نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۴۰-۳۳

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 1, Spring 2012, p. 33-40

بررسی غلظت عناصر معدنی پرمصرف در ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰٤) تحت تأثیر تلقیح قارچ میکوریزی و *Azotobacter chroococcum* در سطوح مختلف نیتروژن

محسن امیرآبادی[1*]، محمد سیفی[1]، فرهاد رجالی[2] و محمد رضا اردکانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

نیتروژن و فسفر دو عنصر مورد نیاز و ضروری برای گیاهان می‌باشند که رشد و عملکرد گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کمبود این مواد معدنی در خاک در حال حاضر معمولاً با کاربرد کودهای شیمیایی جبران می‌شود. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی به عنوان کودهای بیولوژیک و نیتروژن (اوره) به عنوان کود شیمیایی انجام شد. اثر سه عامل شامل باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (تلقیح شده و نشده)، قارچ میکوریزی (تلقیح شده و نشده) و نیتروژن (اوره) (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر غلظت عناصر معدنی نیتروژن، فسفر، سدیم، پتاسیم،کلسیم، درصد پروتئین در اندام‌های هوایی گیاه و عملکرد ماده خشک با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* به جز پتاسیم به طور معنی‌داری سایر صفات مطالعه شده را تحت تأثیر قرار داد. تأثیر کاربرد قارچ میکوریزی فقط در مورد افزایش میزان عناصر پتاسیم، سدیم، نیتروژن و پروتئین معنی‌دار بود. اثرات متقابل عوامل باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی (کاربرد توأم دو ترکیب) بیشترین تأثیر افزایشی را روی صفات نیتروژن، سدیم، پروتئین و عملکرد ماده‌خشک داشت. به همین دلیل می‌توان به منظور جلوگیری از آلایندگی خاک‌های کشاورزی و منابع آبی به کودهای شیمیایی نیتروژنه و سلامت محیط زیست، کاربرد باکتری ازتوباکترکروکوکوم به تنهایی ویا توأم با قارچ میکوریزی و همچنین به همراه مصرف ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، جذب، کود بیولوژیک، مایه تلقیح

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) همانند سایر گیاهان برای رشد مطلوب و عملکرد مناسب نیازمند به جذب عناصر معدنی مختلفی می‌باشد. نیتروژن در گیاهان به منظور ساختن اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و به دام انداختن نور توسط کلروفیل، فسفر در ساختمان RNA و DNA برای ساختن سلول‌های زنده موجود و برای انتقال انرژی، پتاسیم برای انتقال قندها و کربوهیدرات‌ها در گیاه وکلسیم نیز برای ساختمان دیواره سلولی گیاهان و رشد ریشه نیاز می‌باشند (Meyer & Wood, 1994). کمی کارایی نیتروژن به دلیل هدررفت آن از طریق نیترات زدایی، آبشویی، خروج نیتروژن از گیاه و تصعید آمونیوم می‌باشد. این هدررفت منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌گردد. از دیدگاه اقتصادی لازم است تا کارایی نیتروژن افزایش یابدکه در آن صورت حفظ محیط زیست نیز حاصل خواهد شد. یکی از راه‌های تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، تلفیق استفاده از کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک می‌باشد. از معروف‌ترین کودهای بیولوژیک می‌توان به مایه تلقیح‌های حاوی *ازتوباکتر* و فراورده‌های بیولوژیک حاوی قارچ میکوریز آرباسکولار اشاره کرد (Amirabadi et al., 2006). بِهل و همکاران (Behl et al., 2006) گزارش نمودند که کاربرد *ازتوباکتر* عملکرد دانه، تعداد پنجه،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت، اراک، ایران، استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور و استاد دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت، کرج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: E-mail: amirabadimohsen@yahoo.com)

عملکرد ماده خشک، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در گندم (*Triticum aestivum* L.) به طور معنی‌داری افزایش داد. در تحقیق دیگری، نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی، تأمین فسفر برای ریشه گیاه عنوان شده است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌هایی با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند (Turk et al., 2006). عناصری چون مس، روی، گوگرد، کلسیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن، توسط قارچ‌های میکوریزی از خاک جذب و به گیاه میزبان انتقال می‌یابد (Smith et al., 1997). در آزمایشی که روی ذرت صورت گرفت مشخص شد که در اندام هوایی گیاهان میکوریزی رشد یافته بر روی خاک اسیدی در مقایسه با خاک قلیایی، غلظت‌های فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، مس و سیلیسیم کمتر بوده و غلظت‌های منگنز، آهن، و روی بیشتر بودند (Clark & Zeto, 1996). موهانداس (Mohandas, 1987) گزارش نمود که گوجه فرنگی‌هایی (*lycopersicum esculeutum* L.) که با باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ های میکوریزی تلقیح شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که با هر یک از این دو میکروارگانیسم به تنهایی تلقیح شده بودند رشد بیشتری داشتند و از نظر ذخیره فسفر و نیتروژن غنی‌تر بودند. استفاده از قارچ میکوریزی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشت، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافته است (Ortus & Harris, 1996). اثر متقابل بین قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* و باکتری‌های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum brasilense* بر رشد و تغذیه گیاه زیتون تلخ (*Azadirachat indicia* L.) نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزی به همراه *ازتوباکتر* موجب افزایش زیست توده و جذب نیتروژن و فسفر شد (Sumana & Bagyaraj, 2002). قارچ‌های میکوریزی به دلیل دارا بودن هیف‌ها ومیسیلیوم‌های خود نواحی جذب مواد غذایی را در سیستم ریشه‌ای افزایش می‌دهند (Hernandes et al., 1994).

