تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفاتی و روی بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی دردانه دو رقم لوبیا چیتی

محمود محمدی، محمدجعفر ملکوتی[1]، کاظم خاوازی، فرهاد رجالی و محمدحسین داوودی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد؛ **Mahmod7516@yahoo.com**

استاد دانشگاه تربیت مدرس؛ **mjmalakouti@hotmail.com**

دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ **KKhavazi@yahoo.com**

دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ **frejali@yahoo.com**

استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ **Davoodi_mh@yahoo.com**

دریافت: **92/7/21** و پذیرش: **93/3/20**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفاتی و روی بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) در دو رقم لوبیا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری اجرا شدفاکتورهای این تحقیق شامل دو رقم لوبیا چیتی (تلاش و صدری)، چهار سطح فسفر (P_0: شاهد، P_1: مصرف سوپرفسفات تریپل بر اساس آزمون خاک، P_2: مصرف کود زیستی فسفاتی و سوپر فسفات تریپل به میزان 50 درصد توصیه بر اساس آزمون خاک و P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی) و سه سطح روی (Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف 50 کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: مصرف کود زیستی روی بود. نتایج نشان داد بین دو رقم مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری ($P < 0/01$ و $P < 0/05$) در صفات مورد مطالعه به غیر از نسبت مولی PA/Zn وجود داشت. تیمار فسفر باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری ($P < 0/01$) در صفات مورد بررسی به جز غلظت آهن شد، کود زیستی فسفاتی (P_2) باعث افزایش عملکرد (18 درصد)، غلظت نیتروژن (18 درصد)، فسفر (46 درصد)، پتاسیم (26 درصد)، آهن (13 درصد)، روی (35 درصد) و کاهش نسبت مولی PA/Zn (11 درصد) گردید. مصرف روی بر عملکرد دانه، غلظت پتاسیم و روی ($P < 0/01$) و غلظت نیتروژن و آهن ($P < 0/05$) معنی‌دار شد، لیکن بر دیگر صفات تأثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان صفات مورد بررسی و غنی‌سازی روی از تیمارهای Zn_1 و Zn_2 به‌دست آمد. با افزایش غلظت روی، نسبت مولی PA/Zn کاهش پیدا کرد. اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی فقط بر غلظت پتاسیم دانه، معنی‌دار گردید ($P < 0/05$). کودهای زیستی مورد استفاده با افزایش جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی، باعث افزایش عملکرد و کاهش نسبت مولی PA/Zn در دو رقم لوبیا چیتی شدند. همچنین به کمک کودهای زیستی فسفاتی می‌توان 50 درصد در مصرف کودهای فسفاتی صرفه‌جوئی نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های حل‌کننده فسفر و روی، قارچ میکوریزی، نسبت مولی اسیدفیتیک به روی

---

[1] نویسنده مسئول: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم-ترین گیاهان زراعی است که با داشتن 25-20 درصد پروتئین 60 درصد کربوهیدرات، ویتامین‌ها و ترکیبات آمینواسیدی حاوی آهن و روی در رژیم غذائی حائز اهمیت می‌باشد (بروقتن و همکاران، 2003؛ فاجریا و سانتوس، 2008). لوبیا حساسیت بالایی نسبت به کمبود روی دارد (مورگان و گرافتون، 2003). کمبود این عنصر علاوه بر کاهش کمیت و کیفیت محصول، برای سلامتی انسان نیز مشکل‌ساز می‌باشد (ملکوتی، 1390؛ مورگان و گرافتون، 2003؛ آبب و همکاران، 2007). شکل اصلی ذخیره فسفات در دانه غلات و حبوبات اسید فیتیک (میو اینوزیتول هگزا فسفات) است که در مراحل توسعه و تشکیل دانه به صورت ترکیبی از نمک‌های فیتات آهن، روی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم مشاهده می‌شود (ملکوتی، 1390، آبب و همکاران، 2007، کایا و همکاران، 2009). در مطالعات انجام شده بر لوبیا، غلظت اسید فیتیک از 0/74 تا 2/10 درصد گزارش گردیده است (کایا و همکاران، 2009). با وجود بالا بودن غلظت عناصر معدنی آهن، روی، کلسیم و منیزیم در لوبیا، اما دانه این گیاه حاوی اسید فیتیک است که قابلیت جذب و استفاده از این عناصر را به دلیل ایجاد نمک فیتات به شدت کاهش داده و سبب بروز اختلال در جذب و هضم آن‌ها در دستگاه گوارش انسان می‌شود (ملکوتی،1390؛ کوئلهو وبندیتو، 2008؛ چاکماک و همکاران، 2010). نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) که توسط سازمان بهداشت جهانی در سال 1996 مطرح شد، معیار مناسبی برای تعیین زیست‌فراهمی روی در مواد غذایی می‌باشد (سازمان بهداشت جهانی، 1996).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین میزان جذب فسفر از خاک و غلظت اسید فیتیک در دانه وجود دارد (ملکوتی، 1390). بررسی‌های کوئلهو وبندیتو (2008) نشان داد فراوان‌ترین فرم فسفر به صورت فیتات بوده و تشکیل فیتات یا فیتین سبب ایجاد ترکیبات نامحلول با عناصر غذایی می‌شود. مطالعات کایا و همکاران (2009) نشان داد، کوددهی روی باعث افزایش غلظت روی دانه و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود شده است. امروزه تأمین امنیت غذایی به توجه به محدود بودن منابع تولید و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها یکی از چالش‌های عمده پیش روی اکثر جوامع است (باتیستی و نیلور، 2009). عوارض و پیامدهای زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفاتی که دارای کارایی جذب پائینی می‌باشند و با اجزاء خاک تولید ترکیبات با درجه حلالیت پایین می‌کنند، منجربه ترغیب تولید و مصرف کودهای زیستی شده است (رجالی، 1384؛ پونموروگان و گوپی، 2006). اغلب پژوهشگران بر این باورند که با یک مدیریت خوب و صحیح، با استفاده از کودهای زیستی و ریزجانداران می‌توان شرایط تغذیه‌ای بهتری را برای گیاه فراهم کرد (ویسی، 2003). تعدادی از ریز جانداران در خاک وجود دارند که قادرند در تغذیه و جذب عناصر غذایی به راه‌های گوناگون به گیاهان کمک کنند که از آن جمله می‌توان به همزیستی دوجانبه گیاه – ریز جاندار اشاره کرد.

