نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۶۶۵-۶۵۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No.4, Winter. 2014, p. 658-665

بررسی امکان استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا در تأمین بخشی از فسفر در زراعت نخود (*Cicer arietinum* L.)

عصمت محمدی - حمیدرضا اصغری[۲]- احمد غلامی[۳*]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۵/۱۴

چکیده

به منظور بررسی امکان استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا به جای بخشی از کود شیمیایی فسفر مورد نیاز در زراعت نخود، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا گردید. تیمارها شامل ۱: B_1 (شاهد (بدون استفاده از میکوریزا و کود فسفر))، ۲: B_2 (میکوریزا)، ۳: B_3 (۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر)، ۴: B_4 (۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا)، ۵: B_5 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر)، ۶: B_6 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا) بود. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایش، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و غلظت فسفر دانه را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند، در حالی که تأثیر تیمارها بر وزن صد دانه و شاخص برداشت، معنی‌دار نبود. براساس نتایج، کاربرد قارچ میکوریزا، صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد غلاف را در گیاه نخود افزایش داد که این میزان افزایش، با مصرف ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در یک سطح آماری قرار دارند. همچنین درصد کلونیزاسیون ریشه با مصرف کود فسفر بطور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین با توجه به ضرورت کاهش مصرف کودهای شیمیایی، می‌توان کاربرد میکوریزا را در زراعت نخود توصیه نمود.

واژه های کلیدی: میکوریزای آرباسکولار، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، نخود

مقدمه

نخود یکی از مهمترین حبوبات است که سرشار از پروتئین و نشاسته بوده و در جیره غذایی انسان از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (۲). در بین حبوبات، گیاه نخود با ۴۳/۲۵ درصد تولید، رتبه اول را در کشور دارا می‌باشد. بالغ بر ۶۴۸ هزار هکتار زمین در کشور به کشت نخود اختصاص دارد که از آن حدود ۳۳۶ هزار تن نخود تولید می‌گردد و در اکثر نقاط کشور به استثنای سواحل دریای خزر کشت می‌شود (۷).

استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی برای تأمین فسفات مورد نیاز گیاهان همواره موجب ایجاد آثار سوء زیست محیطی شده و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی را به دنبال داشته است (۲۵). در حال حاضر جهت کاهش این اثرات سوء، منابع جایگزین کودی مانند کودهای زیستی بطور قابل توجهی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از ارکان کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (۲۵). امروزه بکارگیری ریز موجودات مفید خاکزی با عنوان کودهای زیستی به عنوان طبیعی‌ترین و مطلوبترین راه حل برای زنده نگه داشتن نظام حیاتی خاک در اراضی کشاورزی مطرح است. از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به افزایش تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست می‌باشد (۵). قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار، یکی از انواع کودهای زیستی بوده که با ریشه اغلب گیاهان زراعی رابطه همزیستی دارند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی خصوصاً فسفر سبب بهبود رشد گیاهان میزبان می‌شوند (۱۴، ۳۰ و ۳۲). قارچ‌های میکوریزا فعالیت برخی از آنزیم‌ها (به عنوان مثال فسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و ...) را افزایش می‌دهند و به این روش به رشد گیاه کمک می کنند (۳۶). اسمیت و رید (۳۰) و زو و همکاران

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: ahgholami@yahoo.com)

