

بررسی تأثیر زئولیت و قارچ میکوریزا آربسکولار بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد ذرت در سطوح مختلف فسفر خاک

دانیال فرهادی¹، حمیدرضا اصغری، محمدرضا عامریان و علی عباسپور

دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه شاهرود؛ daniel_farhadi@yahoo.com

دانشیار دانشگاه شاهرود؛ hamidasghari@gmail.com

استادیار دانشگاه شاهرود؛ Amerianuk@yahoo.co.uk

استادیار دانشگاه شاهرود؛ abbaspour2008@gmail.com

دریافت: 94/2/15 و پذیرش: 94/11/28

چکیده

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، سبب آلودگی محیط زیست و بخصوص آلودگی منابع آب و خاک شده است. یکی از راهکارهای مناسب برای جلوگیری از این معضل و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی بکارگیری کودهای زیستی و اصلاح‌کننده‌های معدنی خاک در تولید محصولات می‌باشد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و زئولیت به عنوان اصلاح‌کننده معدنی خاک در سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گیاه ذرت رقم سینگل کراس 704 در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال 1392 به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا در دو سطح، کاربرد و عدم کاربرد، زئولیت در دو سطح، 9 تن در هکتار و عدم کاربرد و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در سه سطح، صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد کاربرد توأم زئولیت و کود شیمیایی فسفر موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع و قطر ساقه گیاه ذرت به ترتیب به میزان 25/67 و 13/80 درصد شد. همچنین کاربرد زئولیت به همراه قارچ میکوریزا منجر به افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه به ترتیب به میزان 24/96 و 11/46 درصد شد. با کاربرد جداگانه کود شیمیایی فسفر، میکوریزا و زئولیت، وزن صد دانه به ترتیب 20/12، 20/47 و 9/7 درصد افزایش معنی‌داری یافت. همچنین کود فسفر و قارچ میکوریزا هر کدام به تنهایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و وزن بلال شده‌اند. درصد فسفر دانه تنها تحت تأثیر تیمار قارچ میکوریزا بطور معنی‌داری افزایش یافت. اثر متقابل میکوریزا و زئولیت نیز بر درصد پتاسیم بذر معنی‌دار و سبب افزایش آن گردید. استفاده از قارچ میکوریزا به همراه اصلاح‌کننده خاک (زئولیت) ضمن مصرف بهینه کودهای شیمیایی فسفر در مزارع، می‌تواند موجب بهبود صفات فیزیولوژیکی و زراعی در گیاه ذرت شود. نتایج این آزمایش می‌تواند در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سوپر فسفات تریپل، سینگل کراس 704، اصلاح‌کننده خاک، وزن بلال، عملکرد دانه

¹ نویسنده مسئول، آدرس: شاهرود، دانشگاه شاهرود، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات

مقدمه

افزایش نیاز روز افزون به فرآورده‌های کشاورزی در پی رشد سریع جمعیت نیازمند تولید بیشتر محصولات کشاورزی می‌باشد. این امر با افزایش سطح زیر کشت و یا افزایش تولید در واحد سطح ممکن می‌شود. از جهتی با توجه به قرار گرفتن کشور در کمربند خشک و نیمه خشک امکان زیر کشت بردن زمین‌های جدید به سادگی وجود ندارد، همچنین برای زمین‌های در حال کشت نیز با کمبود آب مواجه هستیم، به نظر می‌رسد امکان افزایش سطح زیر کشت پایین و حداکثر تلاش محققان در بخش کشاورزی باید روی افزایش تولید در واحد سطح تمرکز یابد (ملکوئی، 1375). در کشاورزی رایج افزایش تولید در واحد سطح با مصرف بیش از حد نهاده‌های کشاورزی از جمله کودهای شیمیایی میسر شده که سبب آلودگی محیط زیست و پایین آمدن کیفیت محصولات کشاورزی شده است. به طور معمول بخش زیادی از کودهای افزوده شده توسط محصول جذب نمی‌گردند (بوکمن و همکاران، 1990). مطالعات بلند مدت نشان می‌دهد که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی سبب کاهش خصوصیات مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (آددیران و همکاران، 2004). به عنوان نمونه افزایش بیش از حد فسفر در خاک در سال‌های اخیر سبب بروز مشکلاتی از قبیل مسمومیت گیاهی، به هم خوردن تعادل جذب عناصر دیگر و بهم خوردن تعادل بیولوژیک خاک شده است. استفاده بیش از حد این کودهای شیمیایی در کشاورزی برای تأمین فسفات مورد نیاز گیاهان همواره موجب ایجاد آثار سوء زیست محیطی و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی شده است (شارما 2002).

مصرف بهینه و حداقل کودهای شیمیایی به همراه افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاک‌ورزی و همچنین استفاده از کودهای بیولوژیک بجای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر، از اهداف اصلی کشاورزی پایدار می‌باشد که رسیدن به این امر برای حیات انسانی یک ضرورت است (نیگرید و همکاران، 1999؛ کوچکی و همکاران، 2008). کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که کارایی بیشتری در استفاده از منابع خصوصاً نهاده‌های بیولوژیک دارد و با محیط زیست در توازن و در جهت حفظ منافع انسان‌ها است. کودهای بیولوژیک حاوی انواع میکروارگانیسم‌ها هستند که قادرند عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر را از طریق فرایندهای زیستی مانند تثبیت نیتروژن و محلول کردن فسفات از شکل غیرقابل دسترس به فرم دسترس جهت گیاه فراهم

نمایند (وسی، 2003). ریز موجوداتی که به عنوان کود بیولوژیک به کار می‌روند، همانند کودهای شیمیایی عناصر جدیدی را به خاک وارد نکرده، بلکه تنها از منابع موجود در خاک استفاده می‌کنند. قارچ میکوریز با ایجاد نوعی رابطه همزیستی با ریشه گیاهان به عنوان یک کود بیولوژیک، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد (میشرا، 2007). قارچ‌های میکوریز دارای روابط همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (شارما، 2002). نقش مهم قارچ‌های میکوریز تأمین فسفر گیاه می‌باشد (جونر و همکاران، 2000؛ ریچاردسون و همکاران، 2007؛ ترک و همکاران، 2006).

افزایش جذب فسفر به وسیله میکوریز به دلیل افزایش فسفر قابل دسترس در خاک می‌باشد (بولان، 1991). قارچ میکوریز با ترشح آنزیم فسفاتاز باعث افزایش محلولیت فسفر آلی در خاک می‌شود (طرفدار و مارشنر، 1994). همچنین حلالیت فسفر به وسیله رهایی اسیدهای آلی هم نیز انجام می‌شود (شنوی و کلگودی، 2005؛ کاید و کبیر، 2000؛ جونر و جوهانسن، 2000). همچنین قارچ میکوریز از طریق افزایش سطح جذب و کاهش ناحیه تخلیه از فسفر به وسیله ریشه‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (پیترسو و مسیکوت، 2004؛ شنوی و کلگودی، 2005). فسفر با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه می‌شود.