در این میان همزیستی قارچ با گیاه می‌تواند یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جالب و قابل‌توجه در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی به شمار آید (رجالی، 1384؛ جفریس و همکاران، 2003). قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مثل باکتری *Azotobacter* و *Pseudomonas* توان افزایش جذب عناصر غذایی، به‌ویژه زمانی که با هم استفاده می‌شوند را دارا می‌باشند (آرتوسون و همکاران، 2006؛ اسمیت و رید، 2008). کودهای زیستی فسفری، حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با ترشح اسیدهای آلی، اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم-های فسفاتاز، باعث رهاسازی یون فسفات و افزایش قابلیت جذب آن برای گیاهان می‌شوند (رجالی، 1384؛ ریان و همکاران، 2008؛ کایا و همکاران، 2009). تحقیقات ردریش و همکاران (2005) نشان داده است که استفاده از ریز جانداران حل‌کننده فسفات باعث افزایش جوانه‌زنی، افزایش رشد گیاه، جذب عناصر، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، گره بندی و عملکرد گیاه نخود نسبت به شاهد شده است. مطالعات بهل و همکاران (2006) نشان می‌دهد، باکتری‌های *Azotobacter* از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مانند ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌گردند.

در تحقیقی سامانا و باگیارج (2002) اثر متقابل بین قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* و باکتری‌های *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter chroococcum* را بر رشد و تغذیه گیاه زیتون مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تلقیح با قارچ میکوریزی به همراه *Azotobacter* موجب افزایش زیست‌توده و جذب نیتروژن و فسفر شده است. مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید استفاده از ریز جانداران افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی صورت

می‌گیرد (رجالی، 1384؛ مارشنر و دل، 1994؛ ریان و همکاران، 2008؛ کایا و همکاران، 2009). از این رو استفاده از این موجودات در گیاهان راهبردی و مهم که سطح کشت وسیعی در ایران دارند، می‌تواند بسیار مفید باشد. یکی از این گیاهان راهبردی لوبیاست. با توجه به این که استان چهارمحال و بختیاری یکی از مناطق مستعد تولید لوبیا در سطح کشور بوده و سالانه مقادیر زیادی کود شیمیایی فسفره در این استان مصرف می‌شود، یافتن راه‌کاری مناسب جهت کاهش هزینه‌ها، حفظ سلامت منابع و محیط‌زیست و افزایش تولید برای این محصول راهبردی منطقه، امری ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق نیز در این راستا و با هدف بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی فسفر و روی، در مقیاس مزرعه‌ای بر عملکرد، تغییرات برخی از عناصر غذایی معدنی، نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه دو رقم لوبیا چیتی برای نخستین بار در منطقه کیار این استان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 1391- 1390 در اراضی لوبیا کاری بخش کیار استان چهارمحال و بختیاری واقع در کیلومتر 45 جنوب شرقی شهرکرد با 2096 متر ارتفاع از سطح دریا و مختصات جغرافیایی 32 درجه، 20 دقیقه، 58 ثانیه عرض شمالی و 51 درجه، 17 دقیقه و 67 ثانیه طول شرقی انجام شد. خاک این منطقه Fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts بود. این طرح به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از فاکتور اول ارقام لوبیا چیتی شامل C_1: تلاش و C_2: صدری، فاکتور دوم کاربرد فسفر در چهار سطح شامل P_0: شاهد (عدم استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی فسفری)، P_1: استفاده از کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک، P_2: استفاده از کود زیستی فسفاتی و مصرف 50 درصد کود سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک و P_3: استفاده از کود زیستی فسفاتی، فاکتور سوم کاربرد روی در سه سطح شامل Zn_0: شاهد (عدم استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی حاوی روی)، Zn_1: استفاده از کود شیمیایی سولفات روی مطابق آزمون خاک و Zn_2: استفاده از کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده روی بود. تیمار کود زیستی فسفاتی مورد استفاده شامل مایه تلقیح حاوی باکتری حل‌کننده فسفات از جنس *Azotobacter chroococcum* strain 5 و قارچ‌های میکوریزی از جنس *Glomus etunicatum*، *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* بود. کود زیستی روی مورد استفاده، مایه تلقیح حاوی باکتری‌هایی از جنس *Pseudomonas aeruginosa strain MPFM* و *Pseudomonas fluorescens strain 187* بود. بدین ترتیب در هر بلوک آزمایشی 24 کرت آزمایشی ایجاد شد که با احتساب سه تکرار تعداد کل واحدهای آزمایش 72 کرت بود. تیمارها به‌صورت تصادفی در کرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. قبل از اجرای آزمایش نمونه مرکب خاک از عمق 30 – 0 سانتیمتری تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیائی به آزمایشگاه ارسال شد. پس از آماده‌سازی قطعه زمین، کشت محصول به‌صورت خطی در تاریخ 13 خردادماه 1391 انجام گرفت. هر کرت آزمایشی به ابعاد (مترمربع 12= 4×3) شامل 5 خط به طول 4 متر و یک خط به‌صورت نکاشت در نظر گرفته شد. کشت بر روی خطوط به‌صورت دستی و به روش هیرم‌کاری انجام شد.

کود فسفری مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان 100 کیلوگرم در هکتار در تیمار P_1 و 50 کیلوگرم در هکتار در تیمار P_2، روی از سولفات روی به میزان 50 کیلوگرم در هکتار (Zn_1) و 50 کیلوگرم در هکتار اوره قبل از کاشت مصرف شد. نحوه مصرف کودهای کاربردی به‌صورت مصرف خاکی و مخلوط نمودن با خاک سطحی بود. بذور مورد استفاده در این آزمایش از مرکز تحقیقات ملی لوبیا (ایستگاه تحقیقات کشاورزی خمین استان مرکزی) و مایه‌های تلقیح و کودهای زیستی از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. کود زیستی فسفاتی شامل قارچ‌های میکوریزی (با جمعیت 60 اسپور در هر گرم) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس *Azotobacter* حاوی $1/8 \times 10^8$سلول باکتری در هر گرم بود. برای هر 10 کیلوگرم قارچ‌های میکوریزی، یک کیلوگرم مایه تلقیح *Azotobacter* استفاده شد و به‌خوبی به‌هم زده شد. سپس به ازاء هر بذر مقدار دو گرم از این کود در سوراخ زیر بذر قرار داده شد.

