بررسی اثر مایکوریزا و کود فسفره بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در منطقه رباط کریم

The study of Symbiotic of mycorhiza and phosphor fertilizer on yield and yield components of corn in Robat karim region

علیرضا حیدری[۱]، محمد نصری[۲]، فرشاد قوشچی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین- ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.
۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین– پیشوا، ورامین- ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: dr.nasri@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۷ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۸/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیرات کاربرد کودهای مایکوریزا برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۳ در منطقه رباط کریم تحقیقی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سطوح مختلف کود فسفره شامل، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفره بر اساس آزمون خاک و عامل دوم سطوح مختلف قارچ میکوریزا شامل عدم استفاده از قارچ میکوریزا (شاهد)، ۶۰ کیلوگرم در هکتار،۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مصرف میکوریزا بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره و مایکوریزا بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و وزن هزار دانه معنی‌دار شد. بالاترین عملکرد دانه و تعداد ردیف در بلال از تیمار مصرف ۵۰٪ کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا، (P_2M_2) و کم‌ترین میزان در تیمار بدون مصرف مایکوریزا و ۲۵ درصد فسفر (P_1M_1) حاصل شد. بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف، از تیمار۱۲۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و ۵۰٪ کود شیمیایی فسفره حاصل شد. بنابراین توصیه می‌شود که برای بهره‌وری بهتر از عناصر معدنی خاک و کاهش مصرف کود شیمیایی فسفره، از تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره توصیه شده و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا در کشت ذرت استفاده گردد.

واژگان کلیدی: مایکوریزا، فسفر، ذرت، عملکرد و اجزای عملکرد.

مقدمه

در بین غلات، ذرت دانه ای از لحاظ اهمیت و سطح زیر کشت در رتبه سوم بعد از گندم و برنج در جهان قرار دارد. امروزه ذرت دانه‌ای در تغذیه مرغ و تولید تخم‌مرغ به‌عنوان یک غذای پر انرژی بالاترین مقام و ارزش را در مقایسه با سایر غلات دارا می‌باشد. شریف و همکاران (Sherif *et al*., 2012) بیان داشتند هیبریدهای ذرت دارای فنوتیپ‌های متفاوتی بوده و هیبریدهایی که از لحاظ فنوتیپی طول دوره زایشی طولانی‌تری داشته باشند، عملکرد دانه و بیولوژیکی بالا دارند. گزارش شده است که فعالیت ریزسازواره‌های مفید خاک نظیر قارچ‌های مایکوریزی و ریزسازواره‌های حل کننده فسفات در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon *et al*., 2004). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی برای تامین فسفات و نیتروژن مورد نیاز گیاهان همواره موجب ایجاد آثار سوء زیست محیطی شده است. کاربرد منابع و نهاده‌های تجدیدپذیر، یکی از اصول کشاورزی پایدار است که موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کم‌ترین خطرات زیست محیطی می‌شود. یکی از اصلی‌ترین ریز جانداران موجود در محیط ریشه، قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار هستند. این قارچ‌ها با ایجاد ارتباط همزیستی با ریشه گیاهان زراعی مزایای زیادی را برای میزبان خود فراهم می‌کنند. افزایش در جذب آب و عناصر غذایی گیاه میزبان و در نتیجه افزایش رشد و تحمل تنش خشکی، افزایش مقاومت در مقابل عوامل بیماری‌زا، تولید هورمون‌های گیاهی و بهبود ساختمان خاک از طریق تسهیل در ایجاد خاک‌دانه‌ها از جمله مزایایی است که گیاه میزبان در این همزیستی از آن بهره‌مند می‌شود. عنصر فسفر در تغذیه و رشد گیاهان اهمیت به‌سزایی دارد. وجود این عنصر در ساختار ژنتیکی موجودات زنده و نقش آن در انتقال انرژی مشخص شده است. تحقیقات پری و همکاران (Perry *et al*., 2011) نشان می‌دهد که فسفر در افزایش محتوای نشاسته، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و افزایش سطح کاروتن در برگ ذرت نقشی ندارد. فسفر در تمام خاک‌ها، اکثر سنگ‌ها و آب، همچنین بقایای گیاهی و جانوری وجود داشته اما بیش‌تر منابع فسفر به شکل‌های قابل جذب برای گیاه نمی‌باشند. همچنین استخراج و تبدیل آن به شکل‌های قابل دسترس گیاهی با صرف مقادیر زیادی انرژی و هزینه همراه است. رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزا و انواع گیاهان با ایجاد شبکه گسترده هیفی این قارچ‌ها باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی از طریق ریشه گیاهان (Ghazi and Zak, 2003). قارچ مایکوریزی به‌طور موثری باعث افزایش ظرفیت جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف از طریق تولید آنزیم‌های متفاوتی مانند فسفاتازها و حلالیت عناصری مانند فسفر و عناصر کم‌تحرک به خصوص می‌شوند (Marchner and Dell, 2004).

