نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۵۳۵-۵۲۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 522-535

اثر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد و جذب عناصر ماکرو و میکرو در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمد جواد ارشدی[۱]- مهدی پارسا[۲*]- امیر لکزیان[۳]- محمد کافی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۲

چکیده

بهبود جذب عناصر غذایی با راهکارهای بیولوژیک، ضمن کمک به تحقق کشاورزی پایدار سبب افزایش و یا ثبات عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های تیپ کابلی نخود با میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد گیاه به‌صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای آرباسکولار *Glomus mosseae*، شبه‌میکوریزای داخلی *Piriformosporaindica* و عدم مصرف قارچ) و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود (MCC80، MCC358، MCC361، MCC392، MCC427، MCC537، MCC693، MCC696 و MCC950) بود. در این مطالعه صفات عملکرد دانه و میزان عناصر ماکرو و میکرو و پروتئین بافت‌های گیاهی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میکوریزای آرباسکولار به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه (به میزان ۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) گردید. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ MCC537 اختصاص داشت. میکوریزای آرباسکولار به‌طور معنی‌داری سبب بهبود جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز گردید. در حالی‌که سطوح میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر روی جذب عناصر مس و روی نداشت. ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC80 و MCC392 به‌طور معنی‌داری در جذب عناصر ماکرو موفق‌تر بودند. اما از نظر جذب عناصر میکرو اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های نخود وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، عناصر غذایی، کود زیستی

مقدمه

کشاورزی که در قرن گذشته صرفاً بر تولید بیشتر محصول متمرکز بود، امروزه علاوه بر عملکرد، اهداف زیست محیطی و اکولوژیکی دیگری را نیز دنبال می‌کند. مواردی همچون پی‌آمدهای روش مدیریت سیستم زراعی، عواقب زیست محیطی مصرف نهاده‌ها، کیفیت محصول تولید شده، کارایی استفاده از نهاده‌ها و به‌طورکلی پایداری نظام تولید از جمله مهمترین این اهداف می‌باشند (Dobermann and Cassman, 2004; Singh, 2005). در راستای تحقق اهداف فوق، ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به کودهای زیستی مسئله‌ای است که متخصصین این امر را به خود وا داشته و تحقیقات انجام شده در طی چند دهه‌ی گذشته منجر به ارائه رهیافت‌هایی کاربردی با تأکید بر اکوفیزیولوژی جذب و توزیع عناصر غذایی در گیاهان زراعی شده است (Lemaire and Gastal, 1997 and 2009). استفاده از کودهای زیستی ازجمله راهکارهای بهبود تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار می‌باشد. در بین ریزجانداران مختلف خاکزی، باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزای داخلی (VAMها[5]) بیش از سایر جانداران نظر محققین را به خود جلب کرده‌اند. باکتری‌های ریزوبیوم، نیتروژن هوا را به فرم قابل استفاده

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: parsa@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.45182

5- Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

برای گیاه در آورده و قارچ‌های میکوریزا در تأمین زیستی عناصر غذایی خصوصاً فسفر برای گیاه نقش به‌سزایی دارند. بر این اساس، به نظر می‌رسد که در صورت برقراری یک رابطه‌ی موفق همزیستی سه‌گانه بین باکتریِ ریزوبیوم، قارچِ میکوریزا و گیاه می‌توان گام مثبتی را در راستای ارتقای تولید محصولات زراعی، با رویکرد حفظ محیط زیست برداشت. چرا که ایجاد کلونی در ریشه‌ها توسط قارچ میکوریزا شرایط را برای گره‌زایی ریزوبیوم مساعد کرده و میکوریزاها هم در ایجاد شرایط مساعد برای تولید گره‌های ریزوبیومی بر روی ریشه و در فراهمی بیشتر فسفر برای آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های ریزوبیوم نقش دارند. همچنین، ریزوبیوم‌ها در جذب بهتر نیتروژن و به دنبال آن سنتز بیشتر اسیدهای آمینه و فراهمی اسیدهای آمینه مورد نیاز میکوریزاها تأثیرگذارند (Diouf *et al*., 2003; Koochaki *et al*., 2005). البته در برخی از آزمایشات، کاربرد تنهای قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار تأثیر چندانی در بهبود رشد و عملکرد نخود نداشته است (Solaiman *et al*., 2005)، اما در برخی تحقیقات دیگر، به‌کارگیری میکوریزا به‌واسطه‌ی بهبود گره‌زایی ریزوبیوم سبب ارتقای جذب عناصر غذایی و عملکرد نخود شده است (El-Ghandour and Galal, 2002). مطالعات نشان داده‌اند VAMها (که جدیداً به AMFها[1] نامگذاری شده‌اند) عموماً از گروه زیگومایست‌ها بوده و قارچ‌های اکتومیکوریزا عمدتاً جزء گروه بازیدیومایست‌ها هستند (AsadiRahmani *et al*., 2007; Singh *et al*., 2000). اما اخیراً (۱۹۹۸) یک گونه‌ی جدید از بازیدیومایست‌ها با نام *Piriformosporaindica* شناسایی شده که همانند AMFها عمل کرده و اندوفیت می‌باشد و برخلاف سایر هم‌گروه‌های خود، به داخل ریشه گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند (Verma, 1998)؛ مزیت اصلی سویه‌ی *P. indica* آن است که برخلاف AMFها، یک همزیست اختیاری بوده و به‌راحتی در محیط آزمایشگاه تکثیر می‌شود و قابلیت کشت در محیط‌های مصنوعی را دارد (Kari Dolatabadi and MohamadiGoltapeh, 2010; Verma, 1998).

لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری ریزوبیوم، قارچ‌های AMF و شبه‌میکوریزای داخلی بر روی عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو در ۹ ژنوتیپ گیاه نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۳ -۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپیلت پلات (کرت‌های خرد شده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای AMF*Glomus mosseae*، شبه‌میکوریزای داخلی *Piriformosporaindica* و عدم مصرف قارچ) و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود با پتانسیل عملکرد بالا بود. (این ژنوتیپ‌ها طی مطالعات انجام شده 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 ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌برداری شده و صفاتpH، درصد ماده آلی، EC، بافت خاک، مقدار عناصر ماکرو (N، P و K) و مقدار عناصر میکرو (Fe، Zn، Cu و Mn) 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، ۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌عنوان استارتر و ۲۰ تن 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 بیستم اسفند ماه سال ۱۳۹۲ در وسط پشته انجام گردید. فاصله‌ی روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت پنج ردیف منظور شد که دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه بودند. طول کرت‌ها ۷/۵ متر و تراکم بوته برای هر کرت ۳۷۵ بوته بود که در عمق پنج سانتی‌متر کشت شدند. بذور ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیمِ پنج درصد، ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جهت آلوده کردن بذور به باکتری ریزوبیوم همزیست نخود (*Mesorhizobiumciceri*)، مایه تلقیح تجاری این باکتری از شرکت زیست فناوری مهر آسیای تهران تهیه شد و مطابق با روش توصیه شده توسط این شرکت، به‌صورت بذرمال، به‌طور یکسان برای کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت (Izadi Darbandi and Akram, 2012). به‌منظور آلوده کردن خاک مزرعه به قارچ *mosseaeGlomus*، این قارچ از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک همدان تهیه شد و مطابق با روش توصیه شده توسط این شرکت، قبل از کاشت بذور، در تیمارهای مورد نظر ۳۰ گرم از خاک آلوده به میسیلیوم قارچ مذکور در محل قرارگیری بذر بر روی پشته ریخته شد (Kamaei, 2014) و به‌منظور آلوده کردن خاک مزرعه به قارچ *Piriformosporaindica*، بذور جوانه زده‌ی دو روزه‌ی نخود در محیط مایه‌ی حاوی این قارچ، غوطه‌ور شده و سپس مورد کشت قرار گرفتند (Harrach, 2009).

محیط کشت قارچ *Piriformosporaindica* شامل ۱۲/۵ میلی‌لیتر 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)، ۵ گرم گلوکز، ۰/۷۵ گرم پپتون، ۰/۲۵ گرم عصاره مخمر، ۰/۲۵ میلی‌لیتر $CaCl_2$ دو

1- Arbuscular Mycorrhizal Fungi

مولار و ۱/۷۵ گرم آگار بود که این مواد، با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شدند. محیط کشت جهت استریل شدن به مدت یک ساعت اتوکلاو و pH آن با استفاده از KOH در عدد ۶/۵ تنظیم گردید. در ادامه، محیط کشت، درون حمام آب گرم قرار داده شد و پس از کم شدن دما، با استفاده از میکروفیلتر، ۰/۲۵ میلی‌لیتر ویتامین (g/l0.05 بیوتین، g/l0.25 ریبوفلاوین و g/l0.01 پیروکسین) به آن اضافه گردید. در انتها در زیر هود، داخل هر پتری‌دیش، ۲۰ میلی‌لیتر از محیط کشتِ تهیه شده، ریخته شد و پتری‌دیش‌ها به مدت یک شبانه‌روز بدون حرکت کنار گذاشته شدند. پس از آماده شدن محیط کشت جامد، قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بر روی پلیت‌ها تلقیح گردید و پتری‌ها جهت رشد و تکثیر قارچ به گرم‌خانه منتقل شدند (Namvar, 2014; Kumar *et al*., 2011).

در طول فصل رشد، سه مرتبه عملیات وجین در تاریخ‌های ۱۷ و ۲۳ اردیبهشت ماه و ۴ خردادماه و دو مرتبه عملیات سمپاشی با سم دیازینون جهت مبارزه با کرم هلیوتیس با غلظت یک در هزار در تاریخ‌های ۲۴ و ۳۰ اردیبهشت ماه به‌طور یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت پذیرفت. برای کلیه‌ی تیمارها آبیاری در سه مرحله‌ی پس از کاشت، شروع گلدهی و غلاف‌دهی انجام گردید (هنگامی‌که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت به گل رفته بودند، شروع گلدهی و زمانی‌که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت دارای غلاف شده بودند، شروع غلاف‌دهی تلقی گردید (IBPGR, 1993)).

جهت تعیین عناصر جذب شده توسط گیاه، در زمان ۵۰ درصد گلدهی (Talebi *et al*., 2013)، اندام‌های هوایی سه بوته از نزدیک سطح خاک قطع شده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار گرفتند. سپس اندام‌های خشک شده، توسط آسیاب خرد گردیده و به قطعات کوچکتر از یک میلی‌متر تبدیل شدند. برای تعیین میزان نیتروژن از دستگاه کجلدال (Bremnern and Mulvaney, 1982)، میزان فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر (Olsen and Sommers, 1982)، میزان پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و مقدار عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز از دستگاه جذب اتمی استفاده شد. در اواسط گلدهی میزان کلروفیل برگ‌ها به‌وسیله‌ی دستگاه SPAD مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Traits of used chickpea genotypes in experiment

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

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2- Traits of soil of experiment location

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	نیتروژن N (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	آهن Fe (ppm)	مس Cu (ppm)	روی Zn (ppm)	منگنز Mn (ppm)	ماده آلی OC (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
7.29	4.26	861	38	413	7.620	1.516	1.410	17.152	0.87	29.13	65.34	5.53