(۳۷) اظهار داشتند که واکنش گیاه میزبان به قارچ میکوریزا برای بهبود رشد و یا بهبود جذب فسفر به نوع گیاه و میزان فسفر خاک بستگی دارد. لی و همکاران (۱۹) نشان دادند که قارچ میکوریزا در مقادیر کم فسفر، وزن ریشه و اندام هوایی ذرت را نسبت به شاهد بهبود بخشید. همچنین ارتاس (۲۰) گزارش کرد که کاربرد توأم کود فسفر با قارچ میکوریزا و همچنین تلقیح میکوریزا به تنهایی، عملکرد بیولوژیک و دانه نخود را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. سینگ و همکاران (۲۷) نیز مشاهده کردند که با تلقیح قارچ میکوریزا ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه نخود به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در پژوهش دیگری مشاهده شد که استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و باکتری حل کننده فسفات ضمن آنکه سبب کاهش مصرف کود شیمیایی فسفر به میزان حداقل ۵۰ درصد گردید، موجب پایداری عملکرد نیز شد (۳). نتایج حاصل از تحقیق انجام شده توسط ساغری و همکاران (۴)، بیانگر توانایی قارچ میکوریزا به عنوان یک کود زیستی در افزایش تولید علوفه یونجه یکساله در مزرعه بود. لی و همکاران (۱۸) نیز در پژوهش خود بر روی شبدر (*Trifolium subterraneum* L.) مشاهده کردند که تلقیح میکوریزا (*Glomus intraradices*) وزن خشک بوته را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. با توجه به اولویت کاهش مصرف کودهای شیمیایی در زراعت محصولات کشاورزی، هدف از این بررسی، مطالعه امکان استفاده از کود زیستی میکوریزا در زراعت نخود است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی امکان استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا برای تأمین بخشی از فسفر در زراعت نخود رقم هاشم صورت گرفت. رقم هاشم اولین رقم مقاوم به بیماری برق زدگی و مناسب برداشت مکانیزه است که برای کشت در مزارع کشاورزان در کشور معرفی شد. در این آزمایش از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل که حاوی ۱۹ تا ۲۳ درصد فسفر (۴۴ تا ۵۲ درصد P_2O_5) می باشد، استفاده شد. این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۱- B_1 (شاهد (بدون میکوریزا و کود فسفر))، ۲- B_2 (میکوریزا)، ۳- B_3 (۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر)، ۴- B_4 (۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا)، ۵- B_5 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر)، ۶- B_6 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا) بود. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری انجام شد و نمونه‌ها به منظور تعیین بافت خاک، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و هدایت الکتریکی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول شماره ۱ آورده شده است. هر کرت آزمایشی به ابعاد ۴/۵ × ۲/۲۵ متر شامل ۶ خط کاشت با فاصله خطوط ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرتها در هر بلوک ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۳ متر بود. کاشت بذور نخود با فاصله ۱۵ سانتی‌متر در طول خط کشت در اسفند ماه انجام شد. در زمان کاشت برای اعمال تیمارهای آزمایش در هر ردیف، شیاری در سراسر پشته به عمق ۱۰ سانتی‌متر ایجاد و پس از قرار دادن کود فسفر داخل شیار روی آن با خاک پوشانده شد. ماده تلقیح قارچ میکوریزا حاوی خاک، ریشه‌های گیاه شبدر برسیم و اندام قارچ *Glomus intraradices* بود. برای تلقیح بذرها با میکوریزا مقدار ۱۵ گرم ماده تلقیح در ۳ سانتی‌متر پایین‌تر از بذور قرار داده شد. در زمان کاشت در هر محل تعداد دو عدد بذر قرار داده شد. عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن و کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد انجام شد. در برداشت نهایی، از هر کرت ۱۰ بوته بطور تصادفی برای ارزیابی صفاتی مانند عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن خشک برگ و ساقه نمونه‌برداری شدند. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و سپس با ترازو وزن شدند. به منظور تعیین کلونیزاسیون ابتدا نمونه‌های ریشه نخود با استفاده از روش فیلیپس و هیمن (۲۳) رنگ‌آمیزی شد و برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها از روش جیووانتی و موس استفاده شد (۱۳). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (cm)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	نیتروژن (٪)	pH	O/C (٪)
۰-۳۰	۲۸	۴۲	۳۰	لوم- رسی	۵/۶۸	۱۹	۱۴۹	۰/۰۶۶	۸/۱۰	۰/۷۷

