

ارتباط تلقیح بردی ریزوبیوم ژاپونیکم و قارچ میکوریزی با کلونیزاسیون ریشه و عملکرد کمی و کیفی سویا (*Glycine max*) در سطوح مختلف پتاسیم

حمید عباس دخت^{۱*}، فرزانه صفدری دوغایی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۶

۱-دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- کارشناس ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

*مسئول مکاتبه: Email: habbasdokht@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری تثبیت کننده نیتروژن و کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا در دو سطح شاهد بدون قارچ و مایه زنی قارچ *Glomus intraradices*، باکتری تثبیت کننده نیتروژن (تلقیح و بدون تلقیح با باکتری *Bradyrhizobium japonicum*) و مصرف کود پتاسیم شامل ۰، صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بصورت سولفات پتاسیم بودند. نتایج نشان داد بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۹۴/۵۰ درصد و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کود پتاسیم) به میزان ۷۵/۲۵ درصد مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۱۲۱۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۷۳۳/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. همچنین بیشترین درصد روغن در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۲۱/۲۶ درصد و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم کاربرد کود پتاسیم) به میزان ۱۸/۴۹ درصد بدست آمد.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، عملکرد دانه، روغن دانه، سویا، کلونیزاسیون ریشه

Relation of Inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and Mycorrhizal Fungus with Root Colonization, Quantity and Quality of Soybean (*Glycine max*) Yield in Different Levels of Potassium

Hamid Abbasdokht^{1*}, Farzaneh Safdari²

Received: January 6, 2015 Accepted: July 27, 2016

1- Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, University of Shahrood, Iran.

2- MSc, Faculty of Agriculture, University of Shahrood, Iran.

* Corresponding Author: Email: habbasdokht@yahoo.com

Abstract

The effect of inoculation of *Bradyrhizobium* and mycorrhizal fungus on root colonization, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max*) in different levels of potassium, Studied by field experimental in Shahrood University Agricultural Research Station during growing season of 2012. The experiment was a factorial experiment based on randomized complete blocks design (RCBD) with three replications. The factors included mycorrhizal inoculation (non-inoculated and inoculated with *Glomus intraradices*), nitrogen fixation bacteria inoculation included (non-inoculated and inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*) and potassium fertilizer (0, 100 and 200 kg.ha⁻¹). Results showed that mycorrhizal factor significantly affected all of studied traits except number of seeds per pod, number of pods per plant and grain yield. Mycorrhizal inoculation significantly increased pod dry weight, root colonization percent, protein percent, oil percent and biological yield. *Bradyrhizobium* inoculation factor significantly affected all of studied traits. The potassium fertilizer factor significantly affected all of studied traits except number of seeds per pod trait. In most cases between 100 kg.ha⁻¹ and 200 kg.ha⁻¹ of fertilizer was not significant difference. Dual inoculation of mycorrhizal and *Bradyrhizobium* bacteria interactions significantly affected number of pods per plant, oil percent and root colonization percent. *Bradyrhizobium*, mycorrhizal fungi and potassium interactions significantly affected all of studied traits except number of seeds per pod.

Keywords: Grain Yield, Root Colonization, Seed Oil, Soybean, Yield Components

مقدمه

کشاورزی، تأمین روغن‌های گیاهی از دانه‌های روغنی است که تولیدات آن‌ها به مصارف مختلف صنعتی، خوراکی، لوازم بهداشتی و آرایشی می‌رسند. در این میان سویا به دلیل تولید پروتئین و روغن بالا در واحد

دانه‌های روغنی به عنوان یکی از منابع عظیم انرژی و پروتئین شناخته می‌شوند. یکی از نیازهای اساسی جمعیت رو به رشد از لحاظ محصولات

شده که این گیاه اتکای کمتری به منابع نیتروژن خاک داشته باشد به طوری که میزان پروتئین دانه در گیاهان همزیست با باکتری ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان فاقد باکتری بوده است (کریشنن و همکاران ۲۰). به عقیده محققین در صورتی که سیستم همزیستی در این گیاه به کارایی بالا رسانده شود، سویا از جمله لگوم‌هایی است که به کود نیتروژنی پاسخ مثبت نشان نمی‌دهد (کیسر و لی ۱۹۹۲). مقدار نیتروژن تثبیت شده توسط سویا متغیر بوده و به عوامل خاکی و محیطی، سویه باکتری مورد استفاده و رقم سویای کشت شده بستگی دارد (کیسر و لی ۱۹۹۲). حداکثر مقدار تثبیت نیتروژن را ۲۳۷ کیلوگرم در هکتار در سال ذکر کرده اند (مجنون حسینی ۱۳۷۵). در برخی مطالعات توانایی این همزیستی در تامین نیتروژن مورد نیاز سویا تا ۹۵ درصد نیز گزارش شده است (لامباردو ۱۹۹۱). سویا برای رشد به فسفر زیادی نیاز دارد و تقریباً ۸۰ درصد فسفر و ۶۰-۹۰ درصد پتاسیم مورد نیاز در ۳۰ روز آخر دوره رشد گیاه جذب می‌شوند (کیسر و لی ۱۹۹۲). ریشه حبوبات در اغلب خاک‌ها رشد کرده و به طور همزمان با ریزوبیوم‌های مولد گره و نیز قارچ‌های میکوریزا رابطه‌ی همزیستی برقرار می‌کنند (آنتون ۱۹۹۸).

