



بررسی تأثیر کاربرد میکوریزا و پلیمر سوپر جاذب بر برخی خصوصیات مورفولوژیک ریشه و عملکرد نخود در شرایط دیم

کلثوم فرهادیان عسگرآبادی^۱ و * حمیدرضا عیسوند^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان،

^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۳

چکیده

سابقه و هدف: گنجاندن بقولات در تناوب و کاهش مصرف کود شیمیایی مورد توجه محققان و کارشناسان است. چون می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک خاک، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت اکوسیستم داشته باشد. اهمیت استفاده از پلیمر سوپر جاذب و قارچ میکوریزا در کشت دیم به این دلیل است که سبب بهبود حفظ آب و تأمین عناصر برای گیاه می‌شوند.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در روستای زالی شهرستان دلفان استان لرستان اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل رقم (آرمان و آزاد به‌عنوان فاکتور اصلی، کاربرد پلیمر سوپر جاذب (صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مصرف میکوریزا (صفر (شاهد) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند.

یافته‌ها: ارقام از نظر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با شاهد سبب افزایش عملکرد بیولوژیک (۵/۹ درصد)، عملکرد دانه (۹/۴ درصد)، طول ریشه (۱۸/۵ درصد)، تعداد گره ریشه (۱۹/۷ درصد) و حجم ریشه (۲۱/۹ درصد) شد. نتایج نشان داد میکوریزا نیز عملکرد بیولوژیک (۴/۷ درصد)، عملکرد دانه (۴ درصد)، طول ریشه (۱۲/۸ درصد)، وزن خشک ریشه (۸/۳ درصد) و حجم ریشه (۱۱/۷ درصد) را افزایش داد. اثر متقابل سوپر جاذب و میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک و دانه، طول ریشه و تعداد گره‌های ریشه معنی‌دار شد.

نتیجه‌گیری: کاربرد پلیمر سوپر جاذب و میکوریزا هر یک به تنهایی سبب بهبود صفات ریشه و عملکرد دانه شد اما کاربرد همزمان این دو عامل اثر بیشتری بر عملکرد و صفات مورد بررسی داشت. با توجه به کمبود منابع آب در کشور، کاربرد همزمان میکوریزا و پلیمر سوپر جاذب در شرایط کشت دیم نخود می‌تواند علاوه بر بهبود عملکرد، بستر را برای دستیابی به کشاورزی ارگانیک و پایداری سیستم‌های کشاورزی و سلامت بیشتر محیط زیست مهیا سازد.

واژگان کلیدی: ریشه، سوپر جاذب، میکوریزا، نخود

مقدمه

امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی شناخته شده است. لذا ضرورت دارد تا جایگزین مناسبی برای این نوع کودها پیدا شود (۱). کشاورزی پایدار نظامی است که ضمن برخورداری از پویایی اقتصادی، می‌تواند موجب بهبود وضعیت محیط زیست و استفاده بهینه از منابع موجود شود و در تأمین نیازهای غذایی انسان و ارتقاء کیفیت زندگی جوامع بشری نقش بسزایی داشته باشد. علاوه بر این، کشاورزی پایدار با رعایت اصول اکولوژیکی می‌تواند ضمن ایجاد توازن در محیط‌زیست، کارایی استفاده از منابع را افزایش داده و زمینه بهره‌وری طولانی‌تر از منابع را نیز برای انسان فراهم سازد (۸). یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (۳).

کودهای زیستی (جامد، مایع یا نیمه‌جامد) حاوی یک و یا چند گونه میکروارگانیسم خاص و یا متابولیک‌های آن‌ها بوده و باعث گسترش بیشتر و بهتر سیستم ریشه‌ای و جذب بهتر عناصر و در نتیجه رشد بیشتر گیاه شده و با افزایش کیفی و کمی اجزاء عملکرد، موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند (۱۴). ریشه جزء اندام‌های زیرزمینی گیاه است که به علت مشکلات در نمونه برداری و هزینه‌بر بودن آن، مطالعات در این زمینه محدود می‌باشد (۲۰). به دلیل محدودیت آب در کشت دیم و نقش ریشه در تأمین رطوبت و عناصر غذایی، بررسی صفاتی مانند طول، سطح و حجم ریشه ضروری به نظر می‌رسد (۳۴) زیرا مورفولوژی و صفات ریشه در جذب، هدایت و توازن رطوبتی گیاه مهم است. با این وجود مطالعات

محدودی روی ریشه به صورت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای صورت گرفته که نتایج ارزشمندی بدست آمده است. رشد ریشه توسط عوامل محیطی و ژنتیکی کنترل می‌شود (۲۷). در شرایط دیم، معمولاً بخش‌های فوقانی پروفیل خاک که تراکم ریشه در آنجا بیشتر است با خشکی مواجه می‌شود، ولی با این وجود گیاه قادر است به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه دهد. در این حالت، بخش‌های زیرین خاک که تراکم ریشه در آن‌ها کمتر ولی دارای رطوبت مناسبی هستند، رطوبت را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۲۶). به عبارت دیگر گیاه هنگام مواجه با تنش خشکی برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد (۲۷) در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیکی ریشه‌ها از جمله طول، سطح و یا قطر ریشه‌ها ایجاد می‌شود (۲). قارچ‌های میکوریزا یکی از اجزاء مهم جامعه زیستی خاک هستند و با سایر ریزجانداران در محیط ریشه اثرات متقابل دارند (۱۲). ریشه گیاهان، زیستگاه مناسبی را برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌نمایند. در این خصوص همزیستی ریشه گیاهان با قارچ‌های میکوریزا، از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین روابط همزیستی است که در اکثر اکوسیستم‌ها وجود دارد. به طور کلی، در حدود ۹۵ درصد گونه‌های گیاهان آوندی، حداقل یکی از تیپ‌های میکوریزا گزارش شده است (۶). قارچ‌های میکوریزا نیز باعث افزایش جذب عناصر غذایی، تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و جلوگیری از بروز برخی بیماری‌های ریشه می‌شوند (۹ و ۵). هیف‌های توسعه یافته قارچ‌های میکوریزا قادر به رشد در منافذ خاک بوده که ریشه‌های موئین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آن‌ها نیستند، همچنین این قارچ‌ها از طریق ترشح موادی سبب محلول‌سازی

شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه می‌شوند و سرانجام به آب، دی‌اکسیدکربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیر سمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و در آخر به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند (۱۶). برخی دیگر از محققین معتقدند که مصرف سوپر جاذب‌ها سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میکوریزا خواهد شد (۱۳). کاربرد سوپر جاذب ضمن کاهش تنش خشکی در ذرت، منجر به افزایش ۱۶ درصدی عملکرد این گیاه شد (۲۴).

سبز شدن و استقرار گیاهچه نخود در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیت دارد و تنش خشکی به‌خصوص خشکی انتهای فصل، مهمترین عامل کاهش عملکرد نخود در مناطق خشک شناخته شده است (۱۰). کاهش تولید نخود در شرایط دیم به‌دلیل کمبود بارش از یک سو و عدم توانایی خاک در حفظ رطوبت بارندگی در عمق قابل استفاده گیاه از سوی دیگر، ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش قدرت نگهداری آب در خاک را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. در این راستا این تحقیق با هدف به‌کارگیری پلیمر سوپر جاذب به‌عنوان یک ماده نگهدارنده رطوبت و قارچ میکوریزا به‌عنوان کود زیستی جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی ریشه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در شهرستان دلفان از استان لرستان انجام شد. این منطقه با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۸۵۹ متر از سطح دریا و میانگین مجموع بارندگی سالانه ۴۶۰ میلی‌متر و دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد (بر اساس آمار بلندمدت ۱۴ ساله از سال

عناصر غیرمتحرک مانند فسفر می‌شوند (۱۹ و ۶). افزایش رشد گیاه و جذب مواد غذایی در نتیجه تلقیح میکوریزا، نشان دهنده یک رابطه مثبت قوی بین کلنی‌زاسیون ریشه، جذب عناصر غذایی و بهبود رشد می‌باشد (۴۰). ریزوبیوم می‌تواند به هیف‌های میکوریزا چسبیده و از آن به‌عنوان راه نفوذ به ریشه استفاده کند (۱۱). از طرف دیگر از آنجا که تشکیل گره ریزوبیوم نیاز شدیدی به فسفر دارد (۲۹)؛ فایده مهم میکوریزا برای همزیستی ریزوبیوم، فراهم کردن فسفر است. علاوه بر فسفر، جذب عناصری از قبیل کلسیم، مولیبدن، مس و روی نیز به‌وسیله میکوریزا ممکن است تسهیل یابد. گره‌ها معمولا دو تا سه برابر ریشه فسفر نیاز دارند و از این‌رو به تلقیح با میکوریزا واکنش مثبت نشان می‌دهند (۲۹).

کودهای آلی و پلیمرهای سوپر جاذب از جمله مواد مناسب برای افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک هستند (۳۳). این ترکیبات با افزایش جذب و نگهداری آب در خاک، ذخیره عناصر از جمله نیتروژن، فسفر، گوگرد و کاتیون‌های تبدالی و همچنین افزایش تهویه از طریق بهبود ساختمان خاک سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (۳۰). امروزه از پلیمرهای سوپر جاذب به‌طور گسترده‌ای در کشاورزی استفاده می‌شود و نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش خشکی و میزان مرگ و میر گیاهان و همچنین افزایش تولید محصولات زراعی به اثبات رسیده است (۴۱). سوپر جاذب‌ها از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، کاهش نیاز آبی گیاه و کاهش میزان تبخیر آب از سطح خاک منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند (۱۵). سوپر جاذب‌ها در

ماده خواهد شد. عملیات کاشت به صورت بهاره و در ۲۳ اسفندماه ۱۳۹۳ در شرایط دیم انجام شد. برای آماده سازی زمین از یک شخم، دو دیسک عمود بر هم و ماله قبل کاشت استفاده شد. کاشت بذور به صورت دیم و ابعاد هر کرت $3 \times 1/2$ متر و شامل ۴ خط کاشت با فاصله ردیف ۳۰ سانتی متر و فاصله بین ردیف ۸ سانتی متر در نظر گرفته شد. کاشت به صورت دستی و در عمق حدود ۵ سانتی متر انجام گردید. تراکم کاشت بر اساس ۴۲ بوته در مترمربع اعمال شد. فاصله بین بلوک ها ۲ متر، فاصله بین کرت های اصلی ۲ متر و فاصله بین کرت های فرعی ۶۰ سانتی متر بود. در این تحقیق صفاتی از قبیل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول ریشه، تعداد گره ریشه، حجم ریشه و وزن خشک ریشه مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر صفات مورد نظر دو خط کناری هر کرت آزمایش به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و از دو خط میانی بعد از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط، $1/2$ مترمربع برداشت و صفات به صورت زیر اندازه گیری شد.