تحقیقات زیادی در زمینه اثر این همزیستی بر جنبه‌های فیزیولوژیک گیاهان انجام شده است و نتایج نشان داده است که قارچ‌های میکوریزی جذب عناصر را افزایش می‌دهد (Klironomos, 2000). از آن‌جایی که قارچ‌های مایکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب عناصر معدنی ازخاک و به‌خصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می‌شوند، بنابراین عقیده بر این است که این قارچ‌ها می‌توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مصرف شده مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستم‌های مختلف باشند (Mukerji *et al*., 2003). در آزمایشی که بر روی نیشکر انجام شد اثرات مثبت قارچ میکوریزا *Glumus intraradices* را بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر گزارش شد که قارچ‌های مایکوریزا قادرند به خوبی در سلول‌های پوست ریشه نفوذ کرده و موجب افزایش رشد و میزان ساکارز قابل استحصال در نیشکر در مقایسه با تیمار شاهد شوند. نادیان و همکاران (۱۳۸۲) در آزمایشی که بر روی ذرت انجام شد افزایش ارتفاع گیاه ذرت میکوریزایی در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط تراکم خاک حاصل گردید. نتایج حاصله

نشان داد که قارچ مایکوریزا سبب افزایش وزن تازه و خشک برگ‌های ذرت به‌صورت معنی‌دار گردید زیرا در خاک‌های متراکم با مهیا نمودن شرایط بهینه برای رشد و فعالیت قارچ‌های مایکوریزایی می‌توان اثرات سوء تراکم خاک بر رشد گیاه را کاهش داد (میرانصاری مهابادی و همکاران، ۱۳۸۴). یزدانی و همکاران (Yazdani *et al*., 2009) نشان دادند وزن بلال، تعداد ردیف، تعداد دانه در ردیف و سرانجام عملکرد دانه ذرت با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و حل کننده فسفات به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی، افزایش یافت. یزدانی و همکاران (Yazdani *et al*., 2009) با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و حل کننده فسفات در تلفیق با کود شیمیایی توانستند کاربرد کود فسفره را ۵۰ درصد بدون افت عملکرد دانه ذرت، کاهش دهند. پاملا و استون (Pamella *et al*., 2002.) اثر میکوریزا در افزایش عملکرد ماده خشک ذرت و سورگوم را به‌دلیل جذب بهینه فسفر گزارش کردند. با توجه به اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و ضرورت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر قارچ میکوریزا در ترکیب با سطوح مختلف کودهای شیمیایی فسفره بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کاربرد مایکوریزا جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره و تاثیرات آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۳ در منطقه رباط کریم اجرا شد. رقم مورد استفاده KSC 704 بود که دارای قوه نامیه ۹۲ درصد و طول دوره رشد آن حدود ۱۲۰ روز بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی با هدایت تا ۱/۸۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر و pH =۷/۵ بود. عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت شامل یک شخم، دو دیسک عمود برهم، شد فاصله روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۷۵ سانتی‌متر بود. قارچ مایکوریزی مورد استفاده گلوموس موسه متعلق به خانواده گلومالسه و زیر راسته گلومینه بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سطوح مختلف کود فسفره شامل: ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰درصد میزان کود شیمیایی فسفره بر اساس آزمون خاک و عامل دوم سطوح مختلف قارچ میکوریزا شامل عدم استفاده از قارچ میکوریزا (شاهد)، ۶۰ کیلوگرم در هکتار،۱۲۰ کیلوگرم در هکتار استفاده از میکوریزا می‌باشد. هر تکرار شامل ۱۲ تیمار و هر تیمار دارای شش خط کاشت به طول پنج متر که نیم متر اول و آخر و خطوط کاشت یک و شش حاشیه، خط دوم برای نمونه‌برداری، خط سوم حاشیه عملکرد و خط چهارم و پنجم مساحت برداشت (شش مترمربع) بود بین دو تیمار یک خط نکاشت و بین تکرارها نیز یک متر فاصله بود. قبل از کشت، میزان بذر و مقدار میکوریزا مربوطه برای هر تیمار به‌طور جداگانه توزین گردید و میکوریزا که به صورت آماده از مرکز گیاه پزشکی همدان تهیه گردید، قبل از قرارگیری بذر در چال کشت (مستقیم زیر بذر) ریخته و سپس کشت بذر با دست انجام گرفت. در هر چاله مقدار دو بذر قرار داده شد در مرحله چهاربرگی تنک و واکاری انجام و یک بوته باقی‌ماند. اولین آبیاری بلافاصله بعد ازکاشت و دومین آبیاری بعد سبزشدن و آبیاری‌های بعدی بستگی به شرایط آب و هوایی انجام گرفت. رسیدگی دانه‌ها با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها در آذر ماه مشخص می‌شود و برداشت نهایی به صورت دستی بود. به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه برداشت ذرت به‌صورت کف برکردن و حذف دو خط حاشیه صورت گرفت و محصول هر کرت پس از بسته‌بندی اتیکت‌گذاری شد، جهت اندازه‌گیری موارد مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید و پس از تفکیک اجزای عملکرد، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و به‌وسیله ترازوی دیجیتال وزن شدند. صفات مورد بررسی شامل: وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، عملکرد دانه که بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین

میزان فسفر دانه: نمونه‌های خشک شده، پس از پودر شدن با کمک اکسیداسیون مرطوب و با استفاده عصاره هضم (مخلوط سه اسید پرکلریک، سولفوریک و نیتریک) برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی آماده شد که براساس داده‌های حاصل از آزمون گیاه، میزان هرعنصر خاص، با کمک جداول حدود بحرانی به دست آمد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گردیده و مقایسه میانگین صفات از طریق آزمون LSD محافظت شده صورت پذیرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد دانه و اجزای عملکرد.
Table 1. Analysis of variance for grain yield and yield components

			M.S. میانگین مربعات		
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	دانه در ردیف بلال Grain on in ear row	ردیف دانه در بلال No. Of grain Row per Cob	وزن هزار دانه 1000 grain weight
Replication	تکرار	2	0.458 ns	2.3425 ns	2.6840 ns
phosphor	فسفر	3	3.1222 ns	6.7880*	3.1988*
mycorhiza	مایکوریزا	2	3.4849*	2.6453*	2.20053*
phosphor× mycorhiza	فسفر Xمایکوریزا	6	3.34000**	6.98243**	1.1254**
Error	خطا	22	2.795	4.1101	5.2900
C.V.٪	ضریب تغییرات	-	8.02	11.22	7.42

* اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار
Ns, *and**: non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively

ادامه جدول یک
Continued Table 1

			M.S.	میانگین مربعات	
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد فسفر Phosphor percentage
Replication	تکرار	2	1.1845 ns	12883451.2ns	0.111ns
phosphor	فسفر	3	1.4004 ns	65432143.3*	0.68*
mycorhiza	مایکوریزا	2	2.3453 ns	71400849.7*	0.72*
phosphor× mycorhiza	مایکوریزاXفسفر	6	**2.1094	425884255.6**	21.12**
Error	خطا	22	21.1245	9987452.5	0.095
٪C.V.	ضریب تغییرات	-	13.42	14.09	5.12

* اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار
Ns, *and**: non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively

نتایج و بحث

تعداد ردیف در بلال

از آنجا که تعداد ردیف علاوه بر خصوصیت ذاتی ژنوتیپ، به عوامل مختلفی از جمله زمان تلقیح مناسب، میزان آب مصرفی و عناصر غذایی بستگی دارد. کمبـود فسفر خاک یکی از عواملی است که باعث کاهش شدید تعداد در ردیف و چه بسـا پوکی بلال می‌گردد. مهم‌ترین اثر بهبود وضع تغذیه گیاه به خصـوص تغذیه

