بررسی برهمکنش قارچ‌های میکوریزا و کود شیمیایی فسفری بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه نخود (*Cicer arietinum* L.)

سکینه عبدی[1*]، علیرضا پیرزاد[2]

تاریخ دریافت: ۹۶/٤/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/٦/۱۷

۱-استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران
۲-علیرضا پیرزاد، دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: s.abdi@tabrizu.ac.ir

چکیده

در مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های کشاورزی، کاربرد کودهای زیستی بویژه میکوریزا به عنوان مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور مطالعه برهمکنش میکوریزا و کود فسفر بر عملکرد و پروتئین دانه نخود، آزمایش گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی، در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه گونه قارچ میکوریزا، *Funneliformis mosseae*، *Rhizophagus intraradices* و *Claroideoglomus claroideum* به همراه شاهد، و سه سطح کود سوپر فسفات تریپل شامل ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بود. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (٤٨/٨٣ سانتی‌متر)، درصد کلونیزاسیون ریشه (۷۲/۰۰) و شاخص کلروفیل برگ (SPAD) مربوط به گیاهان همزیست با *Rh. intraradices* به همراه ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بود. با افزایش کاربرد کود سوپر فسفات تریپل تا ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک، گیاهان همزیست با گونه‌های میکوریزا، کاهش معنی‌دار در تعداد دانه در بوته نشان دادند. با کاربرد میکوریزا، بیشترین عملکرد دانه از مقدار ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بدست آمد. کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم در مقایسه با ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک، به‌ترتیب کاهش ۱۳ و ۱۲ درصدی پروتئین در گیاهان همزیست با *F. mosseae* و *Rh. intraradices* را نشان داد. بنابراین روابط میکوریزایی در کنار کود شیمیایی فسفره، مصرف کود شیمیایی را بدون افت عملکرد و پروتئین دانه نخود کاهش داده است. این امر می‌تواند در رسیدن به سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده و پایدار راه‌گشا باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، سوپر فسفات تریپل، قارچ‌های میکوریزا، *Claroideoglomus claroideum*، *Funneliformis mosseae*، *Rhizophagus intraradices*

Study of Interaction between Mycorrhizal Fungi and Chemical Phosphorous Fertilizer on Yield, Yield Components and Protein of Chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Sakineh Abdi[1*], Alireza Pirzad[2]

Received: July 9, 2017 Accepted: September 8, 2018
1-Assist. Prof., Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.
*Corresponding Author Email: s.abdi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Application of bio-fertilizers, especially mycorrhiza as a complement or substituent for chemical fertilizers is very important in sustainable management of agro-ecosystems. In order to evaluate the effect of mycorrhizal fungi species and phosphorus chemical fertilizers on grain yield and protein of chickpea, a greenhouse factorial experiment based on completely randomized design (CRD) with four replications was conducted in 2014. Treatments were included three species of mycorrhizal fungi, *Funneliformis mosseae, Rhizophagus intraradices, Claroideoglomus claroideum* and non-inoculated control and three levels of phosphorus fertilizer from triple superphosphate (0, 50 and 100 $mg.kg^{-1}$). Results showed, the highest plant height 48.83 cm, root colonization (72 %) and chlorophyll index (SPAD) was achieved with *Rh. Intraradices* and 50 $mg.kg^{-1}$. With increasing phosphorus from 50 to 100 $mg.kg^{-1}$, plants inoculated with mycorrhizal species showed a significant reduction in the number of seeds per plant and application of mycorrhiza with 50 $mg.kg^{-1}$ showed the highest grain yield of chickpea. The application of 100 $mg.kg^{-1}$ compared to 50 $mg.kg^{-1}$ phosphorus with *F. mosseae* and *Rh. Intraradices* were reduced the protein percentage as 13.05 and 12.23, respectively. Therefore, application of bio fertilizer with chemical fertilizers may reduce consumption of chemical fertilizers without reduction in grain yield and protein that can achieve to sustainable and low-input agricultural systems.

Keywords: *Claroideoglomus claroideum*, *Funneliformis mosseae*, Mycorrhizal Fungi, Protein, *Rhizophagus intraradices*, Triple Superphosphate

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان گروه حبوبات (Fabaceae) است که از نظر سطح زیر کشت با داشتن متجاوز از ۱۲ میلیون هکتار سطح زیر کشت جهانی (فائو ۲۰۱۲)، پس از لوبیا رتبه دوم و از نظر میزان تولید دانه پس از لوبیا و نخودفرنگی، رتبه سوم را به خود اختصاص داده است (میلان و همکاران ۲۰۰۶). حبوبات به‌دلیل میزان پروتئین بالا (تقریبا دو برابر غلات) و توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در کشاورزی و تغذیه بشر اهمیت قابل توجهی دارند. ایران با سطح زیر کشت حدود ۷۰۰ هزار هکتار، رتبه چهارم این محصول را در جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه به خود اختصاص داده است. متوسط عملکرد درحدود ۵۵۸ کیلوگرم در هکتار است که نسبت به