بدین ترتیب، هدف از این تحقیق بررسی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک تولید شده در داخل کشور، شامل قارچ میکوریزی و کود زیستی *ازتوباکتر*، به تنهایی و یا همراه با هم در سطوح مختلف نیتروژن، در مقیاس مزرعه‌ای بر عملکرد کمی و جذب برخی از عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمینی به مساحت ۲۵۰۰ متر مربع به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ۴۸ کرت آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی اراک در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ به اجرا در آمد. در این آزمایش اثر عوامل قارچ میکوریزی *Glomus intraradices* در دو سطح (با و بدون استفاده از مایه تلقیح قارچ)، *ازتوباکتر Azotobacter chroococcum* در دو سطح (با و بدون استفاده از کودزیستی *ازتوباکتر*) و نیتروژن از منبع (اوره) در چهار سطح (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره درهکتار)، روی غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، درصد پروتئین و عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. مایه تلقیح‌های استفاده شده در این تحقیق، از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با ترکیبات بیولوژیک مذکور تلقیح شدند. جهت باقی نگهداشتن اندام‌های فعال قارچ و سلول باکتری روی بذرها از محلول ۲۰ درصد شکر غلیظ شده و صمغ عربی به نسبت چهار به یک استفاده شد. اندام‌های فعال قارچ شامل اسپورها، هیف و قطعات ریشه‌ای حاوی وزیکول بودند که به طریقه کشت درون شیشه‌ای (Rejali et al., 2006) و با استفاده از تکثیر ریشه‌های القایی به همراه قارچ *Glomus intraradices* تهیه و با استفاده از روش شمارش با بیشترین احتمال صحت[1]، جمعیّت فعال قارچ محاسبه (Norris et al., 1992) شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزی به صورتی که به ازای هر بذر ۲۰۰ الی ۲۵۰ اندام فعال قارچی وجود داشته باشد، تهیّه شد. بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک وآب کشور مقدار دو کیلوگرم در هکتار مایه تلقیح *ازتوباکتر* مصرف گردید. مایه تلقیح *ازتوباکتر* حاوی 10^8 سلول باکتری در هرگرم ماده حامل بود که تیمارها به صورت تصادفی درکرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. عملیات آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش، بایک مرحله شخم بدون برگردان خاک و دو مرحله دیسک عمود بر هم شروع و بازدن فارو (ایجاد جوی و پشته) و ایجاد نهرهای اصلی جهت ورود آب آبیاری برای هر تکرار و نهرهای فرعی جهت خروج آب اضافی هر تکرار به صورت جداگانه پایان یافت. آزمون خاک مزرعه (جدول ۱) قبل از کشت، به منظور اطلاع از ویژگی‌های خاک و همچنین برای محاسبه مقدار کود فسفر (سوپرفسفات تریپل)، نیتروژن (اوره) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) مورد نیاز گیاه بر روی نمونه‌های مرکب تهیه شده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. کود نیتروژن (اوره) را پس از محاسبه میزان مصرف در هر کرت آزمایشی، در دو مرحله استفاده گردید. یک سوم آن را به همراه میزان کود فسفره (سوپرفسفات تریپل) و پتاس (سولفات پتاسیم) محاسبه شده به اندازه هر کرت آزمایشی توزین و درسطح کرت پخش و زیر خاک گردید، دو سوم دیگر آن نیز تا قبل از رسیدن به مرحله گلدهی به صورت سرک و به روش نواری در ردیف‌ها پخش شد.