فسفری گیاه می‌باشد به‌طوری که وجود کافی آن‌ها در خاک نیـازی به‌مصرف کـودهای شیمیایی فسفـره نمی‌باشـد (نادیان، ۱۳۷۷). اثرات متقـابل مایکـوریزا و کود فسفره بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار شد (جـدول یک). بالاترین تعـداد ردیف در بلال را تیمـار کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار مایکوریزا و مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره با ۲۷/۸ عدد را به‌دست آورد که با تیمارهای۱۲۰کیلوگرم در هکتار میکوریزا و مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره و ۶۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی فسفره اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار مصرف ۲۵ درصـد کـود شیمیایی فسفـره و شاهـد با متوسط ۱۳/۲عدد، ۵۳ درصد برتری داشت (جدول دو). با کاهش فسفر، بوته‌های ذرت نتوانستند به‌دلیل محدود شدن جذب عناصر محلول در خاک به شاخص سطح برگ مناسب برسند، در نتیجه فتوسنتز و به‌دنبال آن تولید مواد پرورده کاهش یافت، این امر باعث گردید که علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ و قطر بلال، تولید مواد پرورده نیز تحت تاثیر قرار بگیرد و از میزان تعداد ردیف در بلال کاسته شود و هر چند که کاربرد مایکوریزا به‌علت نقشی که در فراهمی فسفر دارد، توانست تامین فسفر و نیتروژن را تا حد زیادی بهبود بخشد و موجب افزایش تعداد ردیف در بلال شود. کاربـرد تـوام مایکـوریزا و کـود شیمیـایی فسفـره، باعـث رشـد ریشـه و طـویـل شـدن آن گـردیـد (Sharma and Parma, 2004).

در این شرایط هرچه میزان زیست توده ریشه افزایش یافت، آب و مواد غذایی بیش‌تری در اختیار گیاه قرار گرفت و میزان آسیمیلات‌های تولید شده افزایش نشان داد، و باعث دسترسی بیش‌تر گیاه به فسفر و نیتروژن گردید این امر موجب محافظت از پرتوپلاسم سلولی گشت، که علاوه بر مشارکت در حفظ تورم و آماس سلولی، باعث ثبات بخشیـدن به پروتئیـن‌ها، غشاها و ساختارهای سلولی، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک می‌شد. به‌همین دلیل در تیمـارهای کاربرد توام مایکـوریزا و کـود شیمیـایی فسفره، تعداد ردیف در بلال نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول دو).

تعداد دانه در ردیف

تعداد دانه در ردیف، یکی از ارکان مهم اجزای عملکرد محسوب می‌شود و رابطه مستقیمی با عملکرد دارد، هرچه تعداد دانه در ردیف بیش‌تر شود، عملکرد افزایش می‌یابد. تعداد دانه در بلال پس از انتقال از مرحله رویشی به زایشی مشخص می‌گردد که شامل تغییرات کیفی بین سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها می‌باشد. یکی از عوامل مهم در تعیین تعداد دانه در ردیف، تعداد گل تشکیل شده و توسعه یافته در بلال است. بر اساس نتـایج حاصـل، اثر متقـابل کـود شیمیایی فسفـره و مایکوریزا بر تعداد دانه در ردیف تاثیر معنی‌داری داشت (جدول یک) و اختلاف ۴۲ درصدی بین بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در ردیف بین تیمارها دیده شد. بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف، از تیمار۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مایکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره با ۲۴/۸ عدد به‌دست آمد.کم‌ترین تعداد دانه در ردیف از تیمار ۲۵ درصد کود شیمیایی فسفره و شاهد (P_1M_1) با ۱۴/۱۳عدد حاصل شد (جدول دو). بعد از تلقیح اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، تعداد دانه‌هایی که به نمو ادامه می‌دهند را مشخص می‌سازد، تعداد دانه‌های در حال نمو تحت تاثیر تامین مواد فتوسنتزی قابل دسترسی است. در این پژوهش همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشه ذرت علاوه بر افزایش سطح ریشه و محلول‌کردن فسفر تثبیت شده در خاک، موجب دستیابی بهتر ریشه ذرت به کود شیمیایی فسفره گردید، توانست میزان کانوپی خود را در این تیمارها به‌نحو مطلوبی بهبود بخشد، بنابراین این امر موجب افزایش کارآیی فتوسنتز و تولید آسیمیلات بیش‌تر شد که در دوره رشد زایشی به‌علت دسترسی بیش‌تر به آب و موادمعدنی تعداد دانه در بلال افزایش ۴۲ درصدی نشان داد (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۸). از آن‌جا که کمبود این عنصر باعث کاهش سطح برگ، میزان فتوسنتز و در نهایت کاهش اجزای عملکرد گردید،

تیمار کاربرد مایکوریزا با افزایش طول ریشه و فراهمی بیش‌تر فسفر، نیتروژن، روی و سایر عناصر باعث افزایش پایداری دیواره سلولی و بالا رفتن میزان پروتئین دانه و کاهش هدر روی آب از دیواره پروتوپلاسم و عدم کاهش جذب عناصر غذایی گشت. مایکوریزا باعث افزایش فسفر، روی و نیتروژن در گیاه گردید، این امر سبب افزایش آسیمیلات‌های تولیدی از فتوسنتز شد و تعداد دانه در ردیف را افزایش داد که با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (Bajji *et al.*, 2001).

