دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره سوم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵
http://arpe.gonbad.ac.ir

تأثیر قارچ مایکوریزا و باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* روی خصوصیات رشدی و عملکرد سویا در سطوح مختلف کود فسفر

متانت دماوندی[1*]، حسین صبوری[2]، عباس بیابانی[3]، سامیه رئیسی[4]، محمد حسین ارزانش[5]

[1] دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[2،3] دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

[4،5] اعضاء هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۹

چکیده

به منظور بررسی اثرات تلقیح قارچ مایکوریزا و باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* روی خصوصیات رشدی و عملکرد سویا رقم کتول آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: سه سطح مایکوریزا (بدون تلقیح، *Glomus intraradices*، *Glomus mosseae*)، دو سطح استفاده و عدم استفاده از باکتری و سه سطح فسفر خالص (صفر، ۱/۳۲ و ۲/۶۴ گرم در مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که، تلقیح با مایکوریزا و باکتری در تمام صفات به‌جز تعداد بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری را ایجاد نمودند. هم‌چنین اثر فسفر در تمامی صفات مورد بررسی به‌جزء وزن خشک برگ و تعداد بوته در مترمربع معنی‌دار بود. اثرات متقابل دوگانه تیمارها (مایکوریزا، باکتری و فسفر) تنها بر وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن خشک گره‌ها معنی‌دار بود. اثر متقابل مایکوریزا × باکتری × فسفر بر وزن خشک برگ، سطح برگ، وزن هزار دانه، تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم معنی‌دار بودند. مطابق نتایج، بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد در تیمارهای تلقیح با مایکوریزا گونه اینترارادایسس، استفاده از باکتری و ۲/۶۴ گرم فسفر در مترمربع مشاهد شد.

***واژه‌های کلیدی*: ریزوبیوم، مایکوریزا، عملکرد دانه، وزن خشک، کود فسفر**

*نویسنده مسئول: metanatdam@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی در اکوسیستم‌های زراعی نه تنها باعث تخریب ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌شود؛ بلکه کیفیت محصولات تولید شده را نیز به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Aliabadi Farahani *et al*., 2007). به‌منظور حفظ محیط زیست استفاده از پتانسیل‌های بیولوژیک برای کاهش مصرف کودهای نیتروژن در اراضی زیر کشت لگوم‌ها ضروری است. در بین گیاهان زراعی، خانواده بقولات از امتیاز تبدیل نیتروژن مولکولی هوا به ترکیبات نیتروژن‌دار قابل استفاده توسط گیاه به کمک باکتری همزیست ریزوبیوم برخوردار می‌باشند. افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن موجب افزایش عملکرد و گامی مؤثر در کشاورزی پایدار و صرفه‌جوئی در مصرف نهاده‌های کشاورزی است (Pirvali Beiranvand and Abbasalian, 2007). ریزوبیوم می‌تواند در خاک و در محیط ریشه گیاهان بقولات زندگی کند. از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری‌ها می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه به‌ویژه اکسین‌ها و ترکیبات مشابه آن توسط سویه‌های مختلف ریزوبیومی اشاره داشت (Calderón *et al*., 2004).

همزیستی مایکوریزا از وسیع‌ترین روابط همزیستی شناخته شده بین گیاهان و میکروارگانیزم‌ها است که در عموم اکوسیستم‌ها وجود دارد؛ به‌طوری‌که حدود ۹۵ درصد گونه‌های گیاهان آوندی حداقل یکی از تیپ‌های مایکوریزاا را دارا هستند (Ardakani *et al*., 1998; Shirani Rad, 1998). قارچ‌های مایکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تأثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شوند. آن‌ها از راه‌های مختلف بر بهبود خواص کیفی و کمی فرآورده‌های زراعی نیز مؤثرند (Alizade, 2007; Mehrban *et al*., 2007). هم‌چنین بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند که، همزیستی با قارچ مایکوریزا مقاومت به بیماری‌ها و آفات (Grattan and Grieve, 1999; Daniel, 2001) و تنش‌هایی از قبیل شوری و خشکی (Bouds and Gadkar, 2000) را افزایش می‌دهد. در زمان فقر مواد غذایی، احتمالاً قارچ‌های مایکوریزا *آربوسکولار* نقش قابل توجهی را ایفا کرده و سبب تسریع در چرخه مواد می‌شوند (Gianinazzi, 1994). قارچ‌های مایکوریزا با داشتن شبکه‌ی هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم تحرک فسفر، روی، مس افزایش داده و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند (Marschner and Dell, 1994).