1- Mashhad Chickpea Collection

بدین ترتیب که قرائت‌گیری از سه بوته در هر کرت انجام گردیده و برای قرائت‌گیری با دستگاه کلروفیل‌متر، از برگچه‌ی نوک در اولین برگ کاملاً توسعه‌یافته از قسمت بالای ساقه استفاده شده و به‌ازای هر گیاه فقط یک قرائت‌گیری انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شدند. 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، عملکرد دانه آنها محاسبه گردید. شایان ذکر است که ژنوتیپ MCC80 در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۳، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC392، 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 شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL 2007 و MSTAT-C صورت پذیرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد دانه‌ی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا عملکرد دانه (به میزان ۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی عملکرد دانه را به‌ترتیب به میزان ۱۷/۲۴ و ۱۲/۴۸ درصد افزایش داد (شکل ۱). لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه 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 به همراه دارد. Solaiman *et al*, (2005) نیز نتیجه گرفتند که استفاده از ریزوبیوم همراه با میکوریزای آرباسکولار برای گیاه نخود، به‌واسطه‌ی افزایش وزن خشک گره در مقایسه با کاربرد تنهای ریزوبیوم می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه‌ی آن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با تولید ۲۳۴۰ کیلوگرم 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 ۱۰۸۷ کیلوگرم دانه در هکتار پایین‌ترین عملکردها را از خود نشان دادند (شکل ۲). تفاوت‌های موجود بین عملکرد دانه‌ی 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 قابل ملاحظه‌ای را از نظر خصوصیات زراعی، مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش کردند؛ به‌طوری‌که در تحقیقات آنها عملکرد دانه‌ی ۶۷ درصد ژنوتیپ‌ها (۴۹ ژنوتیپ) بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ۲۴ ژنوتیپ، بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. این محققین استفاده از منابع ژنتیکی نخود در کارهای اصلاحی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های برتر را توصیه نمودند.

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه‌ی آن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که عملکرد دانه در تیمار ژنوتیپ MCC537– مصرف ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا به‌طور معنی‌داری (۲۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴). به‌طورکلی تقریباً عملکرد کلیه‌ی ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکرد آنها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. این نتایج، بازگوکننده‌ی موفقیت همزیستی سه‌گانه‌ی 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 حل‌کننده‌ی فسفات و قارچ میکوریزای آرباسکولار، باعث افزایش وزن خشک گره ریزوبیوم می‌شود که خود می‌تواند افزایش عملکرد دانه‌ی نخود را به‌همراه داشته باشد.

مقدار عناصر میکرو در بافت‌های گیاهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ژنوتیپ بر مقدار هیچ‌یک از عناصر ریزمغذی در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل‌های ۴–الف، ۴–ب، ۴–پ و ۴–ت). همچنین، اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر مس و روی در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل‌های ۳–الف و ۳–ب). اما اثر سطوح کود زیستی بر روی مقدار عناصر منگنز و آهن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

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	نیتروژن جذب شده uptake N	فسفر جذب شده uptake P	پتاسیم جذب شده uptake K	آهن جذب شده uptake Fe	منگنز جذب شده Uptake Mn	روی جذب شده uptake Zn	مس‌جذب شده uptake Cu	پروتئین بافت‌های گیاهی Pr. of plant tissues
تکرار Replication	2	9236.764	0.001	30055.553	23574.676	530.400	331.086	8.278	3.848	0.707
کود زیستی Bio-fertilizer (A)	2	602275.90 **	1.253 **	342932.25 **	818469.222 **	75868.331 **	75939.896 **	165.063 ns	3.153 ns	36.549 *
خطای الف E (a)	4	11537.389	0.029	16738.934	25068.948	181.812	277.268	8.667	9.096	3.477
ژنوتیپ Genotype (B)	8	2313273.1 **	1.052 **	863612.024 **	1645286.084 **	674.765 ns	600.908 ns	6.035 ns	3.006 ns	40.932 **
ژنوتیپ×کودزیستی A × B	16	72262.674 **	0.102 **	24159.524 ns	30559.695 ns	979.971 ns	953.999 ns	4.430 ns	2.049 ns	4.974 **
خطای ب E (b)	48	15762.227	0.018	15125.075	58221.362	928.899	887.541	20.349	16.976	1.840
C.V. (%)	-	8.29	9.89	7.93	8.16	9.22	12.96	15.79	21.88	16.02

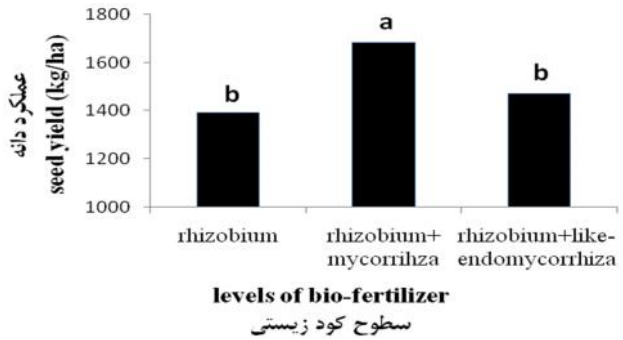
ns: غیرمعنی‌دار *: معنی‌دار در سطح ۵ ٪ **: معنی‌دار در سطح ۱ ٪

ns: non-significant *: significant in 5% level **: significant in 1% level

بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار این عناصر به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود. لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل‌های ۴-پ و ۴-ت). با توجه به نتایج مقایسات میانگین به نظر می‌رسد که حضور میکوریزا در کنار باکتری ریزوبیومِ اختصاصی نخود می‌تواند در بهبود جذب عناصر ریزمغذی برای این گیاه مؤثر باشد. به‌عبارت دیگر، قارچ‌های میکوریزا به‌واسطه‌ی گسترش شبکه ریسه‌ای خود، احتمالاً سطح تماس ریشه با خاک و محیط ریزوسفر را برای گیاه افزایش داده‌اند که به تبع آن میزان دسترسی گیاه به عناصر نیز افزایش یافته است (AsadiRahmani *et al*., 2007; Khosrojerdi *et al*., 2013). در تحقیقی که به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا بر جذب برخی عناصر معدنی توسط نخود انجام گردید، موفقیت مصرف تلفیقی و توأم ریزوبیوم و میکوریزا در افزایش جذب عناصر آهن و روی در مقایسه با مصرف جداگانه‌ی آنها به اثبات رسید (Khosrojerdi *et al*., 2013). همچنین در این پژوهش، مشخص گردید که سویه‌ی میکوریزای گلوموس موسه نسبت به سویه‌ی گلوموس اینترادیسه در جذب عناصر برای گیاه موفق‌تر عمل می‌کند.