میانگین جهانی آن بسیار پایین است (فائو ۲۰۱۲ و سبق-پور ۲۰۰۱). مدیریت کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان زراعی و از جمله نخود می‌باشد. کاربرد کودهای زیستی در تولید این گیاهان با هدف حذف و یا کاهش قابل ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود رشد و کیفیت گیاه، از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار می‌باشد. کودهای زیستی در بسیاری از موارد به عنوان جایگزین و یا به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری نظام-های کشاورزی را تضمین کنند (هان و همکاران ۲۰۰۶). در اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی، ۸۰ درصد گونه-های گیاهی استقرار یافته در ارتباط با قارچ‌های میکوریزایی می‌باشند (گیائو و همکاران ۲۰۱۱)، که به صورت کودهای زیستی قابل استفاده بوده و می‌تواند مقدار محصول را تحت تاثیر قرار دهد و این امکان را فراهم کند که جایگزین کودهای شیمیایی گردد. قارچ میکوریزا در جذب و دسترسی به عناصر غذایی مخصوصا عناصر غیرمتحرک مانند فسفر نقش بسزایی دارد (اکه و همکاران ۲۰۱۶). انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و آربوسکول-های قارچ، مهم‌ترین مشخصه‌ی همزیستی میکوریزا آربوسکولار می‌باشند. همزیستی قارچی مواد کربوهیدراتی را عمدتا به شکل ساکاروز از گیاه دریافت می‌کند و عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. به این ترتیب که عناصر غذایی از غشا آربوسکول از طریق حامل‌های غشایی که با شیب پروتون عمل می‌کنند به صورت فعال در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و مواد کربوهیدراتی موجود در آوند آبکش گیاه ابتدا توسط قارچ به گلوکز و فروکتوز تبدیل شده و سپس توسط حامل‌ها جذب می‌گردد (اسمیت و همکاران ۲۰۱۰). قارچ-های میکوریزایی از طریق گسترش شبکه‌های هیف خارج از ریشه موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها می‌شوند که این امر در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد آنها موثر است (خان ۲۰۰۵). گزارش‌های زیادی وجود دارند که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزایی، رشد و مقدار جذب مواد غذایی را در گیاهان افزایش می-دهند و به دنبال آن عملکرد افزایش می‌یابد (پراس-ساریانو و همکاران ۲۰۰۹ و رحیم‌زاده و پیرزاد ۲۰۱۷). قارچ میکوریزا در تلقیح با گیاهان نخود، باعث افزایش رشد و عملکرد این گیاهان می‌گردد مخصوصا در مناطقی که میزان فسفر کمتری دارند (زیدی و همکاران ۲۰۰۳). توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که افزایش حلالیت فسفر توسط میکوریزاها و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی ریشه به فسفر می‌تواند در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز سایر اجزای عملکرد گیاه موثر باشد. یکی از شاخص‌های مهم فعالیت قارچ‌های میکوریزا، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه‌ای گیاه می-باشد که به‌وسیله عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه‌ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه‌ای و مصرف کودهای شیمیایی فسفره تحت تاثیر قرار می‌گیرد (رحیم‌زاده و پیرزاد ۲۰۱۷)، در آزمایشی روی گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) مشاهده شد که ترکیب کود زیستی فسفاته به همراه مقدار کمتری از کودهای شیمیایی می-تواند در جهت افزایش بهره‌وری موثر باشد (زاده دباغ و همکاران ۲۰۱٦). ساینی و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که افزایش بیوماس و عملکرد دانه نخود و سورگوم زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کود شیمیایی و دامی در تلفیق با میکروارگانیسم‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. این محققین پیشنهاد کردند که برای حصول عملکرد بالا بایستی فقط ۵۰ درصد کودهای توصیه شده به همراه تلقیح بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد. خواجه و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر گیاه ماش نشان دادند که بیشترین پروتئین دانه مربوط به تیمار تلقیح کود زیستی فسفر بوده و کاربرد جداگانه کودزیستی و شیمیایی فسفر برتری نسبت به همدیگر نداشته و منجر به افزایش پروتئین دانه ماش شدند.

تحقیقات انجام شده بر روی تغذیه نیتروژن قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار عمدتا بر روی لگوم‌ها متمرکز

شده است. این قارچ‌ها با زیست فراهمی فسفر و سایر عناصر، تثبیت نیتروژن و رشد را افزایش می‌دهند. از آنجا که در طول گره‌زایی نیاز فسفر بالاست از این رو نقش قارچ‌های میکوریزا در خاک‌هایی که محدودیت فسفر دارند مشهودتر است و گیاهان وابستگی میکوریزایی شدیدتری دارند (رابسون و اوهارا ۱۹۸۱).

استفاده از کودشیمیایی فسفر درصد پروتئین دانه، درصد نیتروژن و عملکرد پروتئین دانه را افزایش می‌دهد (یوسف پور و یدوی ۲۰۱٦ و اکین ۲۰۱۰)، با این وجود استفاده مداوم از کودهای شیمیایی رایج می‌تواند فعالیت باکتریایی و حاصلخیزی خاک را کاهش دهد، همچنین کاربرد خاکی فسفات به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب به تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی امروز را تامین کند و باید با توجه به منابع جدید و استفاده از روش‌های مختلف به منظور افزایش کارایی و انحلال ترکیبات کم محلول فسفات توجه شود که معمولا این روش‌ها شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند. از طرفی ایران با وجود دارا بودن تنوع اقلیمی وسیع و وجود منابع محیطی و ذخایر گیاهی غنی هنوز در زمره کشورهای وارد کننده مواد پروتئینی قرار دارد و هر ساله نیز تقاضا برای مواد پروتئینی افزایش می‌یابد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد کود بیولوژیک شامل انواع قارچ میکوریزا و مقادیر مختلف کود شیمیایی فسفر (سوپر فسفات تریپل) و برهمکنش این دو بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه نخود رقم آرمان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۳ و در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر با مختصات ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ٤۷ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور و در چهار تکرار (هر واحد آزمایشی شامل دو گلدان) انجام گرفت. فاکتورهای طرح شامل سه گونه قارچ میکوریزا به همراه شاهد، و سه سطح کود سوپر فسفات تریپل (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک) بود. از قارچ‌های *Funneliformis mosseae* (مترادف: *Glomus mosseae*)، *Rhizophagus intraradices* (مترادف: *G. intraradices*) و *Claroideoglomus claroideum* (مترادف: *G. claroideum*) به صورت مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده به عنوان تلقیح کننده استفاده شد. مایه تلقیح میکوریزایی از دانشگاه ارومیه (گروه گیاهپزشکی) تهیه شد. خاک مورد آزمایش، خاک زراعی با بافت رسی لومی، اسیدیته ۷/۲۵، هدایت الکتریکی ۰/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی ۰/۷۸ درصد، نیتروژن ۰/۰۳ درصد و میزان فسفر و پتاسیم به ترتیب ۹/۸ و ۳۲٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود که از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد. خاک هوا خشک و از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. در ابتدا در هر گلدان با قطر دهانه و عمق ۲۲ سانتی-متر، بذرهای نخود رقم آرمان کشت شدند (۲۷ اردیبهشت) و در هفته سوم به ۳ بوته در هر گلدان تنک گردیدند. برای کاشت بذر، ابتدا گلدان‌ها را تا پنج سانتی-متر مانده به سر گلدان از خاک مورد نظر پر نموده، سپس ۲۰ گرم از مایه تلقیح حاوی میکوریزا را در نقطه کشت قرار داده و بذرها روی این مایه تلقیح کشت و روی آن یک تا دو سانتی‌متر با خاک پوشانده شد (در مجموع ۷ کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته شد). مقدار کود سوپر فسفات تریپل که باید به خاک اضافه می‌شد براساس درصد فسفر موجود در کود (٤۵ درصد P_2O_5) و ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک هوا خشک بود که مقادیر محاسبه و به هر گلدان اضافه شد. در طول فصل رشد آبیاری به صورت مطلوب (۸۰ درصد آب ظرفیت زراعی) انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه، در مرحله انتهایی رشد، پس از شستن ریشه‌های نمونه‌های گیاهی گلدان‌ها، حدود یک گرم از ریشه‌های ظریف و ریز در محلول FAA (۱۳ میلی‌لیتر فرمالدئید غلیظ + ۵ میلی‌لیتر اسید استیک غلیظ + ۹۰ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪) قرار داده شدند تا نمونه‌ها تثبیت شوند. به منظور رنگ‌آمیزی از روش فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰)