در اثر تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا *آربسکولار*، انتقال مواد فتوسنتزی از اندام هوایی میزبان به‌سمت ریشه‌ها افزایش می‌یابد. در واقع اندام‌های قارچ به‌عنوان مخزن دریافت کربوهیدرات‌های فتوسنتزی گیاه عمل کرده که سبب تحریک فعالیت فتوسنتزی به‌میزان بیشتری می‌گردد که این خود به‌دلیل افزایش تولید هورمون جیبرلین در گیاه میزبان است (Dimer, 2004). شواهد نشان می‌دهند که حضور قارچ

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

مایکوریزا *آربسکولار*، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن توسط بقولات را افزایش می‌دهد. بهبود گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در گیاهان مایکوریزایی ممکن است به‌دلیل رهایی از تنش فسفر و نیز شاید جذب برخی عناصر غذایی کم‌مصرف باشد که به بهبود رشد گیاه منجر شده و اثر غیرمستقیمی بر سیستم تثبیت نیتروژن دارد (Mukerji and Giri, 2004). پاسخ رشدی گیاه میزبان به همزیستی میکوریزایی ممکن است بسیار قابل توجه باشد، اما تغییرات فیزیولوژیکی مؤثر بر این پاسخ‌ها نسبتاً ناشناخته مانده‌اند (Hayman, 1980). هورمون‌های گیاهی به‌عنوان سیگنال‌های مولکولی در طول استقرار همزیستی مایکوریزا ایفای نقش می‌کنند (Barker and Tagu, 2000). بررسی‌ها نشان داده است که قارچ‌های مایکوریزا قادر به تولید و آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکنین‌ها می‌باشند که می‌توانند بر رشد گیاهان تأثیر بگذارند و این تأثیر مستقل از اثر این همزیستی بر روی جذب عناصری مانند فسفر است (Hajibolandi *et al*., 2005).

گیاه سویا از جمله عمده‌ترین کشت‌های بهاره و تابستانه استان گلستان می‌باشد که به‌طور متوسط سالانه حدود ۴۵ هزار هکتار از اراضی آبی استان را به‌خود اختصاص می‌دهد. مصرف بی‌رویه و نادرست کودهای شیمیایی سنتتیک در این مزارع و عدم دستیابی گیاه به مواد غذایی مورد نیاز روز به‌روز در حال گسترش بوده و خاک‌ها در حال تخریب می‌باشند. گیاه سویا میزبان اختصاصی *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* می‌باشد که در شرایط مناسب می‌تواند ۱۴۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت نماید (Mahdipour *et al*., 2009). در تحقیق شکوه‌فر و همکاران (Shokouhfar *et al*., 2008) بر روی سویا، تیمارهایی که از وزن گره بالاتری برخوردار بودند، نیتروژن بیشتری را نیز در اختیار گیاه قرار دادند. بررسی کاظمی و همکاران (Kazemi *et al*., 2005) نشان داده است که، تلقیح با باکتری *برادی‌ریزوبیوم* سبب افزایش معنی‌داری در بین تمام صفات مورد بررسی سویا به‌جز تعداد دانه در غلاف می‌شود. نیاز سویا به نیتروژن به‌ویژه در مرحله رشد زایشی و پر شدن دانه بسیار بالا بوده و در مواقع کمبود، تحرک مجدد نیتروژن از بافت‌های رویشی موجب پیری زودرس برگ‌ها و ریزش آن‌ها می‌شود (Brevedan and Egli, 2003).

خرمدل و همکاران (Khorramdel *et al*., 2005) در بررسی اثر تلقیح با آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر و قارچ مایکوریزا بر گیاه سیاهدانه مشاهده نمودند که، کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نسبت به شاهد گردیده و در این میان تلفیق مایکوریزا و آزوسپیریلیوم بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشت. نتایج تحقیق راتی و همکاران (Ratti *et al*., 2001) حاکی از آن است که، ترکیب قارچ مایکوریزا با باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله باسیلوس و آزوسپیریلیوم منجر به افزایش بیوماس و میزان فسفر در گیاه دارویی علف لیمو گردید. بررسی باسو و اسریواستاوا (Basu and Srivastava, 1998) نشان داد که،

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

تلقیح مخلوط قارچ‌های *G. fasiculatum* و *G. mosseae* میزان رشد و بیوماس را در گیاهان میزبان پیاز، گشنیز و ریحان افزایش داد. طبق تحقیق مگوانسی و همکاران (Meghvansi *et al*., 2008)، انتخاب ترکیب مناسبی از مایکوریزا، گیاه میزبان و ریزوبیوم که با یکدیگر هماهنگ باشند به‌طور چشم‌گیری بر رشد، عملکرد و تغذیه بقولات می‌افزاید. در تحقیقی دیگر مشاهده شد که تلقیح توأم ریزوبیوم و مایکوریزا *آربسکولار*، تعداد گره بیشتری نسبت به کاربرد تنهای ریزوبیوم در نخود ایجاد نمود (Solaiman *et al*., 2005). تلقیح مشترک ریزوبیوم و مایکوریزا *آربسکولار* در سویا نیز باعث افزایش معنی‌دار تعداد و وزن خشک گره شد (Hernandez and Hernandez, 1996).

فسفر از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان محسوب می‌شود که به‌دلیل حلالیت اندک آن، بخش زیادی از کودی که به خاک داده می‌شود تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌گردد. امروزه با توجه به محدودیت منابع فسفر و قیمت بالای کودهای فسفاته وارداتی و اثرات مخرب زیست محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه آن در مزارع کشاورزی، استفاده از میکروارگانیزم‌هایی هم‌چون مایکوریزا که بر قابلیت جذب فسفر توسط ریشه گیاه بیافزآیند یکی از راه‌های نیل به کشاورزی پایدار است.