قارچ‌های میکوریزا مجموعه‌ای از قارچ‌های همزیست با ریشه گیاهان می‌باشند که نقش به‌سزایی در افزایش کارایی استفاده از فسفر خاک و کاهش مصرف کودهای فسفر دارند. قارچ‌های میکوریزا با کلونیزاسیون ریشه گیاهان میزبان، سبب بهبود جذب مواد معدنی بویژه فسفر شده (اسمیت و رید ۱۹۹۷؛ آنتون ۱۹۹۸؛ آل کاراکی ۲۰۰۰)، و منابع کربنی را از گیاه دریافت می‌کنند. اهمیت این قارچ‌ها در اکثر اکوسیستم‌ها بواسطه فوایدی نظیر افزایش رشد، مقاومت به بیماری‌های خاکزاد، حفظ خاکدانه‌ها و نیز بهبود چرخه‌ی میکروبی و مواد غذایی در خاک است. قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش جذب مواد غذایی،

سطح در بین گیاهان روغنی دارای اهمیت بیشتری است. با افزایش جمعیت جهان فشار بیشتری بر زمین‌های زراعی موجود، محیط و منابع طبیعی بویژه منابع غیر قابل تجدید وارد می‌آید. محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی رو به رو نموده است. در چند دهه‌ی اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما و جوری ۲۰۰۲). بروز مشکلات اقتصادی و زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی بسیار جالب و متنوع موجودات خاکزی و بویژه میکروارگانیسم‌ها موجب گردیده که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق در مطالعات علمی روز تلاش برای تولید کودهای زیستی باشد. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار بکار می‌روند. از این رو استفاده از این کودها نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن در کشاورزی علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل می‌نماید و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند (آرانکون و همکاران ۲۰۰۴). سویا از جمله گیاهانی است که برای تولید محصول احتیاج به مقادیر فراوانی نیتروژن دارد بطوری‌که این نیاز برای هر تن محصول حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. توانایی گیاه سویا در همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن موجب

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی منطقه بسطام (هشت کیلومتری شمال شرق شاهرود) دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰ - ۱۵۰ میلی متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت بود. هر کرت آزمایشی از ۴ ردیف ۶ متری به فواصل ۵۰ سانتی متر از یکدیگر تشکیل گردید و فاصله بذور روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح بذر با باکتری بردی ریزوبیوم در دو سطح شاهد و مصرف باکتری، قارچ میکوریزا آربوسکولار در دو سطح شاهد بدون قارچ و مایه زنی قارچ و کود پتاسیم در سه سطح به ترتیب ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بصورت سولفات پتاسیم بودند. به منظور آماده‌سازی، زمین در بهار یک شخم عمیق زده شد. پس از آن دو بار دیسک عمود بر هم زده، سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و پس از تعیین کرت‌ها، جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری تیمارها با یکدیگر، بین هر دو تیمار یک خط نکاشت در نظر گرفته شد و محل تیمارهای مورد نظر به صورت تصادفی مشخص شد. همچنین جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. کاشت با روش دستی انجام گرفت. بذر در یک طرف پشته با فاصله ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۳-۴ سانتی‌متر کشت شد. مایه تلقیح باکتری *Bradyrhizobium japonicum* بود. استفاده از مایه تلقیح باکتری که از موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر

تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و جلوگیری از بروز بیماری‌های ریشه می‌شوند (آلوش و همکاران ۲۰۰۰).

محصولاتی همچون سویا که دارای پروتئین بالایی هستند در مقایسه با سایر محصولات دانه‌ای پتاسیم بیشتری از خاک برداشت می‌کنند. با توجه به اهمیت بالای این گیاه و نیاز کشور به تولید آن باید تحقیقات بیشتری پیرامون مسائلی نظیر بالا بردن عملکرد، درصد روغن و پروتئین و همچنین بهبود سایر صفات کیفی این گیاه انجام گیرد. یکی از مهم‌ترین مسائل، موضوع تغذیه صحیح و مناسب در طول رشد محصول و تهیه کلیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به حد کافی برای تولید محصول بیشتر و با کیفیت برتر است که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. پتاسیم به عنوان یکی از عناصر پرمصرف اهمیت بسیار زیادی دارد و اگرچه خود جزئی از ساختمان گیاه نیست ولی در انجام واکنش‌های داخلی گیاه نقش کلیدی دارد تا حدی که به آن عنصر کیفیت می‌گویند. بیشترین نقش پتاسیم در گیاهان نقش کاتالیزوری آن است. پتاسیم، فعال‌کننده آنزیم‌های زیادی در گیاه است و این آنزیم‌ها کاتالیزور ساخت موادی از جمله نشاسته و پروتئین هستند (ملکوئی ۱۳۷۸).

با توجه به آنچه گفته شد هدف از اجرای این پژوهش تأثیر تلقیح بردی ریزوبیوم و کاربرد قارچ میکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در منطقه بسطام به اجرا درآمد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ دقیقه طول شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است.

احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و دو ردیف کاشت از حاشیه‌ها، به طور تصادفی انتخاب شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌ها به اجزای آن تفکیک و با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. وزن خشک بوته‌ها و اندام‌های آن پس از خشک شدن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا مرحله رسیدن به وزن ثابت، توزین و ثبت شد. جهت محاسبه عملکرد نهایی و اجزای عملکرد در هر کرت، در آخر فصل رشد پس از رسیدگی فیزیولوژیک دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و از سطح باقیمانده یک مترمربع به طور تصادفی انتخاب و عملکرد نهایی محاسبه گردید. در آخرین نمونه برداری برخی صفات مانند وزن غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک نیز اندازه گیری شد. همچنین درصد پروتئین با روش کجدال، درصد روغن دانه‌ها با روش سوکسوله و درصد کلونیزاسیون ریشه نیز اندازه گیری شد.

تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

برای تعیین درصد همزیستی میکوریزایی ریشه‌ها، قسمتی از ریشه تازه گیاه به صورت تصادفی نمونه برداری (حدود ۰/۵ گرم) شد. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شدند و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت ۲ دقیقه در محلول HCl یک دهم نرمال قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از ۳۲۵ میلی لیتر اسید لاکتیک، ۳۰۰ میلی لیتر گلیسرین، ۶۵ میلی گرم تریپان بلو و ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر) به مدت ۲۴-

تهیه گردید بدین صورت انجام گرفت که قبل از کاشت، متناسب با سطح کاشت مقدار مشخصی از بذور با محلول ۱۰٪ آب شکر آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از هر مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی ۱۰^۸ باکتری در هر میلی متر) به بذر افزوده شد و به طور کامل مخلوط گردید. و بعد از خشکیدن نسبی مواد تلقیحی سطح بذور در سایه، بذرها سریعاً کشت شدند. مایه تلقیح قارچ میکوریز *Glomus intraradices* از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه گردید. این مایه تلقیح شامل خاک، بقایای ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود. استفاده از مایه تلقیح بدین صورت انجام شد که قبل از کاشت در کرت‌های مربوط به تیمار قارچی مقداری مایه تلقیح (در هر خط کاشت ۳۰۰ گرم) درون حفره‌هایی که برای کاشت بذر ایجاد شده بودند، ریخته شد. سپس روی این مایه تلقیح مقداری خاک اضافه و ۲-۳ بذر روی آن قرار داده شد و سرانجام بذرها با خاک پوشانده شدند. کود پتاسیم در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و در زمان کاشت مصرف گردید. کود پتاسیم طبق مقادیر معین برای هر تیمار در کرت‌های مورد نظر استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور انجام شد به صورتی که پشته‌ها کاملاً خیس شدند. و بعد از آن آبیاری در طول فصل رشد هر ۷ روز یکبار انجام گرفت. بعد از جوانه زنی و ظهور گیاه، در نقاطی که سبز شدن بذور با مشکل مواجه شده بود اقدام به واکاری شد. به منظور حصول تراکم مناسب مزرعه، پس از استقرار کامل بوته‌ها در مرحله ۶-۴ برگی با حفظ یک بوته سالم و قوی عملیات تنک انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز روی خطوط کاشت و بین ردیف‌ها در ۳ مرحله وجین بوسیله کارگر انجام گرفت. با توجه به زمان کاشت، نمونه برداری اول در تاریخ ۱۳۹۱/۴/۷ صورت پذیرفت و نمونه گیری‌های بعد با فواصل ۱۵ روز تا برداشت نهایی ادامه داشت. در هر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته با

مصرف باکتری ریزوبیوم به تنهایی کلونیزاسیون ریشه نداشتند. برین و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزی بر روی خصوصیات رشدی و تغذیه-ای گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزا از درصد کلونیزاسیون بالاتری برخوردار بودند. اثر کود پتاسیم نیز بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمار شاهد (عدم مصرف کود) کمترین و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۸۶/۳۸ درصد بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه را داشتند که با تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری بردی ریزوبیوم نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). بدین ترتیب که نمونه شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با بردی ریزوبیوم) کمترین درصد کلونیزاسیون مشاهده شد و تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم بدون مصرف قارچ میکوریزا بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه را داشت که با سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم نیز معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۹۴/۵۰ درصد و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری بردی ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کود پتاسیم) به میزان ۷۵/۲۵ درصد مشاهده شد (جدول ۱). در این پژوهش بالا بودن درصد کلونیزاسیون و همچنین کاهش بسیار اندک و غیر معنی‌داری و یا عدم تغییر درصد کلونیزاسیون را در تیمارهایی که به آنها قارچ اضافه شده را می‌توان به بالا بودن پتانسیل قارچهای میکوریز بومی خاک مرتبط دانست. همچنین کیفیت

۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسرین و اسید لاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد کلونیزاسیون، از روش تقاطع خطوط شبکه (Grindline Intersect Method) استفاده شد (جیووانتی و موس ۱۹۸۰).

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار MSTATC استفاده شد. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL ترسیم شدند.

نتایج و بحث

درصد کلونیزاسیون ریشه

اثر اصلی باکتری بردی ریزوبیوم بر کلونیزاسیون ریشه سویا در رسیدگی بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهان تلقیح شده با باکتری نسبت به شاهد بدون باکتری بیشتر بود. بیانسیتو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند، ریزوبیوم‌ها می‌توانند از طریق پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی به هیف‌های قارچ بچسبند و از آنها به عنوان وسیله‌ای برای کلونیزاسیون روی ریشه گیاه استفاده کنند. همچنین ریزوبیوم استقرار میکوریزا را به وسیله تولید پلی‌ساکاریدها افزایش می‌دهد که منجر به سنتز آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در محل آلودگی می‌شود، بدین ترتیب تسهیل نفوذپذیری قارچ میکوریزا به سلول‌های ریشه امکان پذیر می‌گردد (تلت و عبدآلا ۲۰۰۸). نتایج نشان داد اثر قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) به طوری که کلونیزاسیون ریشه‌های تلقیح شده با قارچ میکوریزا بیشتر از ریشه‌های عدم تلقیح بود. آراموگام و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند کلونیزاسیون ریشه گیاه لوبیا چشم بلبلی فقط در تیمارهای تلقیح با قارچ آربوسکولار و تلقیح دوگانه قارچ آربوسکولار و ریزوبیوم وجود دارد و تیمار

کود پتاسیم در هکتار به میزان $4/495$ گرم در متر مربع بود و کمترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا و استفاده از 200 کیلوگرم کود پتاسیم به میزان $9/210$ گرم در متر مربع بود. اثر متقابل قارچ میکوریزا، باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر وزن خشک غلاف معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک غلاف در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار $3/589$ کیلوگرم کود پتاسیم با $3/589$ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک غلاف در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و عدم استفاده از قارچ میکوریزا، بدون مصرف کود پتاسیم) به میزان $4/166$ گرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۱). در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم، اثر متقابل تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف معنی دار نبود.