در مرحله رسیدگی، کل بوته های دو ردیف وسط هر کرت به مساحت $1/2$ مترمربع با حذف اثرات حاشیه ای، برداشت و پس از خشک نمودن در آن (در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت) عملکرد بیولوژیک گیاه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه، محصول برداشت شده را کوبیده، دانه های آنها را جمع آوری کرده و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۲ درصد دانه و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. شاخص برداشت، از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک ضرب در عدد صد به دست آمد. در اواخر مرحله گل دهی (در این مرحله رشد ریشه تقریباً متوقف شده

۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴) جزء اقلیم سرد طبقه بندی می شود (بر اساس ضرایب دمارتن و آمبرژه). بر اساس نتایج آزمون خاک: درصد مواد آلی، ۰/۸۵ درصد؛ اسیدیته، ۷/۹۴؛ شوری، 0.63 ds.m^{-1} و میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۰/۰۸۱ درصد، ۹/۶ ppm، ۲۳۵ ppm می باشد. بافت خاک رسی سیلتی (شن، ۱۳؛ رس، ۴۵ و سیلت، ۴۲ درصد) بود.

از ارقام 'آرمان' و 'آزاد' در این آزمایش استفاده شد که برای کشت بهاره در این منطقه از لرستان توصیه می شوند. آزمایش به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد. عامل اصلی شامل، رقم (C) در دو سطح (C1='آزاد' و C2='آرمان') و عوامل فرعی شامل، میکوریزا (M) در دو سطح (صفر= M1 و M2=۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پلیمر سوپر جاذب (S) در سه سطح (S1=۰، S2=۱۰۰ و S3=۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) می باشد. بذور مورد آزمایش از شرکت کیمیا گستر خرم آباد (تولید سال ۱۳۹۳) و قارچ میکوریزا VAM (*Glomus mosse*) که به صورت اندام فعال قارچی (شامل ۵۰ تا ۱۵۰ اسپور زنده قارچ در هر گرم خاک و ۲۰ تا ۵۰ متر ریشه های گیاهان میکوریزی شده و ریشه قارچ میکوریزا) بوده، از شرکت توران زیست فناوری شاهرود تهیه شد. پلیمر سوپر جاذب نیز از شرکت بشری امین تهران تهیه گردید. تیمار با قارچ میکوریزا همزمان با کاشت و به صورت نواری و در زیر بذر (بر مبنای ۲۰ گرم در هر مترمربع) مصرف شد. سوپر جاذب در کلیه تیمارها نیز در هنگام کاشت و به صورت نواری و در عمق ۱۰ سانتی متری مجاور خطوط کاشت بذر مورد استفاده قرار گرفتند. سوپر جاذب ها باید به صورت ماده خشک با خاک مخلوط شده و حداقل در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار بگیرد زیرا اشعه ماوراء بنفش باعث شکسته شدن سریع این

احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد بیولوژیک در زمان مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا (۲۳۷۱/۵ کیلوگرم در هکتار) ۴/۷ درصد بیشتر از شرایط شاهد شد (جدول ۲). همچنین، عملکرد بیولوژیک در زمان مصرف ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، به ترتیب ۵/۹۱ و ۲/۹ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲). کاربرد همزمان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب باعث افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به سایر تیمارها شد (شکل ۱). به‌طور کلی، علت افزایش این صفت در حضور میکوریزا را می‌توان به بهبود میزان فتوسنتز، رشد گیاه، افزایش بیوماس و در نهایت عملکرد بیولوژیک نسبت داد. در نخود (۳) و نیز در گیاه رازیانه نتایج مشابهی گزارش شده است (۲۳). یافته‌ها نشان داده است که همزیستی فارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعناع از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود عملکرد بیولوژیک گردیده است (۲۱). نتایج تحقیقات بر روی رازیانه (۲۳) و علف لیمو (۳۲) مؤید این مطلب است که همزیستی میکوریزایی سبب بهبود عملکرد بیولوژیک در گیاهان مذکور می‌گردد. افزودن کودهای بیولوژیک نظیر آزوسپریلیوم و باکتری حل‌کننده فسفات به بذر گیاه آفتابگردان، به‌خوبی سبب بهبود عملکرد بیولوژیک شده است (۱۸). لذا به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر نیز مایکوریزا به‌واسطه کمک در تأمین فسفر گیاه و سوپر جاذب نیز به‌دلیل تأمین رطوبت مناسب برای محیط مایکوریزا و همچنین تأمین رطوبت خود گیاه، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شده باشند.