استفاده مؤثر از مواد بیولوژیک از جمله راه‌کارهایی است که علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی سنتتیک می‌تواند راه‌حل مناسبی برای افزایش استقامت گیاه در برابر تنش‌های محیطی و پایداری تولید باشد. این تحقیق با رویکرد بهره‌برداری صحیح از روابط اکولوژیک نهفته در اعماق خاک و گیاه و در جهت کاهش نهاده‌های مخرب ورودی به مزارع انجام گردید و هدف از آن مطالعه تأثیر قارچ مایکوریزا *آربسکولار* و باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی (فسفر) بر افزایش وزن خشک و سطح برگ، تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گیاه سویا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان واقع در ۶ کیلومتری شمال شهرستان گرگان، به مختصات ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا صورت گرفت. بافت خاک ایستگاه، سیلتی-رسی-لومی و pH آن ۷/۶ می‌باشد. میزان نزولات جوی سالانه بین ۶۰۰-۵۰۰ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت آن ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر سالانه براساس اندازه‌گیری از تشتک تبخیر کلاس A حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر است.

این تحقیق به روش جوی و پشته و در شرایط کاملاً کنترل شده از نظر عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز و عدم محدودیت آب به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده و در قالب طرح پایه

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

بلوک‌های کامل تصادفی بر روی گیاه سویا رقم کتول با سه سطح تیمار استفاده از دو گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices* و*Glomus mosseae*) و عدم تلقیح با قارچ مایکوریزا در کرت اصلی، سه سطح فسفر خالص (صفر، ۱/۳۲ و ۲/۶۴ گرم در مترمربع) در کرت فرعی و دو سطح استفاده و عدم استفاده از باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* (*Bradyrhizobium japonicum*) در کرت فرعی فرعی و در سه تکرار در مزرعه انجام گردید. قبل از سویا نیز، گندم پاییزه کشت شده بود.

به‌منظور اعمال تیمار فسفر خالص، کود سوپرفسفات‌تریپل و برای تلقیح بذور با باکتری تثبیت‌کننده ازت، کود بیولوژیک بیوآزوسپیر به‌کار برده شد. قبل از کاشت و در طول کل مراحل زراعت گیاه، هیچ‌گونه کود دیگری مصرف نشده و برای کنترل علف‌های‌هرز کنگر وحشی و پیچک صحرایی نیز دو بار وجین دستی انجام شد. نقشه طرح با ۵۴ کرت اجرا گردید که در هر یک پنج خط کاشت ۵ متری با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر بود. ۱۵ کیلوگرم بذر سویا رقم کتول با ۲۰۰ گرم محلول آبی صاف شده باکتری در زمان کاشت تلقیح گردید و کود فسفات با احتساب ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سه روز قبل از کاشت به‌ترتیب به‌مقدار ۶۲/۵ و ۱۲۵ گرم در هر کرت با خاک جوی‌های ایجاد شده مخلوط شد. مایکوریزا نیز به‌میزان ۲۵۰ گرم در هر کرت، به‌صورت نواری در زیر بذور استفاده گردید. مقدار مایکوریزای مصرف شده در هر خط ۵۰ گرم بود. هر دو گونه مایکوریزا از پارک علم و فن‌آوری شهرستان شاهرود تهیه گردید.

با توجه به آن‌که بیشترین مصرف و جذب ازت، پتاسیم و فسفر از خاک مربوط به مرحله رشد زایشی گیاه است، اندازه‌گیری میانگین صفات وزن خشک و سطح برگ در دو مرحله گلدهی (R_2) و غلاف‌بندی (R_4) صورت گرفت. در هر مرحله تعداد ۵ بوته از هر کرت بدون احتساب خطوط اول و آخر و ۳ بوته از ابتدا و انتهای هر کرت و به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد. برای سنجش وزن خشک از آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت و ترازوی دیجیتال با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم و برای سنجش سطح برگ از دستگاه LAM[۲] استفاده شد. شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی برخوردار است و ثبات آن تعیین‌کننده مقدار ماده خشک تولیدی است که به‌نوبه خود معیاری از اجزای عملکرد می‌باشد. هدف از محاسبه اجزای رشد تشریح چگونگی واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی است. برای آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است (Blackman, 1919). تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز در محیط نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها در Excel صورت گرفت.

1- Leaf Area Meter

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

نتایج و بحث

وزن خشک و سطح برگ: اثر تیمارهای مایکوریزا و باکتری بر روی وزن خشک برگ معنی‌دار بودند؛ در حالی که اثر فسفر بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). تمامی اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری روی وزن خشک برگ داشتند (جدول ۱). مطابق نتایج بدست آمده از این تحقیق، تیمارهای مایکوریزا، باکتری، فسفر و هم‌چنین اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری روی سطح برگ داشتند (جدول ۱). مایکوریزا گونه *اینترارادایسس* بیشترین تأثیر را بر وزن خشک و سطح برگ داشت (شکل‌های ۱ و ۲). بذور تلقیح شده با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* نیز در مقایسه با بذور تلقیح نشده دارای بیشترین وزن خشک و سطح برگ بودند (شکل‌های ۱ و ۲). تفاوت معنی‌دار بین استفاده و عدم استفاده از فسفر بر سطح برگ وجود داشت؛ به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار ۲/۶۴ گرم فسفر مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲). براساس نتایج به‌دست آمده، بین تمام تیمارهای به‌کار برده شده بیشترین تأثیر بر هر دو صفت وزن خشک و سطح برگ به مایکوریزا و بین دو گونه به *اینترارادایسس* مربوط بود (شکل‌های ۱ و ۲).