1- Most probable number

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil experimental site

عمق (سانتی متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	فسفرقابل-دسترس P_{ava}	فسفرقابل-دسترس K_{ava}	نیتروژن-کل N_t	T.N.V	کربن آلی O.C	رس Clay	لای Loam	شن Sand	بافت خاک Soil texture
			(میلی گرم در کیلوگرم خاک) ($mg.kg^{-1}$ soil)								(درصد) (%)				
30	0.9	8.2	5.48	0.72	1.58	16.1	8.8	245	0.03	16	0.35	30	20	50	لومی رسی شنی sandy/clay/loam

در هر کرت چهار خط کاشت و یک خط نکاشت بین کرت‌ها در نظر گرفته شد که طول هر خط کاشت هشت متر بود. فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی خط کاشت ۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۸۸۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. عملیات کاشت پس از تلقیح بذرها با مایه تلقیح (باکتری *ازتوباکتر*کروکوکوم و قارچ میکوریزی) انجام پذیرفت. تنک کردن طی یک مرحله (مرحله ۵-۴ برگی) انجام پذیرفت و در مرحله ۸-۷ برگی نیز ضمن مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز پای بوته‌ها نیز خاک داده شد. نمونه-برداری‌ها به صورت تصادفی بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای کرت در مرحله خمیری دانه‌ها با برداشت ده بوته کف برشده، شامل ساقه، برگ، بلال و تاسل از هر کرت صورت پذیرفت. اندام‌های هوایی پس از توزین به مدت ۱۰ روز در سایه قرار داده شدند. پس از این مدت بوته‌ها مجدداً برای تعیین وزن هوا خشک توزین و سپس به طور کامل آسیاب شدند. پس از تهیه و مخلوط کردن نمونه‌های متوالی (جهت یکنواخت سازی نمونه انتخابی) در نهایت یک نمونه پنج گرمی از هر کرت برداشته و در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون مجدداً توزین انجام گرفت. میزان مادهٔ خشک، با تصحیح وزن نمونه اولیه، نمونه هوا خشک و نمونه آون خشک محاسبه گردید و عملکرد بر اساس واحد سطح (تن در هکتار) گزارش شد. میزان عناصر نیتروژن بر اساس روش میکروکجلدال، فسفر بر اساس روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و کلسیم بر اساس روش تشکیل کمپلکس با EDTA، (Anonymus, 1990) در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور اندازه-گیری و تعیین شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1- تجزیه و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد نیتروژن (در کل اندام های هوایی) نشان داد که (جدول ۲) عوامل *ازتوباکتر*، میکوریزی و نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p<0/01$) در میزان نیتروژن اندام هوایی گیاه داشت. بین کاربرد و عدم کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0/01$) مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین درصد نیتروژن را (۰/۹۰۲ درصد) به خود اختصاص داده و نسبت به عدم کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. خان و زیدی (Khan & Zaidi, 2007) گزارش نمودند که کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* سبب افزایش غلظت نیتروژن (به میزان ۳۵ درصد) در اندام‌های هوایی گندم نسبت به شاهد شد. در خصوص کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲) نیز اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p\leq0/01$). در دو آزمایشی که به طور جداگانه در شرایط مزرعه روی گیاهان گوجه فرنگی و نعناع (*Mentha arvensis* L.) صورت گرفت، مشخص شد که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی دارای عملکرد و جذب عناصر غذایی بالاتری بودند (Gupta et al., 2002). اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲)، اختلاف معنی‌دار را نشان داد ($p<0/01$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک (*ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی) بیشترین درصد نیتروژن (۹۳۳ /۰درصد) و کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی کمترین میزان درصد نیتروژن (۰/۸۳۴ درصد) را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد که کاربرد قارچ میکوریزی کارایی استفاده از *ازتوباکتر* را افزایش داده که این امر باعث تثبیت بیشتر نیتروژن و جذب آن توسط گیاه گردیده است. کاربرد قارچ میکوریزی به تنهایی و یا همراه با باکتری *ازتوباکتر* کروکوکوم، میزان نیتروژن، فسفر، پتاس و کلروفیل را در گونه‌های توت(*Morus* spp.) به نحو معنی‌دار افزایش دادند (Reddy et al., 2003). محققین دلیل آن را افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ میسیلیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq0/01$) وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد (جدول ۳) که اختلاف معنی‌دار بین کاربرد سطوح مختلف نیتروژن وجود داشت و همه تیمارها از لحاظ آماری در گروه‌های متفاوت قرار گرفتند. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار

نشان نداد، ولی روند تغییرات درصد نیتروژن یک روند افزایشی بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین کاربرد *ازتوباکتر* به همراه سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) نسبت به عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* به همراه سطوح مختلف نیتروژن در گروه برتر قرار گرفت.