در خاک‌های آهکی، که بخش عمده‌ای از خاک‌های کشورمان را شامل می‌شود کمبود فسفر قابل استفاده گیاه به دلیل تبدیل فسفر محلول به ترکیبات کم محلول مانند فسفات‌های کلسیم یکی از مشکلات تغذیه می‌باشد (پناهی، 1383). از جمله راه‌کارهای جدید برای افزایش تأثیر گذاری و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی و برطرف کردن اثرات مخرب ناشی از مصرف بی‌رویه این کودها و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، به کارگیری ترکیبات طبیعی مانند کانی‌های زئولیت به عنوان اصلاح کننده‌های معدنی در مزارع کشاورزی می‌باشد (پلات و همکاران، 2004). هوانگ و همکاران (1995) در تحقیقات خود بیان کردند زئولیت نقش مهمی در کاهش

در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد آن، کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح صفر، 50 و 100 کیلوگرم در هکتار بود. هر تکرار شامل 12 کرت و هر کرت شامل 4 ردیف کاشت با فواصل 50 سانتی متر و طول 8 متر و مساحت هر کرت 20 متر مربع و مساحت کل مزرعه آزمایشی 900 متر مربع و در نظر گرفته شد. مزرعه تحقیقاتی در بهار 92 شخم و دیسک زده و توسط فاروئر ردیف‌ها ایجاد شدند. به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق 0-30 سانتی‌متری خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتاً پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در برگیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک در جدول 1 مشاهده می‌شود.

در کرت‌هایی که تیمارهای کود فسفر و زئولیت داشتند، قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. کود بیولوژیک میکوریز گونه *Rhizophagus irregularis* (*Glomus intraradices*) به صورت اینوکولوم خاک که از شرکت زیست فناوری توران شاهرود تهیه گردید، به مقدار 20 گرم در هنگام کاشت در محل قرار گیری هر بذرقار داده شد (هر گرم مایه تلقیح حاوی حداقل 50 اسپور بوده)، روی آن را با کمی خاک پوشانده و سپس بذر ذرت رقم سینگل کراس 704 کاشته شد. اولین آبیاری یک روز بعد از کاشت و بعد از آن هر 7 روز یک بار انجام گرفت. به منظور رسیدن به تراکم بوته مناسب، در مرحله 2 تا 6 برگی اقدام به تنک و حذف علف‌های هرز گردید. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی و در دو نوبت انجام گرفت. در طول فصل رشد نمونه برداری از قسمت‌های مختلف گیاه انجام گرفت. قسمت‌های مختلف گیاه به صورت جداگانه درون آون با دمای 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، وزن خشک اندام‌های گیاهی توسط ترازوهای با دقت 0/01 و 0/001 گرم اندازه‌گیری و ثبت شدند.

جهت اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون میکوریزی ریشه‌های گیاه ذرت، رنگ‌آمیزی به روش تغییر یافته فیلیپس و هیمن (1970) در محیط آزمایشگاه انجام شد. ریشه‌ها را کاملاً شسته و به مدت 24 ساعت در محلول 10 درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) در دمای اتاق قرار داده شد. سپس ریشه‌ها را سه بار کامل با آب مقطر شسته و جهت ختنی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم نرمال قرار گرفتند. ریشه‌ها و به مدت 8 ساعت در محلول تریپان بلو (شامل 225 میلی لیتر اسیدلاکتیک، 350 میلی لیتر گلیسرین، 400 میلی لیتر آب مقطر، 0/65 گرم رنگ تریپان بلو)، جهت رنگ

آبشویی عناصر غذایی خصوصاً آمونیوم و همچنین سهولت جذب عناصر غذایی خصوصاً فسفر در خاک‌های آهکی دارد. همچنین استفاده از زئولیت‌ها به دلیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا و جذب انتخابی کاتیون‌های مفید و آزاد سازی کنترل شده آنها در مواقع نیاز گیاه می‌تواند مصرف بی رویه کودهای شیمیایی را کاهش دهد (کاظمیان و باقری، 1386؛ دایری، 1998). بر خلاف دیگر کانی‌های رسی، در زئولیت چارچوب ساختمانی به اندازه کافی باز است و این ویژگی باعث بوجود آوردن خواص منحصر به فرد زئولیت شده است. مولکول‌های آب و همچنین کاتیون‌ها به راحتی می‌توانند در داخل شبکه آن حرکت کرده بدون اینکه ساختار شبکه دچار تغییر شود. همچنین بار منفی موجود در ساختمان زئولیت ناشی از حضور آلومینیوم باعث ایجاد پدیده تبادل کاتیونی با سایر کاتیون‌های موجود در محیط می‌شود (شاو و اندرس، 2001). زئولیت دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، سدیم، سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، آهن و فسفر می‌باشد که می‌تواند به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود کشاورزی محسوب شده و در بهره برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا نماید (شیرانی راد و همکاران، 1390).

هدف از این پژوهش بررسی کاربرد کود بیولوژیک میکوریز به همراه اصلاح‌کننده معدنی خاک زئولیت در سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر بر بهبود برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی گیاه ذرت به منظور افزایش عملکرد این گیاه در واحد سطح می‌باشد. بدین جهت صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه، سطح برگ و قطر ساقه و صفات عملکردی شامل وزن صد دانه، وزن بلال و عملکرد دانه در هکتار اندازه‌گیری شدند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1392-1391 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به اجرا درآمد. شهرستان شاهرود دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد، همچنین ارتفاع مرکز شهرستان از سطح دریا 1367 متر است. براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی میانگین بارندگی سالانه 160 میلی‌متر و میانگین سالانه دما در این منطقه 14/4 درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در سه تکرار با سه فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل، زئولیت کلینوپتیلولایت در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد 9 تن در هکتار، قارچ میکوریز

آمیزی قرار گرفتند. بعد از رنگ آمیزی، نمونه‌ها در محلول گلیسرین و آب به نسبت مساوی نگهداری شدند تا رنگ اضافی ریشه‌ها خارج شود. ریشه‌های موین به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند و در نهایت با میکروسکوپ مشاهده و تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه به روش حیوانتی و موس (1980) انجام پذیرفت.