از این دو گرم 1/8 گرم قارچ‌های میکوریزی و 0/2 گرم مایه تلقیح *Azotobacter* بود. در مورد کودهای زیستی روی بذرها قبل از کشت با مایه‌ی تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده اشکال کم‌محلول روی با تراکم جمعیت $2/3 \times 10^8$ باکتری در هر گرم با نسبت پنج درصد (با ازاء هر 1000 گرم بذر، 50 گرم مایه تلقیح) تلقیح شدند (بذر مال). به‌منظور باقی گذاشتن سلول‌های باکتری بر روی بذرها از محلول صمغ عربی استفاده شد. بعد از اندکی هوا خشک شدن سطوح بذور بلافاصله اقدام به کشت شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های زراعی لازم

شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها به‌طور یکنواخت برای همه تیمارها اعمال شد. در پایان فصل رشد برداشت محصول با حذف دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتها در سطح 6 مترمربع انجام و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری اسید فیتیک به روش هاگ ولانتسچ، (1983) انجام شد. اساس این روش بر مبنای رسوب فیتات آهن و اندازه‌گیری آهن باقیمانده در محلول رویی (محلول باقیمانده) می‌باشد. بدین منظور نیم گرم بذر آسیاب شده لوبیا با 250 میلی‌لیتر اسیدکلریدریک (pH= 3) به مدت سه ساعت عصاره‌گیری شد و با استفاده از آب مقطر به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده شد. سپس یک میلی‌لیتر از این عصاره به لوله‌های سانتریفوژ منتقل شده و یک میلی‌لیتر از محلول آهن فریک به آن افزوده شد. لوله-های مورد آزمایش روی پایه‌ای مناسب روی حمام آب گرم ثابت شده و به مدت 30 دقیقه در حمام آب جوش نگه‌داری شدند. پس از اتمام این دوره و سرد شدن لوله‌ها و رسیدن به دمای اتاق، محتوای لوله‌ها مخلوط و در دور 3000 به مدت 30 دقیقه سانتریفوژ شدند. در ادامه یک میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده رویی به لوله دیگری منتقل شده و با افزودن 1/5 میلی‌لیتر محلول بی‌پیریدین، جذب در طول‌موج 519 نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج (مدل Shimadzu UV 3100) خوانده شد. نسبت مولی اسید فیتیک به روی از تقسیم میلی‌مول اسید فیتیک به میلی‌مول روی محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عناصر غذایی دانه پس از تهیه نمونه‌های مناسب و آسیاب کردن آن‌ها ابتدا به روش اکسایش خشک، نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با دستگاه فلم‌فتومتر و آهن و روی به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های مهم خاک محل آزمایش در جدول 1 آمده است. همان‌طوری که نتایج نشان می‌دهد خاک مزرعه دارای بافت لوم سیلتی و فاقد محدودیت شوری بود و با توجه به بالاتر بودن غلظت پتاسیم و منگنز قابل استفاده نسبت به حد بحرانی، نیازی به مصرف کود پتاسیمی و منگنزی نبود. این خاک از نظر فسفر و روی قابل‌جذب در زیر حد بحرانی قرار داشت.

جدول 1- نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک محل اجرای آزمایش

عمق	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	نیتروژن کل	کربن آلی	مواد خنثی شونده	رس	سیلت	شن
Cm	pH	dS m^{-1}	mg kg^{-1}								%			
0-30	7/81	0/88	6	311	4/11	0/58	8/96	0/93	0/07	0/92	24/5	26	54	20

عملکرد دانه

بین ارقام بکار رفته در این آزمایش، اختلاف معنی‌داری ($P <0/01$) از نظر عملکرد دانه مشاهده شد (جدول 3). بیشترین میزان عملکرد از رقم صدری به میزان 3309 کیلوگرم در هکتار حاصل شد. استفاده از فسفر بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت ($P <0/05$). بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار P_2 به میزان 3445 کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش 18 درصدی را نشان داد و با تیمار P_3 در یک گروه آماری مشترک قرار گرفت (جدول 2 و 3 ج). مصرف روی تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه داشت ($P <0/01$). حداکثر عملکرد از تیمار Zn_1 به میزان 3339 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمار Zn_2 در یک گروه مشترک آماری قرار گرفت. اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد ($P >0/05$) (جدول 2 ج). با این وجود، بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار P_2Zn_1 به میزان 3520 کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که نسبت به تیمار شاهد با عملکرد 2648 کیلوگرم در هکتار، افزایش 32/5 درصدی را ایجاد نمود (جدول 4). این نتایج با یافته‌های گوپتا و همکاران (2002)؛ ردی و همکاران (2003)؛ ردریش و همکاران (2005)؛ وو و همکاران (2005) و خان و زیدی (2007) مطابقت داشت. این محققین نشان دادند، قارچ‌های میکوریزی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و ایجاد شرایط مطلوب رشد باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردند. در مطالعات شبلین و هجدین (2006) در سه گونه متفاوت از لگوم‌ها

نشان داده شد که استفاده از قارچ‌های میکوریزی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه افزایش یافته است. کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق، باعث افزایش قابلیت جذب فسفر، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی شدند (جدول 3)، همچنین شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه را افزایش داده و متعاقب آن رشد گیاه و عملکرد محصول با افزایش دسترسی بهتر به عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد افزایش پیدا کرد.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس تأثیر استفاده از کودهای زیستی فسفر و روی بر صفات مورد بررسی دو رقم لوبیا چیتی