استفاده شد. برای تعیین درصد از روش تلاقی خطوط مشبک مطابق روش گیووانتی و موسه (۱۹۸۰) استفاده گردید و در نهایت میانگین شش بوته (از هر بوته ۱۰ نمونه یک سانتی‌متری ریشه تهیه شد) به عنوان درصد کلونیزاسیون ریشه در نظر گرفته شد. در انتهای فصل رشد تعداد دانه در هر بوته شمارش شد، و ارتفاع بوته‌ها توسط خط‌کش اندازه‌گیری و میانگین شش بوته به عنوان تعداد دانه در هر بوته و ارتفاع بوته در واحد آزمایشی ثبت گردید. برای عملکرد دانه در هر بوته پس از برداشت، نیامها به آزمایشگاه منتقل شده وزن و عملکرد دانه بر اساس میزان رطوبت ۱۳ درصد تنظیم و در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه یک نمونه ۱۰۰ گرمی از هر تیمار در برداشت نهائی انتخاب و پس از آسیاب شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت و سپس یک گرم از نمونه آسیاب شده هر تیمار توزین و توسط دستگاه کجلدال (Kjeltec Analyzer Unit 2300) مقدار نیتروژن نمونه‌ها به صورت درصد تعیین شد (هسه ۱۹۷۱). برای ارزیابی شاخص کلروفیل (SPAD) در مرحله گلدهی، پنج برگ بالغ و سالم از هر بوته (سه بوته در هر گلدان و دو گلدان برای هر واحد آزمایشی)، با دستگاه کلروفیل سنج (مدل Minolta، ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آنها به دست آمد.

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شده‌اند از نرم‌افزار کامپیوتری MSTAT-C استفاده شده و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ استفاده شد. برای نرمال کردن اعداد نرم‌افزار MINITAB 14 مورد استفاده قرار گرفت و جهت رسم نمودارها نرم‌افزار Excel بکار گرفته شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) گونه‌های مختلف میکوریزا و سطوح مختلف کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، و همچنین اثر متقابل بین گونه‌های مختلف میکوریزا و کود شیمیایی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در هر بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، پروتئین دانه، طول ریشه، کلونیزاسیون ریشه و شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نخود آرمان تیمار شده با گونه‌های میکوریزا و سطوح مختلف کود فسفر

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	تعداد دانه در هر بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	طول ریشه	کلونیزلسیون ریشه	شاخص کلروفیل برگ (SPAD)	پروتئین دانه
میکوریزا	۳	۲۱۷/۹۹۷**	۱۶۰/۰۰۵**	۶۹/۲۶۵**	۱۲/۴۴۸**	۴۱۹/۳۹۸**	۹۳۴۸/۰۷۶**	۴۲۰/۲۳۰**	۳۱/۳۸۶**
کود فسفر	۲	۱۴۸/۳۵۹**	۴۰/۵۵۰**	۴۷/۰۸۲**	۱۱/۵۲۳**	۱۰۳/۷۹۲**	۴۱۰/۱۴۶**	۱۷/۴۶۱**	۱۳/۰۰۴**
میکوریزا×کود فسفر	۶	۴۵/۶۸۰**	۹/۰۴۹**	۱۵/۴۲۴**	۰/۹۱۳**	۲/۴۵۵**	۸۸/۹۵۱**	۱۴/۳۶۲**	۱۰/۵۲۷**
اشتباه آزمایشی	۳۶	۰/۲۲۱	۰/۲۴۵	۰/۲۶۳	۰/۱۵۴	۰/۴۷۷	۰/۸۵۴	۰/۵۱۶	۰/۲۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۲۷	۴/۷۷	۲/۶۲	۶/۲۶	۲/۱۶	۳/۱۷	۵/۱۷	۴/۷۸