مقدار عناصر ماکرو و پروتئین در بافت‌های گیاهی

اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار این عناصر به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود. لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، از این‌نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل‌های ۵-الف، ۵-ب و ۵-پ). چنین استنباط می‌شود که همزیستی سه‌گانه‌ی میکوریزا، ریزوبیوم و نخود می‌تواند جذب عناصر ماکرو را برای گیاه نخود ارتقاء بخشد. گزارشات علمی سایر محققین، این ادعا را تأیید می‌کنند.

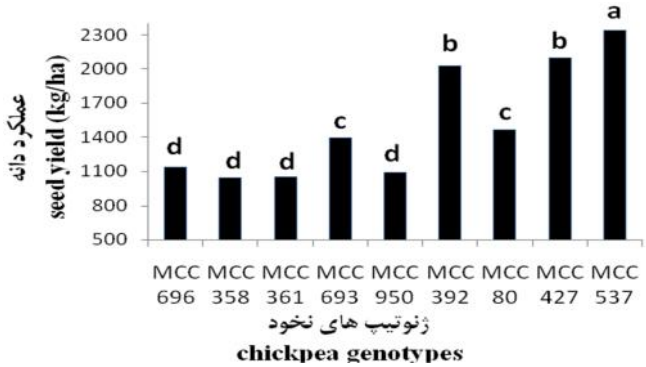


شکل ۱- اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد دانه‌ی نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 1- Effects of Bio fertilizer on seed yield of chickpea

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.



شکل ۲- اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه‌ی نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 2- Effects of chickpea genotypes on seed yield of chickpea

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

جدول ٤- اثرات متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی برخی از صفات مورد مطالعه

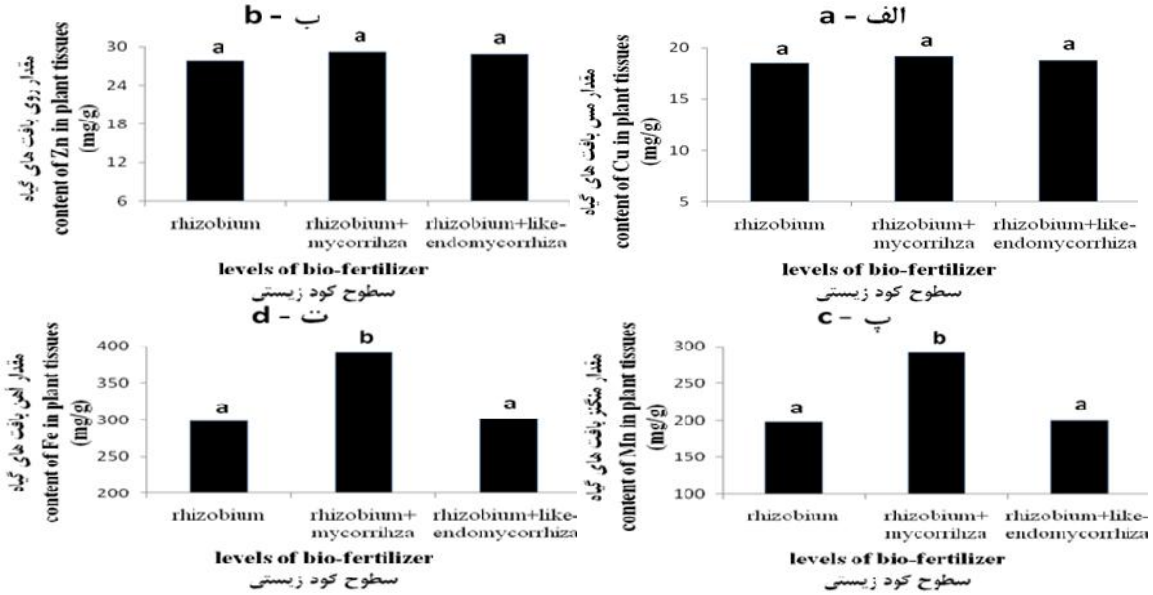
Table 4- Intractions of Biological fertilizer and chickpea genotypes on some studied traits

کود زیستی bio-fertilizer	ژنوتیپ (MCC)	نیتروژن جذب شده uptaked N (mg g^{-1})	پروتئین بافت‌های گیاه Pr. of plant tissues (mg g^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})
ریزوبیوم Rhizobium	696	1.257 efghi	7.856 cdef	1134 ijk
	358	1.006 hij	6.285 ef	925 kl
	361	1.080 ghij	6.747 def	876 kl
	693	1.432 cdef	8.950 bcdef	1370 ghij
	950	1.124 fghij	7.022 cdef	790 l
	392	1.414 cdefg	8.835 bcdef	1907 de
	80	1.079 ghij	6.743 def	1488 gh
	427	1.632 bcd	10.200 bcd	1957 cde
	537	1.841 b	11.510 b	2085 bcde
ریزوبیوم + میکوریزا Rhizobium +Mycorrhiza	696	1.436 cdef	8.975 bcdef	1187 hijk
	358	1.201 efghij	7.506 cdef	1285 hij
	361	1.213 efghij	7.581 cdef	1185 hijk
	693	1.666 bcd	10.410 bc	1431 ghi
	950	1.222 efghij	7.635 cdef	1124 ijk
	392	1.696 bc	7.856 cdef	2352 b
	80	1.090 ghij	6.814 def	1615 fg
	427	2.390 a	14.940 a	2226 bc
	537	2.579 a	16.120 a	2730 a
ریزوبیوم + شبه‌میکوریزای داخلی Rhizobium +like-endo Mycorhiza	696	1.147 fghij	7.169 cdef	1085 jkl
	358	0.892 j	5.579 f	924 kl
	361	0.993 ij	6.208 ef	1094 jkl
	693	1.349 defgh	8.431 bcdef	1375 ghij
	950	1.033 hij	6.454 ef	1347 ghij
	392	1.256 efghi	7.850 cdef	1817 ef
	80	1.077 ghij	6.733 def	1302 hij
	427	1.440 cdef	9.002 bcdef	2099 bcde
	537	1.521 bcde	9.506 bcde	2203 bcd

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک‌حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ ٪ با یکدیگر ندارند.