الف- رقم تلاش	نسبت مولی اسید فیتیک به روی	غلظت روی	غلظت آهن	غلظت پتاسیم	غلظت فسفر	غلظت نیتروژن	عملکرد دانه
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)					
تکرار	2	52^{ns}	12^{ns}	265^{ns}	0/14*	0/001^{ns}	0/06^{ns}	204803*
فسفر(A)	3	117*	149**	503^{ns}	0/19*	0/03**	0/50*	395540**
روی (B)	2	55*	89/3**	2735*	0/16*	0/008*	0/83**	122175*
اثر متقابل A×B	6	7/7^{ns}	6/58^{ns}	9/42^{ns}	0/03^{ns}	0/001^{ns}	0/08^{ns}	20545^{ns}
خطا	22	15/9	8/45	800	0/30	0/001	0/07	512593
کل	35							
ضریب تغییرات		20	10/3	13/3	9/1	9/7	7/5	4/8
ب- رقم صدری								
تکرار	2	16/3^{ns}	11/2^{ns}	968^{ns}	0/19**	0/0001^{ns}	0/008^{ns}	13083*
فسفر(A)	3	4/9*	97/6**	123^{ns}	0/58**	0/04**	0/33 *	653172**
روی (B)	2	202*	78/2**	192^{ns}	0/09*	0/01*	0/02 ^{ns}	653172**
اثر متقابل A×B	6	91/2^{ns}	4/33^{ns}	218^{ns}	0/04*	0/0007^{ns}	0/12 ^{ns}	18867^{ns}
خطا	22	30	8/1	281	0/01	0/001	0/09	25048
کل	35							
ضریب تغییرات		16	9/5	17/6	5/5	9/5	7/9	4/7
ج- مجموع دو رقم								
تکرار	2	5^{ns}	23^{ns}	189^{ns}	0/1^{ns}	0/001^{ns}	0/05^{ns}	32505*
رقم	1	52/5^{ns}	52/7*	2374*	1/17**	0/005 ^{ns}	1/15**	591872**
رقم× تکرار	2	63	0/13	616	0/2	0/0005	0/02	10128
فسفر(A)	3	213**	230**	374^{ns}	0/68**	0/073**	0/82**	1019708**
روی (B)	2	66^{ns}	167**	2190*	0/23**	0/073^{ns}	0/56*	509736**
اثر متقابل A×B	6	30/6^{ns}	9/9^{ns}	291^{ns}	0/07*	0/001^{ns}	0/19^{ns}	29987^{ns}
رقم × فسفر(A)	3	1/17^{ns}	16/4^{ns}	252^{ns}	0/09*	0/005*	0/01^{ns}	29005^{ns}
رقم × روی (B)	2	190**	0/24^{ns}	738^{ns}	0/02^{ns}	0/015**	0/02*	51084^{ns}
رقم × A × B	6	38/2^{ns}	0/96^{ns}	738^{ns}	0/008^{ns}	0/0007^{ns}	0/01^{ns}	9425^{ns}
خطا	44	23	8/27	530	0/02	0/001	0/08	24173
کل	71							
ضریب تغییرات		18	9	25	7/3	9/6	7/7	4/8

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد.

غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه

بین دو رقم مورد استفاده در این آزمایش، اختلاف معنی‌داری (P <0/01) در غلظت نیتروژن و پتاسیم مشاهده شد ولی از نظر غلظت فسفر تأثیر معنی‌داری (P >0/05) مشاهده نگردید. رقم صدری دارای میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری در مقایسه با رقم تلاش بود (جدول 2 و 3 ج). تیمار فسفر باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار (P <0/01) در غلظت این سه عنصر غذایی دردانه شد، به‌طوری‌که با مصرف کودهای زیستی

فسفاتی به همراه 50 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل (تیمار P_2) افزایش 12 درصدی نیتروژن، 46 درصدی فسفر و 26 درصدی پتاسیم نسبت به تیمار شاهد، مشاهده گردید (جدول 3 ج). مصرف روی بر غلظت نیتروژن ($P < 0/05$) و پتاسیم دانه ($P < 0/01$) معنی‌دار و بر روی غلظت فسفر معنی‌دار نبود ($P > 0/05$) (جدول 2 ج). بیشترین میزان نیتروژن و پتاسیم دانه از تیمار Zn_1 به ترتیب به میزان 4 و 2/32 درصد حاصل شد. حداکثر میزان فسفر دانه از تیمار Zn_0 به میزان 0/42 درصد به‌دست آمد (جدول 3 ج). کاهش جذب فسفر در تیمار Zn_1 و Zn_2 می‌تواند به علت اثر آنتاگونیسمی فسفر در جذب روی باشد (متشرع زاده و ثواقبی، 1390؛ ریان و همکاران، 2008؛ کایا و همکاران، 2009). اثرات متقابل مصرف این دو تیمار فقط بر روی غلظت پتاسیم دانه معنی‌دار شد ($P < 0/05$) (جدول 2 ج). بیشترین مقدار پتاسیم دانه از تیمار P_2Zn_1 به میزان 2/46 درصد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد، 41/3 درصد افزایش را نشان داد (جدول 4). در خصوص نیتروژن دانه بیشترین میزان نیتروژن از تیمار P_2Zn_2 به میزان 4/39 درصد به‌دست آمد، که با دیگر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند.

حداکثر میزان فسفر دانه از تیمار P_2Zn_0 حاصل شد (جدول 4). این تغییرات را می‌توان به تأثیر افزایش جذب عناصر غذایی در اثر استفاده از تیمارهای زیستی نسبت داد. تحقیقات انجام شده نشان داده‌اند که در اکثر موارد تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش جذب عناصر غذائی کم‌تحرک به‌ویژه فسفر و روی به گیاه میزبان است (رجالی، 1384؛ گوپتا و همکاران، 2002؛ ردی و همکاران، 2003؛ ردریش و همکاران، 2005). گیاهان میکوریزی با مکانیسم‌های گوناگونی از قبیل جستجوی حجم بیشتری از خاک، بالا بردن سرعت جذب فسفر توسط هیف قارچ‌ها و افزایش انحلال فسفر به‌واسطه رهاسازی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز موجب افزایش جذب فسفر می‌گردند (وو و همکاران، 2005؛ خان و زیدی، 2007). مطالعات هرناندز و همکاران (1994) نشان داد، استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد مثل *Azotobacter* به همراه قارچ‌های میکوریزی، کارایی قارچ میکوریزی را در جذب عناصر غذایی افزایش می‌دهد. تحقیقات بهل و همکاران (2003) نشان داد، کاربرد هم‌زمان باکتری *Azotobacter* و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیسمی[1] روی گیاه گندم داشت و دلایل آن را تأثیر *Azotobacter* در افزایش رشد ریشه‌های مویی و افزایش رشد طولی میسیلیوم‌های قارچ و نفوذ آن‌ها به لایه‌های زیرین خاک دانستند، که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. با توجه به معنی‌دار شدن تیمار زیستی فسفاتی در این تحقیق قارچ‌های میکوریزی و *Azotobacter* مصرف شده (P_2) توانسته‌اند فراهمی فسفر در خاک را افزایش دهند. این موضوع نشان می‌دهد.