و همچنین رطوبت خاک در مقایسه با مرحله برداشت بیشتر می‌باشد. بنابراین، ریشه‌ها را با دقت بیشتری می‌توان از خاک خارج نمود). تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شد و طول ریشه اصلی پس از شستشو با آب به کمک خط‌کش اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر ثبت گردید. چون حداکثر تعداد گره باکتریایی در ریشه نیام‌داران در اوایل گل‌دهی شکل می‌گیرد، در این زمان تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از بیل از عمق ۴۰ سانتی‌متری ریشه‌های آن‌ها نمونه‌برداری شد (مکعب فرضی به عمق ۴۰ سانتی‌متر و طول و عرض ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری برای همه کرت‌ها و بوته‌ها یکسان اعمال شد) و پس از شستن دقیق ریشه‌ها تعداد گره‌ها شمارش گردید. اواخر مرحله گل‌دهی بعد از نمونه‌گیری (۱۰ بوته) از هر کرت به‌طور تصادفی و شستشوی گل‌ولای ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها (بر حسب سانتی‌متر مکعب) توسط استوانه مدرج حاوی آب تعیین گردید. سپس برای تعیین وزن خشک، ریشه‌ها در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در انتها با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال (دقت یک هزارم گرم) وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MASTAT-C و SAS نسخه ۹ انجام شد و میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL ترسیم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک توسط فاکتور میکوریزا، سوپر جاذب و اثر متقابل میکوریزا در سوپر جاذب در سطح

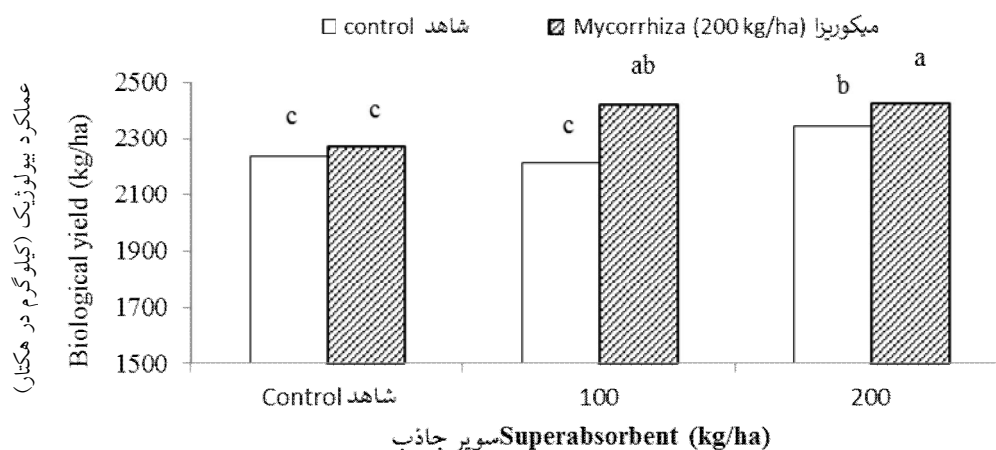
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تیمار میکوریزا و پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات مورفولوژیک ریشه، عملکرد دانه و بیولوژیک دو رقم نخود ('آرمان' و 'آزاد') در شرایط دیم.

Table 1. Analysis of variance of mycorrhiza and superabsorbent on some root morphological traits, and grain and biological yield of two chickpea cultivars (Arman and Azad) under rain-fed condition.

منابع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	طول ریشه Root length	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume	تعداد گره‌های ریشه Number of root nodules
(Replication) تکرار	2	3236.5 ^{ns}	160.7 ^{ns}	3.3 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.2 ^{ns}
رقم (Cultivar)	1	427.1 ^{ns}	53.7 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.00 ^{ns}	8.1 ^{ns}
خطا (Error a)	2	5696.6	335.4	6.0	0.92	0.06	0.17	21.4
سوپر جاذب (Superabsorbent)	2	53280.7 ^{**}	38940.7 ^{**}	9.4 [*]	22.57 ^{**}	0.235 ^{**}	1.45 ^{**}	90.7 ^{**}
C × S	2	1740.8 ^{ns}	11.4 ^{ns}	1.1 ^{ns}	1.21 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.8 ^{ns}
میکوریزا (Mycorrhiza)	1	103255.1 ^{**}	22300.44 ^{**}	1.0 ^{ns}	30.62 ^{**}	0.321 ^{**}	1.00 [*]	37.8 ^{**}
C × M	1	5377.7 ^{ns}	215.1 ^{ns}	1.1 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.4 ^{ns}
S × M	2	24333.6 ^{**}	1243.4 [*]	8.0 ^{ns}	5.09 ^{**}	0.026 ^{ns}	0.2 ^{ns}	13.5 [*]
C × S × M	2	3756.6 ^{ns}	4.7 ^{ns}	2.0 ^{ns}	1.43 ^{ns}	0.060 ^{ns}	0.17 ^{ns}	1.4 ^{ns}
خطا (Error b)	20	5132.1	206.1	3.0	0.88	0.027	0.08	3.2
CV% ضریب تغییرات (% درصد)		5.74	7.71	3.26	5.93	6.51	7.83	5.44

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively (LSD test).

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively (LSD test).



شکل ۱- اثر متقابل سوپر جاذب و میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک نخود.

Figure 1. Interaction of superabsorbent and mycorrhiza on chickpea biological yield.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده میکوریزا و سوپر جاذب بر خصوصیات مورفولوژیک ریشه و عملکرد دانه و بیولوژیک دو رقم نخود (آرمان و آزاد) در شرایط دیم.

Table 2. Mean comparisons for the main effects of mycorrhiza and superabsorbent on root morphology, grain and biological yields of two chickpea cultivars (Arman and Azad) under rain-fed conditions.