Means have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%

Mozafar *et al*, (2001) بیان نمودند که حضور قارچ میکوریزای آرباسکولار در اطراف ریشه گیاه، همانند یک سیستم ریشه‌ای اضافی برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم تحرک در محلول خاک (مانند فسفر، روی و مس) عمل می‌کند. آنها اظهار داشتند که ناحیه جذب فسفر از خاک، برای ریشه گیاهان غیرمیکوریزی محدود به ناحیه‌ای به طول یک تار کشنده است که در بسیاری موارد حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر می‌باشد. لکن، هیف‌های قارچ میکوریزای آرباسکولار می‌توانند تا بیش از ۱۴ سانتی‌متر از ریشه فراتر روند و بدین ترتیب به نحو مؤثری حجم بیشتری از خاک را برای جذب عناصر (خصوصاً فسفر) در اختیار گیاه قرار دهند. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار این قابلیت را به گیاه می‌دهند که بتواند به نحو مؤثرتری از منابع فسفر آلی موجود در خاک استفاده نماید (Joner and Johansen, 2000)، زیرا که دیواره‌ی سلولی هیف‌های این قارچ‌ها دارای آنزیم فسفاتاز می‌باشند. توانایی هیف‌های قارچ میکوریزای آرباسکولار در هیدرولیز کردن فسفر آلی و انتقال آن به ریشه، در شرایط درون شیشه‌ای به اثبات رسیده است (Joner and Johansen, 2000). از تأثیرات مؤثر میکوریزا در افزایش جذب عناصر ماکرو توسط گیاه، علاوه بر گسترش شبکه‌ی ریشه‌ای، افزایش حلالیت این عناصر می‌باشد، چراکه جذب این عناصر به حضور فعال آنها در اطراف ریشه بستگی داشته و این امر نیز به میزان حلالیت عناصر وابسته است که این میزان حلالیت در مورد نیتروژن زیاد و درمورد فسفر کم می‌باشد و قارچ‌های میکوریزا حضور فعال فسفر در ناحیه ریشه را افزایش می‌دهند (Ahmadi *et al*., 2004). از عوامل مؤثر دیگر در جذب عناصر غذایی، pHخاک می‌باشد. بیشتر عناصر در محدوده‌ی خاصی از pH برای گیاه قابل جذب هستند (خصوصاً فسفر) و میکوریزاها قادر به متعادل کردن pHخاک و متناسب کردن آن برای جذب عناصر می‌باشند (Koochaki *et al*., 2005; Khosrojerdi *et al*., 2013).

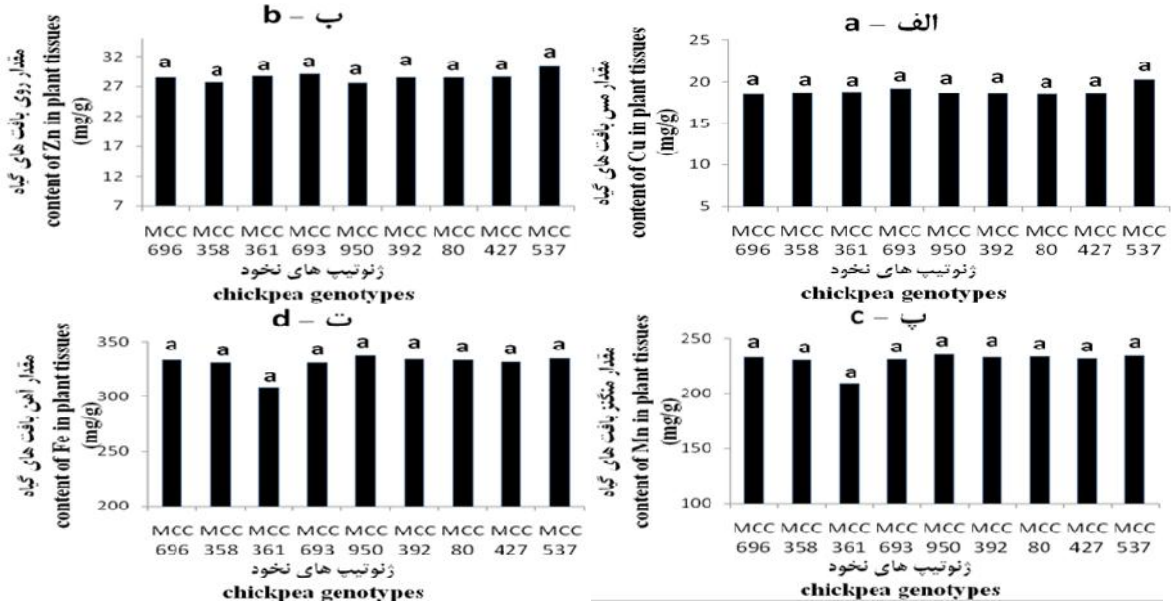


شکل ۳- اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر ریزمغذی در بافت‌های نخود، الف، ب، پ و ت- به‌ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار مس، روی، منگنز و آهن

میانگین‌های دارای حرف مشترک، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر ندارند.

