protein under moderate and severe stress. Concentrations of leaf elements such as K, Ca and Na and antioxidant enzymes activity were not affected by methanol foliar application. Methanol application at 25% (volumetric percentage) were effective than the other treatments. According to the results, using of methanol is recommended to reduce the negative effects of water deficit stress in lentil plant.

Key words: Antioxidant activity, Drought stress, Legumes, Morpho-physiological traits

انتقال ژن *codA* به عدس (*Lens culinaris* M.) و تولید گیاهان تراریخته T1

فاطمه ذاکر تولایی^{۱*}، بهزاد قره‌یاسی^۲، عبدالرضا باقری^۳ و کایران کمار شارما^۴

۱- استادیار مجتمع آموزش عالی شیروان

۲- دانشیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، ghareyazie@yahoo.com

۳- استاد گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی

دانشگاه فردوسی مشهد، abagheri@um.ac.ir

۴- دانشیار انستیتو تحقیقات بین‌المللی محصولات نیمه‌گرمسیری (ICRISAT)، k.sharma@cgiar.org

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۸

چکیده

عدس از جمله حبوبات مهم در ایران است که با توجه به وقوع تنش‌های مختلف در مناطق موردکشت، اصلاح آن جهت افزایش تحمل به تنش‌های محیطی و از جمله تنش‌های غیرزیستی نظیر سرما و یخ‌زدگی اهمیت زیادی دارد. این پژوهش با هدف انتقال ژن *codA* به عدس، به‌منظور افزایش تحمل گیاه به تنش‌های غیرزیستی از جمله سرما انجام شد. اثر مثبت انتقال این ژن، افزایش تحمل به تنش سرما، قبلاً در برخی از گیاهان دیگر نظیر آرابیدوپسیس و برنج گزارش شده است. در مطالعات قبلی نگارنده، بهینه‌سازی، باززایی و انتقال ژن به عدس انجام گرفته است. در این مطالعه با استفاده از یافته‌های دو مطالعه قبلی، ژن *codA* با هدف افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی، به‌ویژه سرما، به عدس منتقل شد. حضور ژن *codA* در گیاهان تراریخته T0 با استفاده از PCR و همچنین تلفیق ژن در ژنوم نیز با استفاده از دات‌بلاتینگ و سادرن‌بلاتینگ تأیید شد. رونویسی از ژن نیز با کمک تکنیک RT-PCR تأیید گردید. پس از حصول گیاهان T1، تراریخته‌بودن آن‌ها نیز با استفاده از PCR و RT-PCR مورد تأیید قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: باززایی، تراریخته، ژن *codA*، عدس (*Lens culinaris* M.)

مقدمه

به‌طور کلی حبوبات دومین گروه مهم محصولات زراعی پس از غلات به‌شمار می‌روند. عدس با میزان ۲۷/۵ تا ۳۱/۷ درصد پروتئین به‌عنوان منبع غنی از پروتئین محسوب می‌شود. همچنین دارای مقادیر قابل توجهی اسید فولیک، آهن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، ویتامین A و ویتامین‌های گروه B می‌باشد. کشورهای عمده تولیدکننده عدس به ترتیب هند، استرالیا، کانادا و ترکیه می‌باشند که در مجموع بیش از ۷۳ درصد عدس دنیا را تولید می‌کنند (Bohra et al., 2014). به گزارش آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۲ سطح زیرکشت کل حبوبات در ایران ۷۷۰ هزار هکتار بوده است که ۲۰/۲ درصد از آن به عدس اختصاص داشته است (Agriculture Statistics Letter, 2013). در ایران عمده مناطق عدس‌کاری در نواحی کوهستانی و مرتفع با زمستان‌های سخت واقع شده است که با توجه به حساسیت ارقام موجود به سرما و یخبندان، کشت پاییزه آن مقدور نبوده و لذا کشت آن غالباً در بهار و به‌صورت دیم انجام می‌شود. در این مناطق، قبل از رسیدن گیاه به

مرحله زایشی و باردهی، بارندگی به اتمام رسیده، و علاوه بر آن به دلیل پراکنش نامناسب بارندگی و در نتیجه تخلیه رطوبت خاک، گیاه در حساس‌ترین مرحله زندگی خود با تنش خشکی مواجه شده و لذا عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد. در صورت دراختیارداشتن ارقام مقاوم به سرما و یخ‌زدگی، کشت پاییزه- زمستانه عدس می‌تواند گزینه مناسبی برای برون‌رفت از این مشکل باشد. در این نوع کشت، سبزشدن گیاه قبل از وقوع سرماهای زمستانه صورت گرفته و سپس گیاه به‌صورت رزت در پاییز و زمستان از بارندگی استفاده کرده و در بهار رشدرویشی خود را ادامه می‌دهد. در این صورت گیاه سریع‌تر به مرحله زایشی رسیده و مشابه با کشت بهاره با تنش خشکی مواجه نخواهد شد.

تاکنون گزارش‌های اندکی در مورد تراریزش عدس در دسترس می‌باشد (Bagheri et al., 2012). توانایی تولید تومور توسط چهار نژاد آگروباکتریوم در نوک ساقه و ریشه عدس تحت شرایط مزرعه نخستین بار توسط Warkentin و Maqhagen در سال‌های ۹۱ تا ۹۳ گزارش گردید.

* نویسنده مسئول: f.zaker.t@um.ac.ir، تلفن همراه: ۰۹۱۵۵۰۸۷۶۹۱

در گیاهان تراریخته کفایت می‌کند. *Deshnium et al*, (1995) ژن *codA* را تحت کنترل یک پروموتور دائمی به ژنوم سیانوباکتری منتقل کردند. *Alia et al*, (1998) نشان دادند که بیشترین اثرات تراریزش با این ژن تغییر در تحمل به تنش شوری است. آرابیدوپیس‌های تراریخته با استفاده از ژن *codA* در طی جوانه‌زنی بذرها و رشد و زنده‌مانی گیاهچه‌ها و گیاهان بالغ نسبت به تنش شوری بالا و همچنین به تنش دماهای خیلی زیاد و خیلی کم متحمل شده بودند. همچنین تحمل آن‌ها در مقابل یخ‌زدگی در دمای پایین در طی خیس‌اندن و جوانه‌زنی بذرها افزایش یافت (*Alia et al*, 1998a). *Sakamoto et al*, (2000) گیاه برنج را با استفاده از دو نسخه از ژن کولین‌اکسیداز که یکی از آن‌ها موسوم به pChlCOD دارای یک توالی رهبر برای انتقال محصول ژن به کلروپلاست بود و منجر به تجمع گلایسین‌بتائین در کلروپلاست می‌شد و دیگری با نام pCytCOD که گلایسین‌بتائین را در سائتوزول تجمع می‌داد، تراریخته نمودند. بررسی‌های آن‌ها نشان داد که معرفی ژن *codA* به گیاه برنج منجر به تولید گلایسین‌بتائین توسط گیاه تراریخته شد. نتایج آن‌ها نشان داد که هرچند تنش شوری مانع رشد هر دو گیاه برنج تراریخته و نوع وحشی شد، اما هر دو گیاه تراریخته‌شده با پلاسمیدهای pChlCOD و pCytCOD بعد از رهاشدن از شرایط تنش شوری رشد خود را سریع‌تر از گیاهان غیرتراریخته از سرگرفتند. *Sakamoto et al*, (2000) ژن *codA* را به آرابیدوپیس‌های منتقل کردند. گیاهان تراریخته قادر به تجمع گلایسین‌بتائین در کلروپلاست‌ها بوده و تحمل به یخ‌زدگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آن‌ها اعلام کردند که مهندسی بیوسنتز گلایسین‌بتائین به‌وسیله تراریزش با ژن *codA* ممکن است یک روش مؤثر برای افزایش تحمل به یخ‌زدگی در گیاهان باشد. *Alia et al*, (1998) با انتقال ژن *codA* به آرابیدوپیس، تحمل بذرها تراریخته را به تنش دمای پایین مورد آزمون قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که بتائین سنتز شده در داخل گیاه، در حفاظت از گیاه در مقابل تنش دمای پایین مؤثر است. ژن *codA* در ایران توسط *Mortazavi et al*, (2006) به برنج منتقل شده است. ارزیابی‌های مولکولی اولیه حاکی از وراثت‌پذیری این ژن می‌باشد. *Yong Jan et al*, (2004) با موفقیت ژن *codA* را به گوجه‌فرنگی منتقل کردند. گیاهان تراریخته که گلایسین‌بتائین را در خود تجمع داده بودند، در تمام مراحل رشدی تحمل بیشتری در مقابل سرما از خود نشان دادند. هدف از این مطالعه، انتقال ژن *codA* به عدس با استفاده از یافته‌های قبلی نگارنده در بهینه‌سازی و تراریزش عدس و تولید گیاهان تراریخته می‌باشد.

