پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۶، صفحهٔ ۱۲۵-۱۰۹

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 2, 2017, p. 109-125
DOI: 10.22067/ijpr.v8i2.47392

بررسی اثر تلقیح بذور نخود با ریزوبیوم، میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمدجواد ارشدی[۱]، مهدی پارسا[۲]*، امیر لکزیان[۳] و محمد کافی[۴]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی و گروه پژوهشی بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی و گروه پژوهشی بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی تلقیح بذور ژنوتیپ‌های نخود با ریزوبیوم، میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی، آزمایشی به‌صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌اجرا در آمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای آرباسکولار *Glomus mosseae*، شبه‌میکوریزای داخلی *Piriformospora indica* و عدم مصرف قارچ) و فاکتور فرعی شامل ۹ژنوتیپ نخود بود. نتایج نشان داد که میکوریزا به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته گردید. لکن اثر سطوح میکوریزا بر روی صفات تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه معنی‌دار نشد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته به ژنوتیپ MCC537 اختصاص داشت و ژنوتیپ‌های MCC80، MCC537 و MCC392 مشترکاً به‌طور معنی‌داری بیشترین شاخص برداشت را از خود نشان دادند. بیشترین وزن هزاردانه نیز به ژنوتیپ MCC392 اختصاص داشت، اما از نظر تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. در بررسی اثرات متقابل میکوریزا و ژنوتیپ‌های نخود ملاحظه گردید که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترکیب میکوریزا همراه با ژنوتیپ MCC537 و بیشترین شاخص برداشت به ترکیب میکوریزا و ژنوتیپ MCC80 تعلق داشت.

واژه‌های کلیدی: شبه‌میکوریزای داخلی، میکوریزای آرباسکولار، نخود و همزیستی سه‌گانه

مقدمه

در بین حبوبات، نخود دومین محصول جهانی است که در ۴۸کشور جهان با سطحی بیش از ۱۰/۷میلیون هکتار و تولیدی بیش از هشت میلیون تن با درصد پروتئین بالا (۲۲-۲۴درصد) کشت می‌شود (FAO, 2009). در ایران، نخود در بین حبوبات بیشترین سطح زیرکشت (۶۴۱۰۰۰هکتار) را به‌خود اختصاص داده است. این درحالی است که میانگین عملکرد نخود آبی و دیم کشور به‌ترتیب در حدود ۱۰۰۰ و ۵۰۰کیلوگرم در هکتار بوده (Alimadadi *et al.*, 2005) و از نظر عملکرد (۴۰۰کیلوگرم در هکتار) در میان ۴۸کشور تولیدکننده این محصول، به‌همراه کشور تانزانیا آخرین رتبه را دارا می‌باشد (Ganjeali *et al.*, 2005). از طرف دیگر، وجود بیش از ۲۰هزار ژنوتیپ مختلف نخود در مراکز تحقیقاتی ایکاردا[۲] و ایکریست[۳] (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2005) لزوم طراحی برنامهٔ گزینشی با کارآیی مناسب جهت به‌گزینی برای شرایط محیطی مختلف را ضروری جلوه می‌دهد.

یکی از عواملی که احتمالاً بتواند در افزایش عملکرد گیاه نخود مؤثر باشد، همزیستی آن با قارچ میکوریزا است. قارچ‌های میکوریزا به‌واسطهٔ تحریک توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه می‌توانند در افزایش جذب مواد غذایی آن مؤثر باشند. ضمن آن‌که قارچ‌های میکوریزا در تأمین زیستی فسفر برای گیاه نقش به سزایی دارند. از بین آن‌ها، میکوریزاهای داخلی (یا وزیکولار-آرباسکولارها) که به‌اختصار به VAMها[۴] شهرت یافته‌اند، در

* **نویسنده مسئول:** تلفن همراه: ۰۹۱۵۵۱۷۴۱۹۵، parsa@um.ac.ir

[۲] Icarda
[۳] Icrisat
[۴] Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

برقراری همزیستی با ریشه گیاهان زراعی از جمله لگوم‌ها موفق تر بوده‌اند، چراکه آن‌ها نیز با دریافت کربن تثبیت‌شدهٔ فتوسنتزی، عناصر غذایی را به فرم قابل‌جذب برای گیاه در می آورند (Koocheki *et al.*, 2005; Shrimant Shridhar, 2005). همچنین قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم، قبل از این که هریک با گیاه میزبان، همزیستی ایجاد کنند، در محیط ریزوسفری گیاه میزبان مستقیماً بر روی هم تأثیر می‌گذارند (Ford Denison & Toby Kiers, 2011). ایجاد کلونی در ریشه‌ها توسط قارچ میکوریزا شرایط را برای گره‌زایی ریزوبیوم مساعد می‌کند. به‌عبارت دیگر میکوریزاها هم در ایجاد شرایط مساعد برای تولید گره‌های ریزوبیومی بر روی ریشه و هم در فراهمی بیشتر فسفر برای آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های ریزوبیوم نقش دارند. در مقابل، ریزوبیوم‌ها در جذب بهتر نیتروژن و به‌دنبال آن سنتز بیشتر اسیدهای آمینه و فراهمی اسیدهای آمینه موردنیاز میکوریزاها نقش دارند. البته تمام اجزای این سیستم همزیستی سه‌گانه، بایستی در حد مطلوب خود عمل نمایند. چراکه مشارکت ریزوبیوم‌ها و قارچ‌های میکوریزا تقریباً همیشه وجود دارند، اما ممکن است الزاماً بهترین ترکیب اجزای همزیستی فراهم نباشد (Koocheki *et al.*, 2005; Ford Denison & Toby Kiers, 2011; Diouf *et al.*, 2003).

