



افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی با مصرف ترکیبی فسفر و کودزیستی میکوریزی

محمود محمدی^{۱*} و زهره مصلح^۲

^{۱*} عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران m.mohamadi@areeo.ac.ir

^۲ عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ترکیب فسفر و کودزیستی میکوریزی بر افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی در شرایط مزرعه این بررسی در اراضی لوبیاکاری شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری اجرا شد. بدین منظور دو قطعه زمین زراعی به مساحت یک هکتاری در مجاورت یکدیگر انتخاب و در هر کدام لوبیا چیتی رقم تلاش کشت گردید. در یکی از قطعات از الگوی کوددهی مرسوم موجود در منطقه و مطابق سیستم مدیریتی زارع استفاده شد و در قطعه دیگر کوددهی بر مبنای نتایج آزمون خاک، بدین صورت که مصرف فسفر به میزان نصف میزان توصیه شده بر مبنای آزمون خاک و تلقیح بذری قبل از کشت با مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی از نوع پودری انجام شد. نتایج نشان داد، بین میزان عناصر غذایی در اندام هوایی، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، درصد پروتئین دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. میزان افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد به ترتیب به میزان ۳۰، ۳۲، ۱۵، ۱۰ و ۲۳ درصد بود. میزان افزایش عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ عدد دانه، درصد پروتئین دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه در قطعه طرح در مقایسه با قطعه شاهد به ترتیب افزایش ۱۵/۵، ۲۰، ۱۲، ۱۰ و ۳۶ درصدی نشان داد. برای تولید لوبیا با عملکرد بیشتر و کیفیت مطلوب‌تر تلقیح بذری قارچ‌های میکوریزی به همراه نصف میزان کود فسفوری توصیه شده بر مبنای نتایج آزمون خاک در مناطق لوبیاکاری شهرستان کیار و مناطق با اقلیم مشابه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: لوبیا چیتی، میکوریز، فسفر، همزیستی، عملکرد، پروتئین

بیان مسئله

در بین حبوبات لوبیا با داشتن ۲۵ درصد پروتئین از منابع مهم انرژی و پروتئین می‌باشد. تغذیه صحیح و اصولی از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌باشد. استفاده از قارچ‌های میکوریزی یکی از سیستم‌های زیستی تأمین کننده فسفر گیاه می‌باشد. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد، نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تأمین عناصر غیر متحرک عمدتاً فسفر و روی برای گیاه است. از آنجائی که فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است، حتی در صورتیکه فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می‌آید. لذا قارچ های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و روی و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم تأثیر مثبت دارند (Scheublin and Heijden, 2006). مکانیسم‌های گوناگونی می‌توانند، موجب افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزایی گردند که از بین آنها می‌توان به جستجوی حجم بیشتری از خاک، بالا بودن سرعت جذب فسفر توسط هیف قارچ‌های میکوریزا و افزایش انحلال فسفر خاک اشاره کرد. شبکه گسترده هیف‌های قارچ، حجم خاک بیشتری را در اختیار ریشه قرار می‌دهند و ریشه بر محدودیت انتشار فسفر در خاک فائق می‌آید. همچنین قارچ‌های میکوریزی قادر خواهند بود به طور مؤثری با ریز جانداران خاک برای فسفر قابل دسترس محلول خاک، رقابت نمایند (رجالی، ۱۳۹۶). در مطالعات Scheublin and Heijden, 2006 نشان می‌دهد، که استفاده از قارچ‌های میکوریزی باعث افزایش کلنیزاسیون ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد در سه گونه متفاوت از لگوم‌ها شده است. محمدی، ۱۳۹۵ گزارش نمود استفاده از کودزیستی میکوریزی در لوبیا چیتی باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی دانه، اجزاء عملکرد، عملکرد بیولوژیک و کاهش ۵۰ درصدی مصرف کودهای فسفوری شد. فسفر از عناصر غذایی ضروری در تغذیه لوبیا محسوب می‌شود و لوبیا از محصولاتی می‌باشد که نیاز فسفوری بالایی دارد. بررسی‌های بعمل آمده پیرامون الگوی کشت و سیستم کوددهی در لوبیا کاری‌های استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد کشت پی در پی بدون رعایت تناوب زراعی و آیش، مصرف نا متعادل کودهای شیمیایی، استفاده محدود از کودهای پتاسیمی و کودهای حاوی عناصر ریز مغذی و نیز استفاده محدود از کودهای آلی مرسوم می‌باشد. از طرف دیگر خاک‌های منطقه آهکی با اسیدیته نسبتاً بالا و مواد آلی خاک پائین می‌باشند. مجموعه این عوامل و عوامل مدیریتی منجر به بروز ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در این محصول گردیده است. بازدیدهای انجام شده و بررسی نتایج آنالیز نمونه‌های خاک و نمونه‌های گیاه این موضوع را به وضوح نشان می‌دهد. با این وجود بر روی مسائل تغذیه‌ای در لوبیا تحقیقات چندانی به عمل نیامده است. این مطالعه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا، کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفوری با توجه به قیمت بالای این کودها و استقبال کمتر کشاورزان به مصرف و تأمین بخشی از نیاز فسفوری لوبیا از طریق جایگزین نمودن بخشی از نیاز فسفوری گیاه با کودزیستی میکوریزی، آشنائی کشاورزان لوبیاکار با مصرف قارچ‌های میکوریزی، افزایش درآمد اقتصادی زارعین و حفظ محیط زیست در لوبیا چیتی اجرا شد.