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه نخود بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمارهای B_5 (کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر) و B_1 (شاهد) بود (جدول ۳). بجز تیمار B_4 (۲۵ کیلوگرم کود فسفر + کود بیولوژیک میکوریزا) که از نظر تأثیر بر عملکرد دانه تفاوت معنی داری با شاهد نداشت، سایر تیمارها بطور معنی‌داری عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. در تیمار B_4 (۲۵ کیلوگرم کود فسفر + میکوریزا)، درصد کلونیزاسیون ریشه به طور معنی‌داری نسبت به تیمار B_3 (۲۵ کیلوگرم کود فسفر) افزایش یافته است (شکل ۱) و این نشان می‌دهد، میکوریزا در این مقدار کود فسفر فعالیت بیشتری داشته و از کربوهیدرات گیاه برای بقای خود استفاده بیشتری کرده است. وقتی کلونیزاسیون قارچ میکوریزا تحت شرایط غلظت بالای فسفر اتفاق می‌افتد، ممکن است میکوریزا، رشد گیاه را کاهش دهد (۱۲ و ۱۵)، یعنی با افزایش فسفر در حد ۲۵ کیلوگرم در هکتار، نقش میکوریزا در سیستم به عنوان مصرف کننده مطرح می‌شود، در حالی که در صورت اضافه نکردن کود فسفر، میکوریزا تولید کننده است (فعال شدن سیستم ریسه‌های قارچ میکوریزا). در تیمار B_6 (۵۰ کیلوگرم کود فسفر+ میکوریزا) افزایش عملکرد نخود تنها به علت استفاده از ۵۰ کیلوگرم کود فسفر بوده و میکوریزا در این افزایش عملکرد نسبت به شاهد نقشی نداشته است (فعال شدن سیستم ریشه‌ای انتقال عناصر غذایی) (۲۹). کاربرد کود بیولوژیک میکوریزا (B_2) عملکرد دانه را به میزان ۶۱/۵۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که از لحاظ آماری با کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفر (B_5) در یک سطح آماری قرار داشت. پرامانیک و سینگ (۲۴) گزارش کردند مصرف صفر تا ۶۰ کیلوگرم فسفر منجر به افزایش خطی عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد. افزایش عملکرد نخود تحت تأثیر فسفر بدلیل رشد و نمو، گلدهی و غلاف‌بندی بهتر بوته می‌باشد. ثانی و همکاران (۳) نیز گزارش کردند، استفاده از قارچ میکوریزا، عملکرد ذرت را به طور معنی‌داری در سطح ۵٪ نسبت به شاهد افزایش داد.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی دار استفاده از تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۲). حداکثر و حداقل مقادیر عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمار B_6 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا) و B_1 (شاهد) بدست آمد. عملکرد بیولوژیک در تیمارهای B_2، B_3، B_5 و B_6 تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کاربرد میکوریزا به تنهایی (B_2) باعث شد تا عملکرد به میزان ۳۰۳۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش یابد. این نتیجه بیانگر این مطلب است که در شرایط این آزمایش همزیستی میکوریزایی قادر بود معادل مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، عملکرد بیولوژیک تولید نماید. قارچ میکوریزا به دلیل افزایش سطح ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که نتیجه آن افزایش فتوسنتز، بهبود رشد گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک است (۲۹). همسو با نتایج این بررسی، افزایش عملکرد در یونجه و گندم به علت بهره‌گیری از همزیستی میکوریزایی گزارش شده است (۱۰، ۱۶ و ۲۲). وبر و همکاران (۳۵) نیز گزارش کردند در گیاه نخود تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفر و تلقیح میکوریزا از نظر تأثیر بر وزن خشک اندام‌های هوایی وجود نداشت، هر چند که اختلاف آنها با شاهد معنی‌دار بود.

وزن صد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان داد که کاربرد تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه نداشت.

شاخص برداشت: تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نخود نداشتند (جدول ۲). به نظر می‌رسد به دلیل اینکه در این آزمایش تیمارهای مورد بررسی اثر مشابهی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود داشتند، نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (شاخص برداشت) از این تیمارها متأثر نشده است.