تیمارها Treatments	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root dry weight (gr plant ⁻¹)	حجم ریشه (سانتی متر مکعب در بوته) Root volume (cm ³ plant ⁻¹)	تعداد گره ریشه Number of root per nodules plant	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)
رقم Cultivar							
Azad آزاد	2.5 ^a	3.6 ^a	33.7 ^a	15.7 ^a	54.5 ^a	1263.7 ^a	2314.5 ^a
Arman آرمان	2.5 ^a	3.6 ^a	32.7 ^a	15.8 ^a	54.3 ^a	1260.3 ^a	2321.4 ^a
سوپر جاذب Superabsorbent							
control شاهد	2.3 ^b	3.2 ^b	30.5 ^c	14.6 ^c	53.5 ^b	1206 ^c	2252 ^c
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار 100 kg h ⁻¹	2.5 ^a (+8.7)	3.7 ^a (+15.6)	33 ^b (+8.2)	15.4 ^b (+5.5)	54.4 ^{ba} (+1.68)	1258.8 ^b (+4.37)	2316.7 ^b (+2.90)
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار 200 kg h ⁻¹	2.6 ^a (+13)	3.9 ^a (+21.9)	36.5 ^a (+19.7)	17.3 ^a (+18.5)	53.3 ^a (-0.37)	1319.8 ^a (+9.4)	2385.2 ^a (+5.9)
میکوریزا Mycorrhiza							
control شاهد	2.4 ^b	3.4 ^b	32.2 ^b	14.8 ^b	54.6 ^a	1236.6 ^b	2264.4 ^b
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار 200 kg h ⁻¹	2.6 ^a (+8.32)	3.8 ^a (+11.76)	34.2 ^a (+6.21)	16.7 ^a (+12.83)	54.2 ^a (-0.73)	1286.4 ^a (+4.04)	2371.5 ^a (+4.72)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده درصد افزایش آن صفت نسبت به شرایط شاهد می‌باشد.

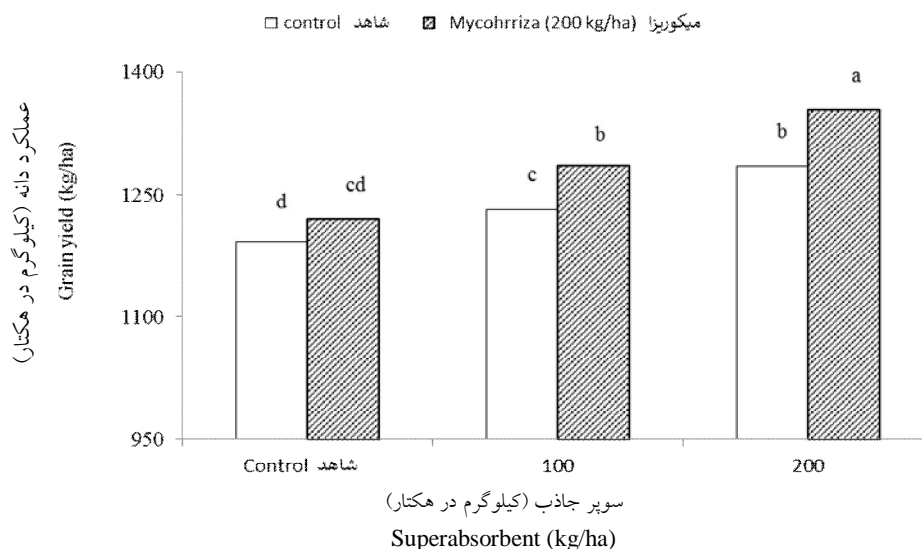
Means in each columns followed by at least one similar letter not significantly different according to LSD at 5%. Values in parentheses indicate percentage change in the respective studied traits in comparison with the control condition.

همزمان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بیشترین عملکرد دانه به‌دست آمد (شکل ۲). نتایج تحقیق بر روی رازیانه نشان داد دو گونه قارچ آریسکولار سبب افزایش جذب فسفر و ماده مؤثره رازیانه شدند (۲۳). از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از تراکم بوته در مترمربع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن تک دانه است (۱۰)، بنابراین همزیستی گیاه نخود با میکوریزا از طریق افزایش این صفات، سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید. در یک تحقیق بر روی نخود، بهبود گره بندی در ریشه نیز در اثر میکوریزا گزارش شده است (۳). لذا به‌نظر

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر میکوریزا و سوپر جاذب در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل میکوریزا در سوپر جاذب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱)، به طوری که عملکرد دانه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، ۴/۰۴ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). از میان سطوح مختلف سوپر جاذب نیز عملکرد دانه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب با ۹/۴۳ درصد افزایش نسبت به شاهد (۱۲۰۶ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین عملکرد را داشت (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا در سوپر جاذب نشان داد که با کاربرد

افزایش جذب آب و قدرت بالا در نگهداری آب سبب خواهد شد تا شرایط مناسبی از نظر فراهمی و دسترسی به آب برای گیاهان ایجاد شود و با انتقال این مواد به دانه عملکرد دانه بهبود یابد (۳۴). سوپر جاذب باعث افزایش جذب آب، مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد به ریشه و در نهایت از طریق اثرگذاری بر اجزاء عملکرد باعث افزایش عملکرد دانه ذرت نیز شده است (۳۸). سوپر جاذب با جذب و نگهداری آب قادر است بسیاری از تلفات ناشی از کم آبی را کاهش داده و باعث بهبود صفات زراعی در لوبیا قرمز گردد (۲۵).