معرفی دستاورد یا راهکار

لوبیا یکی از حبوبات مهمی است که در اغلب کشورهای جهان کشت می‌شود. استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان‌های لرستان، خان میرزا و کیار از مناطق عمده کشت لوبیا در کشور می‌باشند. در سال زراعی ۹۸-۹۹ سطح زیر کشت این محصول ۶۲۰۳ هکتار با متوسط تولید ۲۷۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (آمارنامه وزارت جهاد دکشاورزی) این پروژه تحقیقی- ترویجی

در سال ۱۳۹۹ در اراضی لوبیاکاری شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری، دهستان دزک انجام شد. برای انجام این پروژه ابتدا یک قطعه زمین دو هکتاری انتخاب شد و یک نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰ - ۰ سانتیمتری جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان عناصر غذایی کم مصرف به آزمایشگاه ارسال شد (نتایج جدول ۱).

جدول ۱- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

واکنش	گل	هدایت	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	نیتروژن کل	کربن آلی	مواد خنثی شونده	رس	سیلت	شن
اشباع	الکتریکی	dS m-1	mg kg-1	%										
۷/۹۹	۰/۷۰	۸/۶	۱۴۲	۴/۵۱	۰/۷۰	۱۰	۱/۵	۰/۰۹۸	۱/۰۱	۳۰/۵	۳۰	۴۰/۵	۲۹/۵	

سپس این زمین به دو قطعه یک هکتاری تقسیم شد. در یک قطعه کوددهی بر مبنای عرف منطقه و زارع انجام شد. در این قطعه مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفوری از منبع سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در طی دوره رشد بدون مصرف کود پتاسیمی و کودهای ریزمغذی مصرف شد. در قطعه دیگر کوددهی بر مبنای نتایج آزمون خاک بدین صورت بود که ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به عنوان استارتر قبل از کشت، مصرف فسفر به میزان نصف میزان توصیه شده بر مبنای آزمون خاک (مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، و تلقیح بذری با مایه تلقیح پودری قارچ‌های میکوریزی از جنس *Clariodeoglossum etunicatum*، *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* با جمعیت حداقل ۱۰۰ اسپور در هر گرم مایه تلقیح با غلظت ۱/۵ درصد انجام شد. بذر مورد استفاده لوبیا چیتی رقم تلاش بود. جهت باقی گذاشتن اندام‌های فعال قارچ روی بذرهای از صمغ عربی استفاده شد. بعد از تلقیح بذری (شکل ۱) و اندکی هوا خشک شدن سطوح بذور بلافاصله کشت با استفاده از دستگاه خطی کار جیران صنعت با میزان بذر ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد (شکل ۲). مراقبت‌های لازم در طول مرحله داشت بطور یکسان برای دو قطعه اعمال و در پایان فصل رشد، برداشت محصول انجام و نسبت به اندازه‌گیری عملکرد دانه، اجزاء عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، وزن ۱۰۰ عدد بذر، درصد کلونیزاسیون ریشه و درصد پروتئین بذر اقدام شد (شکل ۳). در طول فصل رشد و در مرحله ۵۰ درصد گلدهی نمونه اندام هوایی برای تجزیه عناصر غذایی برداشت شد. همچنین در مرداد ماه روز مزرعه برای آشنائی کشاورزان با مصرف کودهای زیستی میکوریزی برگزار شد. از هر قطعه حداقل ۱۰ نمونه مخلوط بذری جهت اندازه‌گیری میزان پروتئین و نمونه ریشه برای اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه که بیانگر میزان همزیستی ریشه با قارچ‌های میکوریزی است به آزمایشگاه ارسال شد. در پایان نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و آزمون t-student مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی با ... ، محمود محمدی و زهره مصلح