تعداد غلاف در بوته

مطابق جدول تجزیه واریانس تاثیر تلقیح بذر با باکتری بردی ریزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول ۲). مقایسات میانگین نشان داد در تیمار تلقیح بذر با باکتری با تولید $55/21$ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد که $27/22$ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش پیدا کرده بود. ژانگ (۲۰۰۲) گزارش کرد که بردی ریزوبیوم باعث افزایش معنی دار تعداد غلاف در بوته سویا می شود. کاربرد کود پتاسیم نیز بر تعداد غلاف در بوته معنی دار شد (جدول ۲). بدین صورت که در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) با تولید $53/27$ غلاف بیشترین و در تیمار $97/11$ کیلوگرم کود در هکتار با $97/11$ غلاف کمترین تعداد غلاف در بوته وجود داشت. افزایش مصرف پتاسیم موجب بزرگ شدن سلول، تحریک رشد گیاه، افزایش سطح برگ در جامعه گیاهی، تاخیر در پیری

نامطلوب مایه تلقیح قارچ نیز می تواند مطرح باشد. در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و مصرف کود پتاسیم و اثر متقابل تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم معنی دار نبود.

وزن خشک غلاف

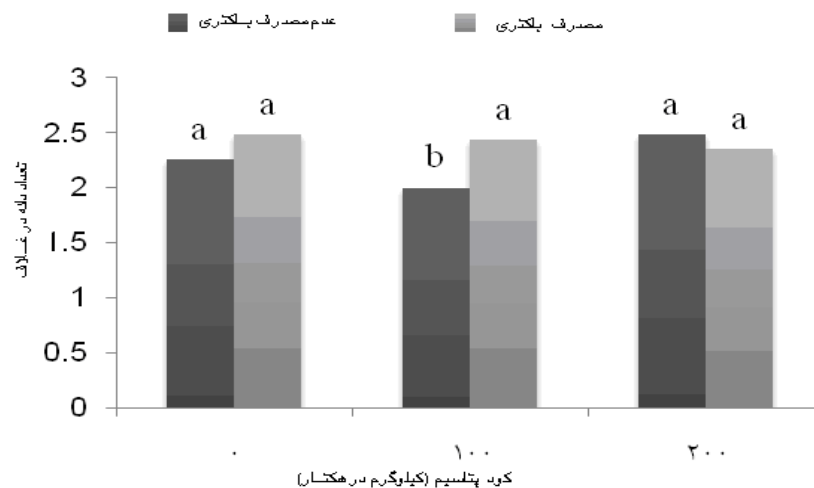
نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر باکتری بردی ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم با $500/264$ گرم در متر مربع بود که $74/34$ درصد بیشتر از تیمار شاهد (عدم تلقیح) بود. اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف در متر مربع معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار تلقیح قارچ میکوریزا به میزان $3/684$ گرم در متر مربع مشاهده شد. بطوری که وزن خشک غلاف در بوته های تلقیح شده با قارچ میکوریزا $1/34$ درصد بیشتر از عدم تلقیح بود. به نظر می رسد همزیستی میکوریزایی از طریق افزایش جذب مواد غذایی، افزایش جذب آب و یا تولید هورمون های رشد سبب افزایش رشد و افزایش وزن اندام هوایی نظیر غلاف می گردد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کود پتاسیم در سطح ۱ درصد تاثیر معنی داری بر وزن خشک غلاف داشت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار مصرف 100 کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان $88/410$ گرم در متر مربع بود که $19/21$ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) بیشتر بود و کمترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار $375/325$ گرم در هکتار بود که با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تفاوت معنی داری نداشت. اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم در سطح ۱ درصد بر وزن خشک غلاف معنی دار شد بطوری که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار 100 کیلوگرم

بردی ریزوبیوم، عدم مصرف قارچ میکوریزا و بدون استفاده از کود پتاسیم با تولید ۳۲/۴۴ غلاف در بوته و کمترین تعداد غلاف در بوته در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با تولید ۱۱/۵۲ غلاف در بوته مشاهده شد (جدول ۱). در این آزمایش اثر اصلی کاربرد قارچ میکوریزا معنی دار نبود.

تعداد دانه در غلاف

مطابق جدول تجزیه واریانس کاربرد باکتری بردی ریزوبیوم بر صفت تعداد دانه در غلاف در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مطابق نتایج بدست آمده تلقیح بذر با باکتری بردی ریزوبیوم به طور معنی داری تعداد دانه در غلاف را افزایش داد بدین ترتیب تعداد دانه در غلاف در تلقیح با باکتری به میزان ۷/۰۲ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافته بود. در بررسی اوپادهیای و همکاران (۱۹۹۹) تیمار تلقیح شده با باکتری به طور معنی داری موجب افزایش تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه ماش نسبت به شاهد گردید. اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم بر صفت تعداد دانه در غلاف در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم بیشترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود که با تیمار عدم مصرف کود پتاسیم به همراه تلقیح باکتری و عدم تلقیح باکتری و تیمار تلقیح باکتری و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار تفاوت معنی داری نداشت. تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار بدون مصرف باکتری بردی ریزوبیوم کمترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود (شکل ۱).