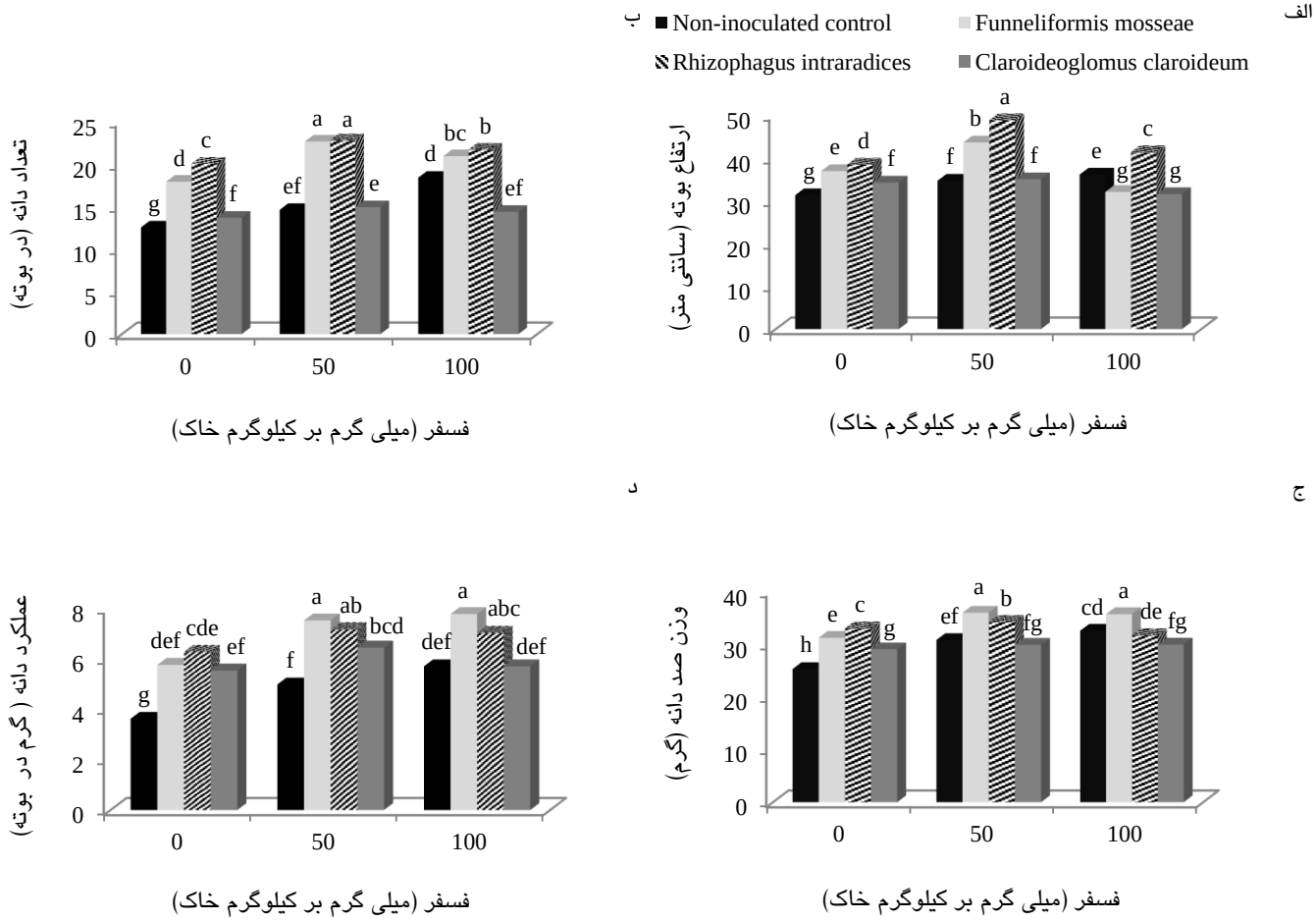
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱ الف) نشان داد که بلندترین بوته نخود (۴۸/۸۳ سانتی‌متر) مربوط به گیاهان همزیست با *Rh. intraradices* و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بود. با افزایش کود سوپرفسفات تریپل، ارتفاع بوته گیاهان غیر همزیست با میکوریزا حدود ۱۵ درصد افزایش نشان داد. با این حال ارتفاع بوته‌های نخود همزیست با گونه‌های میکوریزا و کاربرد ۵۰ میلی-گرم فسفر در کیلوگرم خاک بیشترین مقدار را داشته و با افزایش کود از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاهش معنی‌دار ($p\leq0.01$) در ارتفاع بوته‌های گیاهان همزیست با میکوریزا مشاهده شد. استفاده از کودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود و در حضور مقادیر مناسبی از کودهای شیمیایی این اثرات تشدید می-شود (عیدی‌زاده و همکاران ۲۰۱۰). قارچ‌های میکوریزا به واسطه فراهم نمودن فسفر غیر قابل جذب خاک برای گیاه از یک طرف سبب کاهش مصرف فسفر و از طرف دیگر به دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب بهبود رشد گیاه و افزایش ارتفاع گیاه گردید (روسو و همکاران ۲۰۰۵ و گیری و همکاران ۲۰۰۳). نتایج دوپونویس و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که گیاه آکاسیا (*Acacia holosericea* L.) تلقیح شده با میکوریزا و تیمار شده با کود فسفر، ارتفاع بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشتند. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱ الف) مشاهده شد که با افزایش فسفر شیمیایی تا ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک در گیاهان نخود تلقیح شده با *C. claroideum* تفاوت معنی‌داری ($p\leq0.01$) در ارتفاع بوته حاصل نشد. ولی کاربرد بیشتر فسفر (۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک) ارتفاع بوته را در گیاهان همزیست با *C. claroideum* کاهش داد. آنتونس و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تلقیح کود شیمیایی با *G. intraradices* تاثیری روی ارتفاع هویج (*Daucus carrota* L.) نداشت. استفاده از کود فسفره چه به صورت شیمیایی و چه زیستی، باعث افزایش تعداد دانه در بوته شد (شکل ۱ ب). بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به گیاهان همزیست با *Rh. intraradices* در هر سه حالت شاهد و استفاده از کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بود. با این حال کاربرد کود فسفره در گیاهان غیرمیکوریزایی تا ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر باعث افزایش معنی دار ($p\leq0.01$) تعداد دانه در بوته گردید، ولی این افزایش در گیاهان میکوریزایی تا ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک ادامه داشت. افزایش بیشتر فسفر شیمیایی تعداد دانه در بوته نخود را در گیاهان میکوریزایی کاهش داد. با افزایش کاربرد کود سوپر فسفات تریپل از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، گیاهان همزیست با انواع گونه‌های میکوریزا، کاهش معنی‌دار در تعداد دانه در بوته نشان داد، با این وجود تعداد دانه در هر بوته بیشتر از حالت بدون استفاده از کودهای زیستی بود. گیاهان تلقیح شده با گونه *C. claroideum* تاثیر مثبت چندانی در افزایش تعداد دانه در هر بوته نداشته است. به عبارت دیگر این گونه حتی در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر تعداد دانه کمتری نسبت به شاهد داشت (شکل ۱ ب). با توجه به نتایج (شکل ۱ ج) می‌توان عنوان کرد که با افزایش میزان کود از صفر به ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک وزن صد دانه گیاهان نخود بدون تلقیح با میکوریزا، روند صعودی معنی‌داری داشت ($p\leq0.01$). طوری‌که وزن صد دانه گیاهان تلقیح نشده با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک حدود ۲۸ درصد افزایش نشان داد. ولی در گیاهان میکوریزایی افزایش وزن صد دانه تا ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک ادامه داشت، افزایش بیشتر از این مقدار حتی در برخی گونه‌های قارچی همزیست وزن صد دانه را کاهش داده است. بیشترین وزن صد دانه متعلق به گیاهان تلقیح شده با *F. mosseae*

و با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک (۳۶/۰۱ گرم)، بدون اختلاف معنی‌دار با وزن صد دانه در گیاهان همزیست با همین گونه قارچ و مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر (۳۵/۷۳ گرم) به‌دست آمد. کاربرد کود شیمیایی همزمان با تلقیح گیاهانی با گونه میکوریزایی *C. claroideum* اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه گیاه نخود نداشته و در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد میکوریزا) اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (شکل ۱ ج). همزیستی با گیاه میزبان سبب بهبود رشد، افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز شده در نتیجه، در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به دانه‌ها انتقال یافته و دانه‌های درشت با وزن قابل قبول تولید گردیده و در نتیجه وزن صد دانه افزایش نشان داد. احتمالا در سطوح بالای فسفر، قارچ میکوریزایی مزیتی از نظر جذب فسفر برای میزبان نداشته است. همزیستی نخود با میکوریزا حتی در شرایط عدم مصرف فسفر نیز وزن صد دانه تقریبا برابر با گیاه نخود غیرهمزیست در بالاترین سطح فسفر، تولید نمود. افزایش عملکرد اندام هوایی با افزایش شاخ و برگ و افزایش عملکرد اندام زمینی با افزایش جذب مواد همراه می‌باشد، بنابراین تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و انتقال این مواد به سمت مخازن (بذرها) افزایش می‌یابد که موجب افزایش وزن صد دانه در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا می‌شود (اسونوبی ۱۹۹٤).