Figure 3- Effects of bio-fertilizer on micro elements of chickpea tissues, a, b, c and d are effects of bio-fertilizer on Cu, Zn, Mn and Fe, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

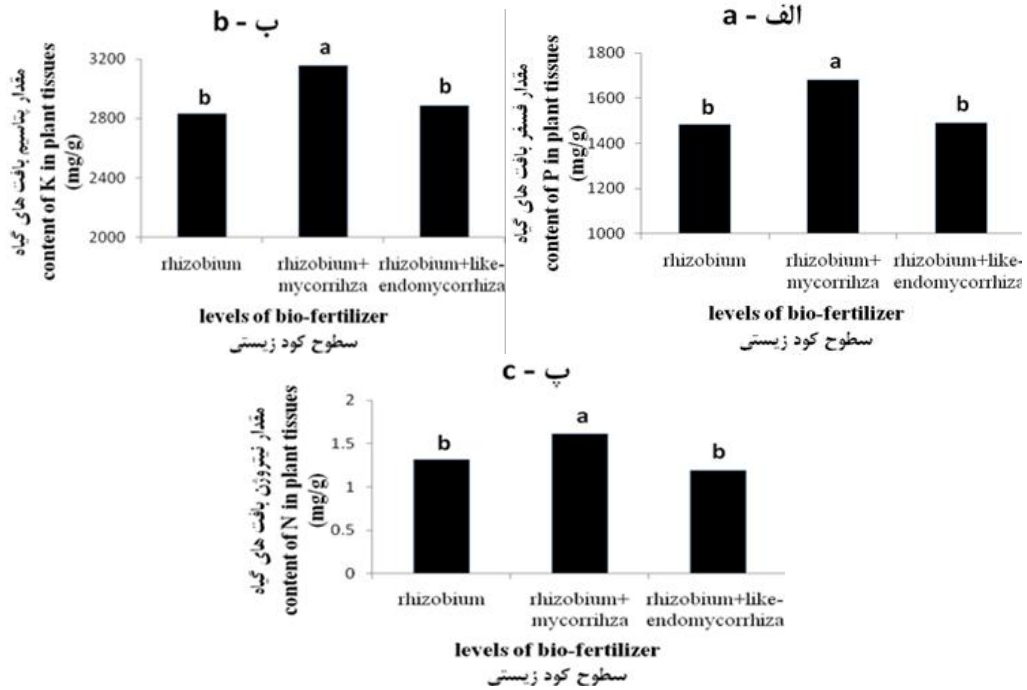


شکل ٤- اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر ریزمغذی در بافت‌های نخود، الف، ب، پ و ت- به‌ترتیب اثر ژنوتیپ بر مقدار مس، روی، منگنز و آهن

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Figure 4- Effects of chickpea genotypes on micro elements of chickpea tissues, a, b, c and d are effects of chickpea genotypes on Cu, Zn, Mn and Fe, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 5%.



شکل ۵- اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر ماکرو در بافت‌های نخود، الف، ب و پ- به‌ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن

میانگین‌های دارای حرف مشترک، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر ندارند.

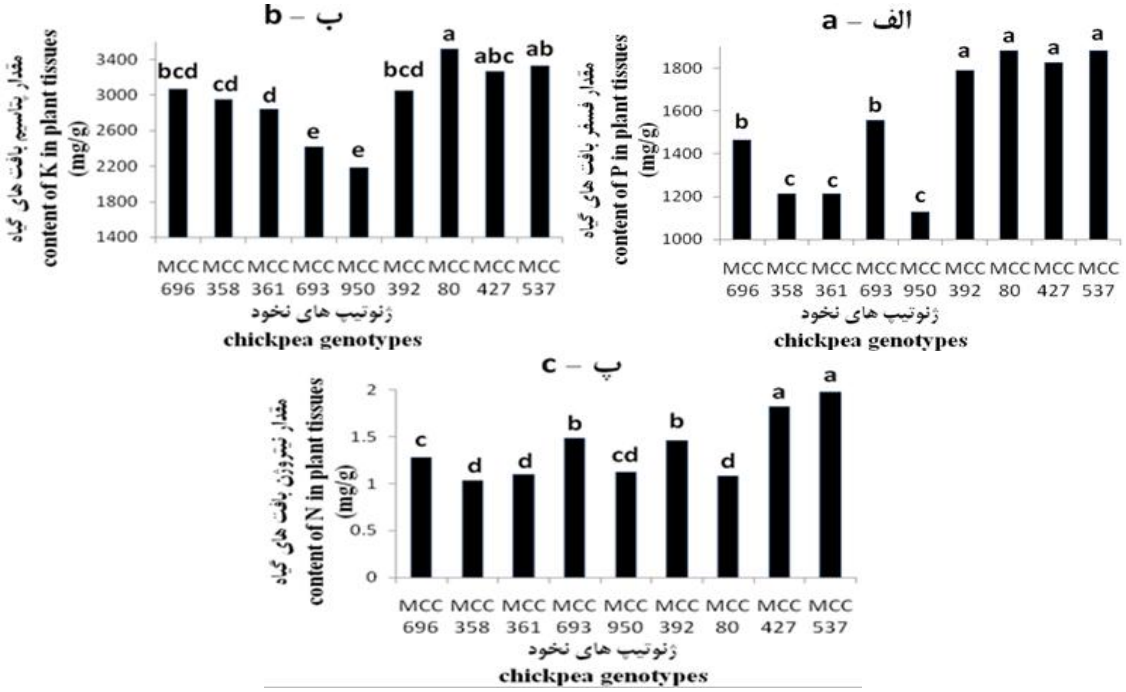
Figure 5- Effects of bio-fertilizer on macro elements of chickpea tissues, a, b and c are effects of bio-fertilizer on P, K and N, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین مقدار فسفر در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC80، MCC427 و MCC392 و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC950، MCC361 و MCC358 ملاحظه گردید (شکل ۶-الف)؛ همچنین بیشترین مقدار پتاسیم در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC427 و MCC537 (به‌ترتیب به میزان ۳۵۱۵، ۳۲۶۴ و ۳۳۲۶ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC950 و MCC693 مشاهده شد (شکل ۶-ب)؛ علاوه بر این، بیشترین مقدار نیتروژن در ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC537 (به‌ترتیب به میزان ۱/۹۸ و ۱/۸۲۱ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC358، MCC361 و MCC950 ملاحظه شد (شکل ۶-پ). همچنین اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر مقدار نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار نیتروژن در تیمارهای ژنوتیپ MCC537- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا و ژنوتیپ MCC427- مصرف ریزوبیوم به‌همراه میکوریزا (به‌ترتیب به میزان ۲/۵۷۹ و ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید. به‌طور کلی ژنوتیپ‌هایی که در طول فصل رشد بیشترین تولید ماده خشک را از خود نشان دادند (MCC537 و MCC427) در جذب عناصر ماکرو نیز موفق‌تر عمل کردند. هرچند که برتری ژنوتیپ MCC80 در دو عنصر فسفر و پتاسیم تا حدی این ادعا را نقض می‌کند. علاوه بر این، این نتایج نشان می‌دهند که ژنوتیپ‌های مختلف نخود قابلیت‌های متفاوتی از نظر جذب عناصر غذایی، خصوصاً عناصر ماکرو دارند. (JaliliHonarmand *et al*., 2014) نیز در آزمایشی شش ژنوتیپ نخود را تحت غلظت‌های مختلف تنش شوری قرار دادند و میزان جذب عناصر ماکرو و ریزمغذی را در آنها بررسی کردند. این محققین قابلیت‌های مختلفی را از نظر جذب عناصر غذایی بین ژنوتیپ‌های نخود مشاهده نمودند.