کوالکترپوریشن DNA پلاسمیدی در پروتوپلاست‌های ریشه عدس توسط *Maccarrone et al*, (1995) گزارش شده است. *Chowrira et al*, (1995) تراریزش در گیاه را با استفاده از مرستم‌های گره‌ای سالم انجام دادند. *Öktem et al*, (1999) آزمایشات تراریزش را با ریزنمونه‌های گره کوتیلدونی با استفاده از تفنگ‌ژنی انجام دادند و بیان ژن گزارشگر GUS را به میزان ۵۰ درصد در ریزنمونه‌های بمباران‌شده مشاهده کردند. *Mahmoudian et al*, (2002) با استفاده از تکنیک Vacuum infiltration و با آگروباکتریوم روی تراریزش عدس توانستند بیان موقت ژن GUS را در ریزنمونه‌های آلوده‌شده با باکتری مشاهده نمایند، بی آن‌که باززایی انجام‌دهند. *Khatib et al*, (2011) نیز ژن DREB1A را جهت ایجاد تحمل به علف‌کش با آگروباکتریوم به عدس منتقل کردند.

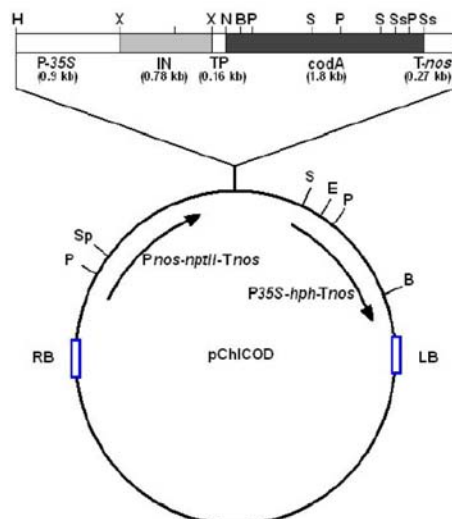
گلایسین‌بتائینیک حفاظت‌کننده اسمزی مهم می‌باشد که در باکتری‌ها، اکثر گیاهان عالی و جانوران تجمع پیدا می‌کند. به‌علاوه نقش تنظیم‌کننده اسمزی هم دارد و ساختار ماکرومولکول‌ها را به‌وسیله حفاظت از آن‌ها در مقابل خسارات ایجادشده به‌وسیله انواع مختلف استرس پایدار نگه می‌دارد. در غلظت‌های بالا مداخله‌ای با عملکردهای سیتوپلاسمی نداشته و به‌طور کارآ و مؤثری ساختار و عملکرد بسیاری از ماکرومولکول‌ها را ثابت می‌بخشد. به‌نظر می‌رسد که بتائین یک عامل مهم در تحمل به تنش در گیاهان می‌باشد. این ماده یک محلول سازگار بی‌نهایت مؤثر بوده و حضور آن به‌میزان زیادی با توانایی رشد گیاهان در شرایط محیطی خشک و یا شور همبستگی دارد. *Sakamoto et al*, (1995) اظهارداشتند که گلایسین‌بتائین تحت شرایط تنش، القاء شده و تجمع یافته و سطح آن با درجه افزایش تحمل به تنش همبستگی دارد (*Saneoka et al*, 1995). کاربرد خارجی بتائین، رشد و زنده‌مانی یک وارپته وحشی از گیاهان را تحت شرایط تنش‌های مختلف بهبود بخشیده است (*Hayashi et al*, 1998). گلایسین‌بتائین همچنین فعالیت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را تحت شرایط کمبود آب حفاظت کرده و حتی غشاءها را در طی یخ‌زدگی پایدار نگه می‌دارد و به‌پایداری ساختار سوم پروتئین‌ها کمک کرده و از تخریب آن‌ها به‌وسیله محلول‌های ناسازگار و مخرب ممانعت می‌کند (*Hayashi et al*, 1997). ژن کولین‌اکسیداز *codA* ابتدا از *Arthrobacter pascens* جداسازی شد. مزیت عمده استفاده از *codA* به‌عنوان ابزار مهندسی ساخت گلایسین‌بتائین در مقایسه با دیگر ژن‌های دخیل در سنتز این آنزیم، این است که معرفی تنها یک ژن *codA* برای این آنزیم جهت تبدیل کولین به گلایسین‌بتائین

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و پلاسمید مورد استفاده

در این مطالعه از رقم گچساران (ILL6212) که از ایستگاه تحقیقات دیم شمال شرق کشور تهیه شده بود و پلاسمید pChlCOD که ۱۶ کیلوباز طول دارد، استفاده شد (شکل ۱).

این پلاسمید دارای ژن مقاومت به کانامایسین (*nptII*) برای گزینش باکتری، ژن مقاومت به هیگرومایسین (*hpt*) برای گزینش شاخه‌های تراریخته احتمالی و ژن کولین‌اکسیداز (*codA*) از باکتری *Arthrobacter globiformis* است که محصول آن کولین را به گلایسین‌بتائین تبدیل می‌نماید.



شکل ۱- پلاسمید pChlCOD

Fig. 1. pChlCOD plasmid

(National Institute for Basic Biology, Okazaki, Japan ارسال شده است. استخراج پلاسمید از باکتری *E.coli* با استفاده از کیت شرکت پرومگا انجام شد. صحت پلاسمید استخراج شده با استفاده از آغازگرهای تکثیرکننده قطعه ۷۰۰ کیلوبازی از ژن کدکننده نومایسین فسفو ترانسفراز با استفاده از روش PCR با استفاده از مواد مندرج در جدول ۱ تأیید شد.

تمامی این ژن‌ها تحت پیش‌بر دائمی ۳۵S در داخل یک T-DNA قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که این پلاسمید دارای یک‌توالی رهبر (TP) در ابتدای چهارچوب ژنی کولین‌اکسیداز می‌باشد. اصل پلاسمید دارای یک اینترون برنج (IN) نیز می‌باشد که این اینترون در پلاسمید مورد استفاده در این تحقیق حذف گردید. پلاسمید توسط پروفیسور موراتا از مؤسسه ملی زیست‌شناسی پایه، اکازاکی، ژاپن (Professor N. Murata)

جدول ۱- اجزای واکنش PCR برای تأیید پلاسمید pChlCOD

Table 1. Components of PCR reaction to verify pChlCOD plasmid

مقدار (میکرولیتر) Amount (μl)	مواد Materials
2	plasmid (25ngμl ⁻¹)
2.5	PCR Buffer (10X)
2	MgCl ₂ (50mM) کلرید منیزیم
0.3	dNTP (10mM)
0.3	Forward primer (200ngμl ⁻¹) آغازگر رفت
0.3	Reverse primer (200ngμl ⁻¹) آغازگر برگشت
0.3	Taq polymerase (5uμl ⁻¹)
17.3	Sterile water آب مقطر استریل
25	Final volume حجم نهایی

حذف اینترون برنج از پلاسمید به این صورت انجام شد که ابتدا پلاسمید با استفاده از آنزیم *Xba1* و استفاده از مواد مندرج در جدول ۲ هضم شده و سپس محصول روی ژل آگارز ۰/۸ درصد به مدت ۵۰ دقیقه با ۸۰ ولت تفکیک شد.

جدول ۲- مواد مورد استفاده برای هضم پلاسمید pChlCOD

Table 2. Used material to digest pChlCOD plasmid

مقدار Amount (μLit)	مواد Materials
2.5	<i>Xba1</i> (5u ul ⁻¹)
5	plasmid (50ngul ⁻¹)
0.5	BSA
2.5	Digestion Bafer 2(10X)
14.5	water
25	حجم نهایی Final volume

قطعه، صحت جداسازی با بارگذاری ۲ میکرولیتر از DNA روی ژل آگارز تأیید شد. جهت اتصال قطعه DNA پلاسمیدی، از مواد مندرج در جدول ۳ استفاده شد.