جدول 1- نتایج تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

منابع تغییرات	df	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	شاخص سطح برگ	وزن صد دانه	وزن بلال	عملکرد دانه	غلظت فسفر دانه	غلظت پتاسیم دانه
فسفر	2	89/1**	12/3**	48/5**	10/6**	10/1**	8/74**	0/002 ^{ns}	0/122 ^{ns}
زئولیت	1	6/76*	8/15**	18/3**	8/06**	1/11 ^{ns}	1/36 ^{ns}	0/001 ^{ns}	5/03**
فسفر*زئولیت	2	3/57*	6/76**	2/39 ^{ns}	1/83 ^{ns}	1/21 ^{ns}	0/213 ^{ns}	0/001 ^{ns}	0/155 ^{ns}
میکوریز	1	46/5**	26**	81/8**	32/4**	5/24*	8/24**	0/027**	3/97**
فسفر*میکوریز	2	0/197 ^{ns}	1/31 ^{ns}	0/033 ^{ns}	3/31 ^{ns}	0/078 ^{ns}	0/098 ^{ns}	0/001 ^{ns}	0/143 ^{ns}
زئولیت*میکوریز	1	27/3**	1/68 ^{ns}	16/9**	2/82 ^{ns}	2/98 ^{ns}	1/33 ^{ns}	0/00 ^{ns}	1/62**
فسفر*زئولیت*میکوریز	2	0/747 ^{ns}	0/56 ^{ns}	0/506 ^{ns}	2/95 ^{ns}	0/118 ^{ns}	0/166 ^{ns}	0/001 ^{ns}	0/017 ^{ns}
خطا	22	31/8	0/009	0/028	4/57	311	1053580	0/002	0/068
ضریب تغییرات		%3/34	%3/37	%4/77	%9/81	%15/76	%15/98	%5/38	%6/69

نتایج و بحث

الف) صفات مورفولوژیک

ارتفاع گیاه معنی دار شد. همچنین اثرات متقابل فسفر و زئولیت در سطح احتمال 5 درصد ($p \leq 0/05$) و زئولیت و میکوریز در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) بر ارتفاع گیاه معنی دار شده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 2) نشان می‌دهد اثرات اصلی تیمارهای کود شیمیایی فسفر و میکوریز در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) و تیمار زئولیت در سطح احتمال 5 درصد ($p \leq 0/05$) بر صفت

جدول 2- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه برای تیمارهای مورد بررسی

پارامتر	مقدار	واحد
ظرفیت زراعی	30/6	درصد
هدایت الکتریکی ($EC * 10^3$)	1/2	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع (pH of paste)	7/89	-
درصد مواد خنثی شونده (T.N.V.)	27	درصد
کربن آلی	0/79	درصد
ازت کل (Total N)	0/057	درصد
فسفر قابل جذب (available p)	11	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب (available k)	143	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	22	درصد
لای (Silt)	44	درصد
شن (Sand)	34	درصد

ns و * و ** به ترتیب غیرمعنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد

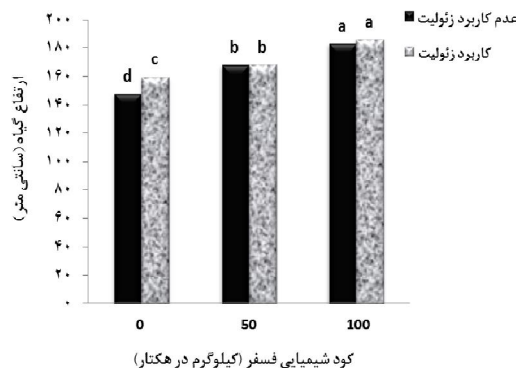
ریشه کمک کرده و حاصلخیزی خاک را در طول دوره رشد بهبود می‌بخشد. قسمت اعظم کود فسفوری که در خاک‌های آهکی به کار برده می‌شود به وسیله کلسیم تثبیت شده و تشکیل فسفات کلسیم می‌گردد (سمیل و همکاران 1980، بولان 1991). باربایک و همکاران

کاربرد زئولیت به همراه کود فسفر توانست ارتفاع گیاه ذرت را در تمامی سطوح نسبت به شاهد افزایش معنی دار دهد (شکل 1). زئولیت‌ها هنگامی که با کودهای شیمیایی به کار برده می‌شوند به ماندگاری عناصر در خاک از طریق جلوگیری از شستشو آنها از محیط

معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. در بررسی دیگری بر روی گیاه ذرت نشان داده شد که همزیستی میکوریزی به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه ذرت را افزایش داد (روتور و همکاران، 2010). همچنین محمدی و همکاران (1392) در نتیجه کاربرد زئولیت، افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه ذرت را گزارش کردند.

لازم به ذکر می‌باشد در این پژوهش کاربرد مایه تلقیح قارچ میکوریز در خاک سبب افزایش معنی‌دار میزان درصد کلونیزاسیون میکوریزی ریشه گیاه ذرت از 55 به 80 درصد شده است که به علت حجم زیاد نتایج از ارائه آن صرف نظر شده است.

اثرات مفید قارچ میکوریز بسته به گونه‌ی قارچ، نوع خاک و گونه‌ی گیاه متفاوت می‌باشد. میزان فسفر قابل دسترس خاک همچنین یکی از موارد مهم در کاربرد این قارچ در خاک است. هر چند اثرات مثبت این قارچ‌ها در مقادیر پایین فسفر قابل دسترس خاک گزارش شده است اما در برخی مطالعات این میزان تا سطوح 50 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل دسترس خاک گزارش شده است. (شوبرت و هایمن، 1986؛ اسمیت و رید، 2008)



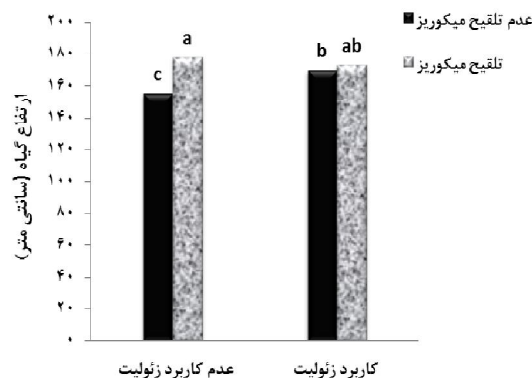
شکل 1- اثر متقابل فسفر و زئولیت بر ارتفاع گیاه

فسفر خاک باعث قظورتر شدن ساقه گیاه ذرت شده است و کاربرد زئولیت به همراه کود شیمیایی فسفر این اثر افزایشی را بهبود بخشید. هوانک و همکاران (1995) در تحقیقات خود نشان دادند که زئولیت‌ها نقش مهمی در سهولت جذب عناصر خصوصاً فسفر در خاک‌های آهکی دارند. قسمت اعظم کود فسفر در خاک‌های آهکی به وسیله کلسیم تثبیت شده و تشکیل فسفات کلسیم می‌گردد (سمپل و همکاران 1980، بولان 1991). باربایک و همکاران (1990) در آزمایش تحت تأثیر

(1990) در آزمایش تحت تأثیر سنگ فسفات و زئولیت بر سورگوم سودان گراس نتیجه گرفتند که با افزایش نسبت مصرف زئولیت و سنگ فسفات در تیمارهای آزمایشی مقدار فسفر قابل جذب خاک افزایش یافت، با این فرضیه که زئولیت کلینوپتیلولایت هنگامی که همراه با سنگ فسفات مصرف شود می‌تواند کلسیم را از سنگ فسفات جذب کند و این عمل باعث آزاد شدن فسفر قابل جذب برای گیاه از سنگ فسفات خواهد شد. خاشعی سیوکی و همکاران (1387) در پژوهش خود بیان کردند کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت توانست ارتفاع گیاه ذرت را نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار دهد.

کاربرد زئولیت با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و نوع خاک نتایج متفاوتی در پی دارد. همچنین زئولیت‌ها انواع مختلفی دارند و میزان کاربرد آنها در هکتار با توجه به شرایط خاک و منطقه نیز متغیر می‌باشد. کاربرد توأم میکوریز و زئولیت در زراعت گیاه ذرت برای اولین بار در منطقه شاهرود انجام پذیرفته است.