غلظت فسفر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس غلظت فسفر نشان داد که (جدول ۲) عوامل *ازتوباکتر* و نیتروژن تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بر غلظت فسفر در اندام‌های هوایی گیاه داشت. بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر غلظت فسفر تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت. این نتیجه بیان‌گر این مطلب است که کاربرد *ازتوباکتر* از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، رشد گیاه را افزایش داده و با افزایش رشد کلی گیاه، رشد و توسعه ریشه نیز افزایش یافته و غلظت فسفر جذب شده توسط گیاه نسبت به عدم کاربرد *ازتوباکتر* در گیاه، کاهش یافته است (Manske et al., 2000). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن، غلظت فسفر در گیاه تغییر پیدا کرده است ($p\leq$۰/۰۱). به طوریکه بیشترین غلظت فسفر را تیمار شاهد (۳۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین میزان غلظت فسفر را تیمار ۲۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک به خود اختصاص داده است. هر چه میزان نیتروژن افزایش یابد رشد رویشی گیاه و پیکره گیاه افزایش یافته و در نتیجه با افزایش میزان نیتروژن غلظت فسفر در گیاه کاهش می یابد (Waterer & Coltman, 1988). اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن نشان داد (جدول۲) که اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) از نظر تأثیر بر غلظت فسفر در گیاه وجود دارد. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) که بین کاربرد و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی در سطوح مختلف کاربرد نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد، به این صورت که بیشترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار شاهد (۳/۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک) و کمترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۲/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بدون حضور قارچ میکوریزی می‌باشد و آن به این معنی است که افزایش نیتروژن باعث رشد بیشتر گیاه می‌شود و افزایش رشد گیاه نیز باعث رقیق شدن عناصر جذب شده در گیاه می‌گردد (Sharma et al., 1998; Amirabadi et al., 2010).

درصد پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد پتاسیم (در کل اندام‌های هوایی) نشان داد که عوامل میکوریزی و نیتروژن تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) در میزان پتاسیم اندام هوایی گیاه داشت (جدول ۲). کاربرد وعدم‌کاربرد *ازتوباکتر* تأثیر معنی دار بر میزان پتاسیم نداشت. مقایسه میانگین تیماری کاربرد *ازتوباکتر* نسبت به عدم کار برد آن یک روند نزولی را نشان داد (جدول ۳). نتایج بررسی اثرات *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی در سطوح مختلف فسفر بر خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای نشان داد که کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* نه تنها تأثیر معنی‌دار بر میزان پتاسیم نداشت، بلکه سبب کاهش میزان پتاسیم در اندام های هوایی نیز شده است (Amirabadi et al., 2010) بین کاربرد و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<$۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که درصد پتاسیم با کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۷۶۹ درصد) نسبت به عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۷۱۳ درصد) افزایش یافته است. امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2010) گزارش نمودند که کاربرد قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌دار بر میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی ذرت داشت، به نحوی که کار برد آن سبب افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه شد. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول۲) اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین ها (جدول۳) نشان داد که با افزایش سطوح مختلف نیتروژن درصد پتاسیم کاهش پیدا کرده است. دلیل این امر می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در رشد گیاه باشد به نحوی که با افزایش رشد گیاه درصد پتاسیم کاهش پیدا نموده است. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظرتأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود داشت، به این صورت که بیشترین درصد پتاسیم مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* با تیمار شاهد (۰/۹۲۰ درصد) وکمترین مقدار درصد پتاسیم مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* همراه با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۶۰۹ درصد) گزارش گردید. اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پتاسیم (جدول ۲) اختلاف معنی داری نشان داد ($p\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳) به طوریکه در عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی با شاهد بیشترین درصد پتاسیم (۰/۹۱۰ درصد) و کمترین درصد پتاسیم برای ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۵۶۲ درصد) می‌باشد.

درصد کلسیم

از بین فاکتورهای مورد بررسی تنها کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد توأم قارچ میکوریزی با سطوح مختلف نیتروژن بر میزان کلسیم اثر معنی-دار ($p\leq$۰/۰۱) داشت، *به نحوی که* کاربرد *ازتوباکتر* توانست درصد کلسیم را افزایش دهد.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در اندام‌های هوایی ذرت.

Table 2 – Analysis of variance (mean of squares) of measured characteristics in shoot tissues of corn.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن N	پتاسیم K	کلسیم Ca	فسفر P	سدیم Na	پروتئین خام Crude protein	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
بلوک (R) Replication (R)	2	0.002^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.053 ^{ns}	2.504^{ns}
ازتوباکتر (A) *Azotobacter* (A)	1	0.047**	0.000 ^{ns}	0.183**	0.011**	0.003*	2.006**	13.892**
قارچ میکوریزی (M) Mycorrhiza fungi (M)	1	0.008**	0.038**	0.006 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.005*	0.025*	6.925 ^{ns}
نیتروژن(N) Nitrogen (N)	3	0.016**	0.006**	0.005 ^{ns}	0.002**	0.004 ^{ns}	0.532**	9.322**
A×M	1	0.38**	0.0135 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.003*	1.506**	0.790*
A×N	3	0.001^{ns}	0.011*	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.041 ^{ns}	2.730*
M ×N	3	0.004*	0.025**	0.106**	0.003*	0.010 ^{ns}	0.166*	5.226 ^{ns}
A × M × N	3	0.004^{ns}	0.008 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.186 ^{ns}	0.952 ^{ns}
خطا Error	30	0.001	0.030	0.135	0.001	0.021	0.039	0.949
کل Total	47	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.66	7.83	13.76	10.05	23.34	3.62	9.55