پس از تفکیک و رنگ آمیزی، روی ژل دو قطعه ۰/۷۸ کیلوبازی و حدوداً ۱۵/۳ کیلوبازی مشاهده شد. باند ۰/۷۸ کیلوبازی همان اینترون برنج بود که حذف شد. باند ۱۵/۳ کیلوبازی بقیه پلاسمید را تشکیل می داد. پس از حذف

جدول ۳- مواد مورد استفاده جهت خوداتصال پلاسمید pChlCOD

Table 3. Materials for relegation of pChlCOD plasmid

مقدار Amount (μLit)	مواد Materials
5	plasmid(50ng μl)
1	T4 ligase buffer (10X)
0.5	T4 DNA ligase (20u/μl)
3.5	Water
10	حجم نهایی Final volume

پلاسمید جدید با استفاده از آغازگرهای *hpt* و *codA-4* و *codA-5* به وسیله واکنش PCR تأیید شد.

پس از اتصال این قطعه و تولید پلاسمید جدید، ابتدا وجود پلاسمید با استفاده از الکتروفورز تأیید شد. سپس صحت

جدول ۴- توالی آغازگر ژن های *codA-4*، *codA-5* و *hpt*

Table 4. primer sequences of *codA-4*, *codA-5* and *hpt* genes

برگشت reverse	رفت Forward	آغازگر Primer
5' CGG TTA GCA GGG TGA AGT TCT CCT 3'	5' GGT GGG AAA GCG CGT TAC AAG 3'	<i>codA-4</i>
5' TGC GTC TTG CGG ATG TAG TCC T 3'	5' GAT ACG CCG AAG CTG TTG ATG C 3'	<i>codA-5</i>
5' GGG GCG TCG GTT TCC ACT ATC G 3'	5' CGT TAT GTT TAT CGG CAC TTT G 3'	<i>hpt</i>

در دمای ۸۰- به خوبی سرد شد. میکروتیوب حاوی باکتری مستعد تراریزش اگروباکتریوم از فریزر ۸۰- برداشته روی یخ ذوب شد. ابتدا در هر یک از میکروتیوب ها ۵۰ میکرولیتر محیط کشت YEB ریخته شد و سپس DNA پلاسمیدی اضافه شد. به ازای هر نمونه از یک کووت استفاده شد. عمل تراریزش با

پلاسمید جدید با استفاده از روش شوک حرارتی به باکتری *E.coli* منتقل شد. سپس استخراج پلاسمید از *E.coli* و تأیید مجدد آن انجام شد. سرانجام با استفاده از روش الکتروپوریشن با استفاده از دستگاه کولای پالسر Bio-Rad به اگروباکتریوم منتقل شد. بدین ترتیب که تیپها قبل از استفاده

هیدروپونیک رشد نمودند. سپس به گلدان‌های بزرگ در گلخانه منتقل شده و تا زمان بذردهی نگهداری شدند.

تجزیه و تحلیل مولکولی گیاهان تراریخته احتمالی
استخراج DNA طبق روش (Porebski et al, 1997) از نمونه‌های برگ گیاهان تراریخته احتمالی و همچنین گیاهان غیرتراریخته در مرحله گل‌دهی، جهت انجام آنالیزهای مولکولی انجام شد.

تأیید تراریخته بودن گیاهان T0 با استفاده از PCR
برای انجام PCR از آغازگرهای *codA-4* و *codA-5* استفاده شد. جفت آغازگر *codA-4*، یک جفت آغازگر کاملاً اختصاصی و مونومورف به طول ۲۴ باز است که سبب تکثیر قطعه‌ای به طول ۳۹۳ باز از ابتدای ژن کدکننده کولین‌اکسیداز می‌شود. دمای اتصال بهینه برای این آغازگر ۶۰ تا ۶۲ درجه سانتی‌گراد بود. جفت آغازگر *codA-5* نیز مونومورف و اختصاصی بوده و قطعه‌هایی به طول ۵۶۹ باز را از انتهای ژن کدکننده کولین‌اکسیداز تکثیر می‌کند. دمای اتصال این آغازگر نیز ۶۰ تا ۶۲ درجه سانتی‌گراد بود. از آنجا که دوجفت آغازگر مذکور دارای مشابهت ساختاری بودند، به گونه‌ای که امکان اتصال آن‌ها به یکدیگر و تشکیل ساختارهای پایدار وجود داشت، استفاده همزمان از آن‌ها در یک واکنش مقدور نبود. بنابراین جداگانه در واکنش PCR استفاده شدند. مخلوط واکنش PCR با استفاده از مواد مندرج در جدول ۵ تهیه شد. برنامه دمایی PCR نیز به شرح زیر انجام شد. واسرشت‌سازی اولیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه و در ۳۵ چرخه بعدی، به مدت یک دقیقه انجام شد. دمای مرحله اتصال برای هر دو آغازگر ۶۲ درجه سانتی‌گراد و زمان یک دقیقه در نظر گرفته شد. مرحله پلیمریزاسیون آغازگر نیز در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک دقیقه برای تمام چرخه‌ها و ۱۰ دقیقه برای چرخه نهایی انتخاب شد. علاوه بر DNA گیاهان تراریخته از شاهد‌های مناسب شامل DNA گیاهان غیرتراریخته، واکنش بدون DNA و یک واکنش با DNA پلاسمیدی نیز استفاده شد تا کنترل مناسب در حین آزمایش انجام شود.

پس از انجام PCR، محصول PCR روی ژل آگارز ۱/۲ درصد با ولتاژ ۷۵ ولت تفکیک شده و پس از رنگ‌آمیزی با اتیدیوم برای عکس‌برداری شد. جهت تعیین اندازه باند‌ها از سایز مارکر ۱۰۰ bp استفاده شد.

ولتاژ ۲۶۰ انجام شد. بعد از انجام تراریزش، با اضافه کردن یک میلی‌لیتر از محیط مایع YEB به هر کووت جهت رشد باکتری در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد. سپس از این کشت روی محیط YEB دارای کانامایسین پلیت و کشت شده و از آن برای تهیه محیط کشت مایع برای تراریزش استفاده شد.

تهیه ریزنمونه برای کشت مشترک
تهیه ریزنمونه و مراحل باززایی طبق پروتکل معرفی شده توسط (ZakerTavallaie et al., 2011) انجام شد.

انجام کشت مشترک ریزنمونه و آگروباکتریوم
ریزنمونه‌های دارای شاخه حاصل از کشت ۱۴ روزه در محیط کشت شاخه‌زایی برای کشت مشترک استفاده شدند. ابتدا سرشاخه‌های ریزنمونه قطع و سپس به مدت چند ثانیه در سوسپانسیون آگروباکتریوم قرار گرفت. سپس روی محیط کشت مشترک دارای هورمون‌های شاخه‌زایی به مدت سه روز کشت شدند. ریزنمونه‌های حاصل از کشت مشترک پس از سه روز به محیط کشت MS دارای ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سفوتاکسیم جهت از بین بردن باکتری‌های محیط کشت منتقل شدند. استفاده از سفوتاکسیم تا چندین زیرکشت ادامه داشت. پس از یک هفته، استفاده از هیگرومایسین در محیط کشت شروع شد. ولی پس از آن برای شاخه‌زایی و سپس طویل شدن شاخه‌های حاصله، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، مخصوص محیط کشت طویل شدن شاخه‌ها حاوی چهار میکرومولار 2ip به اضافه یک میکرومولار Kin استفاده شد. در هر زیرکشت شاخه‌های زرد و نکروزه حذف و شاخه‌های سبز تقسیم شده و در لوله‌های آزمایش جداگانه کشت شدند. در هر زیرکشت برای محیط کشت انتخابی از غلظت بالاتری از هیگرومایسین استفاده شد. این غلظت‌ها از سه میلی‌گرم بر لیتر تا پنج میلی‌گرم در لیتر تا انتهای مرحله طویل شدن و قبل از انتقال به محیط کشت ریشه‌زایی اعمال شد. در آخرین زیرکشت قبل از ریشه‌زایی، با شمارش شاخه‌های سالم حاصل از ریزنمونه‌ها درصد زنده‌مانی شاخه‌ها در محیط کشت انتخابی تعیین شد.