در اثر متقابل میکوریز و زئولیت (شکل 2)، مشاهده می‌شود کاربرد توأم میکوریز و زئولیت باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد شد ولی نسبت به کاربرد بتنهایی میکوریز و زئولیت تفاوت

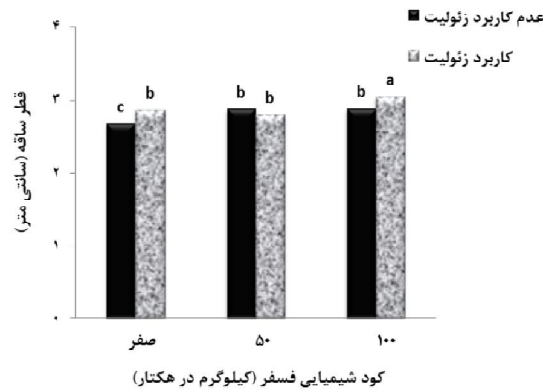


شکل 2- اثر متقابل زئولیت و میکوریز بر ارتفاع گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر اصلی تیمارهای فسفر، زئولیت و میکوریز بر قطر ساقه در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) افزایش معنی‌دار نشان داد. همچنین اثر متقابل تیمارهای فسفر و زئولیت معنی‌دار شده است ($p \leq 0/01$). کاربرد زئولیت به تنهایی توانست قطر ساقه را نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار دهد، ولی بیشترین قطر ساقه در اثر کاربرد توأم زئولیت و 100 کیلوگرم کود فسفر در هکتار به میزان 13/8 درصد بدست آمد که در بالاترین سطح آماری نسبت به مابقی تیمارها قرار گرفت (شکل 3). به نظر می‌رسد افزایش سطوح

سنگ فسفات در تیمارهای آزمایشی مقدار فسفر قابل جذب خاک افزایش یافت.

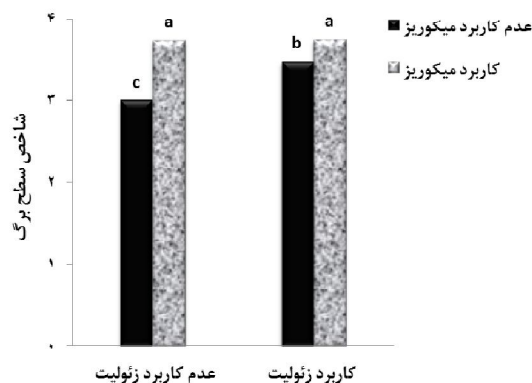
سنگ فسفات و زئولیت بر سورگوم سودان گراس نتیجه گرفتند که با افزایش نسبت مصرف زئولیت و



شکل 3- اثر متقابل تیمارهای فسفر و زئولیت بر افزایش قطر ساقه

کاربرد قارچ میکوریزا منجر به افزایش سطح برگ گیاه ذرت نسبت به عدم کاربرد آن شده است که از لحاظ آماری معنی دار بود و در بالاترین سطح قرار گرفت. در گیاهان میکوریزی سرعت جریان فسفر به درون گیاه 3 الی 6 مرتبه بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی است. قارچ میکوریز علاوه بر فسفر و نیتروژن، جذب عناصری دیگری مانند سولفور، بور، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، روی، مس، منگنز، آهن، آلومینیوم را نیز افزایش می دهد (کلارک و زتو، 2000). به نظر می رسد زئولیت با افزایش قابلیت دسترسی برخی از عناصر و قارچ میکوریز با افزایش جذب از طریق گسترش سیستم ریشه ای با تأثیر مثبت بر همدیگر سبب افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد گیاه ذرت شده اند.

اثرات اصلی تیمارهای فسفر، زئولیت و میکوریز در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) بر شاخص سطح برگ معنی دار بود (جدول 2). همچنین اثر متقابل زئولیت و میکوریز در همین سطح احتمال معنی دار شده است ($p \leq 0/01$). کاربرد زئولیت در عدم حضور میکوریز سبب افزایش معنی دار شاخص سطح برگ گیاه ذرت نسبت به شاهد شده است، همچنین کاربرد توأم میکوریز و زئولیت سبب افزایش شاخص سطح برگ به میزان 24/96 درصد نسبت به شاهد شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی دار بود (شکل 4). آلن و همکاران (1995) در نتایج خود بیان نمودند که زئولیت می تواند با جذب کلسیم از محلول خاک، یون آمونیم و پتاسیم موجود در خود را به صورت انتشار آزاد نمایند که می تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد و موجب بهبود خصوصیات رشدی گیاه شود.

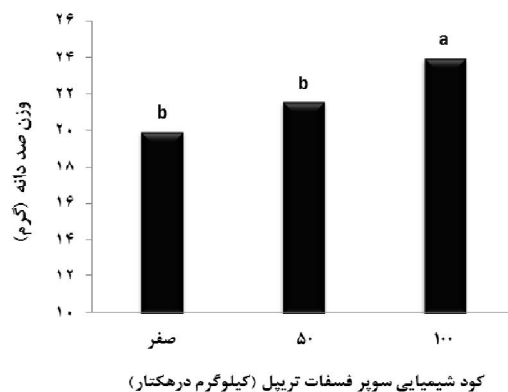


شکل 4- اثر متقابل زئولیت و میکوریز بر شاخص سطح برگ

(ب) صفات زراعی

روی دارد و باعث اختصاص بیشتر مواد غذایی و مواد فتوسنتزی به بذر و در نهایت بزرگتر شدن اندازه دانه می‌شود. همچنین احتشامی و همکاران (1387) در آزمایشی بر گیاه ذرت مشاهده کردند که وزن صد دانه در تیمار حاوی 150 کیلوگرم کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل نسبت به تیمار بدون کود، به طور معنی‌داری بیشتر بود. کاربرد 100 کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در این آزمایش سبب بیشترین افزایش وزن صد دانه گیاه ذرت به میزان 20/12% نسبت به عدم مصرف آن شده است.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول 2) اثر اصلی تیمارهای فسفر، زئولیت و میکوریز بر وزن صد دانه گیاه ذرت در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار است. کاربرد کود سوپر فسفات تریپل در این آزمایش سبب افزایش وزن صد دانه گیاه ذرت نسبت به عدم مصرف آن شد (شکل 5). زیدان (2007) در پژوهش خود بر روی گیاه عدس بیان کرد افزایش محتوای فسفر خاک در هکتار به علت افزایش فسفر محلول نقش بسیار مهمی در جذب عناصری از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم و



شکل 5- تأثیر کاربرد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل بر وزن صد دانه ذرت

انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه می‌باشد. شاه حسینی و همکاران (1389) نیز اثر مثبت میکوریز بر وزن صد دانه گیاه ذرت را گزارش کرده‌اند. اختر و سیدی‌کویی (2009) با کاربرد میکوریز افزایش وزن صد دانه نخود را مشاهده کردند.