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns are significant at 5 and 1% probability levels and non- significant, respectively.

در بررسی‌های امیرآبادی و همکاران (Amirabadi et al., 2010) گزارش شده است که کاربرد تنهایی و یا توأم *ازتوباکتر* با قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌دار داشته است، به طوریکه سبب افزایش میزان کلسیم نسبت به عدم کار برد آن شده است. اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر روی کلسیم (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) نشان داد. همچنین کاربرد قارچ میکوریزی با سطوح مختلف نیتروژن یک روند افزایشی را روی درصد کلسیم نشان داد (جدول ۳).

غلظت سدیم

بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* در خصوص تأثیر بر غلظت سدیم (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین میزان غلظت سدیم (۰/۱۲ میلی‌گرم برکیلوگرم ماده خشک) را به خود اختصاص داده است و نسبت به عدم‌کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر میزان غلظت سدیم (جدول ۲) نیز اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) مشاهده گردید مقایسه میانگین بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی (۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) بیشترین میزان غلظت سدیم را به خود اختصاص داده و در گروه برتر قرار گرفته است (جدول ۳). اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر میزان غلظت سدیم (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی بیشترین میزان غلظت سدیم (۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) را به خود اختصاص داده است. بِهل و همکاران (Behl et al., 2003) گزارش نمودند که کاربرد هم‌زمان باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیستی روی گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) داشت. آنها دلایل آن را تأثیر *ازتوباکتر* در افزایش رشد ریشه‌های مویی (وجود ریشه‌های مویی فراوان که زمینه مناسبی را جهت نفوذ قارچ به درون سلول‌های ریشه فراهم می‌آورد) و افزایش رشد طولی میسیلیوم‌های قارچ و نفوذ آنها به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. پارسامطلق و همکاران (Parsa Motlagh et al., 2011) نیز گزارش نمودند که قارچ‌های میکوریزا بدلیل افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود غلظت عناصر را در اندام-

های هوایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به دنبال داشت.

درصد پروتئین

مقایسه میانگین بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و تأثیر آن روی درصد پروتئین (جدول ۳) اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) را نشان داد، به نحوی که *ازتوباکتر* درصد پروتئین را از ۵/۲۴۴ درصد به ۵/۶۵۳ درصد افزایش داد. کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزی و تأثیر آن روی درصد پروتئین نیز (جدول ۲) نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود، به طوریکه کاربرد قارچ میکوریزی درصد پروتئین را از ۵/۳۷۶ درصد به ۵/۵۲۱ درصد افزایش داد (جدول ۳). اثر متقابل قارچ میکوریزی و *ازتوباکتر* تأثیر معنی‌داری را روی درصد پروتئین نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار کاربرد توأم *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی بیشترین درصد پروتئین را به خود اختصاص داد و از لحاظ آماری در گروه اول قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف نیتروژن نشان داد (جدول ۲) که بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر درصد پروتئین اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت، به طوریکه بیشترین درصد پروتئین برای ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (۵/۸۶۲ درصد). اثر متقابل قارچ میکوریزی و نیتروژن از نظر تأثیر بر روی درصد پروتئین (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزی در سطوح مختلف نیتروژن از نظر درصد پروتئین سیر صعودی داشت، ولی بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بدون کاربرد قارچ میکوریزی بود (۵/۹۰۷ درصد) و کمترین مقدار درصد پروتئین برای سطح اول کاربرد نیتروژن (شاهد) و عدم‌کاربرد قارچ میکوریزی حاصل شد.