وزن هزار دانه

وزن نهایی دانه، که یکی از اجزای اصلی عملکرد می‌باشد که به سرعت و دوام پر شدن دانه بستگی دارد. وقوع تنش خشکی در دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه در ذرت و در نهایت وزن هزار دانه را کاهش می‌دهد (Lauer, 2003). اثرات متقابل تیمارهای مصرف کود شیمیایی فسفره و مصرف مایکوریزا بر وزن هزاردانه تاثیر معنی‌داری داشت (جدول یک). بیش‌ترین وزن هزار دانه از تیمار P_2M_3 ۳۰۴/۶ گرم به‌دست آمد که با تیمارهای P_2M_3, P_3M_2, P_4M_2 اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان وزن هزار دانه را تیمار P_1M_1 با ۲۳۴/۳ گرم به‌دست آورد که نسبت به تیمار رتبه a، ۲۳ درصد کاهش نشان داد (جدول دو). در این تحقیق اثر مایکوریزا بر افزایش تعداد و سطح برگ بیش‌تر از کود شیمیایی بود. مایکوریزا با همزیستی مثبت با ریشه ذرت باعث افزایش سطح و حجم ریشه گردید. میرانصاری مهابادی و همکاران (۱۳۸۴) از این طریق توانست مواد غذایی که در خاک وجود داشته را به‌صورت متناسب با نیاز، در اختیار گیاه قرار دهد. وجود کود شیمیایی فسفره در ابتدای کاشت، باعث افزایش فعالیت قارچ مایکوریزا گردید و از این طریق میزان جذب فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش داشت و بوته ذرت توانست به‌خوبی کانوپی خود را در این تیمارها بهبود بخشد که نتیجه آن افزایش عملکرد تر و تولید ماده خشک بود. مصرف توام کود شیمیایی فسفره و قارچ مایکوریزا باعث افزایش متابولیت‌های حاصل از فتوسنتز شد، از این طریق در دسترس بودن کربوهیدرات کافی، انباشت پروتئین، لایه‌های دیواره سلولی محکم‌تر گشته و از میزان تراوشات سلولی کاسته شد و با تولید ماده‌سازی و ذخیره آن، وزن هزار دانه افزایش یافت که با تحقیقات والتون و همکاران (Walton *et al.*, 2002) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

عملکرد دانه برابر است با ضرب اجزای تشکیل دهنده عملکرد. اجزای عملکرد همبستگی مثبت با یکدیگر دارند. هر عاملی که بر اجزای عملکرد تاثیر بگذارد به طور مستقیم بر عملکرد دانه تاثیرگذار است. عامل اصلی جهت دست یابی عملکرد بالا تولید ماده خشک در واحد سطح است. اثرات متقابل تیمار کود شیمیایی فسفره و قارچ مایکوریزا بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری داشت (جدول یک). به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه از تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار مایکوریزا، (P_2M_2) با ۴۸۶۷/۸ کیلوگرم درهکتار به‌دست آمد که نسبت به آخرین رتبه آماری بر اساس جدول مقایسه میانگین (P_1M_1) با ۳۶۸۵/۸ کیلوگرم در هکتار افزایش ۲۵ درصدی داشت که نشانگر اهمیت وجود فسفر کافی در گیاه در طی دوران رشد است (جدول دو). نتایج نشان داد کاربرد مایکوریزا و کود شیمیایی فسفره به علت نقشی که در رشد ریشه و تسهیل جذب فسفر و روند مثبتی که در دوره زایشی داشته، توانسته تاثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. به‌نظر می‌رسد با افزایش میزان کلروفیل در سطح سبزینه برگ میزان فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و اختصاص آن به اندام‌های زایشی افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه گردید. چنانچه نتایج این تحقیق نشان داد زمانی که فراهمی فسفات قابل دسترس خاک برای گیاه بیش از حد مورد نیاز است، آندوفیت قارچی زاید و غیر ضروری می‌گردد، بنابراین قارچ می‌تواند صرفا یک پارازیت باشد و باعث شود که کربن در