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی نشان داد تیمارهای فسفر در سطح احتمال 1 درصد ($p \leq 0/01$) و میکوریز در سطح احتمال 5 درصد ($p \leq 0/05$) بر افزایش وزن بلال تأثیر معنی‌دار داشتند (جدول 2). هر چند کاربرد تیمار زئولیت توانست وزن بلال را افزایش دهد ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. فسفر از عوامل مهم دانه‌بندی و شکل‌گیری دانه در ذرت است. اضافه کردن 100 کیلوگرم کود فسفر به خاک با در اختیار قرار دادن فسفر قابل دسترس بیشتری برای گیاه توانست باعث افزایش وزن دانه‌ها در نتیجه افزایش وزن بلال به میزان 33/64 درصد شود. (شکل 8).

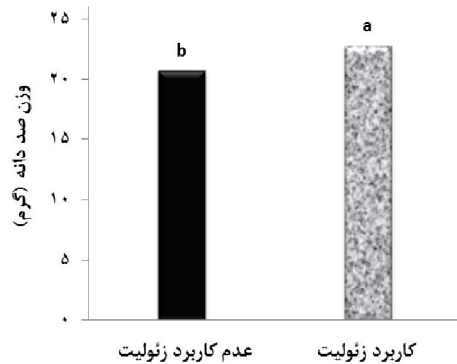
تلقیح میکوریز سبب افزایش معنی‌دار وزن بلال به میزان 12/80 درصد شد (شکل 9). قارچ میکوریزی آرسکولار نیز به دلیل افزایش جذب بیشتر آب و مواد

شکل شماره (6) بیان‌کننده این موضوع می‌باشد که کاربرد زئولیت توانسته وزن صد دانه ذرت را نسبت به عدم کاربرد آن به طور معنی‌داری به میزان 9/7 درصد افزایش دهد. زئولیت با جلوگیری از دست رفتن و افزایش دسترسی مواد غذایی در محدوده توسعه ریشه‌ها سبب افزایش جذب آنها توسط گیاه شده در این امر می‌تواند منجر به بهبود صفات زراعی و عملکردی گیاه شود. قهرمانی و همکاران (1389) و غلامحسینی و همکاران (1386) بیان کردند در اثر کاربرد زئولیت در کشت ذرت و آفتابگردان، وزن هزار دانه این گیاهان نسبت به عدم مصرف آن افزایش معنی‌دار یافت.

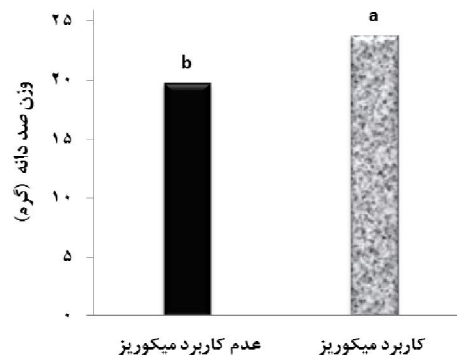
تلقیح ریشه گیاه ذرت با میکوریز سبب افزایش معنی‌دار ($p \leq 0/01$) وزن صد دانه شد (شکل 7). میکوریز با در دسترس قرار دادن فسفر خاک و ایجاد شرایط بهتر در محیط ریشه برای گیاه می‌تواند بر اجزای عملکرد و وزن صد دانه تأثیر مثبت بگذارد. اورتاز (1996) بیان کرد افزایش وزن صد دانه در نتیجه تأثیر مثبت میکوریز در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و دسترسی گیاه میزبان به حجم بیشتری از خاک و

بلال، وزن بلال، وزن چوب بلال و قطر بلال گیاهان تلقیح یافته با قارچ میکوریزی آربسکولار نسبت به گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود.

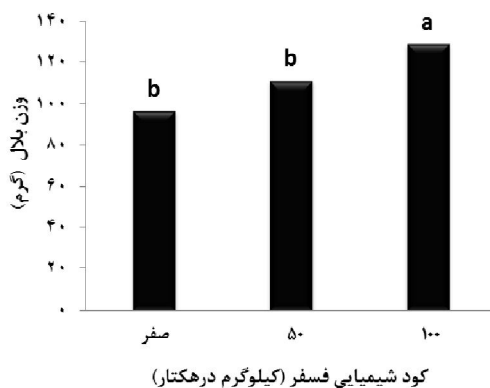
غذایی موجب فتوستتز بیشتر، سبب بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه ذرت می‌گردد (اسمیت و همکاران 2003). ثمربخش (1385) اظهار داشت که طول



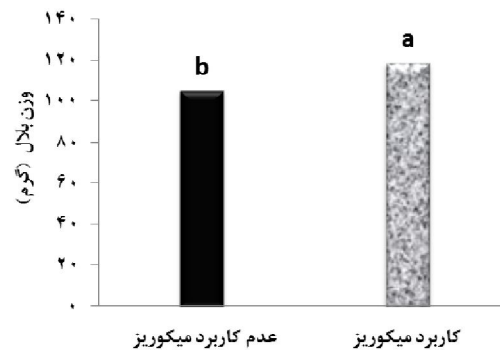
شکل 6- اثر زئولیت بر وزن صد دانه



شکل 7- اثر میکوریز بر وزن صد دانه



شکل 8- تأثیر کود شیمیایی فسفر بر وزن بلال



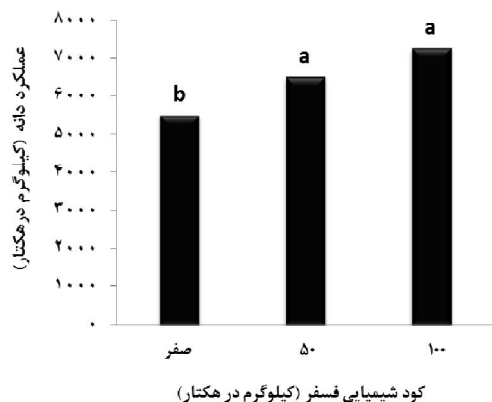
شکل 9- تأثیر میکوریز بر وزن بلال

(1978) با بررسی کاربرد سطوح مختلف کود فسفر در مزرعه ذرت اظهار داشتند که قابلیت دسترسی به فسفر با کاربرد فسفر، افزایش پیدا کرد و عملکرد دانه نیز با مصرف کود فسفر، افزایش یافت. تحقیقات نشان داد شاخص سطح برگ و فتوستتز گیاه نیز با افزایش میزان مصرف فسفر افزایش یافت و در نهایت موجب افزایش عملکرد گردید (کولومب و همکاران، 2000). بین مصرف 50 کیلوگرم و 100 کیلوگرم فسفر در هکتار اختلاف معنی‌داری بر عملکرد دانه وجود ندارد از این رو کاربرد 50 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر در هکتار از نظر هزینه به صرفه و منجر به استفاده بهینه این کود شیمیایی در مزارع می‌شود (شکل 10).