عملکرد ماده خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک (جدول ۲) نشان داد که عوامل ازتوباکتر، نیتروژن، اثر متقابل کاربرد توأم *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی و اثر متقابل نیتروژن و *ازتوباکتر* تأثیر معنی‌داری روی میزان عملکرد ماده خشک داشته است. بین کاربرد و عدم کاربرد *ازتوباکتر* از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین مقدار تولید ماده خشک را (۱۳/۸۰۰ تن در هکتار) به خود اختصاص داد و نسبت به عدم کاربرد آن در گروه برتر قرار گرفت. بِهل و همکاران (Behl et al., 2006) اظهار داشتند که *ازتوباکتر* از طریق تولید فاکتورهای مؤثر در رشد باعث افزایش رشد، درصد جوانه‌زنی و توسعه تارهای کشنده ریشه در گندم شد، از این‌رو، *ازتوباکتر* نه تنها در تثبیت نیتروژن سهیم شد، بلکه با تولید تنظیم‌کننده‌های رشد مانند جیبرلین، اکسین و سیتوکینین تأثیرات سودمندی را روی رشد و افزایش عملکرد گندم اعمال نمود. نتایج مطالعه وانی و همکاران (Wani et al., 2007)، افزایش قابل توجه رشد گیاهان و عملکرد دانه در بقولات توسط باکتری‌های افزاینده رشد مانند حل‌کننده‌های فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی را تأیید می‌نماید. در این بررسی به نظر می‌رسد که *ازتوباکتر* از طریق مکانیسم‌های ذکرشده موجب افزایش جذب برخی از عناصر و توسعه سطوح فتوسنتزکننده شده و گیاه مواد پرودهٔ تولید شده را به اندام‌های زایشی اختصاص داده و در نهایت عملکرد افزایش پیدا کرده است. بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک (جدول ۲) اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که با افزایش سطح کود نیتروژن مصرف شده عملکرد ماده خشک نیز افزایش یافته است، به طوریکه کاربرد ۳۰۰ کیلو گرم نیتروژن (اوره) بیشترین عملکرد ماده خشک را به خود اختصاص داد و از نظر آماری در گروه برتر قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که با تغذیه مناسب کودی گیاه توانسته است با افزایش سطوح فتوسنتز کننده خود و با استفاده بهینه از شرایط محیط تولید مواد فتوسنتزی را بالا ببرد و در نهایت در اندام‌های هوایی گیاه ذخیره شده و عملکرد ماده خشک افزایش یابد. اثر متقابل *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی از نظر تأثیر بر درصد نیتروژن (جدول ۲)، اختلاف معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم ترکیبات بیولوژیک (*ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی) بیشترین عملکرد ماده خشک (۱۵/۱۳۵ تن در هکتار) نسبت به شاهد و یا کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که کاربرد قارچ میکوریزی کارایی استفاده *ازتوباکتر* را افزایش داده و باعث تثبیت بیشتر نیتروژن و جذب آن توسط گیاه گردیده است (Amirabadi et al., 2010). فارس (Fares, 1997) طی مطالعه خود گزارش نمود که تلقیح گندم با سه نوع کود بیولوژیک *ازتوباکتر*، ریزوبیوم و قارچ میکوریزی به همراه کاربرد کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) موجب بیشترین عملکرد بیولوژیکی و دانه شد. خان و زیدی (Khan & Zaidi, 2007) اظهار داشتند که کاربرد همزمان مایه تلقیح *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی *گلوموس فاسیکولاتوم* (*Glomus fasciulatum*) سبب افزایش جمعیت فعال باکتری *ازتوباکتر* در ریزوسفر ریشه و همچنین سبب افزایش رشد گیاه، عملکرد دانه، آلودگی ریشه، میزان ماده خشک، میزان پروتئین دانه، جذب نیتروژن و فسفر در گندم شد. اثر متقابل *ازتوباکتر* و نیتروژن از نظر تأثیر بر عملکرد ماده خشک اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) را نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کاربرد و عدم‌کاربرد *ازتوباکتر* و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳) به این صورت که بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به کاربرد *ازتوباکتر* با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین عملکرد

ماده خشک به شاهد اختصاص داشت. هرچند کاربرد *ازتوباکتر* وسطوح چهارم کودی (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بیشترین مقدار ماده خشک را تولید نموده است، امّا اختلاف معنی‌دار با تیمار کاربرد *ازتوباکتر* و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار ندارد و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفته است. به همین دلیل می‌توان به منظور جلوگیری از آثار مخرب زیست محیطی کودهای شیمیایی نیتروژن و سلامت محیط زیست کاربرد *ازتوباکتر* به همراه مصرف ۱۵۰ کیلو گرم نیتروژن (اوره) را توصیه نمود.