اثر سطوح کود زیستی بر پروتئین بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار پروتئین بافت‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود (۹/۷۲۹ میلی‌گرم بر گرم) و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی پروتئین بافت‌های گیاهی را به‌ترتیب به میزان ۱۵/۳۲ و ۲۳/۵۶ درصد افزایش داد. اما، بین دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷). با توجه به برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در صفت نیتروژن بافت‌های گیاهی، برتری این تیمار در صفت پروتئین بافت‌های گیاهی منطقی به نظر می‌رسد. چرا که عنصر

نیتروژن، مهمترین نقش را در ساختمان پروتئین‌های بافت‌های گیاهی بازی می‌کند. همچنین اثر ژنوتیپ بر پروتئین بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC537 بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC80، MCC358، MCC361، MCC696، MCC392 و MCC950 کمترین مقدار پروتئین بافت‌های گیاهی را از خود نشان دادند (شکل ۸). علاوه بر این، اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت پروتئین در تیمارهای ژنوتیپ MCC537– مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا و ژنوتیپ MCC427– مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا (به‌ترتیب به میزان ۱۴/۹۴ و ۱۶/۱۲ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید.

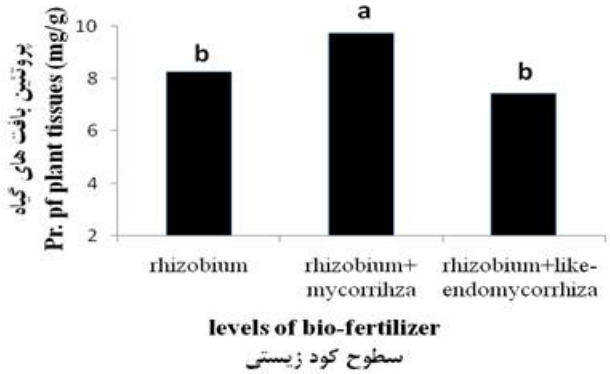


شکل ٦- اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر ماکرو در بافت‌های نخود، الف، ب و پ- به‌ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 6- Effects of chickpea genotypes on macro elements of chickpea tissues, a, b and c are effects of bio-fertilizer on P, K and N, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

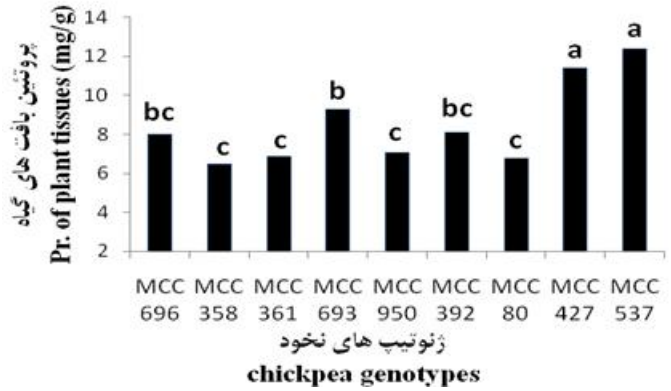


شکل ۷- اثر سطوح کود زیستی بر میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 7- Effects of Biological fertilizer on protein of chickpea tissues

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.



شکل ۸- اثر ژنوتیپ بر میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 8- Effects of chickpea genotypes on protein of chickpea tissues

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

References

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 English abstract).
2. Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., and Jabari, F. 2004. Introduction to Plant Physiology. Vol. 1. Publications of Tehran University. (in Persian).
3. AsadiRahmani, H., Asgharzadeh, A., Khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G. R. 2007. Siol Biological Fertility. Publication of Jahad Daneshgahi. 311 pp. (in Persian).
4. Bremner, J. M., and Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-Total, PP: 591–622, In: A.L. Page ed, Methods of soil analysis, part 2, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
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. Dobermann, D. I., and Cassman, K. G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production of United States and Asia. Plant and Soil 247: 153-175.
7. El-Ghandour, I. A., and Galal, Y. G. 2002. Nitrogen fixation and seed yield of chickpea cultivars as affected by microbial inoculation, crop residue and inorganic N fertilizer. Egyptian Journal of Microbiology 37: 233-246.
8. 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 abstract).
9. 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 abstract).
10. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. R. 2011a. Response of yield and morpho physiological characteristics of earliness chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2 (1): 65-80. (in Persian with English abstract).
11. 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.
12. IBPGR. ICRISAT and ICARDA. 1993. Description for chickpea (*Cicer arietinum* L.). Printed by ICRISAT.
13. Izadi Darbandi, A., and Akram, L. 2012. Investigate the effect of Pyridate, bentazon and Imazethapyr herbicide on growth, nodulation and biological nitrogen fix ationin chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 94-105. (in Persian with English abstract).
14. JaliliHonarmand, S., Azari, N., Cheghamirza, K., and Mansoorifar, S. 2014. Changes of Seedling Growth and Ion Uptake of Chickpea Genotypes under Salt Stress Condition. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences 4 (3): 266-272.
15. Joner, E. J., and Johansen, A. 2000. Phosphatas activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. Mycological Research 104: 81-86.
16. Kamaei, R. 2014. Effects of plant species and biological, chemical fertilizers and manure on mycorrhiza infectivness under greenhouse conditions. M.Sc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).