گیاهان تخلیه شده و عملکرد کاهش می‌یابد که در تیمارهای مصرف کاربرد مایکوریزا و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفره این مساله مشهود است. در این بررسی در برخی تیمارها، افزایش فسفر باعث کاهش فعالیت میکوریزا گردید، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت فعالیت مایکوریزا مستقل از فسفر خاک نیست. با توجه به نتایج، سطح دوم میکوریزا و کود شیمیایی فسفره با بیش‌ترین تاثیر از طریق جذب بهتر فسفر از خاک بر اجزای عملکرد تاثیر معنی‌داری داشت و بالطبع آن میزان عملکرد دانه را افزایش داد. در واقع می‌توان گفت میکوریزا به‌علت تسهیل کنندگی جذب فسفر قابل تبادل و بالطبع آن نیتروژن موجود در خاک موجب جذب بهتر فسفر و نیتروژن رشد ریشه افزایش یافته و موجب افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین می‌شود همچنین گیاه از رطوبت به‌طور کارآمد استفاده می‌کند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). با افزودن مایکوریزا و کاهش pH ترکیبات فسفره به سهولت جذب گیاه می‌شود و با پوشاندن سطوح ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم توسط آن‌ها و کاهش تثبیت فسفات خاک، قابلیت جذب آن افزایش می‌یابد. همچنین تغییر در اندازه و مرفولوژی خارجی و داخلی ریشه‌ها به‌دلیل تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعی از خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصرغذایی و آب افزایش یافت، در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیش‌تر شدکه با نتایج زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 2004) مطابقت دارد.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم و محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد دانه و صفات وابسته

Table2. Interaction effects of phosphor mycorhiza on grain yields and its component

فسفر Phosphor	مایکوریزا Mycoriza	دانه در ردیف Grain per row(N.o)	ردیف دانه در بلال Row per cob(N.o)	وزن هزار دانه T.G.W (gr)	عملکرد دانه GY (kg.ha)	عملکرد بیولوژیک B.Y (kg.ha)	درصد فسفر Phosphor percentage (%)
P_1	M_1	14.3^{c}	13.2^{d}	234.3^{d}	3685.8^{c}	10857.6^{d}	0.296 ^{e}
	M_2	17.3^{b}	17.9^{c}	247.8^{cd}	4124.8^{b}	14382.96 ^{b}	0.348^{c}
	M_3	19.4^{b}	20.4^{bc}	256.4c	4378.4^{ab}	15216.9 ^{ab}	0.371 ^{ab}
P_2	M_1	17.2^{b}	18.6^{c}	262.8^{bc}	3987.6^{bc}	12673.9 ^{c}	0.308^{de}
	M_2	23.8^{a}	27.8^{a}	289.8^{a}	4876.8^{a}	15746.8 ^{a}	0.367 ^{b}
	M_3	24.8^{a}	26.9^{a}	281.3^{ab}	4796.8^{a}	15587.69^{a}	0.383 ^{a}
P_3	M_1	18.4^{b}	21.6^{bc}	264.8^{bc}	4194.7^{b}	14731.8 ^{b}	0.326 ^{d}
	M_2	21.7^{ab}	24.7^{ab}	280.6^{ab}	4669.3^{ab}	15284.6 ^{ab}	0.371 ^{ab}
	M_3	23.6^{ba}	23.3^{b}	273.9^{b}	4539.3^{ab}	15411.6 ^{ab}	0.376 ^{ab}
P_4	M_1	19.7^{b}	22.8^{b}	269.3^{bc}	4365.3^{ab}	15172.6 ^{ab}	0.331 ^{cd}
	M_2	21.4^{ab}	23.7^{b}	278.4^{ab}	4671.6^{ab}	15411.8 ^{ab}	0.372 ^{ab}
	M_3	22.9^{ab}	22.6^{b}	270.6^{bc}	4541.6^{ab}	15341.18 ^{ab}	0.369 ^{ab}

میانگین‌های مندرج در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter in each column have not statistically significant difference

p_1 :۲۵٪ کود شیمیایی فسفره. p_2: ۵۰٪ کود شیمیایی فسفره. p_3: ۷۵٪ کود شیمیایی فسفره. P_4: ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفره. M_1: عدم مصرف میکوریزا. M_2: کاربرد ۶۰ کیلوگرم میکوریزا. M_3: کاربرد ۶۰ کیلوگرم میکوریزا .