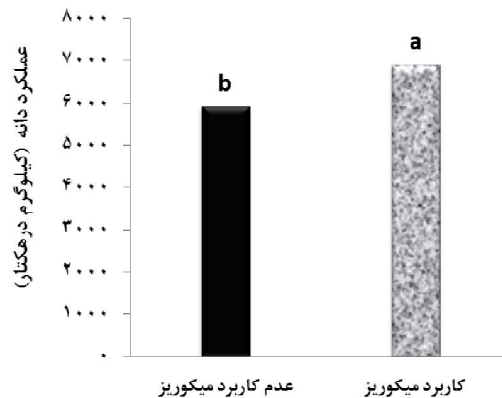
تلقیح ریشه گیاه ذرت با قارچ میکوریز سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در هکتار نسبت به عدم تلقیح آن به

نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال 1 درصد نشان داد تیمارهای فسفر و میکوریز بر افزایش عملکرد دانه ذرت در هکتار اثر مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول 2). فسفر عامل مهمی در گرده افشانی ذرت می‌باشد و با فراهم بودن آن گرده افشانی گیاه به موقع و به‌طور کامل انجام می‌شود (خدابنده، 1384)، همچنین فسفر نقش مهمی در فعالیتهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوستتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی ایفا می‌کند (مهرورز و چایچی، 2008) بنابراین در اختیار بودن و افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه، سبب بهبود رشد و افزایش فتوستتز و تولید مواد فتوستتزی شده و در نتیجه در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به بلال انتقال یافته موجب افزایش تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه در هکتار می‌گردد. میلر و همکاران

اندام هوایی افزایش می‌یابد (ارتاس و هریس، 1996). لازم به ذکر است زئولیت با فراهم کردن شرایط بهتر در محیط ریشه و اثر مثبت بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه ذرت توانست عملکرد را بهبود بخشد ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.



شکل 10- تأثیر کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه



شکل 11- تأثیر میکوریز بر عملکرد دانه

عناصر

غلظت فسفر دانه

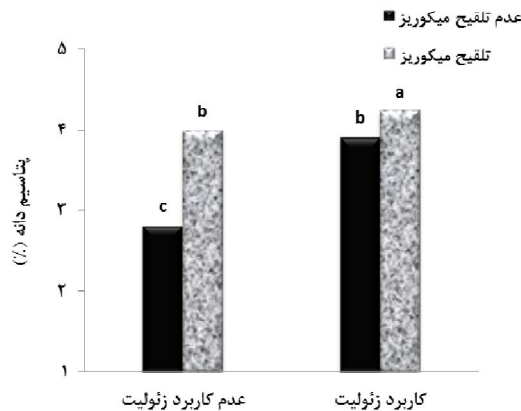
در بین تیمارهای این پژوهش تنها اثر قارچ میکوریز بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 2). نتایج نشان می‌دهد کاربرد قارچ میکوریز توانست غلظت فسفر بذر را نسبت به عدم کاربرد آن افزایش دهد (شکل 12). کاپور و همکاران (2004) در تحقیق خود بیان کردند که میانگین غلظت فسفر در تلقیح رازیانه با دو گونه قارچ میکوریزی آربسکولار نسبت به شاهد به طور معنی‌داری بیشتر است. همچنین آنها بیان کردند که همزیستی میکوریز از طریق بهبود گسترش ریشه‌های قارچ در منافذ خاک به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره ریشی رازیانه شده و در پی آن با افزایش وزن خشک گیاه سبب بهبود غلظت فسفر در دانه رازیانه شده است. ارتاس (2010) بیان کرد که مقدار روی و فسفر در گیاهان تلقیح شده با میکوریز افزایش می‌یابد. نتایج محققین بر روی گیاه نخود نشان می‌دهد محتویات فسفر دانه و گیاه در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود (استانچوا و همکاران، 2006؛ ارمان و همکاران، 2011).

غلظت پتاسیم دانه

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی زئولیت و میکوریز بر درصد پتاسیم بذر گیاه ذرت در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است (جدول 2). همچنین

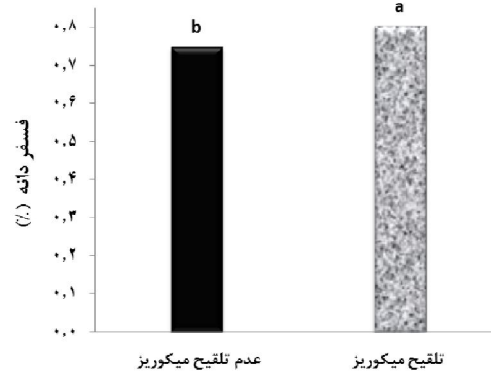
آنالیز داده‌ها نشان داد اثر متقابل میکوریز و زئولیت نیز بر درصد پتاسیم بذر گیاه ذرت در سطح احتمال 1 درصد نیز معنی‌دار می‌باشد (جدول 2). نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد کاربرد توأم زئولیت و میکوریز سبب افزایش قابل توجه و معنی‌دار درصد پتاسیم بذر نسبت به شاهد (عدم کاربرد میکوریز و زئولیت) شده است (شکل 13). به نظر می‌رسد افزایش رشد گیاهان در تیمارهای حاوی زئولیت، مربوط به افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی باشد. در تیمارهای حاوی زئولیت، با جایگزینی کلسیم به جای آمونیوم و پتاسیم روی مکان‌های تبادل زئولیت، علاوه بر تأمین پتاسیم و آمونیوم مورد نیاز گیاه، باعث حل شدن کانی‌های فسفره مانند آپاتیت و افزایش غلظت فسفر در محلول خاک و در نتیجه باعث دسترسی بیشتر گیاه به برخی از عناصر می‌شود. دو پدیده تبادل کاتیونی و حلالیت کانی‌های فسفره نقش مهمی در جذب و آزادسازی عناصر غذایی و در نتیجه تأمین عناصر مورد نیاز گیاهان در تیمارهای حاوی زئولیت دارند (گرونر و همکاران، 2007). در برخی مطالعات، اثر مثبت زئولیت بر افزایش رشد کاهو (گول و همکاران، 2005)، گوجه فرنگی (صابری و همکاران، 1388)، ژربرا (ایسسا و همکاران، 2001)، فلفل (عقدک و همکاران، 1388) و گل همیشه بهار (نظری و همکاران، 2007) گزارش شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد کاربرد میکوریز سبب افزایش درصد پتاسیم بذر شده است. نتایج زاگرینی

Funneliformis mosseae, irregularis به سبب افزایش پتاسیم در گیاهان شد. می‌توان نتیجه گرفت زئولیت با افزایش فراهمی برخی از عناصر و قارچ میکوریزا با افزایش جذب از طریق بهبود گسترش ریشه‌های قارچ در منافذ خاک با اثر مثبت بر یکدیگر سبب افزایش درصد پتاسیم بذر شده‌اند.