افزایش از یک‌سو می‌تواند اثرات کمبود فسفر را نه‌تنها کاهش داده بلکه به‌کلی از بین ببرد و از سوی دیگر، می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی فسفاتی را تا 50 درصد کاهش بدهد. با توجه به متحرک بودن نیتروژن و پتاسیم در خاک، جذبشان نیاز به شبکه گسترده ریشه‌ای ندارد (مارشنر و دل، 1994). مطالعات گذشته نشان داده است هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزی قادر به تأمین 10 درصد از نیاز گیاه همزیست خود به پتاسیم هستند (مارشنر و دل، 1994). ولی راجو و همکاران (1990) نشان دادند گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در جذب پتاسیم گیاه همزیست با یکدیگر اختلاف دارند. در این تحقیق در تیمارهای زیستی استفاده شده میزان نیتروژن و پتاسیم بیشتری توسط دانه جذب شد (جدول 3). بهبود شرایط رشد و افزایش جذب فسفر و نیتروژن به جذب پتاسیم دانه کمک نمود. همچنین میزان نیتروژن بیشتر در تیمارهای زیستی می‌تواند به‌طور مستقیم در اثر افزایش تجزیه ترکیبات آلی نیتروژن‌دار و افزایش پتانسیل تثبیت زیستی نیتروژن و به‌طور غیرمستقیم با افزایش عناصر غذایی مؤثر در تثبیت نیتروژن و بهبود شرایط رشدی گیاه باشد (آرتوسون و همکاران، 2006). افزایش مقدار نیتروژن در تیمارهای زیستی به دلیل نقش مؤثر و مفید باکتری‌های ازتوباکتر استفاده شده در این آزمایش می‌باشد. این باکتری‌ها می‌توانند، علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن باعث بهبود وضعیت رشدی گیاه از طریق افزایش عناصر غذائی شوند. همچنین می‌توانند از طریق افزایش سطح جذب ریشه‌ها و سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول‌استیک‌اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث افزایش رشد گیاه شوند (بهل و همکاران، 2003).

---

1. Synergism

جدول 3- مقایسه میانگین صفات تأثیر کودهای زیستی فسفر و روی بر عملکرد و خصوصیات بذر دو رقم لوبیا چیتی

الف- رقم تلاش(C_1)	نسبت مولی اسید فیتیک به روی	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	عملکرد دانه
تیمار		mg kg^{-1}			%		kg ha^{-1}
P0	20/3 a	22/7 c	73/4 a	1/82 b	0/32 c	3/39 b	2883b
P1	18/1 ab	27 b	90/6 a	1/87 b	0/37 b	3/52 b	3029 b
P2	11/9 c	32/3 a	87/4 a	2/16 a	0/45 a	3/95 a	3338 a
P3	15/9 b	29/7 ab	83 a	1/99 ab	0/45 a	3/61 b	3262 a
Zn_0	16/3 ab	24/8 b	100/4 a	1/83 b	0/41 a	3/32 b	3019 b
Zn_1	14/5 b	29/6 a	71/2 b	2/02 a	0/41 a	3/83 a	3218 a
Zn_2	18/8 a	29/4 a	79/2 ab	2/04 a	0/37 b	3/71 a	3147 ab
ب- رقم صدری (C_2)							
P_0	21/8 a	25/6 c	93/1 a	1/87 c	0/35 c	3/68b	2946 c
P_1	19/9 ab	30/6 b	92/1 a	2/25 b	0/39 b	3/8 b	3270 b
P_2	14/3 b	33/5a	100 a	2/5 a	0/51 a	4/13 a	3553 a
P_3	17/1 ab	29 b	94/7 a	2/26 b	0/42 b	3/9ab	3467 a
Zn_0	22/3 a	26/7 b	99/5 a	2/12 b	0/43 a	3/84 a	3094 b
Zn_1	18/3ab	31/3 b	91/8 a	2/3 a	0/38 b	3/93 a	3459 a
Zn_2	14/1 b	30/9 a	93/9 a	2/2 ab	0/44 a	3/86 a	3374 a
ج- مجموع دو رقم							
C_1- تلاش	16/5 a	28 b	83/6 b	1/96 b	0/4 a	3/62 b	31287 b
C_2- صدری	18/3 a	29/7 a	95/1 a	2/2 a	0/42 a	3/87 a	3309 a
P_0	21/10 a	24/2 c	83/2 a	1/85 b	0/33d	3/54 c	2915 b
P_1	19 a	28/8 b	91/4 a	2/06 ab	0/38 c	3/67 bc	3150 ab
P_2	13 ab	32/8 a	94 a	2/32 a	0/48 a	4 a	3445 a
P_3	16/5 ab	29/3 b	88/9 a	2/12 ab	0/44 b	3/75 bc	3365 a
Zn_0	19/3 a	25/8 b	100 a	1/98 b	0/42 a	3/58 b	3056 b
Zn_1	16/4 b	30/5 a	81/5 b	2/16 a	0/4 a	3/87 a	3339 a
Zn_2	16/4 b	30/2 a	86/5 b	2/13a	0/4 a	3/8 a	3260 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

غلظت آهن و روی دانه

بین دو رقم مورد استفاده در این آزمایش اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) از لحاظ غلظت آهن و روی مشاهده شد (جدول 2). بیشترین مقدار آهن و روی به ترتیب به میزان 95/1 و 29/7 میلی‌گرم در کیلوگرم از رقم صدری حاصل شد (جدول 2 و 3 ج). تیمار مصرف فسفر اختلاف معنی‌داری ($P > 0/05$) در غلظت آهن دانه ایجاد نکرد ولی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار ($P < 0/01$) در غلظت روی گردید (جدول 2 ج). مقایسه میانگین تیمارها (جدول 3 ج) نشان داد، علی‌رغم معنی‌دار نشدن تیمارهای مصرف فسفر بر روی آهن موجود در دانه دو رقم، ولی حداکثر غلظت آهن در رقم تلاش از تیمار P_1، در رقم صدری مجموع دو رقم از تیمار P_2 به ترتیب به میزان 90/6، 100 و 94 میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد (جدول 3). همچنین حداکثر مقدار روی دانه در رقم تلاش و صدری به میزان 32/3 و 33/5 میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار P_2 به‌دست آمد. درمجموع دو رقم نیز حداکثر مقدار روی دانه از تیمار P_2 به‌میزان 32/8 حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد 35/6 درصد افزایش را نشان داد. (جدول 3). این اطلاعات نشان داد، همزیستی ایجاد شده بر اثر تیمارهای زیستی فسفاتی دارای توان افزایش غلظت آهن و روی دانه می‌باشد. این افزایش با