گونه‌های میکوریزایی *F. mosseae*، *Rh. intraradices* و *C. claroideum* در شرایط بدون کاربرد کود شیمیایی به ترتیب افزایش حدود ۵۹، ۷۳ و ٥٤ درصدی در عملکرد دانه نخود داشت. مقادیر عملکرد در گیاهان همزیست همراه با کود شیمیایی افزایش بیشتری نشان داد. با این وجود، کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک هیچ مزیتی نسبت به ۵۰ میلی‌گرم فسفر هم در گیاهان غیرمیکوریزایی و هم گیاهان تلقیح شده با سه گونه قارچ نداشت (شکل ۱ د). از آنجایی که عملکرد دانه برآیندی از صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه است، پس همزیستی میکوریزایی از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به گیاهان غیرهمزیست بوده است. چقامیرزا و فرشادفر (۲۰۰۵) روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد را روی صد و سه ژنوتیپ نخود مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و وزن صد دانه همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. مطالعه انجام شده توسط پزشک‌پور و همکاران (۲۰۱٤) در گیاه نخود نشان داد که استفاده از کودهای زیستی میکوریزایی مانند *G. intraradices* باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد گره و طول ریشه این گیاه گردید. در حالت کاربرد میکوریزا بیشترین عملکرد دانه از مقدار ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بدست آمد. همچنین کاربرد گونه‌های میکوریزایی *Rh. intraradices* و *C. claroideum* به همراه ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نسبت به عدم کاربرد آن اختلاف معنی-داری در میزان عملکرد دانه نداشت (شکل ۱ د). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با مصرف زیاد کود شیمیایی همزیستی بین ریشه گیاه و میکوریزا به میزان زیادی کاهش یافته است. همچنین دسترسی به فسفر در بیشتر گیاهان میزبان که از کلونیزاسیون میکوریزایی سود می-برند عموما تولید اسپور را کاهش می‌دهد (نلسن و همکاران ۱۹۸۱). لذا قارچ‌های میکوریزا در سطوح پایین کودهای شیمیایی باعث بهبود عملکرد دانه گیاه شده و شرایط بهتری را برای همزیستی با ریشه نخود فراهم می‌کند ولی در سطوح بالای کود شیمیایی این همزیستی کاهش یافته و فسفر زیاد حتی بازدارنده این شرایط هم-زیستی می‌باشد. در هر یک از سطوح کود شیمیایی کاربرد قارچ نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی‌داری داشته است. در مورد عملکرد دانه، گیاهان تلقیح شده با *F. mosseae* در حضور مقادیر بالاتر فسفر نسبت به سایر قارچ‌های مورد مطالعه موفق‌تر عمل کرده است و عملکرد دانه را در سطح بالاتری حفظ کرده است. هرچند منجر به افزایش بیشتر عملکرد نشده است (شکل ۱ د).

عدم توانایی گونه میکوریزا در ایجاد همزیستی به این معنی نیست که میکوریزا سهمی در جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه ندارد. قارچ برای رشد خود به فسفر نیاز دارد و ممکن است فسفر جذب شده را جهت مصرف خود اختصاص داده و کمتر به گیاه منتقل کند. کاربرد میکوریزا از یک طرف سبب کاهش مصرف فسفر و از طرفی باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. در واقع همزیستی گیاه با میکوریزا سبب استفاده گیاه از فسفر غیر قابل جذب خاک گردیده و این امر واکنش گیاه را به فسفر اضافه شده از طریق مصرف کود کاهش داده است (اسمیت و همکاران ۲۰۰٤).

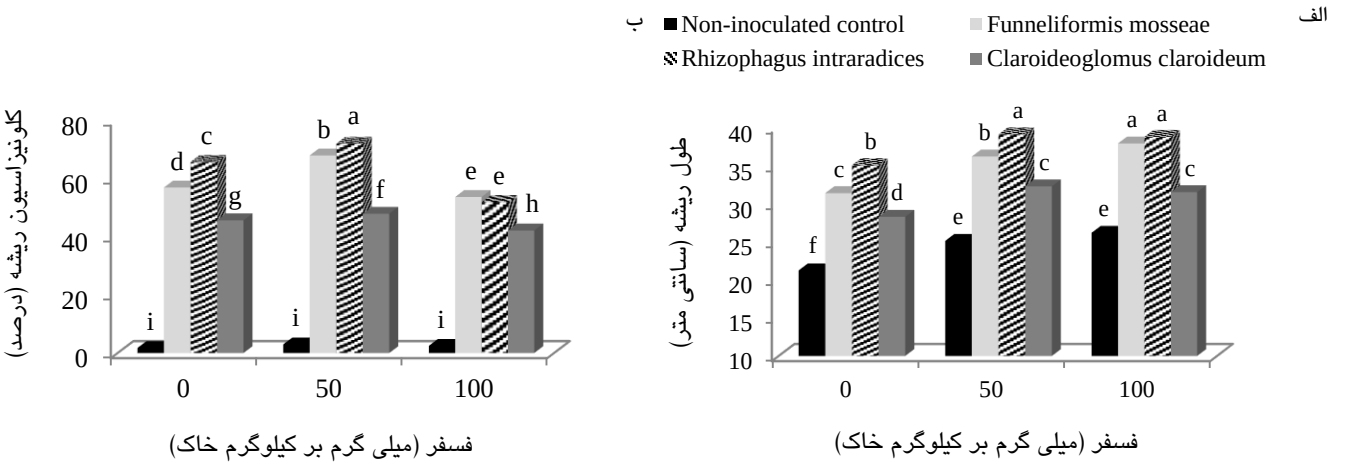


شکل ۱- ترکیبات تیماری گونه‌های مختلف میکوریزا و سطوح مختلف کود فسفر برای اجزای عملکرد (ارتفاع بوته (الف)، تعداد دانه در هر بوته (ب)، وزن صد دانه (ج)) و عملکرد دانه (د) نخود رقم آرمان
حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند

در گیاهان غیر میکوریزایی، کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک موجب افزایش معنی‌دار ($p\leq0.01$) طول ریشه این گیاهان شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نداشت (شکل ۲ الف). در شرایط عدم استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، تلقیح گیاهان با گونه‌های میکوریزایی افزایشی معنی‌دار در طول ریشه داشت و با افزایش مقدار کود به ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، طول ریشه گیاهان همزیست با *F. mosseae*، *Rh. intraradices* و *G. charoideum*، افزایش ۷۰/٤۲، ۸٤/۱۳