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر هر دو عامل مورد آزمایش قرار گرفت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک از تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا با متوسط ۱۵۷۴۶/۸ کیلوگرم درهکتار حاصل گردید که با تیمارهای مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا و مصرف ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۱۲۰ و۶۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشتند و همگی در کلاس آماری a جای گرفتند (جدول دو).

ماتریس ضرایب همبستگی در شرایط تامین عناصرغذایی نشان دهنده وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و سرعت پر شدن دانه است بدین ترتیب تاثیر مستقیم وجود عناصر غذایی کافی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از طریق اجزای عملکرد دانه به‌ویژه سرعت پر شدن دانه اعمال می‌گردد (Lauer, 2003). در این پژوهش نیز کاربرد میکوریزا در مقابل شاهد در شرایط مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی فسفره، توانست مانع کاهش عملکرد بیولوژیک شود شاید دلیل این مساله جذب بیش‌تر فسفر و عناصرمعدنی توسط دانه بود که سبب افزایش سطح برگ و افزایش زیست توده گردید و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گشت. شاید بتوان دلیل آن را آزاد شدن تدریجی فسفر در طول دوره رشد حتی در اواخر رشد دانست که بر رشد اندام‌های هوایی و توسعه و تقسیم سلول و تسهیم آن‌ها در پر شدن دانه و افزایش تعداد دانه اثر مثبت دارد. کاربرد میکوریزا و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره، باعث افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار عدم کاربرد میکوریزا و ۵۰ درصد کود فسفره شد که نشان‌دهنده اهمیت میزان فسفر و تجمع آن در گیاه می‌باشد. زیرا با دسترسی گیاه به فسفر کافی طول ریشه افزایش یافت و جذب آب و مواد معدنی تسهیل گردید، این امر باعث شکل‌گیری کانوپی گیاه شده و فتوسنتز به‌خوبی صورت گرفت و آسیمیلات‌های تولیدی جهت نگهداری کانوپی و ذخیره در دانه به‌کار رفت، بدین ترتیب در این تیمار عملکرد بیولوژیک افزایش نشان داد. لازم بذکر است که در تمامی تیمارهایی که میکوریزا مصرف گردید افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد که در سطح چهارم کود شیمیایی فسفره میزان عملکرد بیولوژیک کاهش یافت، علت این امر، کاهش فعالیت میکوریزا بود که در این حالت فقط به عنوان مصرف‌کننده کربن آلی گیاه عمل کرده و باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شد، از آن‌جا که مقدار مصرف فسفر از اهمیت خاصی برخوردار است بنابراین استفاده کم‌تر از کود شیمیایی فسفره به‌همراه میکوریزا، حصول بالاتر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در پی دارد. ساندرا و همکاران (Sandra *et al.*, 2004) نیز میزان کاهش کودهای شیمیایی فسفره را با کاربرد میکوریزا ۵۰ تا ۷۵ درصد گزارش نمود که با نتایج این تحقیقات مطابقت دارد.

درصد فسفر دانه

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل مصرف کود شیمیایی فسفره و میکوریزا بر درصد فسفر دانه تاثیرگذار بود و اختلافات به‌وجود آمده در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). بالاترین درصد فسفر از تیمار ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی فسفره و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار میکوریزا با ۰/۳۸۳ درصد به‌دست آمد و تیمار ۲۵ درصد مصرف کود شیمیایی فسفره و شاهد با ۰/۲۹۶ درصد کم‌ترین میزان را به‌دست آورد و در کلاس آماری e جای گرفت (جدول دو). ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 2003) ابراز داشتند که بین کود شیمیایی فسفره مصرفی با میزان فسفر رابطه مثبتی وجود دارد و این عناصر قادرند اثر کود فسفره را افزایش دهند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بالاترین میزان درصد فسفر از تیمار مصرف ۱۲۰