17. Kari Dolatabadi, H., and MohamadiGoltapeh, E. 2010. In vivo biological activity of *Piriformosporaindica*, *Sebacinavermifera* and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. Plant Protection Journal 2 (2): 127-143. (in Persian with English abstract).
18. Khosrojerdi, M., Shahsavani, Sh., Gholipor, M., and Asghari, H. R. 2013. Effect of rhizobium and mycorrhizal fungi inoculation on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. Iranian Journal of Crop Production 6 (2): 71-87. (in Persian with English abstract).
19. Koocheki, A., Zand, E., Banayan, M., RezvaniMoghadam, P., MahdaviDamghani, A., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S. 2005. Plant Eco-physiology. Vol. 2. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
20. Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V. S. 2011. High-density spore production of *Piriformosporaindica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bio resource Technology 102: 3169-3175.
21. Lemaire, G., and Gastal, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire G, ed. Diagnosis on the nitrogen status in crops. Heidelberg: Springer-Verlag, 3-43.
22. Lemaire, G., and Gastal, F. 2009. Quantifying crop response to nitrogen deficiency and avenues to improve nitrogen use efficiency. In: Sadras, V., Calderini, D. (Eds.), Crop Physiology. Elsevier Inc. pp: 171-211.
23. 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 English abstract).
24. Mozafar, A., Jansa, J., Ruh, R., Anken, T., Sanders, I., and Frossard, E. 2001. Functional diversity of AMF co-existing in agricultural soil subjected to different tillage. Proceeding of the Third International Conference of mycorrhizas. July 8-13, Adelaide, South Australia.
25. Namvar, P. 2014. Evaluation of effects of *Piriformosporaindica* on nitrogen and phosphorus uptake in corn. M.Sc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
26. Nazami, A., Pouramir, F., Momeni, S., Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2012. Evaluation of asubset 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 English abstract).
27. Olsen, S. R., and Sommers, L. E. 1982. Phosphorus, PP: 403-430, In: Page A.L. ed. Methods of soil analysis, part 2, Chemical and Microbiological properties, Soil Science Society of American Journal, Madison.
28. 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.
29. Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. Journal of Crop Improvement 15: 259-287.
30. 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.
31. Talebi, R., Ensafi, M. H., Baghebani, N., and Karami, E. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology 11: 9-15.
32. Verma, S., Varma, A., Rexer, K., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, P. 1998. *Piriformosporaindica*, gen: A new root-colonizing fungus. Mycologia 95: 896-903.
33. 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.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 522-535

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۵۳۵-۵۲۲

Effect of Symbiosis of Arbuscular Mycorhiza and Like-endo Mycorhiza on Yield and Uptake of MacroandMicro Elements in Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.)

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

Received: 11-03-2015
Accepted: 23-07-2016

Introduction

Improving of nutrients absorption by biological approaches, in addition to emphasis on sustainable agriculture, will increase or stabilize crop yield. It seems that microorganisms such as mycorrhiza and rhizobium can improve the nutrients absorption in crops such as chickpea. Rhizobiums are effective to provide biological nitrogen for crops and mycorrhizal fungi are involved to supply biological phosphorus to the plants. Among them, the endo myccorihza (or Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) that is abbreviated VAM, in creation of symbiosis with the roots of crops such as legumes have been more successful. Of course, the mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria before creating symbiosis with host plant, directly affect in the overlay in rhizosphere environment of host plant. Creating colonies in the roots by mycorrhizal fungi leads to conducive for forming nodulation of rhizobium. In other words, mycorrhiza fungi creats favorable conditions for the production of rhizobium nodules on the roots and also they affect on greater availability of phosphorus for nitrogenase enzymes involved in rhizobium bacteria. In contrast, rhizobiums affect in better absorption of nitrogen and followed by the synthesis of amino acids and amino acid availability for required mycorrhiza. It seems that this symbiotic relationship between plants, mycorrhizal and rhizobium can be either normal or adverse environmental conditions, which is effective in promoting the product of crop. However, the Triplet symbiosis of chickpea, mycorrhiza and rhizobium and also chickpea genotypes response to this symbiosis should be examined.

Materials and Methods

This study was conducted to investigate the inoculation of kabuli seeds of chickpea genotypes with arbuscular mycorrhiza and like - endomycorhiza, in 2014, in split plot by arrangement of two factors with a randomized complete block design and three replications in Research Field, 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. In the mid - flowering the content elements of nitrogen, phosphor, potassium and micro elements of iron, zinc, copper and manganese were determined by kjeldahl, spectrophotometer, flame photometer and the atomic absorption, respectively.

Results and Discussion

The results indicated that mycorrhiza significantly increased seed yield. But using of like - endomycorhiza was not effective to increase seed yield. In other words, superiority of like - endomycorhiza was not significant. Among the genotypes in this study, the highest seed yield was dedicated to genotype of MCC 537. Arbuscular

1- PhD student of Crop Physiology, 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
4- Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: parsa@um.ac.ir)

mycorhiza significantly improved the uptake of N, P, K, Fe and Mn, but it did not imposed any significant effect on uptake of Cu and Zn. Genotypes of MCC 537, MCC 427, MCC 80 and MCC 392 significantly were excelled in uptake of macro elements, but there is not significant difference to uptake of micro elements. In the study was observed the interactions effects between mycorrhizal and chickpea genotypes that the highest seed yield belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype. Also the most uptaked nitrogen and protein of plant tissues belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype. But other interactions effects were not significant. In addition, in traits of uptaked nitrogen and protein of plant tissues in factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 427 genotype was in a same statistical class with factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype.

Conclusions

Application of mycorrhiza along with rhizobium could improve the uptake of macro and micro elements in chickpea genotypes. But, application of like - endomycorrhiza had not significant effect on the absorption of nutrients in chickpea. In a general conclusion, among the studied genotypes, MCC 537 and MCC 427 were better than the others.

Keywords: Biological fertilizer, Nutrition elements and Pulses