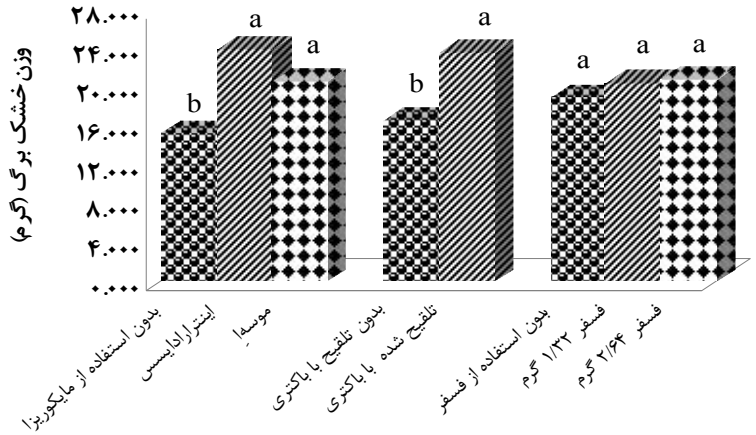
بیشترین نیاز غذایی گیاه در مراحل مختلف رشد زایشی رخ می‌دهد. طبق این تحقیق استفاده از مایکوریزا و باکتری از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه، به‌ویژه فسفر و ازت موجب افزایش رشد و نمو گیاه و سطح برگ شده و بر جذب نور و میزان فتوسنتز می‌افزایند. این امر موجب افزایش مقدار ماده خشک تولید شده در برگ و متعاقباً اجزای عملکرد گیاه می‌شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات برگ و گره‌های ریزوبیوم سویا تحت تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک برگ	سطح برگ	تعداد گره‌های ریزوبیوم	وزن خشک گره‌های ریزوبیوم
بلوک	۲	۱۳/۵۴۴	۱۲۶۹۲۹/۴۲۱	۳/۳۵۲	۰/۰۰۳
مایکوریزا	۲	۳۴۶/۹۸۸**	۱۸۲۲۸۹۸/۳۹۸**	۲۸/۹۰۷**	۰/۰۲۳**
خطای اصلی	۴	۱۸/۹۶۶	۷۳۵۹۹/۹۹	۳/۴۶۳	۰/۰۰۰۳
فسفر	۲	۱۷/۴۶^{ns}	۸۴۶۰۱۵/۷۸۹**	۸۴/۷۹۶**	۰/۰۲۲**
مایکوریزا × فسفر	۴	۳۹/۱۷۵*	۴۴۶۰۹۵/۰۵۴**	۲۰/۲۴۱^{ns}	۰/۰۰۴**
خطای فرعی	۱۲	۹/۲۷۶	۸۳۵۰۲/۲۴۲	۹/۶۷۶	۰/۰۰۰۴
باکتری	۱	۶۵۳/۸۰۱**	۳۴۷۸۷۶۲/۶۰۲**	۹۶/۰۰۰**	۰/۱۴۵**
مایکوریزا × باکتری	۲	۸۱/۵۷۳**	۷۹۰۶۳۹/۰۰۱**	۹/۵۰۰*	۰/۰۲۲**
فسفر × باکتری	۲	۱۳/۲۵۳*	۶۵۱۹۶۹/۸۹۷**	۷۰/۳۸۹**	۰/۰۱۳**
مایکوریزا × فسفر× باکتری	۴	۳۳/۴۶۷**	۱۸۲۵۴۶/۴۸۳**	۲۷/۵۵۶**	۰/۰۰۳**
خطای فرعی فرعی	۱۸	۲/۷۶۸	۲۹۶۱۴/۰۲۰	۲/۵۵۶	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۲۸۸	۱۵/۳۸۳	۱۱/۰۹۶	۱۱/۶۰۴

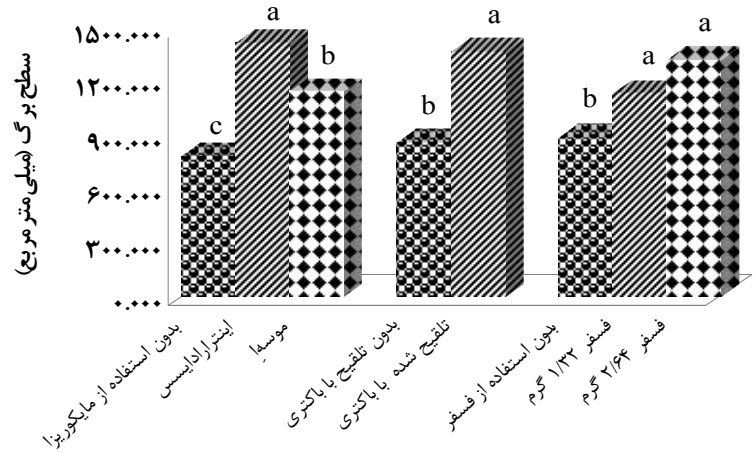
^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌داری و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت سطوح مختلف مایکوریزا، باکتری و فسفر