شکل 13- اثر متقابل قارچ میکوریزا و زئولیت بر پتاسیم دانه

(2007) نشان داد که تلقیح گیاهان کاهو با ترکیبی از سه گونه قارچ میکوریزا (*Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis mosseae*, *Funneliformis coronatum*) باعث افزایش جذب فسفر و پتاسیم شد. شاردوامان و برنارد فلینو (2009) دریافتند که استفاده از مایع تلقیح به صورت جداگانه و ترکیبی قارچ *Rhizophagus*



شکل 12- تأثیر قارچ میکوریزا بر غلظت فسفر دانه

مصرف 9 تن در هکتار از لحاظ اقتصادی مناسب می‌باشد. همچنین کاربرد قارچ میکوریزا از نظر اقتصادی برای هر گیاه 300 اسپور می‌باشد (فرناندز و همکاران، 2011) که در هر گرم از مایه تلقیح تجاری این قارچ بیش از 1000 اسپور موجود می‌باشد (مایه تلقیح استفاده شده در این پژوهش از نوع تحقیقاتی و در هر گرم حاوی 50 اسپور بود) و با توجه به تراکم گیاه ذرت به میزان 133333 بوته در هکتار، حدود 40 کیلو از مایه تلقیح این قارچ در هکتار مورد نیاز می‌باشد. در نتیجه کاربرد اصلاح کننده خاک و کود بیولوژیک برای افزایش تولید گیاهان زراعی صرفه اقتصادی دارد. با توجه به گسترش و توسعه سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و پایدار و اثرهای نامناسب کودهای شیمیایی در محیط زیست به نظر می‌رسد نتایج این پژوهش می‌تواند راه‌کاری برای استفاده از کودهای بیولوژیک در کشت‌های ارگانیک و پایدار بوده و به سلامت محیط زیست کمک نماید.

کاربرد زئولیت به عنوان اصلاح کننده معدنی خاک با ویژگی‌هایی از قبیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و خاصیت جذب بالای کاتیون‌های مفید و آزادسازی آنها به هنگام نیاز گیاه و از طرفی با تأثیر بر افزایش فسفر قابل دسترس خاک برای گیاه سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیک گیاه ذرت شده است. کاربرد توأم میکوریزا و زئولیت همراه با کود شیمیایی فسفر می‌تواند تأثیر این کود را افزایش دهد و باعث کارایی بهتر آن شود و از این رو منجر به مصرف بهینه این کود در مزارع می‌شود. همچنین کاربرد میکوریزا به همراه سطوح مختلف کود فسفر سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت شده است و توانست عملکرد در واحد سطح نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار دهد. کاربرد میکوریزا غلظت فسفر و پتاسیم دانه را افزایش داد و کاربرد توأم با زئولیت سبب افزایش بیشتر پتاسیم دانه گردید از این جهت سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی گیاه ذرت شده‌اند.

با توجه به قیمت مقرون بصره زئولیت (هر کیلو 50 تومان) و مصرف یکبار آن برای یک دوره طولانی،

فهرست منابع:

1. احتشامی، س.م.ر. آقاعلیخانی، م. چائی‌چی، م.ر. و خواوای، ک. 1387. تأثیر میکروارگانسیم های حل کننده فسفات بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم آبی. نهمین همایش علمی- پژوهشی دانشگاه، اسفند 1387، دانشگاه گیلان.
2. پناهی کرد لاغری، خ. و راثول، د. 1383. بررسی تغییرات فسفر در خاک‌های آهکی و آهکی -گچی. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، اردیبهشت 1383، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
3. ثمر بخش، س. 1385. تأثیر سموم قارچ کش بر کارایی همزیستی سویه‌های مختلف قارچ میکوریز آربسکولار با گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
4. خاشعی سیوکی، ع. 1385. تأثیر ژئولیت طبیعی بر برنامه ریزی آبیاری و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
5. خدایبند، ن. 1384. غلات. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، 537 صفحه.
6. شاه حسینی، ز. غلامی، ا. اصغری، ح.ر. قلی پور، م. و فلاح، ع. 1389. تأثیر قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار بر روی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد در ذرت تحت شرایط تنش کم آبی. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، مرداد 1389، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. صفحه 377.
7. شیرانی راد، ا. مرادی اقدم، ا. طاهرخانی، ت. اسکندری، ک. و نظری گلشن، ا. 1390. ارزیابی واکنش گیاه کلزا به مقادیر نیتروژن و رژیم های رطوبتی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد ژئولیت. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد 3، شماره 4، 306-296.
8. صابری، ز. خوشگفتارمنش، ا. مبلی، م. و کلباسی، م. 1387. اثر بستر کشت بدون خاک بر غلظت و جذب عناصر غذایی در گیاه گوجه فرنگی. اولین کنگره ملی فناوری تولید و فرآوری گوجه فرنگی، بهمن 1387، مشهد.
9. عقدک، پ. مبلی، م. و خوشگفتارمنش، ا. 1388. اثر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های ظاهری و کیفی فلفل دلمه‌ای رقم امیلی. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای، تیر 1388، اصفهان.
10. غلامحسینی، م.ا. فلاوند، ا. و جمشیدی، و. 1387. تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و غلظت عناصر در برگ و دانه آفتابگردان. فصلنامه پژوهش و سازندگی، جلد 21، شماره 2، 100 - 91.
11. کاظمیان، ح. و باقری، ف. 1386. ژئولیت‌ها بستری مطلوب برای کشاورزی پایدار. ششمین همایش سراسری علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر ری.
12. قهرمانی، ی. حسینی ابری، س.ع. و هانی، ع. 1389. اثرات کاربرد ژئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک بر بهبود رشد گیاه ذرت و نقش آن بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه. همایش ملی مدیریت تنش خشکی و کمبود آب در زراعت، اسفند 1389، ارسنجان.
13. محمدی، م. مولوی، ح. لیاقت، ع. و پارسی نژاد، م. 1392. اثر کاربرد ژئولیت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه- ای. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد 27، شماره 1، 75-61.
14. ملکوتی، م. ج. 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی کود در ایران. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. تهران.
15. Adediran, J.A. Taiwo, L.B. Akande, M.O. Sobulo, R.A. and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163- 1181.