کیلوگرم در هکتار میکوریزا و مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کاربرد میکوریزا و سایر تیمارهای کودی به کار رفته مشاهده نگردید علت را می‌توان چنین بیان نمود که در حضور ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره، میکوریزا فعال بوده و توانسته با افزایش رشد طولی و گسترش عرضی حجم ریشــه میزان عناصر غذایی بیش‌تری را جذب نموده و تا آخر دوره رشد زایشی در اختیار گیاه قرار دهد با افزایش میزان دسترسی به فسفر در انتهای دوره رشدی، فسفر از ساقه به دانه منتقل شده و در نهایت میزان فسفر دانه افزایش داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق به‌نظر می‌رسد که با مصرف قارچ مایکوریزا میزان کود شیمیایی فسفره به نصف تقلیل یافت. از نتایج تحقیق مشخص گردید در حضور فسفر زیاد موجود در خاک قارچ میکوریزا به‌صورت پارازیت درآمده و کارایی لازم را از دست می‌دهد و به جای آزادسازی و جذب فسفر و نیتروژن به‌صورت مصرف کننده کربن در می‌آید و به همین دلیل عملکرد در این تیمارها کاهش یافت. بنابر نتایج حاصله در کرت‌های حاوی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفره توصیه شده به‌علت بالا رفتن فسفر خاک و در کرت‌های شاهد (بدون مصرف مایکوریزا) به علت پایین بودن منابع آلی جهت فعالیت ریزسازواره‌ها، این باکتری‌ها دارای کارایی پایین‌تری می‌باشند. طبق نتایج استفاده از قارچ میکوریزا به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره توصیه می‌شود.

منابع

References

پورموسوی، م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا.، بصیرانی، ن. و جنوبی، پ. ۱۳۸۸. تاثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی سویا در شرایط تنش خشکی. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۰، شماره یک.

علی اصغرزاده، ن. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تلقیح سویا با قارچ‌های میکوریزا VA و باکتری ریزوبیوم بر روی رشد و جذب عناصر غذایی در چند خاک اطراف کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

مجدنصیری. ع.، احمدی، س. ۱۳۷۹. ارزیابی اثر کم آبیاری بر روی مراحل مختلف رشد رویشی، زایشی و پر شدن دانه در ذرت دانه‌ای KSC 647. مجله علمی – پژوهشی پژوهش و سازندگی.

میرانصاری مهابادی، م.ر.، رمضان‌پور، م.ر.، رجالی، ف. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۴. استفاده از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار جهت بهبود شرایط رشد ذرت در یک خاک متراکم. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ص۹۵.

نادیان، ح.، جعفری، س. و ناصری، ع. ع. ۱۳۸۲. اثر همزیستی میکوریزایی بر روی عملکرد کمی و کیفی گیاه نیشکر. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران . ص ۱۰۳.

نادیان، ح. ۱۳۷۷. نقش میکوریزا در کشاورزی پایدار. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermin composts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bio resource Technol. 93: 145-153.

Bajji, M., Lutts, S., and Kinet, J.M. 2001. Water deficit effect on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat cultivars performing differently in arid condition. Plant Science. 160:669-681.

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza. 16: 485-494.

Ghazi, A.K., and Zak, B.M. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of carbuncular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in Artemisia annua L. Mycorrhiza. 17:581-587.

Klironomos, J. 2000. Host-specificity and functional diversity among arbuscular mycorrhizal fungi. Department of Botany, University of Guelph. Ontario N1G2W1. Plant-Microve Interactions.

Lauer, J. 2003. What happen with in the corn plant when drought occurs? Wisconsin Crop Manager .10(22): 225 – 228.

Marchner, H., and Dell, B. 2004. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159: 89-102.

Mukerji, K.G., and Chamola, B.P. 2003. Compendium of mycorrhizal research. A. P. H. Publisher. New Delhi. p. 310.

Pamella, A., Steven, C.S. 2002. Inorganic phosphate solubilization by rhizospher in a zostera Marin community .Canadian Journal of Micro biology, 28: 605 – 610.

Perry, T.W., Rhykerd, C.L., Holt, D.A., and Mayo, H.H. 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. Journal of Animal Science 34: 642-646.

Reddy, P.S., Rao, S.S., Venkataramana, P., Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to VAM and Azotobacter biofertilizers inoculation. Indian Journal of plant physiology, 8(2), 171-174.

Sandra, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2004. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcance suger yields. Field Crop Res. 77: 43- 49.

Sharma, R.A., Parma, B.B. 2004. Influence of biofertilizers and indigenonus sources of nutrients on nutrient uptake and productivity of rain fed barley. Crop –Research –Hisar, 13: 1 13- 18:3 ref.

Sherif, L.M., Eshmawiy, K.H., Ghareeb, N.A., and Mohhamed, K.A. 2012. An Analytical economic of the corn crop at the World level. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6(30): 734-740.

Walton, G., Medham, N., Robertson, M., and, Potter, T. 2002. Phenology, Physiology and Agronomy. Astralian Journel of Agricltural Research 59: 1425-39.

Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting Rhizo bacteria on yield and yield components of corn. Inter. J. Biol. Life Sci. 1:2.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81:97-168.