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف: نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) نشان داد تأثیر سایر تیمارها بر تعداد غلاف در بوته در مقایسه با شاهد از نظر آماری معنی‌دار بود. در بین تیمارها، تیمار B_3 با ۹۲/۶۷ غلاف در بوته و تیمار B_1 با ۴۱/۵۳ غلاف در بوته به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند. کاربرد میکوریزا (B_2) تعداد غلاف را به میزان ۱۲۲/۹۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و از لحاظ آماری با تیمارهای B_3، B_5 و B_6 در یک سطح آماری قرار داشت. اختر و سیدیکویی (۹) مشاهده کردند تلقیح میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در نخود نسبت به شاهد شد. اثر تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار B_5 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر) و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار B_2 (میکوریزا) مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می رسد که تیمارهایی که در آنها کود فسفر بطور مستقیم به کرت ها اضافه شده است تاثیر بیشتری بر تعداد دانه در بوته داشت.

جدول۳- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه نخود

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	شاخص برداشت (٪)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)
B_1 (شاهد)	۲۵۴۲/۹۶ ^{b}	۵۱۶۱/۵۴^{c}	۲۳/۷۱^{b}	۴۹/۳۲^{a}	۴۱/۵۳^{c}	۱/۱۰^{bc}	۲/۰۱^{c}	۶/۱۹^{c}
B_2 (کود بیولوژیک میکوریزا)	۴۱۰۷/۶۱^{a}	۸۱۹۸/۳۷ ^{ab}	۲۶/۲۱^{ab}	۴۹/۹۳^{a}	۹۲/۶۰ ^{a}	۱/۰۶^{c}	۲/۹۷^{b}	۹/۰۶^{abc}
B_3 (۲۵ کیلوگرم کود فسفر)	۴۲۷۶/۷۷^{a}	۸۱۷۸/۴۲^{ab}	۲۶/۴۶^{ab}	۵۲/۲۵^{a}	۹۲/۶۷^{a}	۱/۱۸^{ab}	۲/۵۹^{bc}	۹/۴۷^{abc}
B_4 (۲۵ کیلوگرم کود فسفر + کود بیولوژیک میکوریزا)	۳۶۰۸/۹۹^{ab}	۶۹۴۰/۶۷^{bc}	۲۷/۴۱^{a}	۵۱/۷۶^{a}	۶۹/۶۰^{b}	۱/۱۵^{ab}	۳/۲۳^{b}	۸/۲۵ ^{bc}
B_5 (۵۰ کیلوگرم کود فسفر)	۴۷۸۷/۴۳^{a}	۹۴۵۴/۳۴^{ab}	۲۶/۶۰ ^{ab}	۵۰/۸۹^{a}	۷۱/۲۷^{ab}	۱/۲۱^{a}	۴/۵۲^{a}	۱۱/۱۸^{ab}
B_6 (۵۰ کیلوگرم کود فسفر + کود بیولوژیک میکوریزا)	۴۶۶۸/۶۸ ^{a}	۹۶۶۹/۴۸ ^{a}	۲۶/۸۱^{a}	۴۸/۱۰^{a}	۸۴/۲۷ ^{ab}	۱/۱۳ ^{abc}	۴/۱۶^{a}	۱۲/۳۵^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در تیمارهای مختلف کودی در گیاه نخود