شکل ۱- نحوه آماده سازی و کاربرد کودزیستی



شکل ۲- کاشت لوبیا چیتی تیمار شده با کودزیستی



شکل ۳- بوته‌های لوبیا تیمار شده با کودزیستی در مقایسه با بوته‌های شاهد

بررسی نتایج تجزیه آماری نشان داد که میزان عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، آهن و روی اختلاف معنی‌داری در قطعه طرح با قطعه شاهد نشان داد (جدول ۲). نتایج تجزیه برگی اندام هوایی نشان داد که میزان عناصر غذایی در نمونه‌های طرح بیشتر از شاهد می‌باشد. همزیستی ایجاد شده در اثر مصرف قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش جذب عناصر غذایی و بالا بردن میزان عناصر غذایی در نمونه طرح نسبت به نمونه شاهد شد (جدول ۳). مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید استفاده از قارچ‌های میکوریزی افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به واسطه افزایش جذب عناصر غذایی با مکانیسم‌های منحصر به خود می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر t محاسبه شده برای متغیرهای مورد بررسی

نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	منگنز	روی
۱۴/۲**	۱۱/۴**	۱۶/۸ns	۱۳/۵**	۱۲/۵ns	۸/۹ ns	۱۴/۴**

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۳- نتایج تجزیه عناصر غذایی اندام هوایی لوبیا چیتی

مدیریت	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	مس	منگنز	روی
	mg kg ⁻¹						
طرح	۴/۲۲a	۰/۴۱a	۲/۴۲a	۱۹۲a	۱۹/۴a	۸۲a	۶۴a
شاهد	۳/۲۶b	۰/۳۱b	۲/۱۰a	۱۷۴b	۱۸/۲a	۸۵/۵a	۵۲b

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

افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی با ... ، محمود محمدی و زهره مصلح

میزان افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد به ترتیب به میزان ۳۰، ۳۲، ۱۵، ۱۰ و ۲۳ درصد بود (جدول ۳). همزیستی میکوریزایی حدود ۲۵ درصد از نیتروژن مورد نیاز گیاه میزبان را تأمین می‌کند (Marschner and Dell, 1994). تحقیقات نشان داده‌اند، گیاهان میکوریزایی شده و غیر میکوریزایی مثل هم و به یک اندازه از فسفر متحرک خاک استفاده می‌کنند لذا گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزا، استفاده بیشتری از فسفر غیر متحرک خاک می‌برند (Bolan, 1991). این موضوع نشان می‌دهد که تولید ریشه‌های برون ریشه‌ای توسط قارچ از یک سو و افزایش طول ریشه‌های گیاه از سوی دیگر می‌تواند در جذب فسفر از خاک‌هایی که حتی با کمبود فسفر روبرو هستند، نقش بسزایی داشته و اثرات کمبود را نه تنها کاهش دهد بلکه به کلی از بین ببرد. مطالعات نشان داده است هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزی قادر به تأمین ۱۰ درصد از نیاز گیاه همزیست خود به پتاسیم هستند (Marschner and Dell, 1994). ولی Raju و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در جذب پتاسیم گیاه همزیست با یکدیگر اختلاف دارند. در این تحقیق در تیمار زیستی مصرف قارچ میکوریزی فسفاتی میزان پتاسیم بیشتری در اندام هوایی جذب شد. مطالعات Marschner و Dell (۱۹۹۴) نشان داد همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزی می‌تواند حدود ۲۵ درصد از روی گیاه میزبان را تأمین کند. افزایش جذب آهن و روی در اندام هوایی گیاه در اثر استفاده از کودهای زیستی فسفاتی می‌تواند ناشی از انتقال توسط هیف قارچی، اسیدی شدن ریزوسفر، تولید سیدروفورهای آهن و روی و بهبود شرایط کلاته نمودن و افزایش فراهمی این دو عنصر باشد (رجالی، ۱۳۹۶؛ Khan and zaidi, 2007). مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید استفاده از ریزجانداران افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به واسطه افزایش جذب عناصر غذایی صورت می‌گیرد (رجالی، ۱۳۹۶ و Yaseen و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی نتایج جدول تجزیه آماری صفات عملکرد و اجزاء عملکرد در این تحقیق نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، پروتئین دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه بین قطعه طرح و قطعه شاهد وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر t محاسبه شده برای صفات مورد بررسی و نتایج آزمون