یافته‌های سابرامانیان و همکاران (2009) در ذرت، راجو و همکاران (1990) در سورگوم، آلکاراکی (2000) در گندم، مطابقت دارد. مطالعات مارشنر و دل (1994) نشان داد همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزی می‌تواند حدود 25 درصد از روی گیاه میزبان را تأمین کند. افزایش جذب آهن و روی در دانه بر اثر استفاده از کودهای زیستی فسفاتی می‌تواند ناشی از انتقال توسط هیف قارچی، اسیدی شدن ریزوسفر، تولید سیدروفورهای آهن و روی و بهبود شرایط کیلت‌نمودن و افزایش فراهمی این دو عنصر باشد (ریان و همکاران، 2008؛ کایا و همکاران، 2009). تیمار مصرف روی بر میزان آهن ($P < 0/05$) و روی ($P < 0/01$) دانه اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول 2 ج). بیشترین میزان آهن در رقم تلاش، صدری و مجموع دو رقم از تیمار Zn_0 به‌ترتیب به‌میزان 100/4، 99/5 و 100 میلی‌گرم در کیلوگرم و بیشترین میزان غنی‌سازی روی دانه در رقم تلاش، صدری و مجموع دو رقم از تیمار Zn_1 به‌ترتیب به میزان 29/6، 31/3 و 30/5 میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. افزایش در میزان روی دانه به‌وسیله مصرف کود شیمیائی و تیمار زیستی روی با یافته‌های بای‌بوردی و همکاران (1383)، ساجدی و رجالی (1390)، اردال و همکاران (2002) مطابقت می‌کند.

در این آزمایش یک اثر ضدیتی بین روی و آهن دانه مشاهده شد. کاهش میزان آهن در مقایسه با افزایش جذب روی در تیمار Zn_1 ناشی از اثر ضدیتی افزایش روی در جذب آهن باشد. زیرا روی بیشتر موجود در خاک برای قرار گرفتن در محل‌های جذبی در ریشه با آهن رقابت می‌کند و از جذب آهن جلوگیری به‌عمل می‌آورد و فعالیت این عنصر را در داخل گیاه کاهش و کمبود این عنصر غذایی را به‌وجود می‌آورد (ملکوتی و همکاران، 1387؛ متشرع زاده و ثواقبی، 1390). هیچ یک از اثرات متقابل بررسی شده بر روی غلظت آهن و روی دانه تأثیر معنی‌دار ایجاد ننمود ($P > 0/05$) (جدول 2). با این وجود بیشترین میزان روی و آهن دانه از تیمار P_2Zn_1 و P_2Zn_0 به ترتیب به میزان 35/8 و 112/7 میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد (جدول 4).

نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر استفاده از تیمار فسفر و اثر رقم در تیمار روی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند ($P < 0/01$)، اما اثر رقم، روی، اثر متقابل فسفر در روی، رقم در فسفر و رقم در فسفر و روی بر روی این صفت معنی‌دار نشد ($P > 0/05$) (جدول 2 ج). میانگین نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دو رقم مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0/05$) (جدول 2 ج). این نسبت در رقم تلاش 16/5 و در رقم صدری 18/3 بود. تیمار مصرف فسفر باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در مقدار نسبت مولی اسید فیتیک به روی در هر دو رقم شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار این نسبت در رقم تلاش و صدری از تیمار P_2 به ترتیب به میزان 11/9 و 14/3 حاصل شد و درمجموع دو رقم نیز از همین تیمار به میزان 13 به دست آمد، که در مقایسه با تیمار شاهد 11 درصد کاهش را نشان داد (جدول 3). با وجود معنی‌دار نشدن تیمار مصرف روی ($P > 0/05$) بر روی این نسبت، کمترین مقدار نسبت مولی از تیمار Zn_1 به میزان 16/4 حاصل شد که با تیمار Zn_2 در یک گروه آماری مشترک قرار گرفتند (جدول 3). این کاهش در نسبت مولی در تیمار Zn_1 ناشی از افزایش جذب روی با تأمین روی مورد نیاز گیاه از راه افزودن کود سولفات روی به خاک و در تیمار Zn_2 ناشی از آزادسازی روی به‌دلیل استفاده از باکتری‌های آزاد کننده روی بود. نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه بسته به نوع رقم و تیمار روی مصرفی متفاوت بود (جدول 2). بیشترین مقدار این نسبت از رقم صدری و از تیمار Zn_0 به میزان 22/3 حاصل شد (جدول 3). اثر متقابل مصرف تیمارهای فسفر و روی بر این نسبت معنی‌دار نگردید. اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد، کمترین مقدار این نسبت از تیمار P_2Zn_1 به میزان 10/3 حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد 124 درصد کاهش را نشان داد (جدول 4).