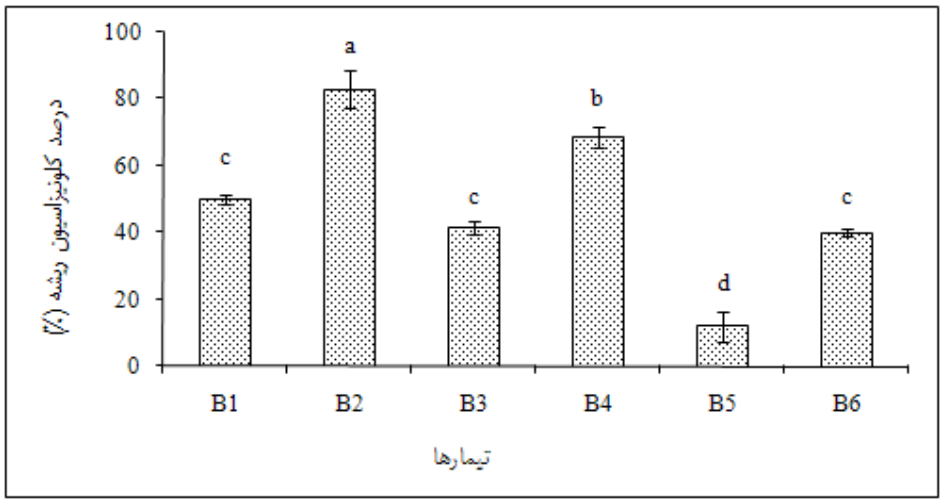
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	شاخص برداشت	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	درصد کلونیزاسیون	فسفر دانه
بلوک	۲	۲۰۴۱۰۳/۱۶۳	۶۵۴۶۲۰/۳۷۷	۰/۷۵۷	۰/۷۸۵	۲۳/۰۶۹	۰/۰۰۱	۱/۰۹۸	۲/۱۰۶	۲۸/۴۵۴	۰/۱۵۵
تیمار	۵	۲۰۵۸۷۲۵/۸۵۱ *	۸۴۷۵۷۱۲/۹۹۸ *	۴/۹۵۰ ^{ns}	۷/۳۰۹ ^{ns}	۱۱۲۲/۱۴۱ *	۰/۰۰۹ *	۲/۶۹۸ **	۱۴/۱۶۴ *	۱۸۲۹/۵۷۰ **	۲/۱۳۳**
خطا	۱۰	۵۷۹۷۴۱/۳۵۶	۱۹۲۱۵۹۶/۴۶۷	۲/۷۱۲	۷/۷۷۱	۱۴۶/۱۸۱	۰/۰۰۲	۰/۲۶۴	۳/۷۶۱	۳۴/۴۷۷	۰/۰۸۳
C.V %		۱۹/۰۴	۱۷/۴۷	۶/۲۸	۵/۵۳	۱۶/۰۵	۳/۶۱	۱۵/۸۳	۲۰/۶۰	۱۱/۹۲	۹/۵۹

ns، * و **- به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

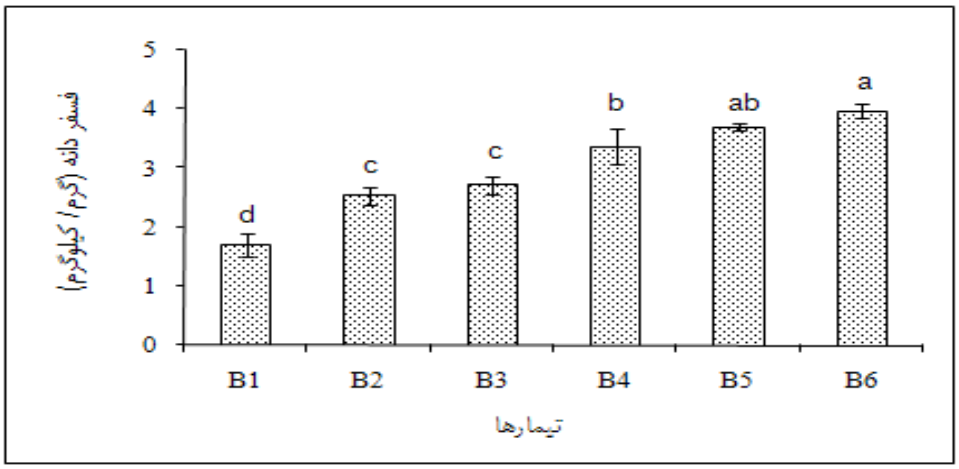
وزن خشک برگ و ساقه: نتایج این آزمایش نشان داد که وزن خشک ساقه و برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند (جدول۲). از مقایسه میانگین نتایج چنین استنباط می‌شود که بیشترین و کمترین وزن خشک برگ به ترتیب در تیمار B_5 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر) و B_1 (شاهد) بدست آمد (جدول ۳). کاربرد میکوریزا (B_2) موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ نسبت به شاهد شد. اختر و سیدیکویی (۹) و آلوش و همکاران (۸) گزارش کردند تلقیح میکوریزا وزن خشک اندام هوایی گیاه نخود را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. قول لرعطا و همکاران (۶) گزارش کردند که با تلقیح میکوریزا وزن خشک ساقه شبدر برسیم افزایش معنی‌داری یافت. از جمله دلایل تولید ساقه بیشتر در شبدر برسیم، افزایش در جذب فسفر، بهبود تغذیه گیاه و دسترسی ریشه گیاه به حجم بیشتری از خاک بیان شد. بارا و همکاران (۱۱) نیز افزایش وزن خشک اندام هوایی بوته‌های یونجه تلقیح یافته با قارچ میکوریزا را گزارش کردند.