ریشه‌زایی، سازگاری و انتقال گیاهان به گلخانه
شاخه‌های طویل شده جهت القای ریشه به لوله‌های آزمایش حاوی محیط کشت BSB^۱/۴ به اضافه ۵۰ میکرومولار NAA به مدت سه روز منتقل شدند. پس از آن برای ظهور و رشد ریشه‌ها به مدت ۱۰ روز در لوله‌های آزمایش حاوی مخلوط استریل محیط کشت BSB^۱/B^۴P بدون قند به اضافه ماسه و پرلیت کشت شدند. سپس جهت توسعه ریشه و سازگار شدن گیاه با محیط بیرون، به مدت یک هفته تا ۱۰ روز در محیط کشت

به‌عنوان شاهد روی غشای نایلونی ریخته شد و سپس جهت تثبیت DNA به غشاء در دستگاه UV cross linker قرار داده شد.

تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از دات‌بلا تینگ جهت انجام دات‌بلا تینگ از DNA استخراج‌شده از گیاهان تراریخته استفاده شد. مقدار ۲۵۰ نانوگرم DNA از هر کدام از گیاهان تراریخته و غیرتراریخته و همچنین پلاسمید

جدول ۵- اجزای واکنش PCR با استفاده از آغازگرهای *codA*
Table 5. Components of PCR reaction using *codA* primers

مقدار Amount (μLit)	مواد Materials
2	DNA (50ng/μl)
2.5	PCR Buffer (10X)
2	MgCl ₂ (50mM)
0.5	dNTPs (10mM)
0.3	Forward primer (200ng/μl)
0.3	Reverse primer (200ng/μl)
0.5	Taq polymerase (5u/μl)
16.9	water
25	حجم نهایی Final volume

کاپیلاری از ژل به غشاء نایلونی دارای بار مثبت منتقل شده و غشاء پس از شستشو جهت تثبیت در دستگاه UV cross linker قرار داده شد. مراحل بعدی ساترن‌بلا تینگ مشابه دات‌بلا تینگ انجام شد. برای تهیه پروب از قطعه ۵۶۵ جفت‌بازی از ژن *codA* حاصل از واکنش PCR استفاده شد.

تأیید گیاهان تراریخته T0 با استفاده از RT-PCR

استخراج RNA از گیاهان تراریخته احتمالی و غیرتراریخته با استفاده از روش Porebski et al, (1997) انجام شد. cDNA تکرش‌ته‌ای از RNA با استفاده از کیت Ink.BioLabs® نسخه ۱/۳ ساخته شد. محصول واکنش نهایی تا حجم ۵۰ میکرولیتر با آب رقیق شده و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

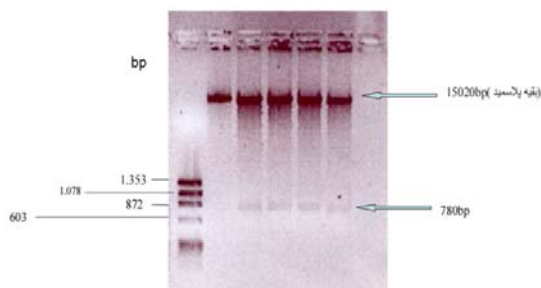
در مرحله دوم با استفاده از مواد مندرج در جدول ۶، PCR معمولی با استفاده از cDNA حاصل از مرحله اول به‌عنوان الگو و جفت‌آغازگر *codA-4* انجام شد. برنامه دمایی به‌این ترتیب بود که واسرشت اولیه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه و در ۳۵ سیکل بعدی به مدت یک دقیقه انجام شد. دمای مرحله اتصال آغازگر ۶۲ درجه سانتی‌گراد و زمان یک دقیقه در نظر گرفته شد. مرحله بسط آغازگر در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک دقیقه و ۱۰ دقیقه برای سیکل نهایی انتخاب شد. محصول PCR روی ژل آگارز ۱/۲ درصد تفکیک و از آن عکس گرفته شد.

سپس عمل پش‌هیریداسیون به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در ۵۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. سپس پروب با استفاده از قطعه ۵۶۵ کیلوبازی حاصل از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز پلاسمید با استفاده از پرایمر *codA-5* تهیه شد. برای نشان‌دار کردن پروب از روش آلکالین فسفاتاز استفاده شد. پس از افزودن پروب، به‌منظور انجام هیبریداسیون به مدت ۱۶ تا ۲۰ ساعت در آن هیبریداسیون با همان دما قرار داده شد. پس از شستشوی بلات DNA و سپس آغشته کردن آن با محلول CDP-Star، در تاریکی ورقه فیلم اتورادیوگرافی روی بلات و داخل کاست گذاشته شد و پس از چند ساعت، به‌وسیله تیمار بلات با محلول developer و fixer لکه‌ها قابل مشاهده شد.

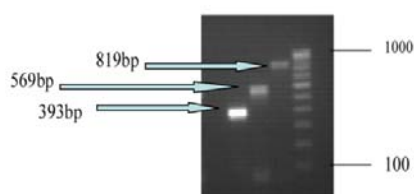
تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از ساترن‌بلا تینگ

حدود ۳۰ میکروگرم از DNA ژنومی از هر کدام از گیاهان تراریخته احتمالی و گیاهان غیرتراریخته جهت هضم با آنزیم Hind-III به مدت ۱۷ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد. سپس با افزودن ۲/۵ حجم از اتانول ۹۵ درصد و ۱/۱۰ حجم از استات سدیم ۳ مولار و سپس قراردادن در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت، و سپس سانتریفوژ با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه DNA رسوب داده شده و در TBA حل شد. DNA به مدت ۱۸ ساعت تحت ولتاژ ۲۵ ولت تفکیک و سپس رنگ‌آمیزی و اسمیر تحت اشعه UV مشاهده شد. سپس DNA بعد از دناتوراسیون و بدون انجام نئوتریلیزاسیون با استفاده از روش

بدون اینترون بود، از ژل جداسازی شده و سپس اتصال مجدد انجام گردید.



شکل ۳- تفکیک باندی پلاسمید هضم شده با آنزیم برشی *XbaI* جهت حذف قطعه اینترون برنج از پلاسمید
Fig. 3. Segregation of digested plasmid by restriction enzyme of *XbaI* to eliminate rice intron from plasmid



شکل ۴- تایید پلاسمید با استفاده از آغازگرهای *codA-5* و *codA-4* hpt

Fig 4. Verification of plasmid using primers of *hpt*, *codA-4* and *codA-5*

پس از اتصال بقیه پلاسمید به یکدیگر صحت آن با استفاده از آغازگرهای *hpt* و *codA-4* و *codA-5* تایید شد (شکل ۴).

جدول ۷ نتایج حاصل از تراریزش را به طور خلاصه تا مرحله انتقال به گلخانه نشان می دهد. لازم به ذکر است که در مرحله ریشه دهی به دلیل آلودگی قارچی شدید و پس از آن ایجاد آلودگی باکتریایی در مرحله کشت هیدروپونیک تعداد گیاهان منتقل شده به گلخانه به شدت کاهش یافت.

همان گونه که از نتایج جدول استنباط می شود، این ریزنمونه کارایی بسیار بالایی در تراریزش عدس دارد و به نظر می رسد دلیل آن، این است که با استفاده از این نوع ریزنمونه در زمان کشت مشترک مقدار بسیار زیادی بافت مریستم به طور مستقیم در تماس با آگروباکتریوم قرار می گیرند و امکان تراریزش افزایش می یابد. از طرفی درصد بالای شاخه زایی امکان تولید شاخه های تراریخته را افزایش می دهد. متأسفانه

جدول ۶- اجزای واکنش PCR

Table 6. Components of PCR reaction

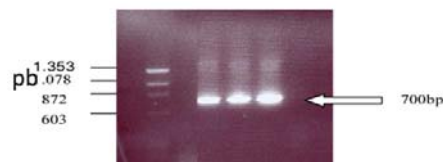
مقدار Amount (μl)	مواد Materials
2	cDNA
2.5	PCR Buffer 10X
2	MgCl ₂
0.8	dNTP
0.5	Forward primer
0.5	Reverse primes
0.5	Taq. Polymerase
16.2	H ₂ O

نسل T1 و تأیید تراریخته بودن

گیاهان تراریخته احتمالی به گلخانه منتقل شده و تعداد قابل توجهی بذر هم تولید نمودند. بذره های این گیاهان پس از چندروز قراردادن در یخچال جهت شکستن خواب احتمالی، ضد عفونی شده و ابتدا در محیط این ویترو جوانه زدند و پس از رشد اولیه در گلدان های کوچک حاوی مخلوط پرلیت و ماسه که با محلول ۱/۲ آرنون تغذیه می شدند، به گلخانه منتقل شدند. پس از رشد کافی در گلخانه DNAی این گیاهان T1 و همچنین گیاهان غیر تراریخته استخراج شده و سپس با روش یاد شده در مورد گیاهان T0، با استفاده از PCR با استفاده از آغازگرهای *codA-4* و *codA-5* و همچنین RT-PCR با استفاده از آغازگر *codA-4* تراریخته بودن آن ها تأیید شد.