مطالعات نشان داده‌اند که VAMها (که جدیداً به AMFها[1] نام‌گذاری شده‌اند) عموماً از گروه زیگومایست‌ها هستند (Asadi Rahmani *et al.*, 2007; Sing *et al.*, 2000). اما اخیراً یک گونهٔ جدید از بازیدیومایست‌ها با نام *Piriformospora indica* شناسایی شده که همانند AMFها عمل کرده و اندوفیت می‌باشد و برخلاف سایر همگروه‌های خود، به داخل ریشه گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند (Verma *et al.*, 1998). به‌همین‌دلیل اصطلاحاً به آن شبه‌میکوریزای داخلی نیز می‌گویند. مزیت اصلی سویهٔ *P. indica* آن است که بر خلاف AMFها، یک همزیست اختیاری بوده و به‌راحتی در محیط آزمایشگاه تکثیر می‌شود و قابلیت کشت در محیط‌های مصنوعی را دارد (Verma *et al.*, 1998; Kari Dolatabadi & Mohammadi Goltapeh, 2010). لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود با قارچ‌های AMF و شبه‌میکوریزای داخلی و ارزیابی تأثیر آن بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپیلت پلات (کرت‌های خُردشده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌اجرا در آمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای AMF *Glomus mosseae*، شبه‌میکوریزای داخلی *Piriformospora indica* و عدم مصرف قارچ) و فاکتور فرعی شامل ۹ژنوتیپ نخود با پتانسیل عملکرد بالا بود. این ژنوتیپ‌ها طی مطالعات انجام‌شده بر روی ژرم‌پلاسم متعلق به بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، گزینش و معرفی شده‌اند (جدول ۱). قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰سانتی‌متری، نمونه‌برداری و مقادیرpH ، درصد ماده آلی، EC، عناصر ماکرو (N، P و K) و عناصر میکرو (Fe،Zn ، Cu، و Mn) و همچنین نوع بافت خاک تعیین شدند (جدول ۲). بافت خاک محل آزمایش از نوع سیلت لومی بود. بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک مقدار عناصر فسفر و پتاسیم خاک در حد متعادل قرار داشت و نیازی به مصرف کودهای فسفره و پتاسه نبود. لکن، قبل از کاشت، ۴۰کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌عنوان استارتر و ۲۰تن در هکتار کود دامی جهت افزایش کربن آلی خاک استفاده شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته، کاشت در تاریخ ۲۰ اسفندماه سال ۱۳۹۲ در وسط پشته انجام گردید. فاصلهٔ روی ردیف ۱۰سانتی‌متر و فاصلهٔ بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت پنج ردیف منظور شد که دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه بودند. طول کرت‌ها ۷/۵متر بود و در هر ردیف ۷۵عدد بذر به‌صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متر کشت گردید. بذور ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیمِ پنج درصد، ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جهت آلوده‌کردن بذور به باکتری ریزوبیوم همزیست نخود[2]، مایه تلقیح تجاری این باکتری از شرکت زیست‌فناوری مهر آسیای تهران تهیه شد و مطابق با روش توصیه‌شده توسط این شرکت، به‌صورت بذرمال، به‌طور یکسان برای کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت (Izadi darbandi & Akram, 2010). به‌منظور آلوده کردن خاک مزرعه به قارچ *Glomus mosseae*، این قارچ از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک همدان تهیه و مطابق با روش توصیه‌شده توسط این شرکت، قبل از کاشت بذور، در تیمارهای مورد نظر ۳۰گرم از خاک آلوده به میسیلیوم قارچ مذکور (در هر گرم خاک ۱۲۰عدد اسپور وجود داشت) در محل قرارگیری بذر بر روی پشته ریخته شد (Kamaei, 2014) و جهت تلقیح بذور نخود به قارچ *Piriformospora indica* ، بذور جوانه‌زدهٔ

[1] Arbuscular Mycorrhizal Fungi

[2] *Mesorhizobium ciceri*

دو روزهٔ نخود در محیط مایهٔ حاوی این قارچ، غوطه‌ور شده و سپس مورد کشت قرار گرفتند (Harrach, 2009).

محیط کشت قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا جهت تکثیر، شامل ۱۲/۵میلی‌لیتر عناصر ماکرو ($NaNO_3$ 120 g/l; KCl 10.4 g/l; $MgSO_4.7H_2O$ 10.4 g/l; KH_2PO_4 30.4 g/l)، ۰/۶۲۵ میلی‌لیتر عناصر میکرو ($ZnSO_4.7H_2O$ 22.0 g/l; H_3BO_3 11.0 g/l; $MnCl_2.4H_2O$ 5.0 g/l; $FeSO_4.7H_2O$ 5.0 g/l)، پنج گرم گلوکز، ۰/۷۵گرم پپتون، ۰/۲۵گرم عصاره مخمر، ۰/۲۵میلی‌لیتر$CaCl_2$ ۲مولار و ۱/۷۵گرم آگار بود که این مواد، با آب‌مقطر به حجم یک لیتر رسانیده شدند.pH محیط کشت با استفاده از KOH به ۶/۵ رسید و سپس جهت استریل‌شدن به‌مدت یک ساعت اتوکلاو گردید. در ادامه، محیط کشت، درون حمام آب‌گرم قرار داده شد و پس از کم‌شدن دما، با استفاده از میکروفیلتر، ۰/۲۵میلی‌لیتر ویتأمین (0.05g/l بیوتین، 0.25g/l ریبوفلاوین و 0.01g/l پیروکسین) به آن اضافه گردید. در انتها داخل هر پتری‌دیش، ۲۰میلی‌لیتر از محیط کشتِ حاضر، ریخته و پتری‌دیش‌ها به‌مدت یک شبانه روز بدون حرکت کنار گذاشته شدند. پس از آماده‌شدن محیط کشت جامد، قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بر روی پلیت‌ها تلقیح و پتری‌ها جهت رشد و تکثیر قارچ به گرم‌خانه منتقل شدند (Kumar *et al.*, 2011; Namvar, 2014).

در طول فصل رشد، سه‌مرتبه عملیات وجین در تاریخ‌های ۱۷ و ۲۳اردیبهشت ماه و چهار خردادماه و ۲مرتبه عملیات سم پاشی با سم دیازینون جهت مبارزه با کرم هلیوتیس با غلظت یک در هزار در تاریخ‌های ۲۴ و ۳۰اردیبهشت‌ماه به‌طور یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت پذیرفت. برای کلیهٔ تیمارها آبیاری در سه مرحلهٔ پس از کاشت، شروع گلدهی و غلاف‌دهی انجام گردید (هنگامی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت به گُل رفته بودند، شروع گلدهی و زمانی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت دارای غلاف شده بودند، شروع غلاف‌دهی تلقی گردید (IBPGR. ICRISAT. & ICARDA., 1993).

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Traits of chickpea genotypes used in experiment

کدشناسه دربانک بذر پژوهشکده گیاهی Identifying code in seed bank of plant Institute	منشا و نام ژنوتیپ Origin and name of genotype	منبع Reference
MCC[1] 80	ایران، ۵۳۱۱ – Iran, 5311	Ganjeali *et al.*, 2011(a)
MCC 358	ایران، رقم کرج – Iran, Karaj cultivar	Ganjeali & Bagheri, 2010
MCC 361	ایران، رقم جم - Iran, Jam cultivar	Ganjeali & Bagheri, 2010
MCC 392	ایران، توده بومی کرمانشاه - Iran, native lot of Kermanshah	Ganjeali *et al.*, 2011(a)
MCC 427	ایران، توده بومی بجنورد - Iran, native lot of Bojnurd	Ganjeali *et al.*, 2011(b)
MCC 537	ایران، توده بومی گناباد - Iran, native lot of Gonabad	Ganjeali *et al.*, 2011(a)
MCC 693	ایران - Iran	مذاکرات شخصی (پرسا، ح. ۱۳۹۳؛ مسئول بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد)
MCC 696	ایران - Iran	Abrishamchi *et al.*, 2012
MCC 950	ایران، رقم هاشم - Iran, Hashem cultivar	Mansoorifar *et al.*, 2012