درصد کلونیزاسیون ریشه: بررسی اثر تیمارها بر درصد کلونیزاسیون ریشه نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ این صفت، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲). بیشترین درصد کلونیزاسیون در تیمار B_2 (میکوریزا) و کمترین مقدار آن در تیمار B_5 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر) یعنی بیشترین مقدار استفاده از کود شیمیایی فسفر به دست آمد (شکل ۱). مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (B_5) درصد کلونیزاسیون ریشه را به میزان ۷۶/۱۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. کانم و همکاران (۱۷) افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه نخود تلقیح یافته با میکوریزا را مشاهده نمودند. مشخص شده است که میزان فسفر در خاک بر ترشحات ریشه‌ای مؤثر است، بطوری که مقدار فسفر در داخل گیاه میزبان بر کربوهیدرات‌های محلول در ریشه‌ها و ترشحات ریشه‌ای تأثیر داشته و بنابراین می‌تواند میزان هیدرات کربن اختصاص یافته به قارچ‌های میکوریزا را تنظیم کرده و در نتیجه بر درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها موثر باشد (۲۸). ساغری و همکاران (۴) گزارش کردند استفاده از کود شیمیایی فسفر بر همزیستی میکوریزایی تأثیر منفی داشته به طوری که سبب کاهش ۷۰ درصدی کلونیزاسیون ریشه گیاه یونجه شد. در مطالعه دیگری مشخص شد که درصد کلونیزاسیون ریشه سویا با افزایش مقدار کود فسفر به طور معنی‌داری کاهش یافت (۳۴).

فسفر دانه: اثر تیمارهای مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار فسفر دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین فسفر دانه با تیمار B_6 (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + میکوریزا) و کمترین فسفر دانه با تیمار B_1 (شاهد) حاصل شد (شکل ۲). ترک و همکاران (۳۳) اظهار نمودند که نقش اساسی قارچ‌های میکوریزا تأمین فسفر برای گیاه است. فسفر در خاک، عنصری فوق العاده کم تحرک است بطوری که حتی اگر فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می‌آید، لذا قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع ماده خشک بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. تلقیح ریشه گیاهان با میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با افزایش ناحیه تخلیه فسفر به وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۲۱ و ۲۶).



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر درصد کلونیزاسیون ریشه نخود



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر فسفر دانه نخود

حلالیت فسفر به وسیله آزاد سازی اسیدهای آلی، آنزیم فسفاتاز و متابولیت اختصاصی نظیر سیدروفورها انجام می‌شود (۲۶). میکوریزا از طریق مکانیسم‌های غیرمستقیم شامل اثر بر ویژگی رایزوسفر مانند تغییر pH و الگوی سیستم ریشه‌ای می‌تواند بر رشد گیاهان مؤثر باشد. در یک تحقیق، تلقیح گیاه شبدر با قارچ میکوریزا به طور معنی‌داری باعث افزایش رشد اندام هوایی و همچنین افزایش غلظت و محتوی فسفر گیاه شبدر گردید (۱). در گیاه سویا نیز تلقیح میکوریزا محتوی فسفر گیاه را در سطوح پایین کود فسفر به طور معنی‌داری افزایش داد (۳۴). توسلی و همکاران (۳۱) نیز گزارش کردند تلقیح میکوریزا محتوی فسفر گیاه نخود را به طور معنی‌داری افزایش داد.