برگ ها و فعالیت آنزیم های ساخت کربوهیدرات زیادتر شده و در نتیجه موجب فراهم شدن مواد غذایی و نهایتاً افزایش تولید خورجین در بوته و عملکرد دانه می شود (زمان خان ۲۰۰۴). همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری بردی ریزوبیوم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). در بوته های تلقیح شده با باکتری بردی ریزوبیوم در هر دو تیمار مصرف قارچ میکوریزا و عدم مصرف قارچ با تولید ۲۲/۶۰ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته و در تیمارهای عدم مصرف باکتری بردی ریزوبیوم در هر دو تیمار مصرف و عدم مصرف قارچ میکوریزا کمترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. به نظر می رسد تلقیح بذر با باکتری بردی ریزوبیوم به همراه مصرف قارچ میکوریزا اثر سینرژیستی بر افزایش صفت تعداد غلاف در بوته دارد. اثر متقابل میکوریزا و پتاسیم در سطح ۱ درصد بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی دار شد (جدول ۲). به طوری که تیمار شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم و عدم تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم) با تولید ۲۴/۳۵ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته و بوته های با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و بدون تلقیح با میکوریزا با تولید ۱۴/۵۰ غلاف کمترین تعداد غلاف در بوته را دارا بودند. اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول ۲). تیمار مصرف باکتری بدون کود پتاسیم به میزان ۲۷/۵۳ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته را دارا بود که به میزان ۳۷/۹۵ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم و عدم تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم) افزایش داشت. تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم کمترین تعداد غلاف در بوته را داشت. اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا، تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار تلقیح باکتری



شکل ۱- تعداد دانه در غلاف در سطوح باکتری بر روی ریزوبیوم و کود پتاسیم

ریزوبیوم لگومینوزاروم می‌تواند به علت تولید هورمون‌های رشد، سنتز انواع ویتامین‌ها و افزایش مقاومت گیاه در برابر عامل بیماری‌زا توسط این باکتری‌ها باشد که سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. اثر کود پتاسیم بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۱۱۶۸/۵۶۳ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۰/۴۴ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) بیشتر بود و کمترین عملکرد دانه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۳۵/۸ بدست آمد. هدر و برینجر (۱۹۸۱) اعلام کردند که تغذیه مناسب با پتاسیم موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و نهایتاً عملکرد می‌گردد. تاثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط ولد آبادی و همکاران (۲۰۰۹) برای سورگوم و ذرت گزارش شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل مصرف قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). ملاحظه می‌شود که تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا به همراه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۱۱۸۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت که با تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تیمار بدون مصرف کود و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم تفاوت معنی داری نداشت. اثر متقابل قارچ

در این آزمایش اثرات اصلی قارچ میکوریزا، اثر کود پتاسیم و اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری ریزوبیوم، اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و مصرف کود پتاسیم و اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری بر روی ریزوبیوم و کود پتاسیم معنی دار نبود.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تاثیر تلقیح با باکتری بر روی ریزوبیوم قرار گرفت و در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بررسی عملکرد دانه در زمان برداشت نشان داد عملکرد دانه در گیاهان تلقیح شده با باکتری به میزان ۱۱۰۳/۷۹۲ کیلوگرم در هکتار، ۹/۶۴ درصد بیشتر از گیاه شاهد (عدم تلقیح) بودند. نتایج آزمایشات قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۳۸۳) نشان داد که تلقیح بذره‌های ارقام لوبیا با سویه‌های مختلف باکتری بر روی ریزوبیوم لگومینوزاروم اثرات مثبت معنی‌داری بر صفاتی از جمله عملکرد دانه، وزن خشک غلاف در بوته، تعداد غلاف در بوته و میزان درصد تثبیت نیتروژن داشت. با توجه به نتایج بت و همکاران (۲۰۱۱)، در تلقیح ماش سبز با باکتری بر روی ریزوبیوم، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به شاهد (عدم تلقیح) مشاهده شد. افزایش عملکرد دانه در نتیجه تلقیح گیاه با باکتری بر روی

داد بیشترین درصد نیتروژن دانه مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار با ۱/۴۰۲ درصد و کمترین درصد نیتروژن دانه مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود درهکتار با ۱/۳۵ درصد بود که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) تفاوت معنی‌داری نداشت. پتاسیم با تحریک تولید کربوهیدراتها به متابولیسم نیتروژن جذب شده توسط گیاه و تبدیل آن به اسیدهای آمینه و پروتئین و تجمع آن در دانه کمک می‌کند (عزیزی ۱۳۷۷). اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم نیز بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بدین ترتیب که بیشترین درصد نیتروژن دانه با ۱/۴۳۵ درصد مربوط به تیمار مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بود که از نظر آماری با کاربرد قارچ میکوریزا بدون مصرف کود پتاسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین درصد نیتروژن دانه با ۱/۲۹۶ درصد مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم) بود. همچنین مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). براین اساس بیشترین درصد نیتروژن دانه با ۱/۴۰۴ درصد در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار بدون تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم مشاهده شد که با تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم در سه سطح عدم مصرف، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم درهکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین درصد نیتروژن دانه نیز در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و عدم مصرف کود پتاسیم) به میزان ۱/۳۱۳ درصد مشاهده شد که از نظر آماری با تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود بدون تلقیح باکتری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر صفت درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین درصد نیتروژن دانه در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان

میکوریزا، باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۱۲۱۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۷۳۳/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۱). در این آزمایش اثر اصلی مصرف قارچ میکوریزا، اثر متقابل تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و استفاده از کود پتاسیم، اثر متقابل مصرف قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم معنی‌دار نشد.

درصد نیتروژن دانه

مطابق جدول تجزیه واریانس تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که با استفاده از باکتری درصد نیتروژن دانه نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین میزان درصد نیتروژن دانه مربوط به مصرف باکتری به میزان ۱/۴۰۷ درصد بود. شواهد حاکی از آن است که تثبیت بالاتر نیتروژن و انتقالات نیتروژن بیشتر به دانه باعث افزایش درصد پروتئین در تیمارهایی می‌شود که در آن‌ها تثبیت بیولوژیکی پروتئین بالاتر است (لفل و همکاران ۱۹۹۲). در پژوهشی مشخص شد که گیاه سویا در شرایط تلقیح با باکتری ۱۰ درصد پروتئین بیشتری نسبت به شرایط عدم تلقیح دارد و کاربرد کود نیتروژن می‌تواند مقدار پروتئین دانه را تقریباً به سطحی معادل گیاهان تلقیح شده برساند (کریشنان و همکاران ۲۰۰۰). کاربرد قارچ میکوریزا بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۲). درصد نیتروژن دانه در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱/۴۰۴ درصد بود. بین سطوح کود پتاسیم از نظر درصد نیتروژن دانه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان

۱/۴۴۴ درصد و کمترین درصد نیتروژن دانه در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۱/۲۸ درصد مشاهده شد (جدول ۱). در این آزمایش اثر متقابل تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و استفاده از قارچ میکوریزا بر صفت درصد نیتروژن دانه معنی‌دار نشد. چنانکه در جدول (۱) دیده می‌شود در مواردی بین تیمار مصرف و عدم مصرف باکتری بردی ریزوبیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود شاید بتوان در این تیمارها غنای باکتریایی خاک را علت این وضعیت دانست.