(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD)



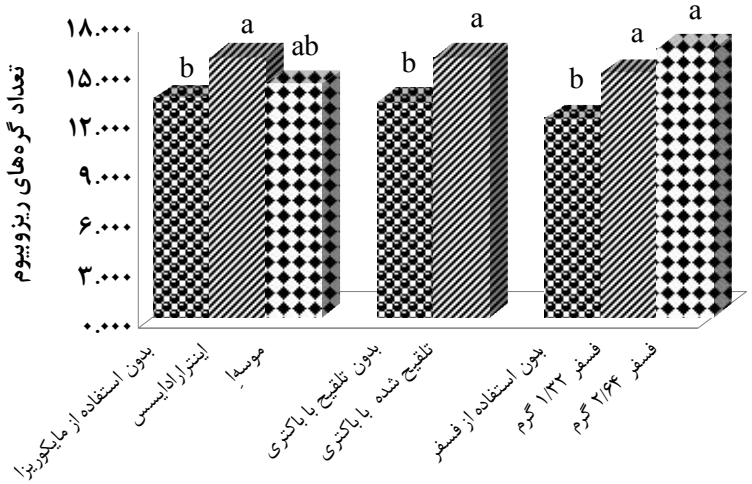
شکل ۲- مقایسه میانگین سطح برگ تحت سطوح مختلف مایکوریزا، باکتری و فسفر

(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

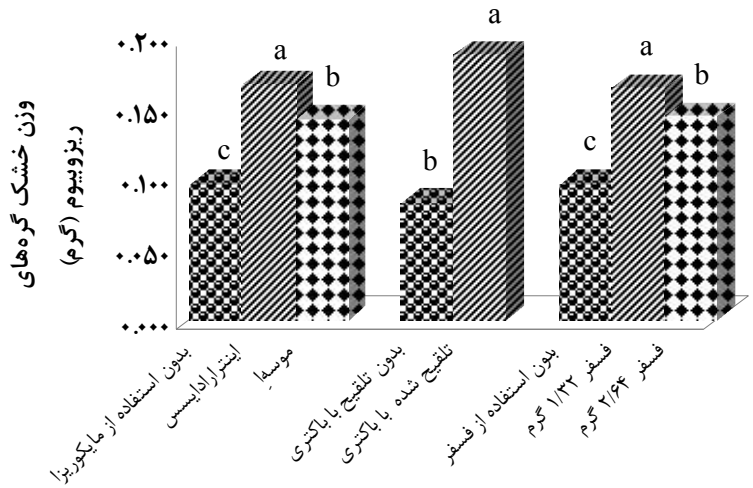
طبق بررسی ناظری و همکاران (Nazeri *et al*., 2012)، تأثیر کودهای بیولوژیک بر افزایش شاخص سطح برگ در لوبیا معنی‌دار بود؛ علت را می‌توان به افزایش فراهمی فسفر و ازت توسط مایکوریزا مربوط دانست که سبب بهبود رشد رویشی و توسعه برگ‌ها شده و به‌دنبال آن شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد. الهادی و الشیخ (Elhadi and Elsheikh, 1999) و سیواراماياه و همکاران (Sivaramaiah *et al*., 2007) نیز گزارش کردند که، تلقیح با ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد گیاه نخود می‌گردد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک و سطح برگ، می‌توان به‌منظور دستیابی به سطح برگ بیشتر از ترکیب مایکوریزا و باکتری استفاده نمود. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که، هر یک از مواد بیولوژیک یاد شده سبب تشدید تأثیر بر این دو صفت می‌شوند. اختلاف معنی‌دار بین تکرارها را می‌توان به تأثیرپذیری تیمارهای به‌کار برده شده از عوامل مکانی کاشت مربوط دانست.

تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر هر یک از تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر و اثرات متقابل آن‌ها بر روی تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم معنی‌دار بودند. اثرات متقابل هر سه تیمار مایکوریزا، باکتری و فسفر بر تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد گره ریزوبیوم تحت سطوح مختلف مایکوریزا، باکتری و فسفر
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]



شکل ۴- مقایسه میانگین وزن خشک گره ریزوبیوم تحت سطوح مختلف مایکوریزا، باکتری و فسفر
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD)

طبق داده‌ها، اختلاف بین عدم استفاده از مایکوریزا و استفاده از هر یک از گونه‌های آن از نظر تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به طوری بیشترین مقدار آن‌ها مربوط به گونه *اینترارادایسس* بود (شکل‌های ۳ و ۴). بذور تلقیح شده با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* نیز در مقایسه با بذور تلقیح نشده دارای بیشترین تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم بودند (شکل‌های ۳ و ۴). تفاوت معنی‌دار بین استفاده و عدم استفاده از فسفر بر تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم وجود داشت؛ به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار ۲/۶۴ گرم فسفر مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴). براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، بین تمام تیمارهای مورد بررسی، بیشترین تعداد و وزن خشک گره‌های ریزوبیوم در تیمار تلقیح با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و کمترین آن‌ها در تیمار عدم استفاده از فسفر بدست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). طبق گزارش لومباردو (Lombardo, 1991)، تلقیح پوششی بذر سویا با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* بر روی گره‌بندی و تثبیت ازت و افزایش عملکرد مؤثر بوده است.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که، اثر هر یک از تیمارهای مایکوریزا، باکتری، فسفر و اثرات متقابل آن‌ها بر روی تعداد بوته در مترمربع معنی‌دار نبودند (جدول ۲). اثر تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر بر روی تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بودند، در حالی که