نتیجه‌گیری

امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی به جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای بیولوژیک، توجه قابل ملاحظه‌ای شده است. نتایج این بررسی روشن ساخت که در حالت کلی، استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا بر روی اغلب صفات، تأثیر معنی‌داری داشته و باعث افزایش صفات شده است. طبق نتایج بدست آمده در اکثر صفات مورد بررسی تیمار $B_۶$ (۵۰ کیلوگرم کود فسفر + کود بیولوژیک میکوریزا) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار $B_۲$ (کود بیولوژیک میکوریزا) نداشت. لذا می‌توان بیان کرد که تأثیر دو تیمار بر صفات مورد بررسی یکسان بوده است. از طرف دیگر بکارگیری ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در خاک سبب کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون قارچ میکوریزا گردید که با توجه به نقش کلیدی این قارچ در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و اثر مفید میکوریزا بر عملکرد نخود که در این آزمایش مشاهده گردید، حائز اهمیت است. در نهایت می‌توان چنین گفت که علاوه بر افزایش در عملکرد نخود، استفاده از میکوریزا به دلیل کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و بهبود خصوصیات خاک می‌تواند نقش به سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند.

منابع

۱- اصغری، ح. ر. ۱۳۸۶. بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه شبدر در میزان فسفر قابل دسترس خاک. ص ۱۲۳-۱۲۲. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴ تا ۶ شهریورماه. کرج.

۲- باقری، ع.، ا. نظامی، ع. گنجعلی و م. پارسا. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳- ثانی، ب.، ه. لیاقتی، م. شریفی و ز. حسینی نژاد. ۱۳۸۶. مقایسه اثر باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریز بر روی تولید بهینه ذرت دانه‌ای رقم (۷۰۴ sc). ص ۹۱۰-۹۰۰. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. ۲۶-۲۵ مهرماه ۱۳۸۶. گرگان.

۴- ساغری، م.، ح. بارانی، ح. ر. اصغری، م. مصداقی و م. صدوری. ۱۳۸۸. تأثیر تلقیح قارچ آرباسکولار میکوریز و کود شیمیایی فسفره بر رشد و تولید دو گونه یونجه یکساله. مجله علمی پژوهشی مرتع. ۲ (۳): ۳۰۱-۲۹۱.

۵- صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات). ص ۵۴-۱. خاوازی ک. و ملکوتی م. ج. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مرکز نشر آموزش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. کرج.

ایران.

۶- قول لرعطا، م.، ف. رئیسی و ح. ا. نادیان. ۱۳۸۷. اثرات متقابل شوری و فسفر بر رشد، عملکرد و جذب عناصر در شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.). مجله پژوهش های زراعی ایران، ۱ (۶): ۱۲۶-۱۱۷.

۷- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران.

8- Alloush, G. A., S. K. Zeto, and R. B. Clark. 2000. Phosphorus source, organic matter and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. Journal of Plant Nutrition, 23 (9): 1351-1369.

9- Akhtar, M. S., and Z. A. Siddiqui. 2008. *Glomus intraradices*, *Pseudomonas alcaligenes* and *Bacillus pumilus* as effective biocontrol agents for the root-rot disease complex of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of General. Plant Pathology., 74: 53-60.

10- Aliasgharzadeh, N., and M. R. Esfandiari. 2004. Effects of dual inoculations of *Sinorhizobium meliloti* and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of salt stressed alfalfa. In CIGR International Conference. Proc. of Conf., Beijing, China. 11-14 Oct.

11- Barea, J. M., M. Toro, M. O. Orozco, E. Campos, and R. Azcon. 2002. The application of isotopic (^{32}P and ^{15}N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 63: 35-42.

12- Gavito, M. E., and L. Varela. 1995. Response of criollo maize to single and mixed species inocula of arbuscular mycorrhizal fungi. Plant and Soil, 176: 101-105.

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

14- Jeffries, P., S. Gianinazz, S. Perotto, K. Turnau, and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils, 37: 1-16.

15- Kahiluoto H., E. Ketoja, M. Vestberg, and I. Saarela. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization. 2. Field studies. Plant and Soil, 231: 65-79.