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2. Traits of soil of experiment location

رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	ماده آلی (٪) OC (%)	منگنز (پی‌پی‌ام) Mn (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)	مس (پی‌پی‌ام) Cu (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	هدایت-الکتریکی (دسی زیمنس-برمتر) EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH
5.53	65.34	29.13	0.87	17.152	1.410	1.516	7.620	413	38	0.0861	4.26	7.29

[1] Mashhad Chickpea Collection

در انتهای دوره رشد، تعداد ۱۰بوته از هر کرت برداشت شد و پس از انتقال آن‌ها به آزمایشگاه صفات تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند (Ehyaee, 2010). در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه برداشت شده و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، ماده خشک بوته و عملکرد دانه به تفکیک اندازه‌گیری شده و بدین‌ترتیب شاخص برداشت محاسبه گردید. شایان ذکر است که ژنوتیپ MCC80 در تاریخ ۳۱خردادماه ۱۳۹۳، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC392 MCC361، MCC693، MCC696، MCC427 و MCC950 در تاریخ ششم تیرماه ۱۳۹۳ و ژنوتیپ MCC537 در تاریخ هشتم تیرماه ۱۳۹۳ آماده برداشت شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم گراف‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و MSTAT-C صورت پذیرفت. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

میکروارگانیسم تأثیر بسیار معنی‌داری ($p<0.01$) بر روی عملکرد دانه نخود داشت (جدول ۳). بدین‌ترتیب که در ترکیب تیماری ریزوبیوم و میکوریزا عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۲۴ و ۱۲/۴۸درصد افزایش داد. اما دو تیمار ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در مقایسه با دو تیمار دیگر در جذب آب و مواد غذایی برای گیاه نخود موفق‌تر عمل کرده است که این موضوع، خود افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تخصیص بهتر فراورده‌های فتوسنتزی به سمت دانه‌های نخود را به‌همراه دارد. Solaiman *et al,* (2005) نیز در تحقیقاتشان نتیجه گرفتند که کاربرد ریزوبیوم همراه با میکوریزای آرباسکولار برای گیاه نخود، به‌واسطهٔ افزایش وزن خشک گره در مقایسه با کاربرد تنهای ریزوبیوم می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه در سطح یک‌درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با تولید ۲۳۴۰کیلوگرم دانه در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد و پس از آن ژنوتیپ MCC427 با ۲۰۹۴ کیلوگرم دانه در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC696 و MCC950 نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، به‌ترتیب با تولید ۱۰۴۵، ۱۰۵۲، ۱۱۳۵ و ۱۰۸۷کیلوگرم دانه در هکتار پایین‌ترین عملکردها را از خود نشان دادند (شکل۲). تفاوت‌های موجود بین عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، به قابلیت‌های مختلف پتانسیل تولید این ژنوتیپ‌ها نسبت داده شد. Nezami *et al,* (2012) نیز در مطالعات خود بر روی ارزیابی بخشی از مجموعه ژرم‌پلاسم نخود بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای را از نظر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش کردند؛ به‌طوری‌که در تحقیقات آن‌ها عملکرد دانهٔ ۶۷درصد ژنوتیپ‌ها (۴۹ژنوتیپ) بیش از ۲۰۰۰کیلوگرم در هکتار و در ژنوتیپ، بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. این محققان استفاده از منابع ژنتیکی نخود در کارهای اصلاحی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های برتر نخود را توصیه نمودند.

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌ترتیب‌که ترکیب ژنوتیپ MCC537-مصرف ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا، با عملکرد دانهٔ ۲۷۳۰کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشترین عملکرد را از خود نشان داد (جدول ۴). به‌طور کلی تقریباً عملکرد کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. این نتایج، بازگوکنندهٔ موفقیت همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا و نیز نقش بهتر میکوریزا در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام‌های فتوسنتزی و مخازن نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر می‌باشند. در همین راستا، Zaidi *et al,* (2003) گزارش نمودند که استفاده از ریزوبیوم به‌همراه میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات و قارچ میکوریزای-آرباسکولار، باعث افزایش وزن خشک گره ریزوبیوم می‌شود که خود می‌تواند افزایش عملکرد دانهٔ نخود را به‌همراه داشته باشد.

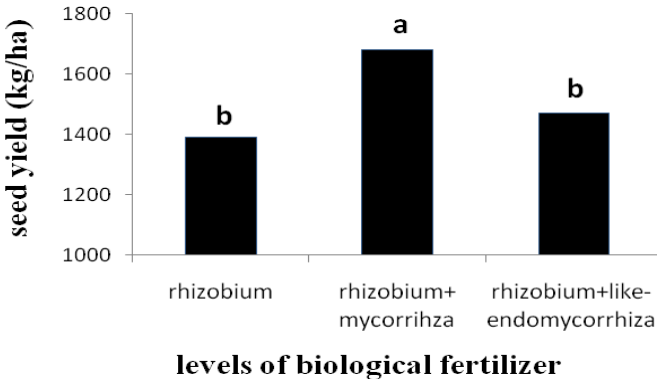
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه

Table 3. Analysis of variance for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	تعدادشاخه در بوته No. of branches per plant	تعدادغلاف در بوته No. of pods per plant	تعداددانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن هزار دانه Weight of 1000 seed	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	9236.764	0.111	0.605	0.346	409.086	45182.248	0.052
کود زیستی Biological fertilizer (A)	2	602275.90 **	0.259 ns	28.012 **	0.160 ns	48.457 ns	2894592.7 **	17.582 **
خطای الف E (a)	4	11537.389	1.037	0.309	0.346	312.790	7677.342	0.818
ژنوتیپ Genotype (B)	8	2313273.1 **	33.694 **	86.725 **	0.160 ns	19363.03 **	5833002.9 **	326.88 **
ژنوتیپ*کودزیستی A * B	16	72262.674 **	0.245 ns	8.401 ns	0.063 ns	45.221 ns	322594.32 **	15.135 **
خطای ب E (b)	48	15762.227	1.201	7.727	0.290	382.264	23121.252	1.360
کل Total	80	-	-	-	-	-	-	-
ضریب‌تغییرات (٪) CV (%)	-	8.29	11.08	11.04	39.66	8.38	3.21	3.68

**: معنی‌دار در سطح یک درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

**: significant in 1% level; ns: non-significant

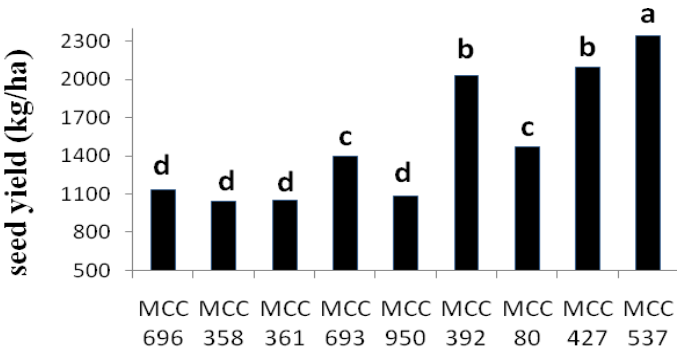


شکل ۱- اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد دانهٔ نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک‌درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 1. Effects of biological fertilizer on seed yield of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.