می‌رسد که میکوریزا علاوه بر بهبود شرایط تغذیه فسفر در نخود، به صورت غیرمستقیم در افزایش نیتروژن گیاه نیز نقش داشته و از این طریق نیز سبب بهبود عملکرد دانه شده باشد. در گیاهان دیگری نظیر ریحان (۳۷) و نعنای (۲۱) نیز میکوریزا سبب افزایش عملکرد شده است. در پژوهشی دیگر که در همین خصوص بر روی ماش سبز تحت شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت، کاربرد مایه تلقیح میکوریزایی با تأثیرگذاری بر روی اجزای عملکرد موجب بهبود بارز عملکرد دانه در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزایی گردید (۳۶). افزایش پلیمر سوپر جاذب به دلیل اثر بر



شکل ۲- اثر متقابل سوپر جاذب و میکوریزا بر عملکرد دانه نخود.

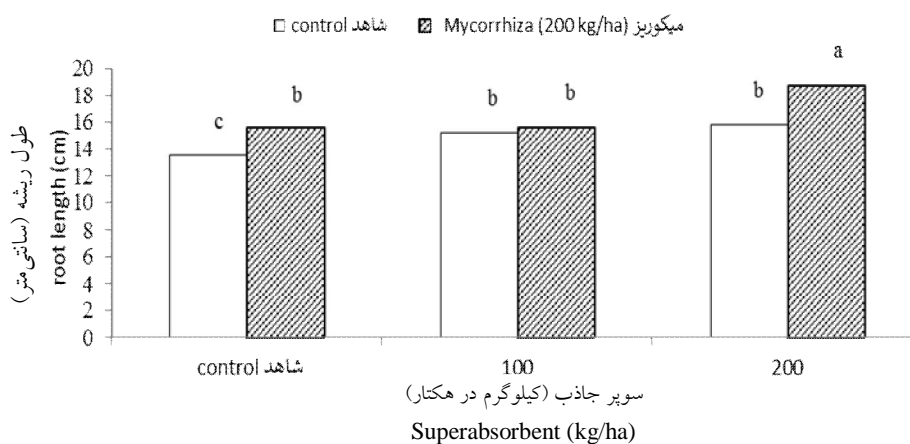
Figure 2. Interaction of superabsorbent and mycorrhiza on chickpea grain yield.

طوری که طول ریشه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، ۱۲/۸۳ درصد بیشتر از شاهد گردید (جدول ۲). علاوه بر این، طول ریشه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، ۱۸/۵ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). با کاربرد همزمان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، طول ریشه نسبت به شاهد ۳۹/۲۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳). میکوریزا به دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک، ایجاد تهویه مناسب و نیز فراهم کردن مواد

شاخص برداشت: بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت تنها تحت تأثیر فاکتور سوپر جاذب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱)، به طوری که شاخص برداشت در تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به ترتیب ۱/۶۸ بیشتر و ۰/۳۷ درصد کمتر از شاهد بود (جدول ۲). طول ریشه: طول ریشه توسط فاکتور میکوریزا، سوپر جاذب و اثر متقابل میکوریزا در سوپر جاذب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱)، به

خود و در دسترس قرار دادن آن گیاه موجب بهبود رشد ریشه و کل گیاه خواهد شد (۲۲ و ۲۴). تحقیقات دیگری نیز مؤید بهبود رشد اندام هوایی و ریشه نخود در اثر استفاده از مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم است (۲۸).

غذایی موردنیاز گیاه مانند فسفر سبب بهبود رشد ریشه و افزایش طول ریشه‌ها خواهد شد (۳۹). محققان بیان کردند که سوپر جاذب به دلیل انبساط و انقباض سبب بهبود شرایط فیزیکی و نیز خلل و فرج خاک شده و از طرفی دیگر به دلیل نگهداری آب در

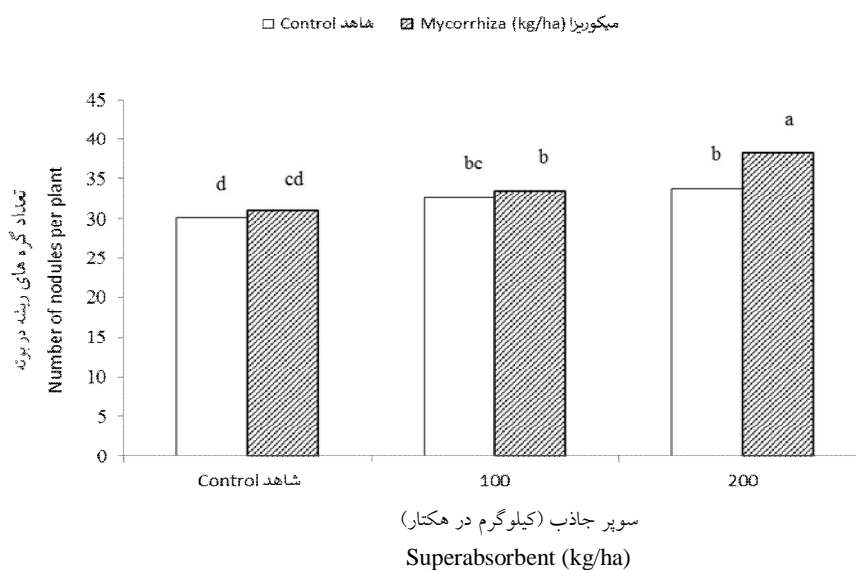


شکل ۳- اثر متقابل سوپر جاذب و میکوریزا بر طول ریشه نخود.