16- Khan, M. S., and A. Zaidi. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 31: 355-362.

17- Khanam, D., A. U. Mridha, and A. R. M. Solaiman. 2006. Effect of fertilizers on the natural occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi chickpea (*Cicer arietinume* L.). Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture. 29: 87-95.

18- Li, H. Y., Y. G. Zhu, P. Marschner, F. A. Smith, and S. E. Smith. 2005. Wheat responses to arbuscular mycorrhizal fungi in a highly calcareous soil differ from those of clover, and change with plant development and P supply. Plant and Soil, 277: 221-232.

19- Li, H., X. Li, Z. Dou, J. Zhang, and C. Wang. 2012. Earthworm (*Aporrectodea trapezoides*)-mycorrhiza (*Glomus intraradices*) interaction and nitrogen and phosphorus uptake by maize. Biology and Fertility of Soils, 48: 75-85.

20- Ortas, I. 2008. The effect of mycorrhiza inoculation on forage and non-forage plant growth and nutrient uptake under field conditions. Options Mediterraneennes, Series A, 79: 463-469.

21- Peterso, R. L., and H. B. Massicotte. 2004. Exploring structural definitions of mycorrhizas, with emphasis on nutrient-exchange interfaces. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique, 82 (8): 1074-1088.

22- Pharudi, J. A. 2010. Effect of mycorhizal inoculation and phosphorus levels on growth and yield of wheat and maize crops grown on a phosphorus deficient sandy soil. M.Sc. Thesis. Agricultre Department of University of Stellenbosch. Stellenbosch. South Africa.

23- Phillips, S. J. M., and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of British Mycological Society, 55: 158-160.

24- Pramanik, K. and R. K. Singh. 2003. Effect of levels and mode of phosphorus and biofertilizers on chickpea (*Cicer arietinum*) under dryland conditions. Indian Journal of Agronomy. 48(4): 294-296.

25- Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.

26- Shenoy, V. V., and G. M. Kalagudi. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances, 23:501-513.

27- Singh, P. K., M. Singh and D. Vyas. 2010. Biocontrol of fusarium wilt of chickpea using arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosorum* biovar. Caryologia. 63 (4): 349-353.

28- Siqueria, J., and O. Saggin-Junior. 1998. Arbuscular mycorrhizal dependency of some Brazilian native woody species. ICOM2. Uppsala. Sweden.

29- Smith, S. M., F. A. Smith, and I. Jacobsen. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plant irrespective of growth responses. Plant Physiology, 133: 16-20.

30- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press and Elsevier London.
31- Tavasolee, A. R., N. Aliasgharzad, Gh. SalehiJouzani, M. Mardi, and A. Asgharzadeh. 2011. Interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rizobial strains on chickpea growth and nutrient content in plant. Africian Journal Biotechnology, 10: 7585-7591.
32- Tuffen, F., W. R. Eason, and J. Scullion. 2002. The effect of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of and ^{32}P transfer between *Allium porrum* plants. Soil Biology & Biochemistry, 34 (7): 1027-1036.
33- Turk, M. A., T. A. Assaf, K. M. Hameed, and A. M. Tawaha. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agriculture Science, 2 (1): 16-20.
34- Wang, X., Q. Pan, F. Chen, X. Yan, and H. Liao. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. Mycorrhiza. 21: 173-181.
35- Weber, E., M. C. Saxena, E. George and H. Marschner. 1993. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on vegetative growth and harvest index of chickpea grown in northern Syria. Field Crops Research, 32: 115-128.
36- Zhang, H., X. Wu, G. Li, and P. Qin. 2011. Interactions between arbuscular mycorrrhizal fungi and phosphate solubilizing fungus (*Mortierella* sp.) and their effects on *Kostelelzkya virginia* growth and enzyme activities of rhizosphere and bulk soils at different salinities. Biology and Fertility of Soils, 47: 543-554.
37- Zhu, Y., F. A. Smith, and S. E. Smith. 2003. Phosphorus efficiencies and responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to arbuscular mycorrhizal fungi grown in highly calcareous soil. Mycorrhiza, 13 (2): 93-100.