این اطلاعات با نتایج کایا و همکاران (2009) در نخود، نینگ و همکاران (2009) در برنج و ریان و همکاران (2008) در گندم مطابقت داشت. این محققان نشان دادند قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش جذب روی در دانه شده و به دنبال آن نسبت مولی اسید فیتیک به روی کاهش پیدا می‌کند. تحقیقات عباس زاده دهجی (1391) در خصوص بررسی سویه‌های مختلف سودوموناس‌های فلورسنت بر افزایش انحلال ترکیبات روی و بهبود جذب آن توسط لوبیا نشان داد سویه P_{19} به‌عنوان کارآمدترین سویه توانسته است روی موجود در گیاه را از منابع کم محلول موجود در خاک استخراج کرده و باعث افزایش غلظت آن در گیاه شود. تیمارهای زیستی فسفاتی و روی استفاده شده در این آزمایش، با آزاد کردن روی از منابع روی غیرقابل‌دسترس خاک و بهبود شرایط جذب روی باعث افزایش غلظت روی دانه شده و به‌طور غیرمستقیم باعث کاهش نسبت مولی شدند. تأثیر کوددهی روی در خاک‌های دارای کمبود روی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی می‌شود (ملکوتی، 1390). در تحقیق حاضر نیز به دلیل کمبود روی در خاک، کوددهی

روی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی شد. در واقع یک رابطه منفی بین غلظت روی و میزان اسید فیتیک در این تحقیق مشاهده شد. این نتیجه با نتایج تحقیقات ملکوتی (1390)، متشرع زاده و ثواقبی (1391)، کایا و همکارن (2009)، نینگ و همکاران (2009) سوبرمانیان و همکاران (2009) مطابقت دارد. روی به دلیل داشتن اثر آنتاگونیسمی[1] با فسفر در جذب، انتقال و جابجایی فسفر در داخل گیاه اختلالاتی ایجاد می‌کند که باعث کاهش جذب فسفر و متعاقب آن کاهش میزان اسید فیتیک می‌شود. تحقیقات ملکوتی و همکاران (1378) نشان داد با مصرف سولفات روی در مزارع 10 استان کشور، علاوه بر 19 درصد افزایش عملکرد، غلظت روی دانه گندم و سبوس به‌طور معنی‌داری زیاد شد. متشرع زاده و ثواقبی (1391) گزارش نمودند مصرف بهینه کود در ارقام مختلف لوبیا قرمز ایرانی موجب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی می‌گردد. همچنین کاربرد روی سبب کاهش غلظت فسفر به میزان 3/9 – 3/5 میلی‌گرم در گرم و 10/7 – 9/1 میلی‌گرم در گرم برای اسید فیتیک شد. سازمان بهداشت جهانی اعلام نمود برای آنکه عناصر موجود در ماده غذایی به‌وسیله سیستم گوارشی بدن قابل‌جذب باشد باید شاخص PA/Zn کمتر از 25 باشد.

با توجه به این‌که اگر گستره نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه ارقام مختلف لوبیا بین 15 – 5 باشد، 35 – 30 درصد روی دانه توسط بدن انسان جذب می‌شود (ملکوتی، 1390). بر این اساس استفاده از تیمار زیستی فسفاتی به همراه 50 درصد فسفر مورد نیاز خاک از منبع کود شیمیائی به همراه تأمین روی مورد نیاز خاک از تیمارهای زیستی و یا مصرف کودهای شیمیایی حاوی روی (تیمارP_2Zn_1 و P_2Zn_2) در این دو رقم لوبیا چیتی باعث کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی گردید. در ضمن این دو رقم را می‌توان به‌عنوان ارقام مناسب با نسبت مولی اسید فیتیک به روی پایین معرفی نمود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای زیستی فسفاتی و روی جداگانه و یا به‌صورت ترکیبی سبب افزایش عملکرد و افزایش غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی دانه در دو رقم لوبیا چیتی مورد مطالعه شد. غلظت اسید فیتیک با میزان روی دانه موجود در دانه رابطه معکوس و با میزان فسفر رابطه مستقیم و مثبتی را نشان داد. در شرایط این تحقیق بهترین تیمار استفاده از مایه تلقیح *Azotobacter* و قارچ‌های میکوریزی به همراه مصرف 50 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و 50 کیلوگرم در هکتار سولفات روی (تیمار P_2Zn_1) بود. با توجه به تفاوت در عملکرد و غلظت عناصر غذایی رقم لوبیا چیتی صدری برای کشت در منطقه توصیه می‌گردد. در ضمن با مصرف کودهای زیستی فسفاتی می‌توان علاوه بر افزایش عملکرد در مصرف کودهای فسفاتی در این دو رقم لوبیا چیتی 50 درصد صرفه‌جوئی نمود. بنابراین تلفیق مناسب کودهای زیستی با کودهای شیمیایی می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفری، باعث افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش عملکرد کمی و کیفی و کاهش آلودگی محیط‌زیست شود.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای در اختیار گذاشتن قارچ‌های میکوریزی و مایه تلقیح‌های مورد نیاز و آقای مهندس فرزان برای کمک در انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌نماید.

---

1. Antagonism

جدول 4- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی و گروه‌بندی میانگین‌ها

تیمار	نسبت مولی اسید فیتیک به روی	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	عملکرد دانه
		mg kg^{-1}			%		kg ha^{-1}
P_0Zn_0	23/1a	22/3a	96/2a	1/74g	0/38a	3/4a	2648a
P_0Zn_1	23/3a	24/1a	73/5a	1/93efg	0/33a	3/72a	3096a
P_0Zn_2	16/9a	26/2a	80/1a	1/88def	0/33a	3/48a	3026a
P_1Zn_0	21/2a	26a	82/6a	1/95bcd	0/41a	3/43a	2987a
P_1Zn_1	16/9a	30/9a	87/1a	2/09bcd	0/36a	3/94a	3315a
P_1Zn_2	18/8a	29/6a	94/4a	2/14ab	0/37a	3/61a	3146a
P_2Zn_0	14/8a	28/3a	112/7a	2/31ab	0/49a	3/72a	3339a
P_2Zn_1	10/3a	35/8a	86/2a	2/46a	0/47a	4/07 a	3520a
P_2Zn_2	14/1a	34/6a	82/8a	2/20bc	0/49a	4/33a	3477a
P_3Zn_0	18/2a	76/3a	98/4a	1/91efg	0/45a	3/76a	3251a
P_3Zn_1	15/1a	31/3a	79/3a	2/15bcd	0/43a	3/76a	3392a
P_3Zn_2	16/2a	30/39a	88/8a	2/31ab	0/43a	3/72a	3451a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول. موسسه تحقیقات آب و خاک. نشریه شماره 982.
2. بای‌بوردی، ا.، ملکوتی، م. ج. و اسلام زاده، م.1383. روش‌های نوین تغذیه گندم، نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در مزارع گندم میانه. نشر سنا، تهران، 851 صفحه، صفحات 626 – 617.
3. رجالی، ف. 1384. مروری اجمالی بر همزیستی میکوریزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره 468.
4. ساجدی، ن. ع. و رجالی، ف. 1390. تأثیر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم‌مصرف در ذرت. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). 25 (2): 91-83.
5. عباس زاده دهجی، پ.، ثواقبی، غ. ر.، اسدی رحمانی، ه.، رجالی، ف.، فرح‌بخش، م.، متشرع‌زاده، ب. و امیدواری، م. 1391. تأثیر سودوموناسهای فلورسنت بر افزایش انحلال ترکیبات روی و بهبود جذب آن توسط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). 26(2): 205 -195.
6. متشرع زاده، ب. و ثواقبی، غ. ر. 1390. تأثیر مصرف بهینه کود بر غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در ارقام لوبیا قرمز در مراحل مختلف تکامل دانه. مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. 9: 83 – 73.
7. ملکوتی، م. ج. 1390. راهکار افزایش کیفیت نان‌های مصرفی در کشور. مجله علوم و صنایع غذایی. 8: (31)22 – 11.
8. ملکوتی، م. ج.، ثواقبی، غ. ر. و بلالی، م.ر. 1378. بررسی اثرات عناصر ریزمغذی در غنی‌سازی آرد و سبوس گندم و کاهش اسید فیتیک به‌منظور ارتقای سلامت جامعه. مجله علوم خاک و آب. 12(6): 187 – 177.
9. Abebe,Y., Bogale, A., Hambidge, K. M., Stoecker, B. J., Bailey, K. and Gibson, R. S. 2007. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural sidama, southern ethiopia, and implications for bioavailability. Journal of Food Composition and Analysis 20:161-168.
10. Al-Karaki, G. N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10:51–54.