عملکرد	غلاف	دانه در	وزن	طول	پروتئین	درصد کلونیزاسیون
دانه	در بوته	غلاف	۱۰۰ دانه	غلاف	دانه	ریشه
**۱۰/۲	**۲۱/۴	ns۵/۸	**۱۷/۵	ns۲/۵	**۸/۹	**۱۲/۴

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد

نتایج نشان داد که با مدیریت مصرف کوددهی بر مبنای نتایج آزمون خاک و مصرف فسفر به میزان نصف میزان توصیه شده بر مبنای نتایج آزمون خاک و تلقیح بذری با گونه‌های قارچ میکوریزی جنس *Clariodeoglumus etunicatum*، *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* عملکرد، اجزاء عملکرد و درصد کلونیزاسیون ریشه افزایش یافت (جدول ۵). میزان عملکرد بدست آمده در قطعه با مدیریت طرح (۳۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود که در مقایسه با عملکرد در تیمار شاهد، ۴۳۱ کیلوگرم در هکتار افزایش را نشان داد که ۱۵/۵ درصد افزایش را شامل می‌گردد (جدول ۵). از نظر برآورد اقتصادی، با توجه به قیمت هر کیلوگرم لوبیا در زمستان ۱۴۰۱ (۶۰۰۰۰۰ ریال)، به ازای هر هکتار کشت لوبیا، درآمد ناخالصی معادل ۲۵۸/۶۰۰/۰۰۰ ریال = ۶۰۰/۰۰۰ × ۴۳۱ حاصل می‌شود. با کسر هزینه‌های انجام شده شامل کود فسفوری (۱۰۰ کیلوگرم

در هکتار) و دو کیلوگرم مایه تلقیح میکوریزی برای هر هکتار و سایر هزینه‌های جانبی میزان هزینه برای تلقیح بذر به ازاء کشت یک هکتار لوبیا (۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال) می‌باشد. با کسر درآمد ناخالص از هزینه‌های انجام شده سود خالصی برابر با ۲۳۸/۶۰۰/۰۰۰ ریال = ۲۰/۰۰۰/۰۰۰ - ۲۵۸/۶۰۰/۰۰۰ در مقایسه با تیمار شاهد و عرف زارعین نصیب کشاورزان لوبیاکار خواهد شد. قارچ‌های میکوریزی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش فتوسنتز و ایجاد شرایط مطلوب رشد باعث افزایش عملکرد در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد شدند. در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد علاوه بر افزایش عملکرد، کاهش ۵۰ درصدی در مصرف کودهای شیمیایی فسفوری حاصل شد. با عنایت به استمرار مصرف کودهای شیمیایی فسفوری در اراضی زراعی ایران و مشکل فسفر در این خاک‌ها که با تجمع فسفر کل مواجه می‌باشیم و گاهی مقدار فسفر کل حتی از ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم تجاوز می‌نماید، مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی فسفات شامل قارچ‌های میکوریزی و میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات ضمن صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی فسفوری سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی خواهد گردید.

جدول ۵- برخی از خصوصیات اندازه گیری شده لوبیا چیتی

مدیریت	عملکرد دانه	غلاف در بوته	دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	طول غلاف	پروتئین	کلونیزاسیون ریشه
	کیلوگرم در هکتار	عدد	عدد	گرم	سانتی‌متر	درصد	درصد
طرح	۳۲۲۳a	۳۵/۲a	۴a	۳۸/۴a	۱۱/۸a	۲۵/۴a	۵۹/۳a
شاهد	۲۷۹۲b	۲۹/۴b	۳/۹a	۳۴/۲b	۱۱/۶a	۲۲/۴b	۴۳/۶b