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

اثرات متقابل آن‌ها بر روی تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار مایکوریزا مربوط به گونه *اینترارادایسس*، در تیمار باکتری مربوط به تلقیح با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و در تیمار فسفر مربوط به تیمار ۲/۶۴ گرم فسفر بود (جدول‌های ۳، ۴ و ۵).

اثر تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر بر روی تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بودند؛ در حالی که اثرات متقابل این تیمارها به جزء اثر متقابل مایکوریزا × باکتری بر روی این صفت معنی‌دار نبودند (جدول ۲). براساس نتایج حاصل از این تحقیق، بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار مایکوریزا در گونه *اینترارادایسس*، در تیمار باکتری در تلقیح با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و تیمار فسفر در تیمار ۲/۶۴ گرم فسفر بدست آمد (جدول‌های ۳، ۴ و ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد بوته در مترمربع	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۵۶	۷/۳۸۹	۰/۰۰۰۳	۲۳/۸۰۸	۰/۰۴۵
مایکوریزا	۲	۰/۵۰۰^{ns}	۱۰۴/۰۵۶**	۰/۰۳۶*	۴۲۱/۲۷۱**	۲/۲۷۳**
خطای اصلی	۴	۰/۸۸۹	۴/۴۴۴	۰/۰۰۴	۷۵/۸۸۸	۰/۱۵۶
فسفر	۲	۰/۲۲۲^{ns}	۱۰/۸۸۹*	۰/۱۴۳*	۳۴/۷۶۱*	۰/۵۰۹**
مایکوریزا × فسفر	۴	۰/۳۸۹^{ns}	۲/۷۷۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۹/۳۵۲^{ns}	۰/۰۷۲^{ns}
خطای فرعی	۱۲	۰/۴۷۲	۲/۶۴۸	۰/۰۳۵۰	۹/۸۵۳	۰/۰۳۹
باکتری	۱	۰/۰۰۱^{ns}	۲۲۰/۰۱۸**	۰/۰۱۲**	۲۸۷/۳۱۸**	۶/۱۲۰**
مایکوریزا × باکتری	۲	۰/۰۵۶^{ns}	۰/۷۹۶^{ns}	۰/۰۰۴*	۲۸/۷۷۸**	۰/۰۳۸^{ns}
فسفر × باکتری	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۴۰۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۴۴/۶۶۶**	۰/۰۰۳^{ns}
مایکوریزا × فسفر× باکتری	۴	۰/۲۲۲^{ns}	۲/۱۸۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۶۳/۰۷۷**	۰/۰۶۶^{ns}
خطای فرعی فرعی	۱۸	۰/۴۴۴	۱/۲۴۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۷۹۷	۲/۳۵۶	۱/۴۰۷	۲/۵۹۱	۶/۳۴۳

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت سطوح مختلف مایکوریزا

مایکوریزا	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (تن/هکتار)
بدون استفاده از مایکوریزا	۴۴/۵۵۶^{b}	۲/۵۴۸^{b}	۳/۴۴۵^{b}
استفاده مایکوریزا گونه اینترارادایسس	۴۹/۱۱۱^{a}	۲/۶۳۱^{a}	۴/۱۰۴^{a}
استفاده از مایکوریزا گونه موسهِ	۴۸/۱۶۷^{a}	۲/۶۱۸^{a}	۴/۰۰۶^{a}
LSD (%5)	۱/۹۵۱	۰/۰۵۷	۰/۳۶۶

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تلقیح با باکتری

باکتری (*برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم*)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (تن/هکتار)
بدون تلقیح با باکتری	۴۵/۲۵۹^{b}	۲/۵۱۸^{b}	۳/۵۱۵^{b}
تلقیح شده با باکتری	۴۹/۲۹۶^{a}	۲/۶۸۰^{a}	۴/۱۸۹^{a}
LSD (%5)	۰/۶۳۷	۰/۰۲۱	۰/۱۴۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت سطوح مختلف فسفر