نتایج و بحث

پس از تکثیر پلاسمید با استفاده از *E. coli*، وجود پلاسمید مجدداً با استفاده از PCR به وسیله آغازگرهای تکثیر کننده یک قطعه ۷۰۰ جفت بازی از ژن *nptII* تأیید شد (شکل ۲).



شکل ۲- تأیید صحت پلاسمید با استفاده از PCR

Fig. 2. Identification of plasmid using PCR

حذف اینترون برنج از پلاسمید: با توجه به این که وجود اینترون برنج در پلاسمید ضرورتی نداشت، این قطعه از اینترون حذف گردید. شکل ۳ تصویر تفکیک باندی پلاسمید هضم شده با آنزیم برشی *XbaI* و قطعه اینترون به طول ۷۸۰ جفت باز را نشان می دهد. باند بزرگ تر که حاوی پلاسمید

به دلیل آلوده شدن شاخه‌ها با قارچ در محیط رشد و توسعه ریشه (۱۰ روز در مخلوط استریل محیط کشت مایع ۱/۴ MS بدون ساکارز، همراه با ماسه و پرلیت) و به دنبال آن، آلودگی باکتریایی تعداد زیادی از شاخه‌های ریشه‌دار شده و احتمالاً تراریخته در این مرحله از بین رفتند.

در ادامه آنالیزهای مولکولی بر روی چهار گیاه تراریخته احتمالی و سه گیاه شاهد زنده و بارور انجام گردید.

آنالیزهای مولکولی

تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از PCR از چهار گیاه تراریخته احتمالی در PCR، سه گیاه جواب مثبت داد.

وجود هر سه باند مورد انتظار در گیاهان، وجود ژن در هر سه گیاه را تأیید نمود. وجود گیاه غیر تراریخته شاهد و کنترل منفی که در آن به جای DNA از آب استفاده شده بود نیز جهت تأیید گیاهان تراریخته مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۷- نتایج حاصل از آزمایشات تراریزش عدس

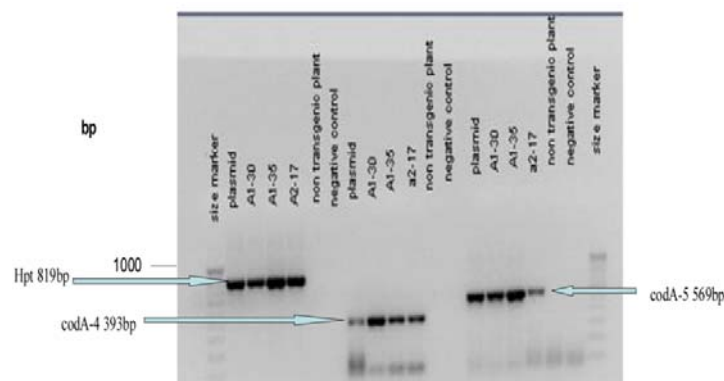
Table 7. Results of gene transformation of Lentil experiments

تعداد گیاهان منتقل شده به گلخانه No of plants in green house	تعداد شاخه‌های ریشه‌دار شده No. of rooted shoots	تعداد کل شاخه‌های سالم پنج هفته پس از قرار گرفتن در محیط انتخابی No of normal shoots after 5 weeks on selection media	تعداد ریزنمونه سالم پس از پنج هفته قرار گرفتن در محیط انتخابی زنده و سالم No. of explants with normal shoots after 5 weeks on selection media	تعداد ریزنمونه در کشت مشترک No. of explants in co-cultivation culture	آزمایش Experiment
20	56	70	50	100	1
22	70	88	76	124	2
18	85	110	80	136	3
17	90	120	101	157	4
4	80	110	90	112	5
3	65	85	76	114	6
84	446	583	473	743	total
11	60	78	63		percentage



شکل ۵- مراحل باززایی گیاهان تراریخته. A: شاخه‌زایی؛ B: طول شدن شاخه‌ها؛ C: القای ریشه؛ D: ریشه‌دهی؛ E: سازگاری؛ F: گیاه کامل

Fig. 5. Regeneration of transgenic plants after co-cultivation. A: shoot induction; B: shoot elongation; C: root induction; D: rooting; E: hardening; F: whole plant

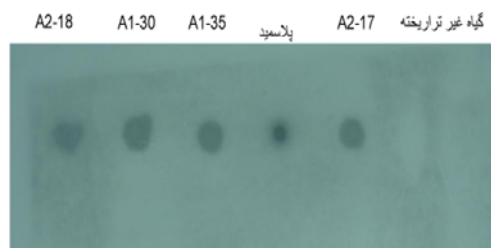


شکل ۶- تأیید گیاهان تراریخته با استفاده از PCR با آغازگرهای *codA-4*، *codA-5* و *hpt*.
سایز مارکر 100bp می‌باشد.

Fig. 6. Verification of putative transgenic plants by PCR using *codA-4*، *codA-5* and *hpt* primers

A1-35 مربوط به آزمون اول تراریزش و گیاهان A2-17 و A2-18 مربوط به آزمون دوم تراریزش می‌باشد. بنا به دلایلی که قبلاً ذکر شد، از آزمون‌های آخر، گیاهی به این مرحله نرسید. شکل ۷ لکه‌های مشاهده شده پس از رنگ‌آمیزی را نشان می‌دهد.

تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از دات‌بلا تینگ آزمون دات‌بلا با استفاده از چهار گیاه تراریخته احتمالی باقیمانده و گیاه شاهد غیرتراریخته به عنوان شاهد منفی و پلاسמיד به عنوان شاهد مثبت انجام شد. گیاهان A1-30 و



شکل ۷- تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از دات‌بلا تینگ

Fig. 7. Verification of putative transgenic plants of T0 using dot bluting

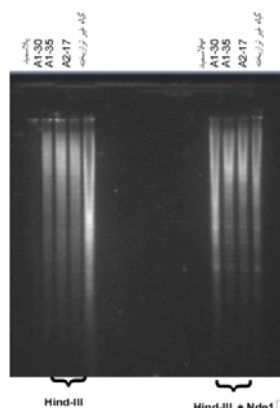
آغازگر برگشت *codA-5* استفاده شده بود. تفکیک باندهای حاصل از PCR که با استفاده از cDNA به عنوان الگو انجام شده بود در شکل ۱۰ قابل مشاهده است. ظاهراً با آغازگر oligodT سنتر cDNA موفق نبوده است. اما استفاده از آغازگر اختصاصی ژن *codA* به طور موفقیت‌آمیزی از ژن *codA* را تأیید نمود.

حصول گیاهان T1 و تأیید تراریخته بودن آن‌ها با استفاده از PCR

گیاهان تراریخته نسل T0 به مرحله بلوغ رسیده و بذری تولید نمودند. تعدادی از بذرها مجدداً کشت شده و تراریخته بودن گیاهان T1 با استفاده از PCR مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۱۲ وجود ژن *codA* را با استفاده از PCR در چهار گیاه T1 نشان می‌دهد.