شکل ۲- اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانهٔ نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک‌درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. Effects of genotype on seed yield of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

جدول ۴- اثرات متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی صفات مورد مطالعه

Table 4. Intractions of Biological fertilizer and chickpea genotypes on studied traits

کود زیستی **Biological fertilizer**	ژنوتیپ (MCC) **Genotype**	عملکرددانه (کیلوگرم‌درهکتار) **Seed yield ($Kg\ ha^{-1}$)**	عملکردبیولوژیک (کیلوگرم‌درهکتار) **Biological yield ($Kg\ ha^{-1}$)**	شاخص‌برداشت (درصد) **HI (%)**
	696	1134 ijk	4340 ijkl	26.15 hi
	358	925 kl	4026 klmn	23.00 jk
	361	876 kl	3979 lmno	22.01 k
ریزوبیوم	693	1370 ghij	4530 hij	30.23 f
Rhizobium	950	790 l	4329 ijkl	25.17 hij
	392	1907 de	5132 ef	37.14 cd
	80	1488 gh	3837 no	38.77 abc
	427	1957 cde	5330 de	36.70 cd
	537	2085 bcde	5486 cde	37.99 bcd
	696	1187 hijk	4455 ij	26.64 gh
	358	1285 hij	4429 ij	28.96 fg
ریزوبیوم+	361	1185 hijk	4278 ijklm	27.71 fgh
میکوریزا	693	1431 ghi	4912 fg	29.10 fg
Rhizobium+	950	1124 ijk	4366 ijk	25.67 hij
Myccorihza	392	2352 b	5823 c	40.39 ab
	80	1615 fg	3947 mno	40.92 a
	427	2226 bc	6596 b	33.74 e
	537	2730 a	7180 a	38.02 bcd
	696	1085 jkl	4220 jklm	25.68 hij
ریزوبیوم+	358	924 kl	3925 mno	23.62 ijk
شبه‌میکوریزای	361	1094 jkl	3926 mno	27.87 fgh
داخلی	693	1375 ghij	4613 ghi	29.81 f
Rhizobium+	950	1347 ghij	4550 hij	29.60 f
Like - endo	392	1817 ef	4866 fgh	37.32 cd
myccorhiza	80	1302 hij	3650 o	35.66 de
	427	2099 bcde	5359 de	39.16 abc
	537	2203 bcd	5674 cd	38.82 abc

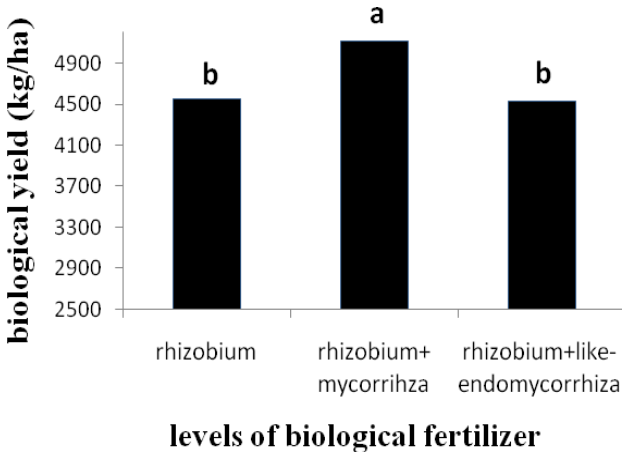
میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری درسطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

عملکرد بیولوژیک

اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌ترتیب که در ترکیب ریزوبیوم و میکوریزا عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب به‌میزان ۱۱/۸۸ و ۱۱/۳۳ درصد افزایش داد. لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده از تأثیر مثبت قارچ میکوریزا بر روی افزایش وزن خشک اندام هوایی، تأثیر آن بر عملکرد بیولوژیک نخود منطقی به‌نظر می‌رسد. به‌عبارت بهتر، چنین استنباط می‌شود که همزیستی میکوریزایی تأثیر بهتری بر جذب آب و موادغذایی و نیز فتوسنتز گیاه نخود داشته و این موضوع موجب افزایش بیوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک گیاه نخود گردیده است. این نتایج با یافته‌های Rezvani *et al*, (2009)، Darzi *et al*,(2008) و Gupta *et al*, (2002) که به‌ترتیب اثر میکوریزا را بر روی عملکرد بیولوژیک گیاهان یونجه، رازیانه و نعناع بررسی کردند، هماهنگ است.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد بیولوژیک آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با تولید ۶۱۱۳کیلوگرم ماده خشک در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص داد و پس از آن ژنوتیپ MCC427 با ۵۷۶۲کیلوگرم ماده خشک در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ MCC80 نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، با تولید ۳۸۱۱ کیلوگرم ماده خشک در هکتار پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک را از خود نشان داد (شکل ۴). نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف نخود، تفاوت‌های قابل‌توجهی از نظر پتانسیل تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک با یکدیگر دارند. علاوه‌بَراین، اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی عملکرد بیولوژیک آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌ترتیب که عملکرد بیولوژیک در ترکیب ژنوتیپ MCC537 همراه با مصرف کود ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول۴). به‌طور کلی تقریباً عملکرد بیولوژیک کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای بیولوژیک آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. به‌نظر می‌رسد که در سه رابطهٔ همزیستی مورد بررسی در این تحقیق (نخود+ریزوبیوم، نخود+ریزوبیوم+میکوریزا و نخود+ ریزوبیوم+شبه‌میکوریزای داخلی) رابطهٔ همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا موفق‌تر عمل کرده و میکوریزا نقش بهتری در تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام‌های فتوسنتزی نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر داشته است.

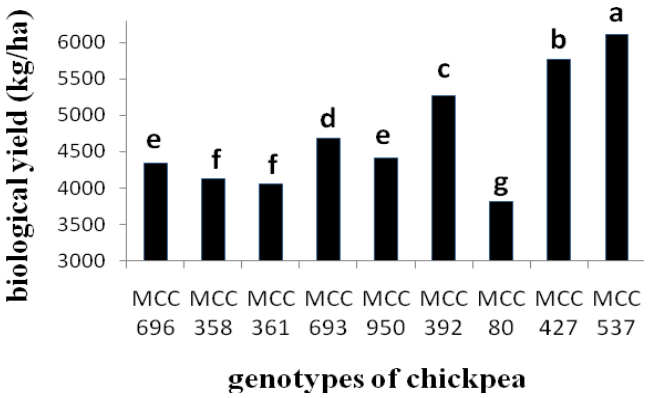


شکل ۳- اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 3. Effects of biological fertilizer on biological yield of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.