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

بررسی اجزاء عملکرد نشان داد، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه تفاوت معنی‌داری در قطعه طرح نسبت به قطعه شاهد داشت و به ترتیب افزایش ۲۰ و ۱۲ درصدی را نشان داد (جدول ۳). افزایش اجزاء عملکرد با یافته‌های Mahmoud و همکاران (۲۰۱۰) در لوبیا و Yaseen و همکاران (۲۰۱۲) در نخود مطابقت دارد. افزایش تعداد غلاف در بوته در تیمار کاربرد کودزیستی میکوریزی در تلفیق با کودشیمیائی می‌تواند ناشی از بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای مواد آلی و افزایش دسترسی به عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر کم‌مصرف باشد و یا ممکن است از طریق گسترش ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شود. همچنین همزیستی میکوریزی ایجاد شده در این تحقیق منجر به افزایش وزن ۱۰۰ دانه شد. همزیستی میکوریزی می‌تواند با افزایش سطح و تراکم ریشه باعث آزادسازی و تأمین عناصر غذایی بالاخص فسفر، نیتروژن، روی، پتاسیم و دیگر عناصر غذایی شود و از طرف دیگر با افزایش جذب آب منجر به افزایش رشد و میزان فتوسنتز گیاه شده و به تجمع ماده خشک در بذر کمک نمایند و انتقال مواد فتوسنتزی را از منبع (برگ‌ها و اندام‌های فتوسنتزی) به مخزن (دانه‌ها و اندام‌های زایشی) افزایش داده و دانه‌های درشت‌تر با وزن بیشتر تولید کنند (Marschner, 1995). صفات دانه در غلاف و طول غلاف در قطعه طرح با قطعه شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشتند، با این وجود بیشترین مقادیر دانه در غلاف و طول غلاف از قطعه طرح حاصل شد (جدول ۳). میزان پروتئین قطعه طرح ۲۲/۵ درصد شد که نسبت به قطعه شاهد افزایش ۱۰ درصدی را نشان داد (جدول ۳). این نتایج با نتایج تحقیقات محمدی (۱۳۹۵)، Khan و Zaidi (۲۰۰۷) و Wang

همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. افزایش پروتئین دانه در تیمار زیستی میکوریزی می‌تواند ناشی از تأثیر میکوریزا در بهبود وضعیت رشدی گیاه، افزایش کلونیزاسیون ریشه، گره‌زایی و افزایش تثبیت زیستی نیتروژن و متعاقب آن افزایش مقدار نیتروژن در گیاه باشد. زمانی که میزان نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، مواد فتوسنتزی بیشتری برای تولید پروتئین مصرف شده و کمتر برای ساخت مواد دیگر در اختیار قرار می‌گیرند. نیتروژن برای ساخت اسیدهای آمینه و ترکیبات با وزن مولکولی زیاد مانند پروتئین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر در محیط ریشه گیاه فسفر قابل دسترس فراوان باشد، گیاه جهت تأمین نیاز فسفاتی خود نیازی به ایجاد همزیستی نداشته و نتیجه آن کاهش درصد کلونیزاسیون می‌باشد. یکی از شاخص‌های مهم فعالیت قارچ میکوریزی، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه‌ای است که بوسیله عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ظاهری و ساختمان سیستم ریشه‌ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه‌ای، مصرف کودهای شیمیایی فسفوری و غلظت‌های بالای عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Al-karaki and Clark, 1998). بررسی‌های Abdel-fattah و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد، تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزی، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی این اثرات سودمند، با افزایش فسفر خاک کاهش پیدا کرد. افزایش بیشتر فسفر به علت محدود نمودن فعالیت قارچ میکوریزی، توسعه ریشه و میسلیوم‌های قارچی کلونیزاسیون ریشه را کاهش داده و قارچ می‌تواند به‌عنوان یک انگل عمل کند که کربوهیدرات‌های تولید شده توسط گیاه را مصرف نموده و این امر جذب عناصر را با مشکل مواجه نموده و می‌تواند باعث کاهش عملکرد گیاه شود. با افزایش کلونیزاسیون ریشه‌ای، سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان توسعه یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه‌ها به علت نفوذ هیف‌های قارچ در خاک، افزایش یافته و ریشه به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کرده و کارایی جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد. این مزیت منجر به تأمین عناصر غذایی برای گیاه میزبان در شرایط کمبود فسفر و نیتروژن می‌گردد. درصد کلونیزاسیون ریشه در قطعه طرح با $59/3$ درصد نسبت به قطعه شاهد، افزایش 36 درصدی را نشان داد (جدول ۳). افزایش فسفر در خاک باعث کاهش کلونیزاسیون می‌گردد. این نتیجه با نتایج تحقیقات محققین مختلف مطابقت دارد (رجالی، ۱۳۹۶؛ Scheublin and Heijden, 2006؛ Tajini et al., 2011؛ Wan g et al., 2011).