و ۵۱/۹۵ درصدی نشان داد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲ الف) مشخص شد که افزایش استفاده از کود سوپر فسفات تریپل از ۵۰ به ۱۰۰ میلی-گرم فسفر در کیلوگرم خاک تنها افزایش معنی‌داری در طول ریشه گیاهان همزیست با *F. mosseae* مشاهده شد. مطابق آزمایش فارودی (۲۰۱۰) در گیاه ذرت و گندم با افزایش کاربرد کود شیمیایی فسفر، فاکتورهای رشد و عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. در این مطالعه طول ریشه روند کاهشی در مقادیر بالاتر فسفر داشت. در حالی که با همزیستی با میکوریزا و افزایش کلونیزاسیون ریشه این گیاهان تمام پارامترهای مربوط به عملکرد و رشد ریشه (از جمله طول ریشه) افزایش نشان داد. با توجه به نتایج مایلت و همکاران (۲۰۱۱)، *G. intraradices* قادر به تولید فاکتورهای میکوریزایی لیپو چیتو الیگو ساکارید فعال است که به عنوان مولکول نشانگر در زمان ایجاد همزیستی بین میکوریزا و گیاه میزبان می‌باشد. از طرفی مولکول‌هایی که باعث ایجاد تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه میزبان مانند افزایش طول و تعداد ریشه می‌گردد، نیز افزایش می‌یابد. افزایش هورمون‌های استریولاکتون در ریشه‌های موئین گیاه میزبان در عکس‌العمل گیاه در همزیستی با میکوریزا موثر می‌باشد که با افزایش طول و تعداد ریشه‌های گیاه میزبان، مقدار این هورمون‌ها نیز تغییر می‌یابد که با تغییر مقدار فسفر نیز متفاوت خواهد بود (کلتایی ۲۰۱۲)، همچنین مشاهده شده است که تلقیح میکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه بویژه افزایش ریشه-های جانبی می‌شود (برتا و همکاران ۲۰۰۲).

درصد آلودگی ریشه با *Rh. intraradices* در حالت کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بیشترین مقدار (۷۲/۰۰ درصد) را داشته (شکل ۲ ب) و با افزایش استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل از ۵۰ به ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، درصد کلونیزاسیون ریشه با گونه‌های *F. mosseae* ، *Rh. intraradices* و *C. claroideum* ، به ترتیب کاهش ۲۱، ۲۸ و ۱۳ درصدی داشت. افزایش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون ریشه در مورد تمام گونه‌های میکوریزایی در حالت استفاده از ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد مشاهده شد. در کل، نتایج تحقیق (شکل ۲ ب) حاکی از این امر است که *Rh. intraradices* قدرت کلونیزاسیون بیشتری با گیاه نخود، نسبت به *F. mosseae* و *C. claroideum* دارد. رییان و همکاران (۱۹۹۶) گزارش نمودند که میزان کلونیزاسیون بر روی ریشه گندم توسط قارچ میکوریزا در زراعت ارگانیک بیشتر از زراعت مرسوم است. آنها علت این موضوع را استفاده مداوم از کودهای فسفاته در زراعت مرسوم بیان کردند زیرا این امر، اثر منفی بر کلونیزه شدن ریشه توسط قارچ دارد. علیزاده و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند با کاربرد میکوریزا، میزان مصرف کود شیمیایی فسفر به میزان ۵۰ درصد در گیاه ذرت کاهش یافت. با استفاده از میکوریزا به همراه مقادیر پایین کود شیمیایی بالاترین میزان عملکرد حاصل گردید. مصرف متعادل کود شیمیایی سبب تحریک کلونیزاسیون میکوریزایی در ریشه ذرت شده و باعث بهبود عملکرد دانه و وزن صد دانه شد. عدم تاثیر چشم‌گیر تلقیح با *C. claroideum* روی طول ریشه و درصد کلونیزاسیون ریشه (شکل ۲ الف و ب) می‌تواند ناشی از عدم توانایی این گونه میکوریزایی در همزیستی با گیاه باشد. کلونی‌زایی میکوریزایی علاوه بر نوع گیاه و سیستم ریشه‌ای به غلظت فسفر خاک نیز بستگی دارد. سطوح بسیار بالا و بسیار پایین فسفر خاک ممکن است سبب کاهش کلونی-زایی میکوریزایی شود. سطوح بیش از مقدار مورد نیاز فسفر خاک جهت رشد گیاه، سبب حذف آربسکول‌ها در همزیستی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار شد (اسمیت و رید ۲۰۰۸). رابیو و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که کلونی‌زایی میکوریزایی ریشه، در سطوح بالای فسفر محلول خاک کاهش می‌یابد.



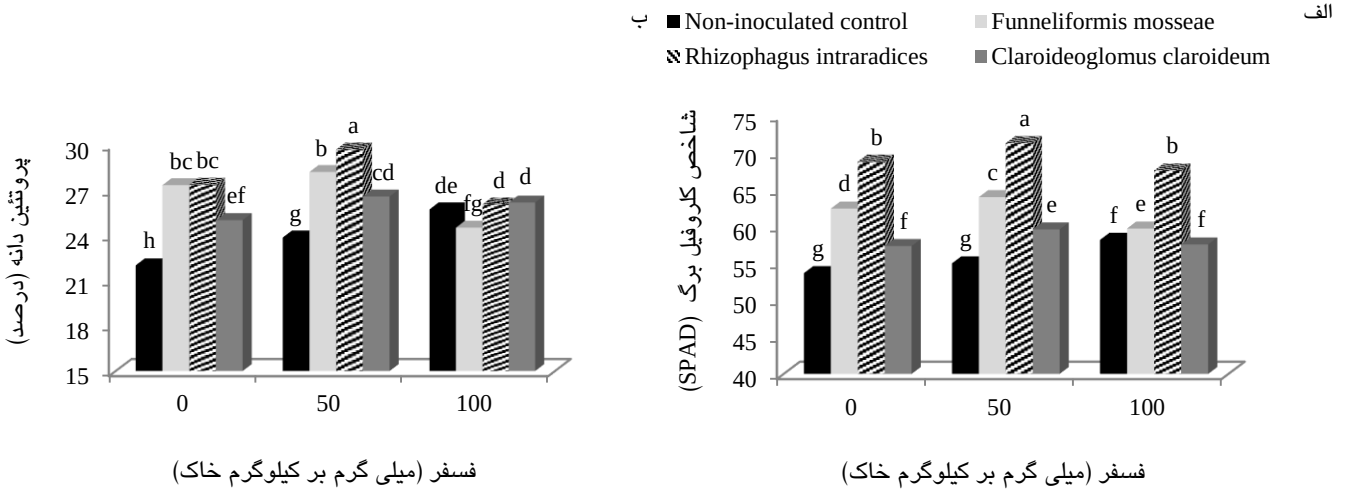
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های برهمکنش گونه‌های میکوریزا و سطوح کود فسفر بر طول ریشه (الف) و کلونیزاسیون ریشه (ب) نخود رقم آرمان