شکل ۴- اثر سطوح ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

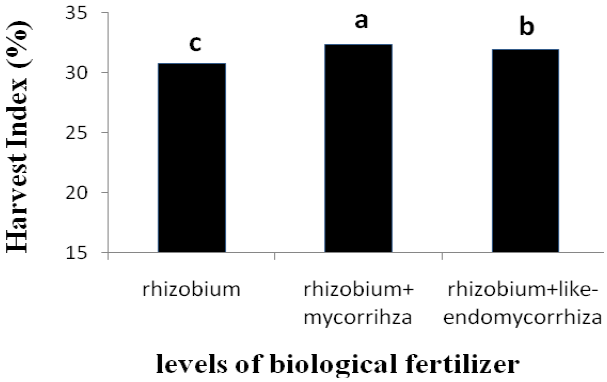
Fig. 4. Effects of genotype on biological yield of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

شاخص برداشت

اثر سطوح کود زیستی بر شاخص برداشت نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی شاخص برداشت را به‌ترتیب به‌میزان ۴/۷۹ و ۱/۲۴درصد افزایش داد. همچنین شاخص برداشت در تیمار ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی به‌طور معنی‌داری و به‌میزان ۳/۵۹درصد بیشتر از تیمار ریزوبیوم (به‌تنهایی) بود (شکل ۵). با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا، افزایش شاخص برداشت در این تیمار منطقی به‌نظر می‌رسد و از تفسیر نتایج این پژوهش، چنین استنباط می‌شود که همزیستی سه‌گانهٔ نخود، ریزوبیوم و میکوریزا، یک رابطهٔ مسالمت آمیزِ موفق بوده که می‌تواند در افزایش عملکرد و ارتقای سطح تولید نخود مؤثر باشد. توضیح دیگر این‌که در بررسی اثرات تیمارهای ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی بر روی عملکردهای دانه و بیولوژیک نخود، ملاحظه گردید که اختلاف معنی‌داری بین اثربخشی این تیمارها وجود ندارد و از این منظر، هر دو صفت، در یک کلاس آماری قرار می‌گیرند. لکن، نتایج مقایسات میانگین این صفات بر روی شاخص برداشت، نشان دهندهٔ برتری تیمار ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی بر تیمار ریزوبیوم (به‌تنهایی) بود. این موضوع مبین آن است که همزیستی سه‌گانهٔ نخود، ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی، تأثیر بهتری در توزیع فراورده‌های فتوسنتزی به سمت غلاف‌ها و دانه‌های در حال شکل‌گیری نخود دارد؛ هرچند که میزان اثربخشی آن به اندازهٔ تیمار ریزوبیوم و میکوریزا نمی‌باشد. Jamshidi *et al*, (2011) نیز در مطالعات خود بر روی بررسی اثر قارچ *Piriformospora indica* بر خصوصیات رشدی رازیانه، افزایش معنی‌دار شاخص برداشت را در گیاهان تحت این تیمار گزارش کردند.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر شاخص برداشت آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC80 با مقدار ۳۸/۴۵درصد، بیشترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. البته این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های MCC537 و MCC392 در یک گروه آماری قرار گرفت و پس از آن‌ها ژنوتیپ MCC427 با شاخص برداشت ۳۶/۵۳ در رتبه بعدی قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ MCC358 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، با مقدار ۲۵/۱۹درصد پایین‌ترین شاخص برداشت را از خود نشان داد. هرچند که این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های MCC537 و MCC392 اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۶). همچنین اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی شاخص برداشت آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌صورت که ترکیب ژنوتیپ MCC80-ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا بیشترین شاخص برداشت را نشان داد. هرچند که این تیمار با تیمارهای ژنوتیپ MCC392-ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا، ژنوتیپ MCC80-ریزوبیوم (به‌تنهایی)، ژنوتیپ MCC427-مصرف ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی و ژنوتیپ MCC537-ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که تولید ماده خشک کمتر و در عین حال کاهش ناچیز عملکرد دانه در ترکیب ژنوتیپ MCC80-ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا سبب افزایش نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک و به‌دنبال آن افزایش شاخص برداشت این تیمار شده است.

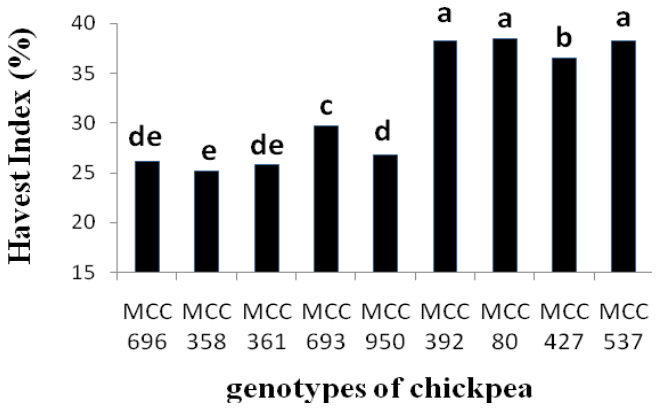


شکل ۵- اثر سطوح کود زیستی بر شاخص برداشت نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 5. Effects of biological fertilizer on harvest index of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.



شکل ۶- اثر سطوح ژنوتیپ بر شاخص برداشت نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 6. Effects of genotype on harvest index of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

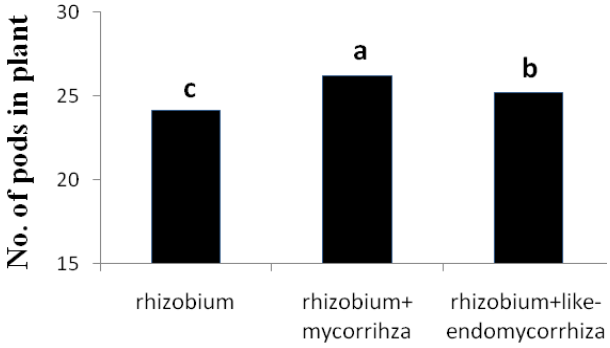
اجزای عملکرد

تعداد غلاف در بوته

اثر سطوح کود زیستی بر تعداد غلاف در بوتهٔ نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی تعداد غلاف در بوته را به‌ترتیب به‌میزان ۷/۷۸ و ۳/۸۱درصد افزایش داد. همچنین تعداد غلاف در بوته در تیمار ریزوبیوم به‌همراه شبه‌میکوریزای داخلی به‌طور معنی‌داری و به‌میزان ۴/۱۲درصد بیشتر از تیمار ریزوبیوم (به‌تنهایی) بود (شکل ۷).