نتیجه‌گیری

کاربرد *ازتوباکتر* بر غلظت عناصر معدنی مانند سدیم، درصد نیتروژن، درصد پروتئین و درصد کلسیم در اندام‌های هوایی و عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود. قارچ میکوریزی با توجه به کمک در جذب و تسریع در تثبیت نیتروژن توسط گیاه در بالا بردن غلظت عناصر معدنی همچون سدیم، درصد پتاسیم، درصد نیتروژن و درصد پروتئین در اندام‌های هوایی تأثیر معنی‌داری داشت. کاربرد سطوح مختلف نیتروژن توانست بر غلظت عناصر معدنی مانند فسفر و درصد پتاسیم، درصد پروتئین و درصد نیتروژن و عملکرد ماده خشک اثر معنی‌دار داشته باشد. با توجه به مصرف بی رویه کودهای نیتروژن و نیز با توجه به آلاینده بودن آبی و خاکی کودهای شیمیایی نیتروژنه و نیز محدود بودن منابع نیتروژن، می‌توان توصیه نمود که جهت استفاده از منابع نیتروژن غیر قابل دسترس گیاه در سیستم‌های زراعی، کاربرد باکتری *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزی مد نظر قرار گیرد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل سطوح نیتروژن و تلقیح با میکوریزا برای غلظت عناصر معدنی فسفر، سدیم، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، درصد پروتئین و عملکرد ماده خشک در اندام‌های هوایی ذرت

Table 3– Comparing mean of main and interaction effects of nitrogen levels and inoculation with mycorrhiza on concentration of P, Na, N, K, Ca, percent crude protein and dry mater yield in corn shoot tissues

عملکرد ماده خشک Dry matter yield	فسفر P	سدیم Na	پروتئین خام Crude protein	کلسیم Ca	پتاسیم K	نیتروژن N	تیمار Treatment
(تن در هکتار) (t. ha^{-1})	(گرم در کیلو گرم مادهٔ خشک) (g. kg^{-1} dry matter)				(درصد) (%)		
12.630 b	0.320 a	0.100 b	5.244 b	0.425 b	0.743 a	0.839 b*	A_0
13.800 a	0.290 b	0.120 a	5.653 a	0.549 a	0.738 a	0.902 a	A_1
12.925 a	0.280 a	0.100 b	5.376 b	0.498 a	0.713 b	0.858 b	M_0
13.135 a	0.290 a	0.120 a	5.521 a	0.476 a	0.769 a	0.884 a	M_1
12864 d	0.32 a	0.100 b	5.277 c	0.569 a	0.704 c	0.84 c	A_0M_0
13.212 c	0.320 a	0.110 b	5.211 c	0.528 a	0.783 a	0.834 c	A_0M_1
13.926 b	0.310 a	0.100 b	5.276 b	0.426 b	0.722b c	0.871 b	A_1M_0
15.135 a	0.28 b	0.140 a	5.830 a	0.424 b	0.755 ab	0.933 a	A_1M_1
12.500 cd	0.370 a	0.130 a	5.059 d	0.524 a	0.877 a	0.810 d	N_0
12.970 c	0.330 b	0.110 a	5.272 c	0.489 ab	0.768 b	0.844 c	N_1
13.565 b	0.290 c	0.110 a	5.601 e	0.477 ab	0.686 c	0.891 b	N_2
14.410 a	0.240 d	0.110 a	5.862 a	0.458 b	0.633 d	0.938 a	N_3
12.220 ef	0.370 a	0.120 ab	4.820 e	0.574 a	0.834 b	0.772 e	A_0N_0
13.400 cd	0.340 ab	0.090 b	5.107 d	0.550 ab	0.783 bc	0.817 d	A_0N_1
13.705 c	0.320 b	0.100 ab	5.333 cd	0.533 ab	0.700 de	0.854 cd	A_0N_2
14.110 b	0.270 c	0.110 ab	5.716 b	0.537 ab	0.658 ef	0.915 b	A_0N_3
12.312 d	0.370 a	0.140 a	5.298 cd	0.473 bc	0.920 a	0.848 cd	A_1N_0
13.780 c	0.320 b	0.120 ab	5.437 c	0.429 cd	0.753 cd	0.870 c	A_1N_1
14.650 ab	0.260 c	0.120 ab	5.869 ab	0.420 cd	0.672 ef	0.929 ab	A_1N_2
15.350 a	0.220 d	0.110 ab	6.007 a	0.379 d	0.609 f	0.961 a	A_1N_3
12.720 ef	0.390 a	0.120 ab	4.861 f	0.596 a	0.910 a	0.778 f	M_0N_0
12.925 e	0.350 b	0.120 ab	5.128 e	0.525 ab	0.745 cd	0.821 e	M_0N_1
13.432 cd	0.290 cd	0.090 b	5.610 bc	0.463 bc	0.633 e	0.888 c	M_0N_2
13.902 b	0.230 e	0.090 b	5.907 a	0.407 c	0.562 f	0.945 a	M_0N_3
13.309 cd	0.350 b	0.140 a	5.258 de	0.452 bc	0.843 e	0.842 de	M_1N_0
13.650 c	0.310 bc	0.090 ab	5.416 cd	0.453 bc	0.790 bc	0.867 cd	M_1N_1
14.000 ab	0.290 cd	0.130 a	5.592 bc	0.490 b	0.738 cd	0.895 bc	M_1N_2
14.450 a	0250 de	0.130 a	5.816 ab	0.509 b	0.705 d	0.931 ab	M_1N_3