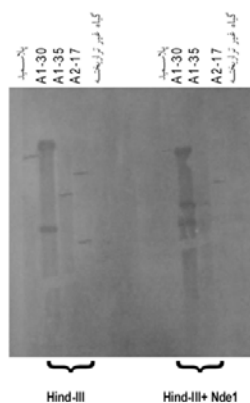
تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از آنالیز سادرن باندهای تشخیص داده شده به وسیله پروب در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان گونه که در شکل دیده می‌شود، باندهای سمت چپ با استفاده از آنزیم برشی Hind-III و سمت راست با استفاده از هضم دوگانه آنزیم‌های برشی Hind-III و Nde1 ایجاد شده‌اند. در باندهای سمت چپ با توجه به این که آنزیم Hind-III فقط یک برش در T-DNA ایجاد می‌نماید، می‌توان تعداد نسخه درج شده از ژن *codA* در ژنوم گیاه را حدس زد و نتیجه گرفت که در گیاهان تراریخته A1-30 و A2-17 حداقل دو نسخه و در گیاه تراریخته A1-35 حداقل یک نسخه از ژن *codA* درج شده است.

تأیید گیاهان تراریخته احتمالی T0 با استفاده از RT-PCR برای سنتر cDNA از RNA دو آزمون یکی با استفاده از آغازگر oligodT و دیگری آغازگر اختصاصی ژن *codA* یعنی



شکل ۸- تفکیک DNA حاصل از هضم با آنزیم Hind-III و هضم دوگانه با آنزیم‌های Hind-III و Nde1 گیاهان تراریخته احتمالی، غیر تراریخته و پلاسمید

Fig. 8. Segregation of digested DNA using Hind-III and double digested DNA using Hind-III and Nde1 enzymes from putative transgenic plants, nontransgenic plant and plasmid



شکل ۹- آنالیز لکه‌گذاری سادرین سه گیاه تراریخته احتمالی نشان‌دهنده ادغام ژن *coda* در ژنوم گیاهان

Fig. 9. Southern blotting of 3 putative transgenic plants indicated to integration of the *coda* gene in plants



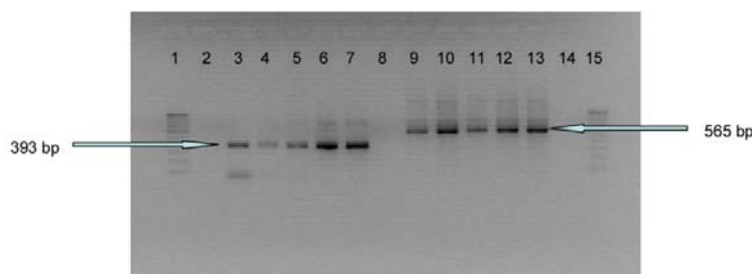
شکل ۱۰- وجود باند ۵۶۵ جفت باز در RT-PCR نشانگر تأیید تراریخته بودن گیاهان

از چپ به راست: سایز مارکر 100bp، پلاسمید، گیاهان تراریخته A1-30، A1-35 و A2-17، گیاه شاهد غیر تراریخته و شاهد بدون DNA که سنتز cDNA از RNA در این گروه با استفاده از آغازگر اختصاصی ژن انجام گرفته بود. نمونه‌های بعدی نیز به ترتیب پلاسمید، گیاهان تراریخته A1-30، A1-35 و A2-17، گیاه شاهد غیر تراریخته، شاهد بدون DNA و سایز مارکر که نمونه‌های RNA در این گروه توسط آغازگر oligodT سنتز شده بود.

Fig. 10. Existence of 565bp fragment in RT-PCR segregation verified transgenic plants

Left to right: 100bp size marker, plasmid, transgenic plants of A1-30, A1-35 and A2-17, nontransgenic plant, negative control (in this group especial primer used to synthesis cDNA).

Following samples are plasmid, transgenic plants of A1-30, A1-35 and A2-17, nontransgenic plant, negative control and size marker (in this group oligodT primer used to synthesis cDNA)



شکل ۱۱- تأیید گیاهان تراریخته T1 با استفاده از PCR

با استفاده از آغازگر *codA-4* قطعه ۳۹۳ جفت‌بازی و با استفاده از آغازگر *codA-5* قطعه ۵۶۵ جفت‌بازی از ژن *codA* تکثیر شد. از چپ به راست: سایز مارکر ۱۰۰bp، گیاه غیرتراریخته، پلاسمید، گیاهان T1 تراریخته A1-30-1، A1-30-2، A1-30-3 و A1-30-4، شاهد بدون DNA، پلاسمید، گیاهان T1 تراریخته A1-30-1، A1-30-2، A1-30-3 و A1-30-4، گیاه غیرتراریخته و سایز مارکر می‌باشد.

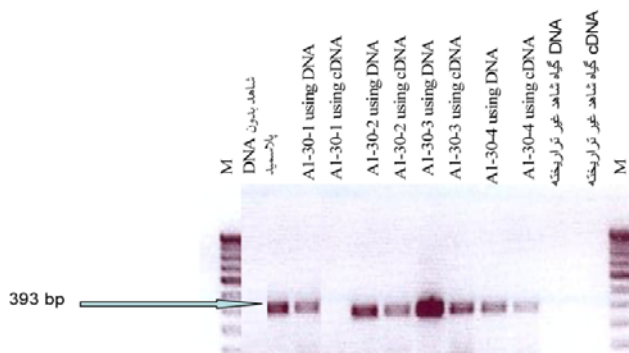
Fig. 11. Verification of T1 transgenic plants by PCR

Primer of *codA-4* amplified 393 bp fragment and primer of *codA-5* amplified 565 bp fragment from *codA* gene
Left to right: size marker 100bp, nontransgenic plant, plasmid, T1 transgenic plants of A1-30-1, A1-30-2, A1-30-3, A1-30-4, negative control (without DNA), plasmid, nontransgenic plant, T1 transgenic plants of A1-30-1, A1-30-2, A1-30-3, A1-30-4, nontransgenic plant and size marker 100bp

تراریخته روی ژل الکتروفورز نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، فقط گیاه A1-30-1 در RT-PCR جواب مثبت نداد. این درحالی‌است که تراریخته‌بودن این گیاه با استفاده از PCR تأیید شده بود. وجود ژن در گیاه با استفاده از PCR تأیید شده است، ولی چون سادرن‌بلاتینگ انجام نشده، تلفیق‌شدن یا نشدن ژن در ژنوم گیاه نامشخص است.

تأیید گیاهان تراریخته T1 با استفاده از RT-PCR

در ساخت cDNA از آغازگر اختصاصی ژن یعنی *codA-5* استفاده شده بود. شکل ۱۲ الگوی باندی حاصل از PCR دوم با استفاده از cDNA به‌عنوان الگو را در مقایسه با PCR همزمان با استفاده از DNA استخراج‌شده از گیاهان



شکل ۱۲- مقایسه قطعه تولیدشده در PCR با استفاده از cDNA و DNA به عنوان الگو در PCR

Fig. 12. Comparison between produced fragments using cDNA and DNA as template by PCR

RT-PCR تأیید شد. انجام آزمون زیستی و ایمنی در آینده انجام خواهد شد. امید است گیاهان تراریخته تحمل خوبی نسبت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نشان دهند.

ولی در مورد سه گیاه دیگر می‌توانیم بگوییم که ژن در ژنوم گیاه تلفیق شده و رونویسی نیز انجام گرفته است. بدین ترتیب تراریخته‌بودن گیاهان T1 نیز با استفاده از PCR و