درصد روغن

بین سطوح مختلف باکتری بردی ریزوبیوم از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف باکتری بردی ریزوبیوم درصد روغن نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین درصد روغن مربوط به مصرف باکتری بردی ریزوبیوم به میزان ۲۰/۰۲ درصد بود. براساس نتایج آلیاری و همکاران (۲۰۰۰) پتاسیم باعث افزایش درصد روغن در آفتابگردان می‌شود. ویس (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی از اثر پتاسیم بر گلرنگ را گزارش نمود. مطابق جدول تجزیه واریانس کاربرد قارچ میکوریزا بر درصد روغن تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). به طوری که در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا درصد روغن ۱۹/۹۰ درصد بود که نسبت به شاهد (عدم مصرف) ۱۹/۴۸ درصد بیشتر بود. اثر کاربرد کود پتاسیم نیز بر درصد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار با ۲۰/۰۱ درصد روغن بیشترین و نمونه شاهد (عدم مصرف کود) با ۱۹/۲۷ درصد کمترین درصد روغن را دارا بودند. زمان خان و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثر سطوح مختلف کود پتاسیم بر رشد و عملکرد روغن و دانه کلزا گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و روغن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار

نسبت به سایر سطوح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری بردی ریزوبیوم نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مصرف قارچ میکوریزا و باکتری بردی ریزوبیوم بیشترین درصد روغن (۲۰/۰۲ درصد) و نمونه شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم) با ۱۹/۳۳ درصد کمترین درصد روغن را دارا بودند. اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر درصد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). به طوری که بیشترین درصد روغن در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با ۲۰/۴۹ درصد بود و کمترین درصد روغن با ۱۸/۹۱ درصد در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و عدم مصرف کود پتاسیم) مشاهده شد. براساس نتایج بدست آمده اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن معنی‌دار بود. بدین صورت تیمار مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با ۲۰/۵۶ درصد بیشترین و تیمار مصرف قارچ میکوریزا بدون مصرف کود پتاسیم با ۱۹/۳۳ درصد کمترین درصد روغن را داشتند. همچنین اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد روغن در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۲۱/۲۶ درصد و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم، عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم کاربرد کود پتاسیم) به میزان ۱۸/۴۹ درصد مشاهده شد (جدول ۱).

عملکرد بیولوژیک

تلقیح گیاه با باکتری بردی ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۲). به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در بوته‌های تلقیح یافته با باکتری بردی

می شود (هیکال و همکاران ۱۹۹۰). مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بوته های تلقیح شده با قارچ میکوریزا به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۹۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار و تیمار مصرف قارچ میکوریزا و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۵۸۵۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. اثر متقابل باکتری بردی ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). به این ترتیب تیمار مصرف باکتری بردی ریزوبیوم و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۶۳۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و تیمار عدم مصرف باکتری بردی ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۶۰۹۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند که با تیمار مصرف باکتری بردی ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری نداشت. اثر متقابل میکوریزا، باکتری و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک نیز معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیح با باکتری بردی ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم و عدم استفاده از قارچ میکوریزا و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۵۲۵۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۱). در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری بر صفت عملکرد بیولوژیک معنی دار نبود.

جمع بندی نتایج

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که کاربرد باکتری بردی ریزوبیوم باعث افزایش صفات وزن خشک غلاف، درصد کلونیزاسیون ریشه، تعداد

ریزوبیوم به میزان ۷۹۸۰/۹۱۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که ۱۲/۱۹ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشت و کمترین عملکرد بیولوژیک در بوته های شاهد (عدم تلقیح) به میزان ۷۰۰۷/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. آلبایراک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند تلقیح ارقام معمولی ماش با باکتری بردی ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک (۸/۵ درصد)، عملکرد گاه (۱۰/۴ درصد) در مقایسه با ارقام تلقیح نشده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد در شرایطی بدست آمد که گیاه با قارچ میکوریزا تلقیح شده بود. بطوری که عملکرد بیولوژیک در بوته های تلقیح یافته با میکوریزا به میزان ۸۳۰۱/۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم مصرف میکوریزا) ۱۹/۴۵ درصد افزایش داشت. کاتلین و کراس (۲۰۰۶) اعلام کردند عملکرد بیولوژیک بسیاری از گیاهان که با قارچ میکوریزایی همزیستی دارند نسبت به گیاهان که در محیط رشدشان قارچ میکوریزا وجود ندارد بالاتر است. به نظر می رسد همزیستی میکوریزایی با افزایش فراهمی فسفر مورد نیاز و بهبود شرایط فیزیکی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام های هوایی نظیر ساقه، برگ و غلاف و متعاقب آن افزایش تولید ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) را فراهم آورد. اثر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۸۸۸۷/۱۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) ۲۶/۴۹ درصد افزایش پیدا کرده بود و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد که با تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری وجود نداشت. مشخص شده است پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص های سطح برگ و لذا جذب CO₂ و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ

نیتروژن دانه گردید، که در بیشتر موارد بین مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. تلقیح توأم باکتری بر روی ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کاربرد کود پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش کلیه صفات مورد مطالعه بجز صفت تعداد غلاف در بوته شد.

غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، درصد روغن دانه، درصد نیتروژن دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا موجب افزایش صفات وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف، کلونیزاسیون ریشه، عملکرد دانه، درصد نیتروژن دانه و روغن دانه و عملکرد بیولوژیک شد. همچنین کاربرد کود شیمیایی پتاسیم موجب افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه، عملکرد دانه، درصد روغن و

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

| منابع تغییر | درجه آزادی | کلونیزاسیون | وزن خشک غلاف | تعداد غلاف در بوته | عملکرد دانه |
|-------------------------------|------------|-------------|--------------|--------------------|--------------|
| تکرار | ۳ | ۹/۲۴۳ | ۴۸۹۹/۲۶۲ | ۰/۹۴۵ | ۲۰۸۷۱/۶۱۱ |
| قارچ | ۱ | ۳۱۵/۱۸۸** | ۲۵۰۴۱۸/۵۳۰** | ۱/۵۵۹ | ۱۹۲۸۰/۰۸۳ |
| باکتری | ۱ | ۹۹/۱۸۸* | ۲۶۳۵۲۹/۲۴۶** | ۲۷۷/۲۰۰** | ۱۳۵۸۹۴/۰۸۳** |
| پتاسیم | ۲ | ۷۸/۱۸۸* | ۴۰۴۱۴/۴۷۸** | ۱۵۹/۷۷۵** | ۲۱۶۸۱۳/۷۷۱** |
| قارچ × باکتری | ۱ | ۳۱۵/۱۸۸** | ۱۶/۵۶۸ | ۳۵/۶۲۱* | ۴۵۱۴۱/۳۳۳ |
| قارچ × پتاسیم | ۲ | ۳۵/۴۳۸ | ۳۶۵۹۳/۲۴۶** | ۵۹/۸۵۶** | ۱۵۰۷۳۰/۳۹۶** |
| باکتری × پتاسیم | ۲ | ۲۵/۱۸۸ | ۳۵۴/۴۱۵ | ۲۴۱/۳۳۱** | ۳۲۷۰۱/۸۹۶ |
| قارچ × کاربرد باکتری × پتاسیم | ۲ | ۶۹/۶۳۸* | ۵۰۴۹۵/۰۵۱** | ۱۷۷/۶۸۵** | ۶۷۷۷۹/۷۷۱** |
| اشتباه آزمایشی | ۳۳ | ۲۰/۶۲۲ | ۳۱۳۰/۲۸۱ | ۸/۱۱۵ | ۱۲۵۱۷/۶۸۷ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۵/۲۹ | ۱۵/۸۷ | ۱۴/۸۷ | ۱۰/۶۵ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد میباشد.

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد نیتروژن دانه | تعداد دانه در غلاف | درصد روغن | عملکرد زیست توده |
|------------------------|------------|-------------------|--------------------|-----------|------------------|
| تکرار | ۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۰۲ | ۱۳۰۰۳۶۱/۲۲۲ |
| قارچ | ۱ | ۰/۹۳۴** | ۰/۰۷۸ | ۲/۱۵۵** | ۳۱۲۹۲۲۴۰/۳۳۳** |
| باکتری | ۱ | ۰/۳۱۶** | ۰/۳۵۵* | ۰/۸۸۸** | ۱۱۳۷۶۳۲۱/۳۳۳** |
| پتاسیم | ۲ | ۰/۷۲۵** | ۰/۱۶۴ | ۲/۳۸۶** | ۲۴۴۱۹۴۰۹/۰۸۳** |
| قارچ × باکتری | ۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۹** | ۵۵۴۷۰۰ |
| قارچ × پتاسیم | ۲ | ۰/۲۱** | ۰/۱۰۱ | ۳/۶۳۹** | ۵۴۸۶۸۳۳/۰۸۳** |
| باکتری × پتاسیم | ۲ | ۰/۲۳۷** | ۰/۳۴۰** | ۴/۵۴۷** | ۶۷۶۲۷۱۸/۰۸۳** |
| قارچ × باکتری × پتاسیم | ۲ | ۰/۲۴۱** | ۰/۱۱۷ | ۳/۴۸۹** | ۸۳۵۹۷۷۷/۷۵۰** |
| اشتباه آزمایشی | ۳۳ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۰۲ | ۹۷۵۹۰۵/۰۴۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۴/۹۸ | ۹/۸ | ۱/۲۵ | ۱۳/۱۸ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۲- ترکیبات تیماری باکتری بردی ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم برای صفات مورد مطالعه

| عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) | درصد روغن | درصد نیترژن | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | تعداد غلاف در بوته | وزن خشک غلاف (کیلوگرم در هکتار) | درصد کلونیزاسیون ریشه | تیمار | | |
|---|--------------|----------------|---|-----------------------|--|-----------------------------|-------|----|---------|
| ۵۷۱۰ fg | ۱۸/۴۹ k | ۱/۲۸ g | ۸۴۷/۵ de | ۱۶/۲۵ efg | ۱۶۶/۴ h | ۷۵/۲۵ c | NR | NM | ۰ |
| ۷۰۸۳ def | ۲۰/۳۳ c | ۱/۳۸ cde | ۱۰۹۶ ab | ۳۲/۴۴ a | ۴۴۱/۹ b | ۸۷/۵۰ b | R | NM | کیلوگرم |
| ۷۸۵۹ cde | ۱۹/۳۳ g | ۱/۴۱ bcd | ۱۱۹۹ ab | ۱۷/۹۲ de | ۳۳۲/۳ cde | ۸۶ b | NR | M | در |
| ۵۴۷۵ g | ۱۸/۹۳ i | ۱/۴۲ abc | ۱۰۴۸ bc | ۲۲/۶۱ bc | ۳۵۳/۴ cde | ۸۴/۷۵ b | R | M | هکتار |
| ۷۳۱۲ de | ۱۸/۷۲ j | ۱/۳۵ e | ۹۲۷/۵ cd | ۱۲/۴۱ gh | ۲۸۰/۸ ef | ۷۷/۷۵ c | NR | NM | ۱۰۰ |
| ۸۳۰۷ bcd | ۱۹/۴۰ f | ۱/۴ bcd | ۱۱۸۱ ab | ۱۶/۵۸ ef | ۳۷۰/۴ bcd | ۸۶/۵۰ b | R | NM | کیلوگرم |
| ۸۹۷۲ bc | ۱۹/۸۶ e | ۱/۲۸ f | ۷۳۳/۵ e | ۱۱/۵۲ h | ۴۰۱/۵ bc | ۹۴/۵۰ a | NR | M | در |
| ۱۰۹۶۰ a | ۲۱/۲۶ a | ۱/۴۴ a | ۹۰۱/۳ cd | ۲۳/۴۲ b | ۵۸۹/۳ a | ۸۶/۷۵ b | R | M | هکتار |
| ۵۲۵۵ g | ۲۰/۷۷ b | ۱/۳۷ de | ۱۱۸۵ ab | ۲۳/۶۴ b | ۱۷۲/۹gh | ۸۴/۷۵ b | NR | NM | ۲۰۰ |
| ۶۴۵۴ efg | ۱۹/۲۲ h | ۱/۳۶ de | ۱۱۸۷ ab | ۱۲/۵۲ fgh | ۲۴۸/۹ fg | ۸۷/۵۷ b | R | NM | کیلوگرم |
| ۶۹۳۶ def | ۲۰/۲۰ d | ۱/۴۳ ab | ۱۰۹۲ ab | ۱۸/۷۷ cde | ۳۱۶/۳ def | ۸۸ ab | NR | M | در |
| ۹۶۱۰ ab | ۱۹/۸۷ e | ۱/۴۳ ab | ۱۲۱۱ a | ۲۱/۷۷ bcd | ۵۵۵/۴ a | ۹۰/۲۵ ab | R | M | هکتار |

NM : عدم تلقیح قارچ میکوریزا M: تلقیح قارچ میکوریزا NR: عدم تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم R: تلقیح باکتری بردی ریزوبیوم

منابع مورد استفاده

آلیاری ه، شکاری ف و شکاری ف، ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی، تبریز.

عزیزی م، ۱۳۷۷. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا " پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

قاسمی پیربلوطی ع ا، دادی ا، اکبری غ ع و گل‌پرور ار، ۱۳۸۳. تأثیر تلقیح ارقام لوبیا با باکتری بردی ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی (*R. leguminosarum biovar phaseoli*) بر عملکرد دانه و تثبیت نیترژن در منطقه شهرکرد " پژوهش‌های زراعی ایران. ۲ (۱): ۶۵-۵۵.

ملکوتی م ج، ۱۳۸۴. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر سنا.

Albayrak S, Sevmay CS and Tongel O, 2006. Effects of inoculation with *Rhizobium* on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). Journal of Agriculture, 30: 31-37.

Al-Karaki GN, 2000. Growth of plant mycorrhiza tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza, 10: 51-54.

Allosh GAZ, Zeto SK and Clark R B, 2000. Phosphorus sources, organic matter, in acid soil. Journal of Plant Nutrition, 23: 1351-1369.

Antoun J, 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes. (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil, 204: 57-67.

Arancon N, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD, 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.

- Arumugam R, Rajasekaran S and Nagarajan SM, 2010. Response of Arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium inoculation on growth and chlorophyll content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp Var. Pusa 151", Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 14: 113-115.
- Bhat MI, Bangroo SA, Tahir A, Yadav SRS and Aziz MA, 2011. Combined Effects of *Rhizobium* and Vesicular Arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions. Journal of Agriculture Science, 2: 17-20.
- Giovannetti M and Mosse B, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489-495.
- Header HE and Beringer E, 1981. Analysis of yield of winter wheat grown at increasing levels of potassium. Journal of Science and Food Agriculture, 14: 89-95.
- Heakal L and Modaish K, 1990. Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of water on growth and water use efficiency of wheat and barely. Plant and Soil, 125: 177-184.
- Kathleen KT and Cross A, 2006. Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi. Ecosystems, 9: 305-316.
- Keyser HH and Li F, 1992. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. Plant and Soil, 141:119-135.
- Krishnan HR, Jian G, Krishnan HA and Weibold WJ, 2000. Seed storage protein composition of non-nodulation soybean and its influence on protein quality. Plant Science, 2:191-990.
- Lambardo R, 1991. Nitrogen fixation in legumes. Journal of Production Agriculture, 2:281-283.
- Leffel RC, Cregan PB, Belgiana AP and Thibeau DJ, 1992. Nitrogen metabolism of normal and high-seed-protein soybean. Crop Science, 32: 502-510.
- Sharma AK and Johri BN, 2002. Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in Plants, Rhizosphere and Soils. Science Publisher. Inc, Enfield, Nh, USA.
- Smit SE and Reed DJ, 1997. Mycorrhiza Symbiosis, Academic Press.
- Talaat NB and Abdallah MA, 2008. Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to dual inoculation with *Rhizobium* and VA mycorrhiza under different levels of N and P fertilization. Journal of Applied Science Research, 4:1092 -1102.
- Upadhyay RG, Sharma S and Daramwal NS, 1999. Effect of Rhizobium and graded levels of phosphorus on the growth and yield of summer green gram (*Phaseolus radiates*). Legume Research, 22: 277-279.
- Valadabadi SAR, Aliabadi Farahani H and Khalvati MA, 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K₂O application and irrigation according. Asian Journal of Agricultural Sciences, 1: 19-24.
- Weiss EA, 2000. Oilseed Crops, Blackwell Science, Oxford.
- Zaman Khan H, Asghar Malik M, Farrukh Saleem M and Imran A, 2004. Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculture and Biology, 6: 557-559.