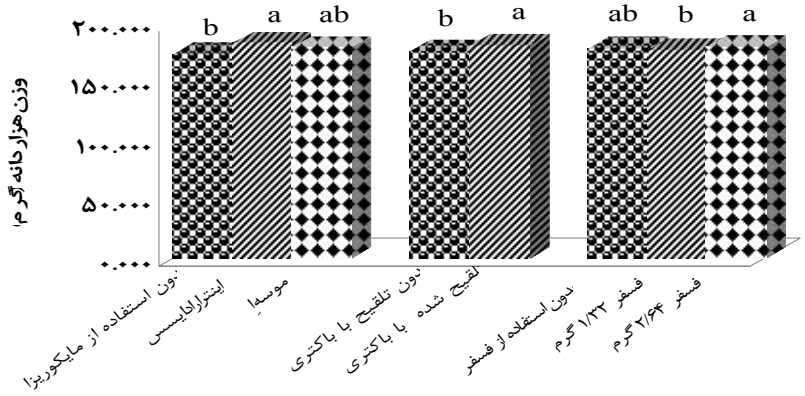
فسفر	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (تن/هکتار)
صفر	۴۶/۵۰۰^{b}	۲/۵۴۲^{b}	۳/۶۸۱^{c}
۱/۳۲ گرم	۴۷/۲۷۸^{ab}	۲/۶۲۷^{a}	۳/۸۵۷^{b}
۲/۶۴ گرم	۴۸/۰۵۶^{a}	۲/۶۲۸^{a}	۴/۰۱۸^{a}
LSD (%5)	۱/۱۸۲	۰/۰۲۵	۰/۱۴۳

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

مطابق جدول ۲، اثر تیمارهای مایکوریزا، باکتری، فسفر و هم‌چنین تمامی اثرات متقابل آن‌ها به جزء اثر متقابل مایکوریزا × فسفر بر روی وزن هزار دانه معنی‌دار بودند (جدول ۲). براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در تیمار مایکوریزا به‌ترتیب مربوط به استفاده از گونه *اینترارادایسس* و عدم استفاده از مایکوریزا بود (شکل ۵). مطابق شکل ۵، وزن هزار دانه در تیمار تلقیح باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* به طور معنی‌دار بیشتر از تیمار عدم تلقیح با باکتری بود. در تیمار سطوح مختلف فسفر بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به‌ترتیب در تیمارهای استفاده از۲/۶۴ گرم فسفر و عدم استفاده از فسفر مشاهده شد (شکل ۵).

اثر تیمارهای مایکوریزا، باکتری و فسفر بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بودند؛ در حالی که تمام اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بین عدم استفاده از مایکوریزا و استفاده از هر یک از گونه‌های آن از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به طوری بیشترین مقدار آن مربوط به گونه *اینترارادایسس* بود (جدول ۳). بذور تلقیح شده با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* نیز در مقایسه با بذور تلقیح نشده دارای بیشترین عملکرد دانه بودند (جدول ۴). تفاوت معنی‌دار بین استفاده و عدم استفاده از فسفر بر عملکرد دانه وجود داشت؛ به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار ۲/۶۴ گرم فسفر مشاهده شد (جدول ۵).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]



شکل ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت سطوح مختلف مایکوریزا، باکتری و فسفر
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD)

به‌طورکلی مایکوریزا گونه *اینترارادایسس* از کارایی بیشتری نسبت به مایکوریزا گونه *موسه‌ا* برخوردار بود. استفاده از باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* نیز در تمام صفات سبب بروز تفاوت‌های معنی‌دار شد. بنابراین، اثر مایکوریزا گونه *اینترارادایسس* و باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* در افزایش رشد و عملکرد گیاه را نمی‌توان انکار نمود. از آنجایی‌که مایکوریزا و باکتری *برادی ریزوبیوم* موجوداتی زنده و پویا می‌باشند که با تکثیر در محیط خاک بر جمعیت آن‌ها افزوده می‌شود، با اولین کاربرد آن‌ها در یک مزرعه می‌توان از اثرات سودمند آن‌ها طی سال‌های متمادی بهره برد. بدیهی است پتانسیل کارایی این مواد زمانی بروز خواهد کرد که کلیه عملیات زراعی در زمان و مکان و به کمک ابزار مناسب اجرا گردند. با توجه به حمل اسپورهای مایکوریزا با خاک زراعی هر منطقه و به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید در سطح مزرعه پیشنهاد می‌شود که، در مورد روش‌های تهیه و تولید فرمولاسیون‌های مناسب‌تر و کاربردی‌تر و بومی‌سازی آن تحقیق شود. روش‌های مصرف این ماده بیولوژیک نیز مورد توجه خاص قرار گیرد و با توجه به تکثیر و گسترش آن در مزرعه، آزمایشات مشابه دیگری طی چند سال متوالی در یک قطعه زمین تکرار گردد. مایکوریزا و باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* بخشی از محیط زیستی هستند که تخریب آن نابودی نسل آینده را در پی خواهد داشت.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله صمیمانه‌ترین سپاس خود را به کلیه کارگران و پرسنل زحمت‌کش ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان، هم‌چنین پرسنل محترم دانشگاه گنبد که خالصانه در اجرای این پژوهش یاری‌گرمان بودند تقدیم داشته و از درگاه پروردگار متعال توفیق روزافزون آن‌ها را خواستاریم.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

منابع

Aliabadi Farahani H., Lebaschi M.H., Shirani Rad A.H., Valadabadi A., Hamidi A., Alizade Sohrabi A. 2007. Effect of *Glomus* and phosphorus different levels and drought stress on some physiological traits of coriander (*Coriandrum sativum*). Seasonal Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran, 23 (3): 405-415.