Figure 3. Interaction of superabsorbent and mycorrhiza on chickpea root length.

همزیستی قارچ میکوریزایی با ریشه نخود از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب بهبود رشد، کاهش اثر تنش خشکی و در نتیجه افزایش گره‌زایی ریزوبیوم بر روی ریشه خواهد شد (۳۶). در آزمایشی نشان دادند تلقیح توأم ریزوبیوم و قارچ میکوریزا در نخود، باعث افزایش تعداد گره نسبت به کاربرد ریزوبیوم گردیده است (۳۶). یکی از دلایل احتمالی این موضوع حفظ رطوبت اطراف ریشه توسط سوپر جاذب می باشد که محیطی مناسب برای فعالیت باکتری ریزوبیوم را فراهم می کند و با فعالیت این باکتری تعداد گره بیشتری بر روی ریشه گیاه میزبان تشکیل می شود.

تعداد گره‌های ریشه: اثر متقابل میکوریزا در سوپر جاذب بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۱). تعداد گره‌های ریشه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، ۶/۲ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). همچنین، مقدار این صفت در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، ۸/۲ درصد بیشتر از شاهد و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب ۱۹/۷ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). بیشترین تعداد گره ریشه (۳۸/۳) گره در مقابل ۳۰ گره در تیمار شاهد) از کاربرد همزمان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب حاصل شد (شکل ۴). به نظر می رسد که



شکل ۴- اثر متقابل سوپر جاذب و میکوریزا بر تعداد گره های ریشه در نخود.

Figure 4. Interaction of superabsorbent and mycorrhiza on the number of root nodules of chickpea.

حجم ریشه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس حجم ریشه تحت تأثیر میکوریزا و سوپر جاذب در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱)، به طوری که حجم ریشه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، ۱۱/۷ درصد بیشتر از شاهد و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، ۲۱/۸ درصد بیشتر از شاهد شد (جدول ۲). پس از رویش اسپوره های قارچ مایکوریزا و گسترش آنها در ریزوسفر، بخشی از ریشه ها وارد سیستم ریشه گیاه شد و سبب کاهش غلظت آبزیک اسید گشته و میزان سیتوکینین را افزایش می دهند این عمل سبب گسترش سیستم ریشه ای و افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش حجم ریشه می گردد (۲۹). در شرایط دیم وقتی از سوپر جاذب استفاده شد نسبت به تیمار شاهد مقدار حجم ریشه ماش افزایش نشان داد که می توان از جمله دلایل آن را در دسترس قرار دادن آب برای ریشه گیاه ماش و بهبود رشد ریشه و افزایش حجم ریشه اشاره نمود. سوپر جاذب با فراهم کردن آب برای ریشه ی گیاه ماش حتی در حد کم

سبب بهبود سطح برگ، فعالیت بهتر روزنه ها، افزایش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی شده که نتیجه آن افزایش رشد گیاه خواهد بود (۷).
وزن خشک ریشه: وزن خشک ریشه تحت تأثیر میکوریزا و سوپر جاذب در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱)، به طوری که وزن خشک ریشه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، ۸/۳ درصد بیشتر از شاهد و با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، ۱۳ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). قارچ های میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و به دنبال آن افزایش فتوسنتز برگ و اختصاص کربن به ریشه باعث افزایش وزن ریشه گردید. علاوه بر این، باعث جلوگیری از بروز برخی بیماری های ریشه و در نتیجه افزایش تعداد ریشه و وزن خشک ریشه نخود شد (۹). از آنجا که پلیمر سوپر جاذب سبب فراهمی رطوبت می شود بنابراین فعالیت روزنه ها و نیز انتقال مواد و آب در بافت های

بستر را برای دستیابی به کشاورزی ارگانیک و همچنین پایداری سیستم‌های کشاورزی و سلامت بیشتر محیط زیست آماده‌تر می‌نماید. بنابراین، استفاده از این‌گونه ترکیبات کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی را در پی خواهد داشت که نتیجه آن کاهش هزینه‌های تولید محصول و افزایش سلامت محصولات تولیدی و در نهایت سلامت بیشتر انسان خواهد بود.

گیاه بهتر شده که نتیجه آن بهبود رشد و افزایش وزن خشک ریشه نخود می‌باشد (۱۷).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد تیمارهای میکوریزا و مصرف سوپر جاذب باعث افزایش عملکرد نخود در شرایط دیم شد. علاوه بر این، استفاده همزمان از میکوریزا و سوپر جاذب ضمن این‌که سبب بهبود عملکرد می‌گردد،