16. Allen, E.R. Ming, D.W. and Heninger, D.L. 1995. Modeling Transport kinetics in clinoptilolit – phosphate Rock systems. Soil Science Society of America Journal 59: 248-255.
17. Barbarick, K.A. Lai, T.M. and Eberl, D.D. 1990. Exchange Fertilizer Phosphate Rock plus Ammonium Zeolite Effectss on Sorghum-Sudangrass. Soil Science Society of America Journal 54: 911-916.
18. Bockman, O.C. Kaarstad, O. Lie, O.H. and Richards, I. 1990. Agriculture and Fertilizers. Agricultural Group, Norsk Hydro, 245 pp.
19. Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil 134: 189-207.
20. Clark, R.B. and Zeto, S.K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition 23: 867-902
21. Colomb, B. kinivy, R. and Debaeke, P.H. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field - grown maize. Agronomy Journal 25: 428-435.
22. Dwairi, I.M. 1998. Evaluation of Jordanian zeolite tuff as a controlled slow-release fertilizer for NH₄. Environmental Geology 34: 1-4.
23. Erman, M. Demir, S. Ocak, E. Tüfenkçi, S. Oğuz, F. and Akköprü, A. 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Field Crops Research 122: 14-24.
24. Fernández, F. Dell'Amico, J.M. Angoa, M.V. and de la Providencia, I.E. 2011. Use of a liquid inoculum of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus hoi* in rice plants cultivated in a saline Gleysol: A new alternative to inoculate. Plant Breeding and Crop Science 3(2): 24-33.
25. Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring Vesicular-Arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500
26. Gruener, J.E. Ming Jr, D.W. Galindo, C. Henderson, K.E. and Golden, D.C. 2007. Plant productivity and characterization of zeoponic substrates after three successive crops of radish (*Raphanus sativus* L.). Microporous and Mesoporous Materials 105: 279-284.
27. Gul, A. Eroğöl, D and Ongun, A.R. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Scientia Horticulturae 106: 464-471.
28. Huang, Z.T. and Petrovic, A.M. 1995. Physical properties of sand a affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. Journal Turfgrass Management 1: 1-15.
29. Issa, M. Ousounidou, G. Maloupa, H. and Constantinidou, H.A. 2001. Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems. Scientia Horticulturae 88: 215-234.
30. Joner, E.J. and Johansen, A. 2000. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. Mycological Research 104: 81-86
31. Kapoor, R. Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplement with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311
32. Kochaki, A. Jahan, M. and Nassiri Mahallti, M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizafungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd conference of the international society of organic agriculture research (ISO FAR), June 2008, Modona, Italia.
33. Koide, R.T. and Kabir, Z. 2000. Extraradical hyphae of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* can hydrolyse organic phosphate. New Phytologist 148: 511-517.
34. Laegreid, M. Bockman, O.C. and Kaarstad, E.O. 1999. Agriculture, Fertilizer and, Environment. CABI publishing, Porsgrunn, Norway. 294 pp.

35. Mehrvarz, S. and Chaichi, M.R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(6): 855-860.
36. Miller, P. and Fick, G. 1978. Influence of plant population on performance of corn hybrids. Plant Science 58: 599-600.
37. Nazari, F. Khoshkhui, M. Eshghi, S and Salehi, H. 2007. Effects of natural zeolite on vegetative, reproductive and physiological characteristics of African marigold (*Tagetes erecta* L., Queen). Horticulture, Environment, and Biotechnology 8: 241-245.
38. Ortas, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 8:116-122.
39. Ortus, I. and Harris, P.J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorgohum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil 184:225-264
40. Peterso, R.L. and Massicotte, H.B. 2004. Exploring structural definitions of mycorrhizas, with emphasis on nutrient-exchange interfaces. Canadian Journal of Botany 82: 1074-1088.
41. Phillips J.M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
42. Polat, E. Karaca. M. Demir, H. and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Fruit and Ornamental Plant Research 12 :183-189.
43. Rotor, A.V. and Delima, P.C. 2010. Mycorrhizal association , N fertilization and biocide application on efficacy Of BIO-N on corn (*Zea Mays* L.) growth and productivity. International Scientific Research 2 (3): 267-290.
44. Richardson, A.E. George, T.S. Jakobsen, I. and Simpson, R.J. 2007. Plant utilization of inositol phosphates. In: Turner, B.L, Richardson, A.E, Mullaney, E.J. (eds) Inositol phosphates: linking agriculture and the environment. CAB International, Oxford shire, 242-260.
45. Sample, E.C. Soper, R.J. and Recz, G.J. 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In Khasawneh, F.E. Sample E.C. and Kamprath, E.J. (eds) The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 263-310 pp.
46. Schubert, A. and Hayman, D.S. 1986. Plant Growth responses to vesicular- arbuscular mycorrhiza. XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. New Phytologist 103: 79-90.
47. Sharda Waman, M.K. and Bernard Felinov, R. 2009. Studies on effects of arbuscular mycorrhizal (Am) fungi on mineral nutrition of *Carica papaya* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 37: 183-186.
48. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 page.
49. Shaw, J.W. and Andrews, R. 2001. Cation exchange capacity affects greens turf growth. Golf Course Management 69 (3): 73-77.
50. Shenoy, V.V. and Kalagudi, G.M. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances 23: 501-513.
51. Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York, 787 pp.
52. Smith, S.E., Smith, F.A. and Jacobsen, I. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plant irrespective of growth responses. Plant Physiology 133: 16-20.
53. Stancheva, I. Geneva, M. Zehirov, G. Tsvetkova, G. Hristozkova, M. and Georgiev, G. 2006. Effects of combined inoculation of pea plants with arbuscular mycorrhizal fungi and

- Rhizobium on nodule formation and nitrogen fixing activity. *General and Applied Plant Physiology* 4: 61-66.
54. Tarafdar, C. and Marschner, H. 1994. Phosphate activity in the rizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizaal wheat supplied with inorganic. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 387- 395.
55. Turk, M.A. Assaf, T.A. Hameed, K.M. and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Science* 2:16-20.
56. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil* 255: 571 -586.
57. Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant Soil and Environment* 53: 283-289.
58. Zeidan, M.S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Agriculture and Biological Sciences* 3(6): 748-752.

Effect of Zeolite and mycorrhiza on some morphological characteristics and yield of maize at different levels of soil phosphorus

D. Farhadi¹, H. R. Asghari, M. R. Ameriyan, and A. Abbaspour

MSC student of Agroecology in Shahrood University; E-mail: daniel_farhadi@yahoo.com

Associate Professor, Shahrood University; E-mail: hamidasghari@gmail.com

Assistant Professor, Shahrood University; E-mail: Amerianuk@yahoo.co.uk

Assistant Professor, Shahrood University; E-mail: abbaspour2008@gmail.com

Received: May, 2016 & Accepted: March, 2016

Abstract

High chemical fertilizer applications caused many environmental problems particularly contamination of water and soil resources. One of the suitable solutions to prevent these problems and improve the quality of agricultural product, is applying biological fertilizers and mineral soil amendments. This study was carried out to consider the effects of mycorrhizal fungi and zeolite on some morphological and agronomic characteristics of maize (single cross 704) at different levels of phosphate fertilizer at agricultural faculty of Shahrood university. The factorial experiment was performed based on the randomized complete block design (RCBD) with three replications. The experiment factors included mycorrhizal fungi at two levels (with and without), zeolites at two levels (0 and 9 tons per hectare) and triple superphosphate fertilizer at three levels (0, 50 and 100 kg per hectare). The results showed that zeolite and phosphate fertilizer increased the height (25/67%) and stem diameter (13/80 %) of corn plant. In zeolite with mycorrhizal fungi treatment plant height and LAI increased 24/96%, 11/46% respectively. The 100-seed weight of corn increased in phosphate fertilizer, mycorrhizal fungi treatment. Phosphorus content of corn seed was significantly amplified by mycorrhizal fungi. The interaction of zeolite and mycorrhizal significantly amplified the k content of corn seed. The use of mycorrhizal fungi with zeolite improved the physiological and agronomic characteristics of maize. The results of this experiment can be used in organic and sustainable agricultural systems.

Keyword: triple superphosphate; single cross 704; soil amendment; cob weight; grain yield

¹ Corresponding author: Shahrood University, Facultad de Agricultura, Departamento de Ingeniería Agronómica