Alizade A. 2007. Effects of mycorrhiza in different conditions of soil moisture on maize nutrients uptake. Research on Agricultural Science Journal, 3 (1).

Ardakani M.R., Mazaheri D., Majd F., Nourmohammadi G.H. 2000. Study of mycorrhiza *streptomycine* efficiency in different phosphorus levels and effects of their application on some wheat traits. Iran Journal of Crop Science, 2 (2): 17-27.

Barker S.J., Tagu D. 2000. The roles of auxins and cytokinins in mycorrhizal symbiosis. Journal of Plant Growth Regulation, 19: 144-154.

Basu M., Srivastava N.K. 1998. Root entophytes in medicinal plants: their population and effects. Abstract of the 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland, 9-16 August, 19 p.

Blackman V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Annals of Botany, 33: 353-360.

Bouds D., Gadkar V. 2000. Mass production of VAM, fungus biofertilezer, Mukevj. KC. Chamola BP. Singh, J. mycorrhizal biology. Newyork Kulwer Academic Publish.

Brevedan R.E., Egli D.B. 2003. Short period of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science, 43: 2083-2088.

Calderón F.J., McCarty G.W., Van-Kessel J.A.S., Reeves J.B. 2004. Carbon and nitrogen dynamics during incubation of manured soil. Soil Science Society of America Journal, 68: 1592-1599.

Daniel T.J., Husband R., Fitter A.H., Young J.P. 2001. Molecular diversity of *arbuscular* mycorrhizal Fungi colonizing arable crops, F.E.M.S. Microbiology Ecology, 36:203-209.

Elhadi E.A., Elsheikh E.A.E. 1999. Effect of rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 54: 57-63.

Gianinazzi M. 1994. Recognition and infection process, basis for host specificity of arbuscular mycorrhizal fungi. Pp: 61-71.

Giri B., Mukerji K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake, Mycorrhiza, 14: 307-312.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

Grattan S.R., Grieve C.M. 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulture.

Hajibolandi R., Barzegar R., Asgharzadeh N.A. 2005. Studying the effect of mycorrhiza on root morphology and rhizosphere's pH in rice with rizobox system, The Proceeding of 9th Iranian Soil Science Congress, Tehran, 28-31 August.

Hayman D.S. 1980. Mycorrhiza and crop production, Nature (London), 287: 487-488.

Hernandez A., Hernandez A.N. 1996. Effect of the AM-rhizobium interaction in cultivation of soybeans (*Glycin max* L.). Cultivose Tropicales, 17: 5-7.

Kazemi S., Galeshi S., Ghanbari A., Gholamabbas K. 2005. Study of planting date and seed inoculation with bacteria on yield and yield components of two soybean (*Glycine max* L.) varieties. Agriculture and Natural Resources Journal, 12 (4): 88-87.

Khorramdel S., Kouchaki A., Nasiri Mahallati M., Ghorbani R. 2008. Effect of biological fertilizers application on growth indicators of fennel flower (*Nigella sativa* L.). Iran Agronomy Researches Journal, 6: 285-294.

Lombardo D.R. 1991. Nitrogen fixation in legumes. Production of Agriculture Journal, 2: 281-283.

Mahdipour A., Rezaei M.A., Asgharzade A., Charati A. 2009. Evaluation of different strains of *Bradyrhizobium japonicum* effects on micronutrient elements uptake in soybean plant aboveground parts and seed yield. Seasonal Journal of Plant Science researches, 4 (16): 4: 33-40.

Marschner H., Dell B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil, 159: 89-102.

Meghvansi M.K., Prasad K., Harwani D., Mahna S.K. 2008. Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum in the alluvial soils. European Journal of Soil Biology, 44: 316-323.

Mehrban A., Daie G., Mehrban M.R. 2007. The role of mycorrhiza fungi to combat drought. The Articles Collection of 1st Drought and Its Coping Strategies Conference, Islamic Azad University of Birjand. 1st Esfand, 1386.

Nazeri P., Kashani A., Khavazi K., Ardakani M.R., Mirakhori M.2012. Evaluation of microbiological phosphorus with zinc fertilizer and chemical phosphorus fertilizer effects on physiological growth index in dry bean. Agronomy and Plant Breeding Journal, 8 (3): 111-126.

Pirvali Beiranvand N., Abbasalian H. 2007. Increasing of soybean biological nitrogen fixation by using of nuclear technology (Gama radiation). Iran soil Science Congress, Pardis of Tehran Agriculture and Natural Resources, Karaj.

Ratti N., Kumar S., Verma H.N., Gautams S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. Motia by

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

Rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiology Research, 156: 145-149.

Shirani Rad A.H. 1998. Ecophysiological evaluation of vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis with wheat and soybean. Ph.D., Thesis. Islamic Azad University, Tehran Researches Science.

Shokouhfar A., Shohouli R., Ghodrati G. 2008. Evaluation of soybean reflection to different strains and contents of *Bradyrhizobium japonicum* bacteria in northern area of Khozestan. Agronomy and Plant Breeding Journal, 4 (2): 81-91.

Sivaramaiah N., Malik D.K. Sindhu S.S. 2007. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. Indian Journal of Microbiology, 47: 51-56.

Solaiman A.R.M., Rabbani M.G., 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.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-03-19]