منابع

1. Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility: A key to sustainable land use in agriculture. Kluwer Academic Publishers. 264 pages.
2. Aerts, R., and Chapin, F.S. 1999. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Adv. Ecol. Res.* 62: 26-34.
3. Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharati, H., Tavakkol-Afshari, R., and Tavakkoli, M. 2010. Effect phosphate solubilizing micro-organisms, mycorrhiza and seed priming on the nodulation in chickpea crop (*Cicer arietinum* L.). *Iranian J. Soil Res. (Soil Science and Water)* 24(1): 43-53. (In Persian)
4. Alizadeh, A. 1999. Plants and Soil-Water Relationships. University of Mashhad, 353p. (In Persian)
5. Alloush, G.A., Zeto, S.K., and Clark, R.B. 2000. Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. *Plant Nut.* 23: 1351-1369.
6. Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Normohamadi, G. 2000. Study mycorrhiza and *Streptomyces* efficiency and different levels of phosphorus, on grain yield and some characters of Wheat. *Iran. J. Crop Si.* 22: 2-17. (In Persian)
7. Asgharipoor, M.R., and Rafiei, M. 2010. Effect of drought stress on different morphological characteristics of root and root: shoot ratio on mungbean genotypes. Pp: 2814. In: *Proceedings of the 11th Iranian Crop Sciences Congress, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.* (In Persian)
8. Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technol.* 81: 103-108.
9. Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.
10. Azarnia, M., and Eisvand, H.R. 2014. Effects of hydro and hormonal priming on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated and rain-fed conditions. *EJCP.*, 6(4): 1-18. (in Persian)
11. Bianciotto, V., Andreotti, S., Balestrini, R., Bonfante, P., and Perotto, S. 2001. Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to arbuscular mycorrhizal structures. *Eur. J. Histochem.* 45: 39-49.
12. Bowen, G.D., and Rovira, A.D. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 66: 1-102.
13. Degiorgi, C.F., Pizarro, R.A., Smolko, E.E., Lora, S., and Carenza, M. 2002. Hydrogels for immobilization of bacteria used in treatment of metal-contaminated wastes. *Radiat. Physics Chem.* 63: 109- 113.

14. Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Appl. Soil Ecol.* 36: 184-189.
15. Eneji, A.E., Islam, R., An, P., and Amalu, U.C. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Cleaner Prod.* 52: 474-480.
16. Eubeler, J.P., Bernhard, M., and Knepper, T.P. 2010. Environmental biodegradation of synthetic polymers II. Biodegradation of different polymer groups. *TrAC Trends Anal. Chem.* 29: 84-100.
17. Ganjeali, A., Kaffi, M., and Sabet Teimouri, M. 2010. Variations of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Env. Stresses Crop Sci.* 3: 35-45. (in Persian)
18. Gehan, G., Mostafa, A., and Abo-Baker, A.A. 2010. Effect of bio-and chemical fertilization on growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) at south valley area. *Asian J. Crop Sci.* 2: 137-146.
19. Grant, C.A., Peterson, G.A., and Campbell, C.A. 2002. Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains. *Agron. J.* 94: 186-198.
20. Grossnickle, S.C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests.* 30: 273-294.
21. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technol.* 81: 77-79.
22. Islam, M.R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Eneji, A.E., and Xue, X. 2011. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. *Sci. Food Agric.* 91: 1998-2005.
23. Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technol.* 93: 307-311.
24. Khadem, S.A., Ghalavio, M., Ramroodi, S.R., Mousavi, M.J., and Rezvani-Moghadam, P. 2011. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on yield and yield components on corn (*Zea mays* L.). *Iran. J. Crop Sci.* 1: 115-123. (in Persian)
25. Khalvati, M.A., Hu, Y., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biol.* 7: 706-712.
26. Li, K.Y., De Jong, R., Coe, M.T., and Ramankutty, N. 2006. Root-water-uptake based upon a new water stress reduction and an asymptotic root distribution function. *Earth Interac.* 10: 1-22.
27. Michele, A., Douglas, T., and Frank, A. 2009. The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. *Plant Ecol.* 200: 205-215.
28. Moradi, S., Sheikhi, J., Zarei, M. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium on shoot and root growth of chickpea in a calcareous soil. *Int. J. Agric.* 3: 381-385.
29. Mosse, B. 1986. Mycorrhiza in a sustainable agriculture. *Biol. Agri. Horti.* 3: 191-209.
30. Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. *Not. Sci. Biol.* 2: 53-58.
31. Poursmaeil, P., Habibi, D., Tavasoli, A., Zahedi, H., Touhidi moghadam, H.R. 2010. The effect of water super absorbent polymer on agronomic and physiological characters of red bean varieties under drought stress in the greenhouse condition. *Plant Eco.* 21: 75-91.

32. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and *azospirillum* inoculation. *Microbiol. Res.* 156(2): 145-149.
33. Sepaskhah, A.R., and Bazrafshan-Jahromi, A.R. 2006. Controlling runoff and erosion in sloping land with polyacrylamide under a rainfall simulator. *Biosystems Eng.* 93: 469-474.
34. Sing, G., Sekhon, H.S., and Kolar, J.S. 2005. *Pulses*. Agrotech Publishing Academy. Udaipur, India. 329p.
35. Singh, S., and Kapoor, K.K. 1998. Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. *Mycorrhiza*, 7: 249-253.
36. Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G., and Molla, M.N. 2005. Effects of inoculation of rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. *Korean J. Crop Sci.* 50: 256-261.
37. Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*, 17: 291-297.
38. Vamerali, T., Saccomani, M., Bona, S., Mosca, G., Guarise, M., and Ganis, A. 2003. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant Soil.* 225: 157-167.
39. Zahir, Z.A., Arshad, M., and Frankenberger Jr, W.T. 2004. Plant growth promoting Rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81: 97-168.
40. Zaidi, A., and Khan, M.S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. *Tur. J. Agri. Fores.* 30: 223-230.
41. Zhong, K., Zheng, X.L., Mao, X.Y., Lin, Z.T., and Jiang, G.B. 2012. Sugarcane bagasse derivative-based superabsorbent containing phosphate rock with water-fertilizer integration. *Carbohydrate Pol.* 90: 820-826.