توصیه ترویجی (جمع بندی)

لوبیا با داشتن ۲۵-۲۰ درصد پروتئین ۶۰ درصد کربوهیدرات، ویتامین‌ها، فیبر، آنتی‌اکسیدان و ترکیبات آمینواسیدی حاوی آهن و روی اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی دارد. عوارض و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی و افزایش هزینه‌های تولید و تخریب منابع آب و خاک، منجر به ترغیب تولید و مصرف کودهای زیستی شده است. از جمله این کودها می‌توان به کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی اشاره نمود. جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی و افزایش درآمد اقتصادی زارعین لوبیاکار توصیه می‌شود قبل از کشت، بذور لوبیا را با مایه تلقیح پودری قارچ‌های میکوریزی با جمعیت حداقل ۱۰۰ اسپور در هر گرم مایه تلقیح و با غلظت $1/5$ درصد تلقیح بذری نمود. برای انجام این کار ابتدا بذور لوبیا را با یک ماده چسباننده مثل مخلوط آب و شکر و یا صمغ عربی آغشته نموده سپس مایه تلقیح پودری را اضافه نموده و به خوبی بهم زده به گونه‌ای که تمامی بذرها با یک لایه یکنواخت از مایه تلقیح پوشانده شوند. توصیه می‌شود این کار در سایه انجام شود. پس از خشک شدن رطوبت سطحی بذرها تلقیح شده بلافاصله نسبت به کاشت بذور اقدام شود. انجام این عمل

باعث افزایش ۳۶ درصدی ریشه‌زایی (کلونیزاسیون ریشه)، افزایش ۱۵/۵ درصدی عملکرد دانه، افزایش ۱۰ درصدی پروتئین دانه، کاهش ۵۰ درصدی در مصرف کودهای شیمیایی فسفری، افزایش جذب عناصر غذایی: ۳۰ درصدی نیتروژن، ۳۲ درصدی فسفر، ۱۵ درصدی پتاسیم، ۱۰ درصدی آهن و ۲۳ درصدی روی و در نهایت افزایش درآمد اقتصادی ۲۳۸/۶۰۰/۰۰۰ ریال در هر هکتار برای زارعین لوبیاکار خواهد شد.

فهرست منابع

- ۱ - رجالی، ف. ۱۳۹۶. آشنایی با قارچ‌های میکوریزی و کاربرد آنها در اکوسیستم‌های مختلف. نشر آموزش کشاورزی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۴۶۸، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۵۴ صفحه.
- ۲ - محمدی، م. ۱۳۹۵. تأثیر استفاده از کودهای زیستی در راستای افزایش عملکرد و کاهش ویژگی‌های نامطلوب تغذیه‌ای در لوبیا چیتی. گزارش نهایی مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد. شماره ثبت ۵۰۱۳۳، ۶۴ صفحه.
- 3 - bdel-fattah, G. M. Migaher, F. F. and Ibrahim, A. H. 2002. Interactive effects of endomycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5: 835-841.
- 4 - Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Journal of Plant and Soil*, 134:189-207.
- 5 - Khan, M. S. Zaidi, A. and Wani, P. A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - A review. *Journal of Agronomy Sustainable Development*, 27: 29-43.
- 6 - Marschner, H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Journal of Plant and Soil*, 159: 89-102.
- 7 - Scheublin T. R., and Heijden G.A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nonfixing root nodules of several legume species. *New Phytologist*. 172: 732-738.
- 8 - Tajini, F. Trabelsi, M. and Drevon, J. J. 2011. Combined inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Symbiosis*, 53: 123-129.
- 9 - Wang, X. Pan, Q. Chen, F. Yan, X. and Liao, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Journal of Mycorrhiza*, 21: 173-181.
- 10 - Yaseen T., Burni T., and Hussain F. 2012. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. *Journal of Agronomy and Plant Production*, 3: 334-345.