A_1 و A_2: به ترتیب با و بدون تلقیح با *ازتوباکتر* — M_1 و M_2: به ترتیب با و بدون تلقیح با میکوریزا

A_1 and A_2 are with *Azotobacter* inoculation — A_1 and A_2 are with Mycorrhiza inoculation

N_0، N_1، N_2 و N_3: به ترتیب صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

N_0, N_1, N_2 and N_3 are application of 0, 75, 150 and 300 kg.ha^{-1}

*میانگین های دارای که حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*Means in each a column with no common superscript differ significantly (P≤0.05).

منابع

1- Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejaji, F., and Mohsen, B. 2006. Determinate of efficiency of mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* under different levels of phosphorus on quantitative and qualitative characteristics of forage maize (SC 704). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Brojerd Branch, Iran. (In Persian with English Summary)

2- Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejaji, F., and Mohsen, B. 2010. Effects of *Azotobacter chroococcum* and mycorrhizal fungus at different levels of phosphorus on qualitative and morphological characteristics of forage maize (K S C 704). Iranian Journal of Soil and Water Research 41(1): 49- 56. (In Persian with English Summary)

3- Anonymus. 1990. AOAC. Official Method of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC 201 pp.

4- 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(1): 123-133.

5- Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., and Singh, K.P. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Archives of Agronomy and Soil Science 49: 25–31.

6- Clark, R.B., and Zeto, S.U. 1996. Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biology. Biochemical 28(10–11): 1495–1503.

7- Fares, C.N. 1997. Growth and yield of wheat plants as affected by biofertilization with associative, symbiotic N2-fixers and endomycorrhizae in the presence of different P-fertilizers. Annals of Agricultural Science Cairo 42(1): 51–60.

8- 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(2): 77-79.

9- Hernandez, M., Pereira, M., and Tang, M. 1994. Use of microorganisms as biofertilizers in tropical crops. Pastos-y-Forrajes 17(2): 183-192.

10- 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. Agricalture and Forestry 31(6): 355-362.

11- Manske, G.B., Luttger, A., Behl, R.K., Vlek, P.G., and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growh by *Azotobacter chroococcum* in wheat. Plant Breeding 13(2): 78–83.

12- Meyer, J.H., and Wood, R.A. 1994. Nitrogen management of sugar cane in south Africa. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technolgists 93-104 pp.

13- Mohandas, S. 1987. Field response of tomato *(Lycopericon esulentum* Mill. "Pusa Ruby") to inoculation with a VA mycorrhizal fungus *Glomns fasiculatum* with *Azoiobacler vinelandii.* Plant and Soil 98(2): 295-297.

14- Norris, J., Read, D., and Varma, A. 1992. Techniques for the study of mycorrhiza. Academic Press, New York 933 pp.

15- Ortus, I., and Harris, P.J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil 184(2): 225-264.

16- Parsa-Motlagh, B., Mahmoodi, S., Sayyari-Zahan, M.H., and Naghizadeh, M. 2011. Effect of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. Agroecology 3(2): 233-244. (In Persian with English Summary)

17- Reddy, P.S., Rao, T.V.S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to Vesicular arbusclar mycorrhizal and *Azotobacter* biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171–174.

18- Rejali, F., Alizadeh, A., Salehrastin, N., Malakouti, M.J., Khavazi, K., and Asgharzadeh, A. 2006. In vitro preparation and reproduction of inoculant of *Glomus intraradices*. Iranian Journal of Soil and Water Sciences 20(2): 273-283.

19- Sharma, S.D., and Bhutan, V.P. 1998. Response of apple seedlings to VAM. *Azotobacter* and inorganic fertilizers. Horticultural Journal 11(1): 1-8.

20- Smith, S.E., Nicholas, D.J.D., and Smith, A.F. 1997. Effect of early mycorrhizal infection on nodulation and nitrogen fixation in *Trifolium subterraneum*. Australin Journal in Plant Physiology 6(2): 305-316.

21- 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* and *A. Juss*). Indian Journal of Microbiology 42(4): 295–298.

22- Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. World Journal Agriculture Science 2(1): 16–20.

23- Wani, P.A., Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field grown chickpea. Journal Plant Nutrition. Soil Science 170(2): 283-287.

24- Waterer, D.R., and Coltman, R.R. 1988. Phosphorus concentration and application interval influence growth and mycorrhizal infection of tomato and onion transplants. Journal of the American Soceieti for Horticaltuher Sciences 113(5): 704 –708.