در بین اجزای عملکرد نخود، صفت تعداد غلاف در بوته تنها جزئی بود که تحت تأثیر سطوح کود زیستی قرار گرفت و به‌نظر می‌رسد که این جزء در مقایسه با اجزای دیگر از انعطاف‌پذیری بالاتری در برابر نوسانات شرایط محیطی برخوردار باشد. گزارش‌های علمی حاکی از آن است که تأمین رطوبت و عناصر غذایی و عدم وجود پاتوژن‌ها مهم‌ترین عوامل در فراوانی تعداد غلاف‌ها و باروری دانه‌ها در نخود هستند (Ghalavand *et al.*, 2012). لذا چنین تفسیر می‌گردد که مصرف تلفیقی ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا می‌تواند به‌واسطهٔ تأمین مواد غذایی لازم برای واحدهای زایشی در شکل‌گیری تعداد بیشتر غلاف در بوته مؤثر باشد.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر تعداد غلاف در بوتهٔ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ MCC537 بیشترین و ژنوتیپ MCC358 کمترین تعداد غلاف در بوته را به‌خود اختصاص دادند. البته بین ژنوتیپ MCC537 با MCC427 و نیز بین ژنوتیپ MCC358 با ژنوتیپ‌های MCC696، MCC693، MCC361 و MCC392 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۸). تحقیقات نشان داده‌اند که در بین اجزای عملکرد نخود، صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته متغیرترین اجزای عملکرد هستند و شرایط محیطی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر روی آن‌ها دارند (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). در این پژوهش، ژنوتیپ MCC537 و پس از آن ژنوتیپ MCC427 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تعداد غلاف در بوتهٔ بیشتری را از خود نشان دادند و چنین برمی‌آید که این ژنوتیپ‌ها از پتانسیل بالاتری برای تولید تعداد غلاف در بوته برخوردار باشند.

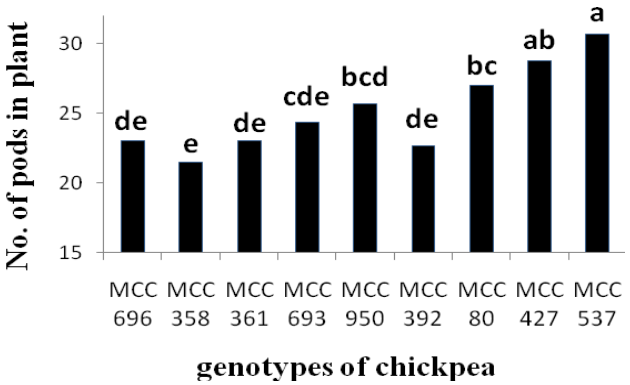


شکل ۷- اثر سطوح کود زیستی بر تعداد غلاف در بوتهٔ نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 7. Effects of biological fertilizer on No. of pods in plant of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.



شکل ۸- اثر ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوتهٔ نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

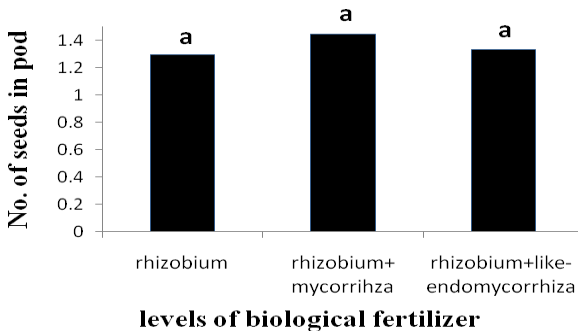
Fig. 8. Effects of genotype on No. of pods in plant of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

تعداد دانه در غلاف

اثر سطوح کود زیستی بر تعداد دانه در غلاف نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل ۹). همچنین اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نگردید (جدول ۳ و شکل ۱۰). علاوه‌بَر این، اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود نیز بر صفت تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد (جداول ۳ و ۴). به‌نظر می‌رسد که خصوصیت تعداد دانه در غلاف، کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی (مانند اثرات

همزیستی) قرار می‌گیرد یا لااقل این‌که ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از نظر صفت تعداد دانه در غلاف دارای تنوع ژنتیکی ظریفی هستند که تجزیه واریانس موفق به کشف آن نشده است. در مجموع، چنین استنباط می‌شود که ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی در این تحقیق از نظر تولید تعداد دانه در غلاف، پتانسیل‌های مشابهی با یکدیگر دارند. Farshadfar & Javadi (2012) در مطالعات خود ۱۹ژنوتیپ نخود را از نظر تحمل به خشکی بررسی کردند. آن‌ها نیز گزارش کردند که اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر روی تعداد دانه در غلاف نخود معنی‌دار نشد و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها نیز علی‌رغم معنی‌دار شدن، به‌گونه‌ای بود که ۱۸ژنوتیپ آن در یک کلاس آماری قرار گرفتند.

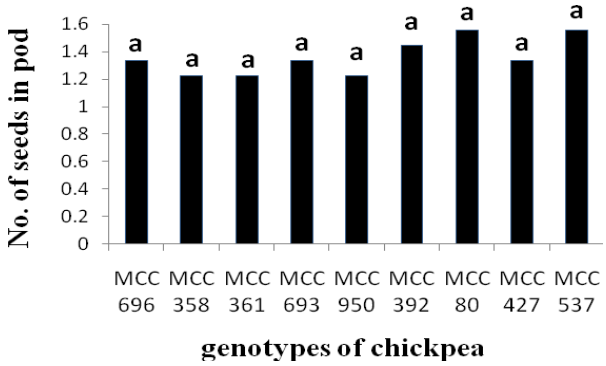


شکل ۹- اثر سطوح کود زیستی بر تعداد دانه در غلاف نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 9. Effects of biological fertilizer on No. of seeds in pod of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 5%.



شکل ۱۰- اثر ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف نخود

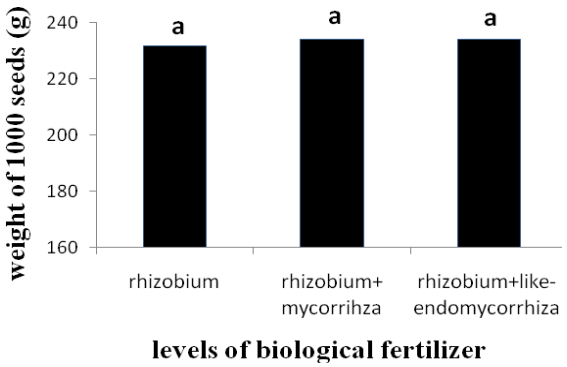
میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 10. Effects of genotype on No. of seeds in pod of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 5%.