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (شکل ۳ الف) نشان داد که در گیاهان غیرهمزیست با میکوریزا، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک افزایش معنی‌داری ($p\leq0.01$) در شاخص کلروفیل برگ (SPAD) نشان داد که در مورد گیاهان همزیست در حالت بدون استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل، شاخص کلروفیل برگ بیشتر بود. بیشترین مقدار شاخص (۷۱/۳۰) مربوط به گیاهان نخود همزیست با *Rh. intraradices* و کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بود. محتوای کلروفیل از مهم‌ترین فاکتورها برای تعیین ظرفیت فتوسنتز در طول زندگی گیاه می‌باشد (بیات و همکاران ۲۰۰۹). عبدل- فتاح و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که با تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی این اثرات سودمند، با افزایش فسفر خاک کاهش پیدا کرد. تانگ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی خود روی گیاه ذرت مشاهده کردند که تلقیح ذرت با *G. mossea*، سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشید و فتوسنتز گیاه را افزایش داد. آنها علت این امر را به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان میکوریزایی نسبت داده‌اند.

کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک موجب افزایش درصد پروتئین دانه هم در گیاهان شاهد غیرمیکوریزایی و هم گیاهان میکوریزایی شد (شکل ۳ ب)، به طوری که گیاهان تلقیح شده با گونه میکوریزایی *Rh. intraradices* دارای بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۹/۶۷ درصد) بود. کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک در مقایسه با ۵۰ میلی‌گرم فسفر، کاهش ۱۳/۰۵ و ۱۲/۲۳ درصدی پروتئین در گیاهان همزیست با *F. mosseae* و *Rh. intraradices* به همراه داشت. نتایج بهات و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که تلقیح همزمان گیاه ماش سبز (*Vigna radiate* L. Wilczek) با باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش طول و تعداد گره در ریشه شد. این موضوع می‌تواند به دلیل اثرات هم‌افزایی باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا روی رشد ریشه باشد. اثر هم‌افزایی می‌تواند به دلیل نقش فسفر در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن گیاهان تیره لگوم باشد که بدین ترتیب قارچ میکوریزا با افزایش جذب فسفر

گیاه نقش مهمی را در تامین نیاز فسفری باکتری جهت رشد و تثبیت بیولوژیک نیتروژن ایفا می‌کند (بهات و همکاران ۲۰۱۱). وانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که در گیاه سویا، گیاهانی با ریشه‌های طویل معمولا ارتباط همزیستی و کلونیزاسیون بیشتری نسبت به ریشه‌های با طول کمتر داشته مخصوصا در مناطقی با میزان فسفر کمتر، که همزیستی میکوریزا میزان جذب فسفر و نیتروژن را در این گیاهان افزایش داده است. همچنین مشخص شده است که استفاده از کودهای زیستی در گیاهان باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود (سلیمان و همکاران ۲۰۰۵). مهرورز و چایچی (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا به صورت منفرد و تلفیقی می‌تواند باعث افزایش قابل توجه درصد پروتئین دانه در گیاه جو (*Hordeum vulgare*) گردد. ترفدار و رائو (۲۰۰۱) نیز اثرات متقابل مثبت بین باکتری ریزوبیوم و تلقیح با میکوریزا را روی گره‌زایی و جذب عناصر غذایی نوعی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش نمودند.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش گونه‌های میکوریزا× سطوح کود فسفر بر شاخص کلروفیل برگ (الف) و پروتئین دانه (ب) نخود رقم آرمان

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد در صورت استفاده از کود زیستی میکوریزا در زراعت نخود می‌توان میزان مصرف کود شیمیایی فسفر را از ۱۰۰ به ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک رساند، بدون اینکه شاخص‌های رشد، عملکرد و پروتئین دانه کاهش معنی‌داری پیدا کند. به عبارت دیگر، تلفیق مناسب کود شیمیایی و کود زیستی ضمن کاهش مصرف کودشیمیایی فسفر، باعث پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌گردد و در نهایت، می‌توان به عملکرد دانه و پروتئین مورد انتظار نیز دست یافت. البته پاسخ گونه‌های قارچ در همزیستی با گیاه نخود متفاوت بود. به عبارت دیگر گونه‌های *F. mosseae* و *Rh. intraradices* نسبت به گونه‌های دیگر در کلیه سطوح فسفر عملکرد و کلونیزاسیون ریشه بالاتری داشتند، با این وجود به منظور توصیه اجرایی دقیق، انجام این تحقیق در شرایط مزرعه نیز پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Abdel-Fattah GM, Migaher FF and Ibrahim AH. 2002. Interactive effects of endomycorrhizal fungus *Glomus entunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 5: 835-841.

Alizadeh O, Alizadeh A and Khastekhodaee A, 2008. Consideration twin use of mycorrhiza and *Azospirilum* to optimizing of fertilizer application in sustainable corn cultivation. New Findings in Agriculture, 3(1): 55-65. (In Persian).

Antunes PM, Schneider K, Hillis D and Klironomos JN. 2007. Can the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* actively mobilize P from rock phosphates? Pedobiologia, 51: 281-286.

Bayat F, Mirlohi A and Khodambashi M. 2009. Effects of endophytic fungi on some drought tolerance mechanisms of tall fescue in a hydroponics culture. Russian Journal of Plant Physiology, 56: 510–516.

Berta G, Fusconi A and Hooker JE, 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schupp, J. M. Berea abd consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag P. 71-85.

Bhat MI, Bangroo SA, Tahir A, Yadav SRS and Aziz MA. 2011. Combined effects of rhizobium and vesicular arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiate* L. Wilczek) under temperate conditions. Research Journal of Agricultural Science, 2(1):17-20.

Chaghamirza K and Farshadfar EA. 2005. Study of relationships between yield and yield components in chickpea. Abstract of 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding. Collage of Agriculture, University of Tehran, Karaj. Iran.

Duponnois R, Colombet A, Hien V and Thioulouse J. 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. Soil Biology Biochemistry, 37: 1460-1468.