منابع

1. Akcay, U.C., Mahmoudian, M., Kamci, H., Yucel, M., and Oktem, H.A. 2009. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated genetic transformation of a recalcitrant grain legume, lentil (*Lens culinaris* Medik). Plant Cell Report 28: 407-417.
2. Alia, K., Hayashi H., Chen, T.H.H., and Murata, N. 1998a. Transformation with a gene for choline oxidase enhances the cold tolerance of *Arabidopsis* during germination and early growth. Plant Cell Environment 21: 232-239.
3. Alia, M., Hayashi H., Sakamoto A., and Murata, N. 1998b. Enhancement of the tolerance of *Arabidopsis* to high temperatures by genetic engineering of the synthesis of betaine. Plant Journal 16: 155-161.
4. Bagheri, A., Ghasemi Omran, V., and Hatefi, S. 2012. Indirection in vitro regeneration of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Journal of Plant Molecular Breeding 1: 43-50.
5. Bohra, A., Pandey, M.K., Jha, U.C., Singh, B., Singh, I.P., Datta, D., Chaturvedi, S.K., Nadarajan, N., and Varshney, R.K. 2014. Genomics-assisted breeding in four major pulse crops of developing countries: present status and prospects. Theoretical and Applied Genetics 127: 1263-1291.
6. Chowrira, G.M., Akella, V., and Lurquin, P.F. 1995. Electroporation-mediated gene transfer into intact nodal meristems. In: Planta. Generating transgenic plants without in vitro tissue culture. Molecular Biotechnology 3: 17-23.
7. Deshnum, P., Gombos, Z., Nishiyama, Y., and Murata, N. 1997. The action in vivo of glycine betaine in enhancement of tolerance of *Synechococcus* sp. strain PCC 7942 to low temperature. Journal of Bacteriology 179: 339-344.
8. Gulati, A., Schryer, P., and Mchughen, A. 2002. Production of fertile transgenic lentil (*Lens culinaris* Medik.) plants using particle bombardment. In vitro Cellular and Development Biology-Plant 38: 316-324.
9. Hayashi, H., Alia, M., Sakamoto, H., Nonaka, T.H.H., and Murata, N. 1997. Enhanced germination under high-salt conditions of seeds of transgenic *Arabidopsis* with a bacterial gene (*codA*) for choline oxidase; accumulation of glycinebetaine and enhanced tolerance to salt and cold stress. Plant Journal 12: 133-142.
10. Hayashi, H., Alia, M., Mustardy, P., Deshnum, M., and Murata, N. 1997. Transformation of *Arabidopsis thaliana* with the *codA* gene for choline oxidase; accumulation of glycine betaine and enhanced tolerance to salt and cold stress. Plant Journal 12: 133-142.
11. Hayashi, H., Alia, M., Sakamoto, A., Nonaka, H., Chen, T.H.H., and Murata, N. 1998. Enhanced germination under high-salt conditions of seeds of transgenic *Arabidopsis* with a bacterial gene (*codA*) for choline oxidase. Journal of Plant Research 111: 357-362.
12. Khatib, F., Makris, A., Yamaguchi-Shinozaki, K., Kumar, S., Sarker, A., Eroskine, W., and Baum, M. 2011. Expression of the DREB1A gene in lentil (*Lens culinaris* Medik. Subsp culinaris) transformed with the *Agrobacterium* system. Crop Pasture Science 62: 488-495.
13. Maccarrone, M., Veldink, G.A., Finazzi, A.A., and Vliegthart, J.F. 1995. Lentil root protoplasts: a transient expression system suitable for co-electroporation of monoclonal antibodies and plasmid molecules. Biochimica et Biophysica Acta 1243: 136-142.
14. Mahmoudian, M., Yucel, M., and Oktem, H.A. 2002. Transformation of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cotyledonary nodes by vacuum infiltration of *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Molecular Biology Reports 20: 251-257.
15. Öktem, H.A., Mahmoudian, M., Eyidoğan, F., and Yücel, M. 1999. Gus gene delivery and expression in lentil cotyledonary nodes using particle bombardment. Lens Newsletter 26: 3-6.
16. Porebski, S., Bailey, L.G., and Baum, B.R. 1997. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. Plant Molecular Biology Reporter 15: 8-15.
17. Sakamoto, A., and Murata, N. 2001. The use of bacterial choline oxidase, a glycine betaine-synthesizing enzyme, to create stress-resistant transgenic plants. Plant Physiology 125: 180-188.
18. Sakamoto, A., Valverde, R., Alia, T.H.H., and Murata, N. 2000. Transformation of *Arabidopsis* with the *codA* gene for choline oxidase enhances freezing tolerance of plants. Plant Journal 22: 449-453.

19. Saneoka, H., Nagasaka C., Hahn D.T., Yang W.J., Premachandra, G.S., Joly, R.J., and Rhodes, D. 1995. Salt tolerance of glycinebetaine-deficient and -containing maize lines. *Plant Physiology* 107: 631-638.
20. Sarker, R.H., Biswas, A., Mustafa, B.M., Mahbub, S., and Hoque, M.I. 2003. *Agrobacterium*-mediated transformation of lentil. *Plant Tissue Culture* 13: 1-12.
21. ZakerTavallaie, F., Ghareyazie, B., Bagheri, A., and Sharma, K.K. 2011. Lentil regeneration from cotyledone explant bearing a small part of the embryo axis. *Plant Tissue Culture and Biotechnology* 21: 169-180.

Genetic transformation of Lentil (*Lens culinaris* M.) and production of transgenic fertile plants

Zaker Tavallaie^{*}, F., Ghareyazie², B., Bagheri³, A. & Sharma⁴, K.K.

1. Assistant professor, Complex Higher Education of Shirvan, Iran

2. Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII)

3. Professor, Department of Biotechnology, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; abagheri@um.ac.ir

4. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)

Received: 19 January 2016

Accepted: 6 April 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.53151

Introduction

Lentil is an important pulse crop in Iran. Lentil is a seed propagating, self-pollinating crop originating from Near East. It is containing 27.5% -31.75% protein and it has high level of iron, calcium, phosphor, thiamin, niacin, and some unusual amino acid as hydroxyarnitin, hydroxyarginin and homo arginin. FAOSTAT reported that the world production of lentils was 4,975,621 metric tons in 2013. Major producing countries are India, Australia, Canada and Turkey. According to Iranian agricultural statistic (2014), area of pulses cultivation estimated 770000 hectares and its 20.2% belong to Lentil. Important abiotic stresses that affect lentil are cold, freezing, drought, heat and salinity. Highland and cold temperatures areas are the main producer in Iran and production of lentil in these areas is limited. So we need tolerant cultivars against cold and freezing stresses for sowing during autumn. Glycine betaine (GB) accumulates in some plants under abiotic stress such as cold. GB stabilizes the structures and activities of enzymes and protein complexes and maintains the integrity of membranes against the damaging effects of excessive salt, cold, heat and freezing. The *codA* gene from *Arthrobacter globiformis* bacteria encodes choline oxidase enzyme that catalyzes synthesis of glycine betaine from choline. The efficiency of biotechnology techniques, especially tissue culture and gene transformation is noticeable in this aspect. The objective of this research is gene transformation of lentil using *codA* gene to enhance its tolerance against abiotic stress especially cold tolerance.

Materials and Methods

Seeds of lentil (*Lens culinaris* Medik) variety of Gachsaran (ILL6212) collected from Shiravan Agriculture Research center in Iran were used in this investigation.

Gene transformation of lentil was done using pChlCOD plasmid. This plasmid is containing *codA* gene. Gene transformation was done by *Agrobacterium tumefaciens* using Cotyledon with slight part of Embryo Axes explant after shooting for cu-cultivation. Co-cultivation and following selection and regeneration was done according to Zaker Tavallaie *et al*, (2011) protocol. The plasmid was containing one intron of rice that it eliminated before cu-cultivation. Three weeks after transferring seedling to glasshouse DNA was extracted from leaves samples using modified CTAB protocol. Existence of *codA* gene was investigated by PCR reaction using *codA*-4 and *codA*-5 primers. Putative transgenic plants were verified by dot blotting also. To determine integration of the gene into transgenic lentil southern blotting also was done. RT-PCR after RNA extraction from leaves sample from mature plants was done to investigate transcription of *codA* gene. We collected some seeds from putative transgenic plants and after cultivation in glasshouse T1 plants were obtained.

* Corresponding Author: f.zaker.t@um.ac.ir; Mobile: 09155087691

PCR, RT-PCR experiments on investigate existence of *codA* gene and dot blotting was done on T1 transgenic plant.

Results and Discussion

The existence of *codA* gene into T0 putative transgenic plants was confirmed by PCR and dot blotting. Integration of *codA* gene into genome was revealed by Southern blotting and transcription of the gene confirmed by RT-PCR assay, respectively. The existence of gene into T1 plants and its transcription was also confirmed using PCR and RT-PCR. Considering the availability transgenic seeds, it is possible to perform further bioassay experiments regarding to enhancement of tolerance of transgenic plants against abiotic stress especially cold stress.