وزن هزاردانه

اثر سطوح کود زیستی بر وزن هزار دانهٔ نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل ۱۱)، اما اثر ژنوتیپ‌های نخود بر وزن هزاردانهٔ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ MCC392 بود و کمترین وزن هزاردانه را نیز ژنوتیپ‌های MCC361 و MCC80 از خود نشان دادند (شکل ۱۲). با توجه به شکل۸ ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ MCC392 از نظر تعداد غلاف در بوته از ژنوتیپ‌هایی است که کمترین تعداد غلاف را تولید کرده است؛ اما همین ژنوتیپ بیشترین وزن هزاردانه را به‌خود اختصاص داده است و این پدیده سبب شده است تا این ژنوتیپ از نظر عملکرد در رتبه دوم قرار بگیرد. این موضوع بازگوکنندهٔ جبران‌پذیربودن اجزای عملکرد نخود بوده و مبین آن است که برای اصلاح ژنوتیپ‌های نخود و ارتقای عملکرد آن‌ها می‌توان از چنین خصوصیاتی کمک گرفت. در تحقیقات Farshadfar & Javadi Niya (2012) نیز ۱۹ ژنوتیپ نخود مورد ارزیابی قرار گرفت که در این بین، ژنوتیپ Flip-99-26C با ۳۹/۳گرم به‌طور معنی‌داری بیشترین وزن صد دانه را تولید کرد.

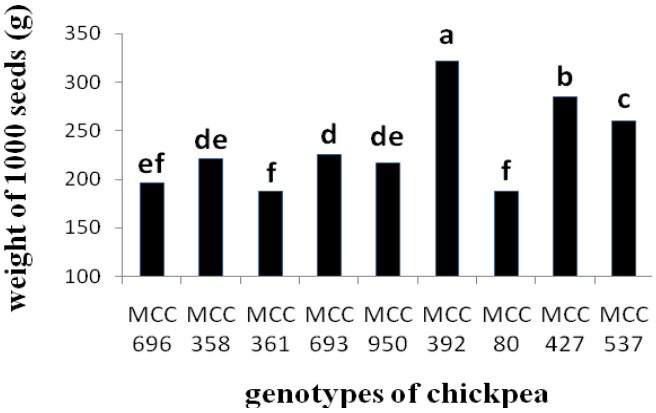


شکل ۱۱- اثر سطوح کود زیستی بر وزن هزاردانه نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 11. Effects of biological fertilizer on weight of 1000 seeds of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 5%.



شکل ۱۲- اثر ژنوتیپ بر وزن هزاردانه نخود

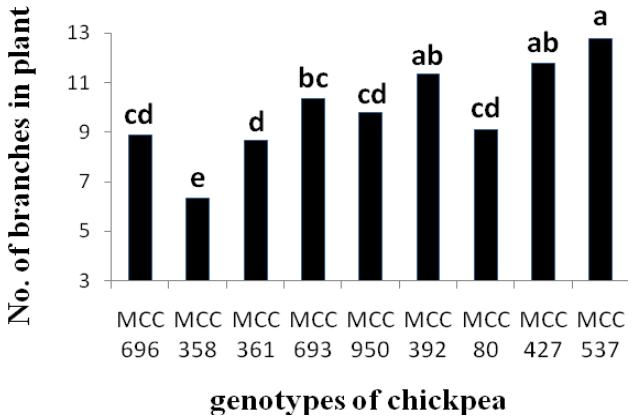
میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 12. 1000 seeds weight of chickpea genotypes

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

تعداد شاخه در بوته

اثر سطوح کود زیستی بر تعداد شاخه نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳)، اما اثر ژنوتیپ‌های نخود بر تعداد شاخه آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین‌صورت که بیشترین تعداد شاخه مربوط به ژنوتیپ MCC537 بود و کمترین تعداد شاخه را ژنوتیپ MCC358 از خود نشان داد. البته ژنوتیپ MCC537 با ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC392 از این منظر در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل۱۳). از آنجایی‌که نخود دارای تیپ رشدی نامحدود می‌باشد، لذا به‌نظر می‌رسد که وجود تعداد شاخه بیشتر در بوته که در زمان رشد زایشی نیز به رشد خود ادامه می‌دهند، می‌تواند منجر به شکل‌گیری تعداد غلاف بیشتر در بوته گردد. Sedaghat Khahi *et al*, (2012) نیز در مطالعات خود بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود گزارش کردند ۱۸درصد ژنوتیپ‌ها کمتر از پنج شاخه و ۱۵درصد ژنوتیپ‌ها بیش از ۹ شاخه در بوته داشتند. آن‌ها بیان نمودند ژنوتیپ‌هایی که از تعداد شاخه بیشتری برخوردار بودند، طول فصل رشد بیشتری هم داشتند و به‌همین جهت، برتری این ژنوتیپ‌ها را در تعداد شاخه بیشتر به داشتن طول دوره رشد بیشتر و استفاده بهتر از شرایط محیطی نسبت دادند.



شکل ۱۳- اثر ژنوتیپ بر تعداد شاخه در بوته نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 13. Effects of genotype on No. of beranches in plant of chickpea

Means that have a least common letter, have not significantly different together based on Multiple Range Test at 1%.

منابع

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological triats, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 17-30. (In Persian with Enlish Summary).
2. Alimadadi, A., Jansuz, M.R., Besharati, H., and Tavakol Afshari, R. 2010. Evaluate the effect of phosphate-solubilizing microorganisms, mycorrhiza and seed priming on nodulation in chickpea. Journal of Soil Research 24(1): 43-51. (In Persian with Enlish Summary).
3. Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G.R. 2007. Siol Biological Fertility. Publication of Jahad Daneshgahi. 311 pp. (In Persian).
4. Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences 10(1): 88-109. (In Persian with Enlish Summary).
5. Diouf, D., Diop, T.A., and Ndoye, I. 2003. Actinorhizal, mycorhizal and rhizobial symbioses: how much do we know? African Journal of Biotechnology 2(1): 1-7.
6. Ehyaee, H.R. 2010. Foliar application of methanol and irrigation of regims on two chickpea genotypes morphological characters in field and green house. MSc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with Enlish Summary).
7. FAO. 2004. Agricultural Production Year Book. Rome. Italy.
8. Farshadfar, A., and Javadi Niya, J. 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. Breeding Seed and Plant Journal 1-27(4): 517-537. (In Persian with Enlish Summary).
9. Ford Denison, R., and Toby Kiers, E. 2011. Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi, a review. Current Biology 21(18): 775-785.
10. Ghalavand, A., Mohammadi, Kh., Aghaalikhani, M., Sohrabi, Y., and Heydari, Gh. 2012. Effects of different organic and biological fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 94: 41-49. (In Persian with Enlish Summary).
11. Ganjeali, A., and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of root morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 101-110. (In Persian with Enlish Summary).
12. Ganjeali, A., Joveynipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011b. Sellection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) in Neyshabour region. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 27-38. (In Persian with Enlish Summary).