Eke P, Chatue GC, Wakam LN, Kovipou RMT, Fokou PVT and Boyom, FF, 2016. Mycorrhiza consortia suppress the fusarium root rot (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Biological Control, 103: 240-250.

Ekin Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. African Journal Biotechnology, 9: 3794-3800

Eydizadeh K, Mahdavi Damghani A, Sabahi H and Soufizadeh S. 2010. Effects of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shoushtar. Agroecology, 2(2): 292-301. (In Persian).

FAO, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. httpi//www. Faostate. Fao.org.

Giovannetti, M and Mosse, B, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489–500.

Giri B, Kapoor R and Mukerji KG. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral of *Acacia auriculiformis*. Biological and Fertility of Soil, 38(3): 170-175.

Han HS, Supanjani D and Lee KD. 2006. Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil and Environment, 52: 130-136.

Hesse PR, 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray, London.

Khajeh M, Gholipour S, Amiri A, Yadollahi Dehcheshmeh P, Mighani H and Barajeah Fard M. 2016. The impact of biological and chemical phosphorus fertilizers on quality of mung been Gohar varity. Journal of Crop Production Research, 8(1): 1-14. (In Persian).

Khan AG. 2005. Mycorrhizas and phytorem ediation. In; Willey, N. (ed), Method in Biotechnology-Phytoremediation: Methods and Reviews. Totowa, USA: Humana press.

Koltai H, Matusova R and Kapulnik Y. 2012. Strigolactones in root exudates as a signal in symbiotic and parasitic interactions. In: Vivanco JM, Baluška F, editors. Signaling and communication in plants. Berlin: Springer, pp: 49-73.

Maillet F, Poinsot V, Andre O, Puech-Pages V, Haouy A, Gueunier M, Cromer L, Giraudet D, Formey D, Niebel A, Martinez EA, Driguez H, Becard G and Denarie J. 2011. Fungal lipochitooligosaccharide symbiotic signals in arbuscular mycorrhiza. Nature, 469: 58-63.

Mehrvarz S and Chaichi MR. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 3(6): 855-860

Millan T, Clarke HJ, Siiddique KHM, Buhariwalla HK, Gaur PM, Kumar J, Gil J, Kahl G and Winter P. 2006. Chickpea Molecular Breeding. New Tools and Concepts Euphytica, 147(1): 81-103.

Nelsen CE, Bogliano NC, Furutani SC, Safir GR and Sandstra BH. 1981. The effect of soil phosphorus levels on mycorrhizal infection of field-grown onion plants and mycorrhizal reproduction. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106: 786-788.

Osonubi O, 1994. Cooperative effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize and sorghum plant under drought stressed conditions. Biology and Fertility of Soil, 14: 159-165.

Pezeshkpour P, Ardakani MR, Paknejad S and Vazan S. 2014. Effects of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and bio phosphate solubilizing bacteria on some characteristics related to chickpea root growth under autumn in the dry land condition. Bulletin of Environment, Pharmacology and life Science, 3(2): 19-25.

Pharudi JA, 2010. Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus levels on growth and yield of wheat and maize crops grown on a phosphorus deficient sandy soil. MSc Thesis, Agriculture department, Stellenbosch University, South Africa.

Phillips JM and Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55:158–161.

Porras-Soriano A, Soriano-Marton ML, Porras-Piedra A and Azcon R. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. Journal of Plant Physiology, 166: 1350-1359.

Qiao G, Wen XP, Yu LF and Ji XB, 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. Plant Soil and Environment, 57:541-546.

Rahimzadeh S and Pirzad AR, 2017. Microorganisms (AMF and PSB) interaction on linseed productivity under water-deficit condition. International Journal of Plant Production, 11 (2): 259-274.

Robson AD and O'Hara GW, 1981. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Australian Journal of Plant Physiology, 8: 427-436.

Rubio R, Borie F, Schalchli C, Castillo C and Azean R, 2003. Occurrence and effect of arbuscular mycorrhizal propagules in wheat as affected by the source and amount of phosphorus fertilizer and fungal inoculation. Applied Soil Ecology, 23: 245-255.

Russo A, Felici C, Toffanin A, Gotz M, Collados MC, Migual Barea J, Moenne-Loccoz Y, Smalla K, Vanderleyden J and Nuti M, 2005. Effect of *Azospirillum* inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and Fertility of Soils, 41(5): 301-309.

Ryan MH and Ash JE. 1996. Colonization of wheat in southern New South Wales by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi significantly reduced by drought. Australian Journal of Experimental Agriculture, 36: 563-569.

Sabaghpour SH, 2001. Major diseases of chickpea in Iran. In proceeding of Symposium on grain legume in the Mediterranean. Agriculture, (LEGUMEP), 25-27 October 2001. Rabat, Morocco.

Saini VK, Bhandari SC and Tarafdar JC, 2004. Comparison of crop yield, soil microbial CN. and PN-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research, 89: 39-47.

Smith SE and Read DJ, 2008. Mycorrhizal Symbiosis, third ed. Academic Press, London, UK.

Smith SE, Facelli E and Pope S, 2010. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Plant and Soil, 326: 3-20.

Smith SE, Smith FA and Jakobsen I, 2004. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total Puptake. New Phytologist, 162: 511-521.

Solaiman ARM, Rabbani MG and Moll MN, 2005. Effect 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.

Tang M, Chen H, Huang JC and Tian ZQ, 2009. Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. Soil Biology Biochemistry, 41: 936-940.

Tarafdar JC and Rao AV, 2001. Response of cluster bean to *Glomus mosseae* and Rhizobium in an arid soil fertilized with nitrogen, phosphorus and farm yard manure. Journal of the Indian Society of Soil Science, 49: 751-755.

Tohidi-Moghadam H, Sani B, Ghooshchi F, 2004. The effect of nitrogen fixing and phosphate solubilizing microorganism on some quantitative parameters on soybean from sustainable agricultural point of views. Proceeding of 8th Agronomy and Plant Breeding Congress of Iran, Guilan University, Iran. (In Persian).

Wang X, Pan Q, Chen F, Yan X and Liao H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. Mycorrhiza, 21: 173-181.

Yousefpoor Z, Yadavi AR, 2014. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative yield of sunflower. Agriculture Science and Sustainable, 24(1): 95-112. (In Persian).

Zadeh-Dabbagh D, Daneshvar MH, Azemi ME and Lotfi Jalal-abadi A. 2016. The effects of Bio-fertilizer and NPK fertilizer on vegetative growth and the amount of phosphorus in potmarigold (*Calendula officinalis* L.). Production, 27(1): 122-131. (In Persian)

Zaidi A, Khan MS, Amil M. 2003. Interaction effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arientinum* L.). European Journal of Agronomy, 19(1): 15-21.