Conclusion

Gene transformation of lentil by *Agrobacterium* using *codA* gene was achieved successfully. After co-cultivation, regeneration of transgenic shoots including shoot induction, shoot elongation, root induction, hardening and growth in glasshouse to rich to mature plants was done successfully according to Zaker Tavallaie *et al*, (2011) protocol. Hygromycine was used as selection agent in selection media. T0 transgenic plants verified using PCR, Dot blotting, Southern blotting and RT-PCR. T1 transgenic plants also confirmed by PCR and RT-PCR. It is necessary to achieve all bio assays about tolerance of transgenic plants against abiotic stress. Also we will investigate inheritance of treat in following generation of T1 plants. Also we will do other necessary investigation such as biosafety experiments. We hope the transgenic plants will be tolerant against abiotic stresses such as cold and freezing.

Key words: *CodA* gene, Lentil (*Lens culinaris* M.), Regeneration, Transgenic plants

پژوهش‌های حوالت ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهش‌های علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد ۷ شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۵، شماره پیاپی: ۱۴
(به ترتیب حروف الفبا)

دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا	احمدی	ابراهیم	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند	اسلامی	سید وحید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز	امام	یحیی	دکتر
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	آزادبخت	محسن	دکتر
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	بازوبندی	محمد	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد	بیابانی	عباس	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	توکل افشاری	رضا	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	جهان	محسن	دکتر
دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد	چنپانی	منیره	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	حاج محمدنیا قالیباف	کمال	دکتر
دانشگاه کردستان	حسین پناهی	فرزاد	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	خراسانی	رضا	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	خرمدل	سرور	دکتر
پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی تهران	دیهیم فرد	رضا	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	راستگو	مهدی	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه اصفهان	رمزجو	جمشید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر، همدان	رستمی	مجید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز	رونقی	عبدالمجید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	سیفی	علیرضا	دکتر
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد	شکوهی فر	فرهاد	دکتر
مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور - مراغه	صادق زاده اهری	داود	دکتر
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	عباس پور	مجید	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز	کاظمینی	سید عبدالرضا	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (دانشجوی دکتری)	کریم زاده سورشجانی	هدایت اله	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	گلدانی	مرتضی	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	لکزیان	امیر	دکتر
دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد	مرعشی	سید حسن	دکتر
دانشگاه پیام نور خراسان رضوی	معصومی	علی	دکتر
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان	موسوی	سید کریم	دکتر
پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی تهران	مهدوی دامغانی	عبدالمجید	دکتر



پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

فرم اشتراک

خواهشمند است فرم 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: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت/ سازمان/ مؤسسه/ شرکت/ دانشگاه/ دانشکده/ کتابخانه/ بخش خصوصی/ شخصی/ سایر)

نشانی دقیق پستی:

.....
.....
.....

تلفن (با کد شهرستان):

تلفن همراه:

نمابر:

نحوه اشتراک:

مایل به اشتراک نشریه از تاریخ تا می‌باشم.

بهای هر شماره از نشریه، ۵۰۰۰ ریال می‌باشد. خواهشمند است مبلغ مربوط به تعداد شماره‌های مورد نیاز را به حساب شماره ۹۹۶۵۴ به نام عواید اختصاصی پژوهشکده علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهده متقاضی می‌باشد.

امضاء:

تاریخ:

Title	Author(s)	Page
• Effects of weed interference, sowing date and method on growth, yield and yield components of Red Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Kamali, M., Edalat, M., Kazemeini, S.A. & Heidari, B.	188
• Evaluation of foliar application of Methanol effects on some morphological, physiological and biochemical indices of Lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik.) under water deficit stress	Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R. & Rejeh, M.	202
• Genetic transformation of Lentil (<i>Lens culinaris</i> M.) and production of transgenic fertile plants	Zaker Tavallaie, F., Ghareyazie, B., Bagheri, A. & Sharma, K.K.	215

Iranian Journal of Pulses Research

**List of Articles
Vol. 7, No. 2, 2016, S. No.: 14**

Title	Author(s)	Page
• The critical period of weed competition in lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik.) under Kermanshah condition	Taherabadi, Sh., Ghobadi, M. & Allahmoradi1, P.	10
• Study of ecological aspects of Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) and Mung Bean (<i>Vigna radiata</i> L.) intercropping in weed control	Koocheki, A., Solouki, H. & Karbor, S.	27
• Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (<i>Vicia faba</i> L.)	Alipour, S., Moradi Telavat, M.R., Siyadat, S.A., Mosavi, S.H. & Karmala Chab, A.	45
• Estimating the economic cost of greenhouse gas emissions of pulses in Iran	Jamalipour, M., Ghorbani, M., Koocheki, A.R. & Shahnoushi, N.	59
• Interaction effects of salinity and salicylic acid on germination, growth and some morpho-physiological characteristics of chickpea genotypes (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Ganjeali, A., Abrishamchi, P. & Shooryabi, M.	78
• Effects of soil residues of some wheat sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) growth, nodulation and biological nitrogen fixation	Mohammadnezhad, R., Izadi Darbandi, I., Rastgoo, M. & Lakzian, A.	95
• Effects of different irrigation methods on physical, mechanical and biological properties of red bean	Imanmehr, A. & Ganji Khorramdel, N.	109
• Effect of Cadmium on changes of some enzymatic and none-enzymatic antioxidant defense systems in lentil seedlings (<i>Lens culinaris</i> Medik.)	Barandeh, F. & Kavousi, H.R.	125
• Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (<i>Vigna radiata</i>)	Keikha, M., Noori, M. & Keshtehgar, A.	138
• Study effect of sowing ratios in Marigold (<i>Calendula officinalis</i>) and Mungbean (<i>Vigna radiata</i>) intercropping systems on weed control and Mungbean yield improvement	Mirshekari, B.	152
• Effect of foliar application of Manganese and Zinc on grain yield and yield components of Red Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) in drought conditions	Jamshidi, M., Danesh-Shahraki, A. & Hashemi-Jazi, M.	164
• Effect of Humic acid on the yield and yield components of Lima Bean (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) under drought stress conditions	Beheshti, S., Tadayyon, A. & Falah, S.	175

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 7, No. 2, 2016, S. No.: 14

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi

Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami

Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar

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.); Malihe Akbarpour (MSc.)

Assistant: Talachian, Asadi

Circulation: 30

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: (ISC) Islamic World Science Citation Center (<http://www.isc.gov.ir>); (magiran) Iranian Journals Database (<http://www.magiran.com>); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (<http://scholar.google.com>)

Address:

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran
P.O. Box: 91775-1653; **ZIP Code:** 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804801 & 38804812; **Fax:** +98-51-38807024;
E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://ijpr.um.ac.ir>

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN 2008-725X

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7(2) December 2016 S.No.14



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید بهشتی تهران



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و تحقیقات



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری

- The critical period of weed competition in lentil (*Lens culinaris* Medik.) under Kermanshah condition
Taherabadi, Sh., Ghobadi, M. & Allahmoradi, P.
- Study of ecological aspects of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed control
Koocheiki, A., Solouki, H. & Karbor, S.
- Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.)
Alipour, S., Moradi Telavat, M.R., Siyadat, S.A., Mosavi, S.H. & Karmala Chab, A.
- Estimating the economic cost of greenhouse gas emissions of pulses in Iran
Jamalipour, M., Ghorbani, M., Koocheiki, A.R. & Shahnoushi, N.
- Interaction effects of salinity and salicylic acid on germination, growth and some morpho-physiological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.)
Ganjeali, A., Abrishamchi, P. & Shooryabi, M.
- Effects of soil residues of some wheat sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth, nodulation and biological nitrogen fixation
Mohammadnezhad, R., Izadi Darbandi, I., Rastgoo, M. & Lakzian, A.
- Effects of different irrigation methods on physical, mechanical and biological properties of red bean
Imanmehr, A. & Ganji Khorramdel, N.
- Effect of Cadmium on changes of some enzymatic and none-enzymatic antioxidant defense systems in lentil seedlings (*Lens culinaris* Medik.)
Barandeh, F. & Kavousi, H.R.
- Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*)
Keikha, M., Noori, M. & Keshtehgar, A.
- Study effect of sowing ratios in Marigold (*Calendula officinalis*) and Mungbean (*Vigna radiata*) intercropping systems on weed control and Mungbean yield improvement
Mirshekari, B.
- Effect of foliar application of Manganese and Zinc on grain yield and yield components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions
Jamshidi, M., Danesh-Shahraki, A. & Hashemi-Jazi, M.

(Complete list, inside the journal...)