13. Ganjeali, A., Kafi, M., Bagheri, A.R., and Sharyari, F. 2005. Sellection for drought tolerance in chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 103-122. (In Persian with Enlish Summary).
14. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011a. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80. (In Persian with Enlish Summary).
15. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* 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 Technology 81: 77-79.
16. Harrach, B.D. 2009. Abiotic and biotic stress effects on barley and tobacco plants. Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest.
17. IBPGR. ICRISAT and ICARDA. 1993. Description for Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Printed by ICRISAT.
18. Izadi Darbandi, A., and Akram, L. 2012. Investigate the effect of Pyridate, bentazon and Imazethapyr herbicide on growth, nodulation and biological nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 94-105. (In Persian with Enlish Summary).
19. Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sephidkon, F., and Mohamadi Galtapeh, E. 2011. Effects of different nutrition systems (organic, chemical, biological and integrated) and fungi *Piriformospora indica* on yield and concentration of elements in shoot and grain of fennel (*Foeniculum valgare mill*). Environmental Sciences 8(40): 50-72. (In Persian with Enlish Summary).
20. Kamaei, R. 2014. Effects of plant species and biological, chemical fertilizers and manure on mycorrhiza infectivness under greenhouse conditions. MSc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with Enlish Summary).
21. Kari Dolatabadi, H., and Mohamadi Galtapeh, E. 2010. In vivo biological activity of *Piriformospora indica*, *Sebacina vermifera* and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. Plant Protection Journal 2(2): 127-143. (In Persian with Enlish Summary).
22. Koocheki, A., Zand, A., Banayan, M., Rezvani Moghadam, P., Mahdavi Damghani, A., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S. 2005. Plant Eco-Physiology. Vol. 2. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
23. Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V.S. 2011. High-density spore production of *Piriformospora indica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bioresource Technology 102: 3169-3175.
24. Mansoorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 101-110. (In Persian with Enlish Summary).
25. Namvar, P. 2014. Evaluation of effects of *Piriformospora indica* on nitrogen and phosphorus uptake in corn. MSc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with Enlish Summary).
26. Nazami, A., Pouramir, F., Momeni, S., Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2012. Evaluation of a subset of chickpea germplasm collection of the Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank, Kabuli type chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 17-30. (In Persian with Enlish Summary).
27. Rezvami, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Noor Mohamadi, Gh., Zafariyan, F., and Teymuri, S. 2009. The effect of different strains of mycorrhizal fungi on root characteristics and concentrations of phosphorus, potassium, iron, zinc on Alfalfa (*Medicagi sativa* L.). Journal of Modern Knowledge of Agriculture 5(15): 55-67. (In Persian with Enlish Summary).
28. Sedaghat Khahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2012. Evaluation of the morphological and phenoological characteristics of cold tolerance chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype at Entezary sowing in Mashhad condition. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 41-52. (In Persian with Enlish Summary).
29. Shrimant Shridhar, B. 2012. Review: nitrogen fixing microorganisms. International Journal of Microbiological Research 3(1): 46-52.
30. Singh. D.N., Massod Ali, R.I., and Basu, P.S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000. Hamburg Germany.
31. Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G., and Moll, M.N. 2005. Effects of inoculation of Rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science 50: 256-261.

32. Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J. 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological triats and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 31-44. (In Persian with Enlish Summary).
33. Verma, S., Varma, A., Rexer, K., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, P. 1998. *Piriformospora indica*, gen: A new root-colonizing fungus. Mycologia 95: 896-903.
34. Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. 2003. Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.
35. Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A.R., and Vesal, S. 2011. Selective method for low temperature tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). First National Conference of Pulses. (In Persian with Enlish Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 2, 2017, p. 109-125

Evaluation of the effect of chickpea seeds inoculation with rhizobium, arbuscular mycorhiza and like-endo mycorhiza on yield and yield components of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.)

Arshadi[1], M.J., Parsa[2*], M., Lakzian[3], A. & Kafi[4], M.

1. Ph.D Student of Crop Physiology, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 08 June 2015
Accepted: 01 May 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v8i2.47392

Introduction

In Iran, among pluses, chickpea has been allocated the most area under cultivation. However, the yield average of water and dry chickpea is 1000 and 500 kg per hectare, respectively and among the producer countries of this product, the yield average is low. One of the factors which could be effective in increasing yield of chickpea is its symbiosis with the mycorrhizal fungi. Mycorrhizal fungi because of stimulating the development of the root system of plants can affect food absorption. In addition to, mycorrhizal fungi specially provide biological phosphorus absorption for plants involved. Among them, the endo myccorihza (or Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) that abbreviated VAM, in creation of symbiosis with the roots of chickpea have been more successful. The mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria before create symbiosis with host plant, directly affect the overlay in rhizosphere environment of host plant. Studies have shown that the VAM_s (which are newly named AMF[1]) are generally belong to *Zigomaycota* groups and ecto-myccorihza are mainly to *Basidiomaycota*. However recently a new species of *Basidiomaycota* has been identified with name of *Piriformospora indica* that acts as AMF and is an entophyte fungus. That is why it is called to be like-endo myccorihza. However, the Triplet symbiosis of chickpea, mycorrhiza and rhizobium and also chickpea genotypes response to this symbiosis should be examined.

Materials & Methods

In order to investigate the inolulation of kabuli seeds of chickpea genotypes with arbuscular mycorrhiza and like-endo mycorhiza, an experiment was conducted in 2014, in split plot by arrangement of two - factors with a randomized complete block design and three replications in research field at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Main plots were consisted of three levels of mycorhiza (arbuscular mycorhiza of *Glomus mosseae*, like-endo mycorhiza of *Piriformospora indica* and non - used mycorhiza) and sub plots were consisted of nine genotypes of chickpea: MCC 80, MCC 358, MCC 361, MCC 392, MCC 427, MCC 537, MCC 693, MCC 696 and MCC 950. (These genotypes had good yield potentials and selection and presented in the studies on germplasm from the Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad seed bank). All seeds of genotypes were infected to the symbiotic rhizobium bacteria of chickpea.

***Corresponding Author:** parsa@um.ac.ir, Mobile: 09155174195

[1] Arbuscular Mycorrhizal Fungi

Results & Discussion

The results indicated that mycorrhiza significantly increased seed and biological yield, harvest index and number of pods per plant. The effect of mycorrhiza was not significant on number of seeds in pod and weight of 1000 seeds. Among the genotypes in this study, the highest seed and biological yield and number of pods per plant was dedicated to genotype MCC 537. Genotypes MCC 80, MCC 537 and MCC 392 showed highest harvest index significantly. The highest weight of 1000 seeds was assigned to the genotype of MCC 392. There was not significant differences between genotypes due to the number of seeds per pod. In the study the interactions effects was observed between mycorrhizal and chickpea genotypes that the highest seed and biological yield belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza-MCC 537 genotype and the highest harvest index belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza-MCC 80 genotype.

Conclusion

Application of dual inoculation of mycorrhiza and rhizobium could improve the uptake of yield and yield components in chickpea genotypes. Application of like-endo mycorrhiza had not significant effect on seed production and yield components on chickpea. In a general conclusion, among the studied genotypes, MCC 537 and MCC 427 were better than the others.

Key words: Arbuscular mycorhiza, Chickpea, Like-endo mycorhiza, Triplet symbiosis