11. Artusson, V., Finlay, R. D. and Jansson, J. K. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environment Microbiology 8: 1 – 10.
12. Battisti, D. S. and Naylor, R. L. 2009. Historical warning of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. Science 323: 240 – 244.
13. Behl, R. K., Sharma, H., Kumar,V. and Singh, K. P. 2003. Effect of dual inoculation of vesicular arbuscular mycorrhiza and Azotobacter chrooccum on above fag leaf characters in wheat. Agronomy and Soil Science 49; 25 – 31.
14. Behl, R. K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T. and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x Azotobacter strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics. Tropics 15: 123-133.
15. Broughton, W., Hernandez, J., Blair, G., Beebe, M., Gepts, S. P. and Vanderleyden, J. 2003. Beans (Phaseolus spp) model food legumes. Plant and Soil 252: 55-128.
16. Cakmak, I., Pfeiffer, W. H. and Mcclafferty, B. 2010. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry 87: 10-2.
17. Coelho, C. M. M. and Benedito, V. A. 2008. Seed development and reserve compound accumulation in common been (Phaseolus vulgaris L.). Seed Science Biotechnology 2: 42-52.
18. Erdal, I., Yilmaz, A., Taban, S., Eker, S., Torun, B. and Cacmak, I. 2002. Phytic acid and phosphorous concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. Journal of Plant Nutrition 25: 113-127.
19. Fageria, N. K. and Santos, A. B. 2008. Yield physiology of dry Bean. Journal of Plant Nutrition 31: 983: 1004.
20. Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus Glomus fasciculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (Mentha arvensis) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.
21. Hernandez, M., Pereira, M. and Tang, M. 1994. Use of microorganisms as biofertilizers in tropical crops. Pastos-y-Forrajes. 17: 183-192.
22. Haug, W. and Lantzsch, H. J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. Journal of Science Food Agriculture 34: 1423-1426.
23. Jeffries, P., Gianinazzi, S. and Perotto, S. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Journal of Biology and Fertility of Soils 37:1–16.
24. Kaya, M., Küçükyumuk, Z. and Erdal, I. 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. African Journal of Biotechnology 8: 4508-4513.
25. Khan, M. S. and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an Arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Agriculture and Forestry 31: 355-362.
26. Marschner, H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89 – 102.
27. Moragan, J. T., and Grafton, K. 2003. Plant zinc and the zinc-efficiency trait in navy bean. Journal of Plant Nutrition 26: 1649 – 1663.
28. Ning, N., Liu, Z., Wang, Q., Lin, Z., Chen, S., Wang, S. and Ding, Y. 2009. Effect of nitrogen fertilizer application on grain phytic acid and protein concentrations in Japonica rice and its variations with genotypes. Journal of Cereal Science 50: 49-55.
29. Ponmurugan, P. and Gopi, C. 2006. In Vitro production of growth regulators and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. African Journal of Biotechnology 5: 340-350.

30. Reddy, P. S., Rao, T. V. S., Venkataramana, S. P. and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to Vesicular arbusclar mycorrhizal and Azotobacter biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8: 171–174.
31. Raju, P. S., Clark, R. B., Ellis, J. R. and Maranville, J. W. 1990. Effects of species of mycorrhizal fungi on growth and mineral uptake of sorghum at different temperatures. Plant and Soil 121: 165–170.
32. Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K. and Prasad, R. D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (Cicer aritenium L). Applied Soil Ecology 28:139-146.
33. Ryan, M. H., McInerney, J. K., Record, I. R. and Angus, J. F. 2008. Zinc bioavailability in wheat grain in relation to phosphorus fertilizer, crop sequence and mycorrhizal fungi. Journal of Science Food Agriculture 88: 1208-1216.
34. Scheublin, T. R. and Heijden, G. A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nonfixing root nodules of several legume species. Journal of New Phytologist 172: 732-738.
35. Smith, S. E., and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, third ed. Academic Press, London. UK.
36. Subramanian, K. S., Tenshia, V., Jayalakhshmi, K. and Ramachandran, V. 2009. Role of arbuscular mycorrhizal fungus (Glomus intraradices)- (fungus aided) in zinc nutrition of maize. Journal of Agriculture Biotechnology Sustainable Development 1: 029-038.
37. Sumana, D. A. and Bagyaraj, D. J. 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (Azadirachta indica. A. Juss). Indian Journal of Microbiology 42: 295–298.
38. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571–586.
39. World Health Organization. 1996. Trace Element in Human Nutrition and Health. Geneva. Switzerland.
40. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and Arbusclar mycorrhizal fungi on maize growth: a greenhouse trial. Journal of Soil Science 125: 155–166.