نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۲۷۱-۲۶۳

Agroecology
Vol. 5, No. 3, Fall 2013, p. 263-271

تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر برخی شاخص‌های رشد رقم هاشم گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)

عصمت محمدی[1*]، حمیدرضا اصغری[2] و احمد غلامی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه میکوریزا به‌عنوان جایگزین یا مکمل کودهای شیمیایی از مهمترین راه‌بردهای تغذیه‌ای در مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی است. به منظور ارزیابی کارایی مصرف جداگانه و تلفیقی کود زیستی میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر شاخص‌های رشد نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل B_1 (شاهد)، B_2 (کود زیستی میکوریزا)، B_3 (۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر + کود زیستی میکوریزا) و B_4 (۵۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر) بود. نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای B_3 و B_4 شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و تجمع ماده خشک را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد (B_1) و تلقیح میکوریزا (B_2) افزایش دادند. حداکثر و حداقل ماده خشک در ۱۱۱ روز بعد از کاشت برای تیمار B_4 و B_1 به ترتیب معادل ۸۰۴/۲۴ و ۴۹۰/۵۸ گرم در متر مربع بدست آمد و در تیمار B_3 (۶۹۸/۴۱ گرم در متر مربع) در مقایسه با شاهد حدود ۴۲/۳۶ درصد بیشتر بود. همچنین تیمار B_3 در ۹۰ روز بعد ازکاشت (مرحله غلاف‌دهی) ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ را به ترتیب ۱۷/۵۹، ۴۹/۱۸ و ۴۸/۷۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین B_3 و B_4 وجود نداشت. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد روش تغذیه تلفیقی کود زیستی و کود شیمیایی در نخود باعث کاهش مصرف کود شیمیایی به میزان ۵۰ درصد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، کودشیمیایی، وزن خشک کل، شاخص سطح برگ

مقدمه

پس از غلات، حبوبات دومین منبع غذایی بشر است (Khoocheki & Banayan Aval, 2007). در این میان گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) با ۴۳/۲۵ درصد تولید، رتبه اول را در کشور دارا می‌باشد و بالغ بر ۶۴۸ هزار هکتار زمین به کشت نخود اختصاص داردکه از آن حدود ۳۳۶ هزار تن تولید حاصل می‌گردد و در اکثر نقاط کشور به استثنای سواحل دریای خزر کشت می‌شود (Majnoun Hosseini, 2008). نخود از انواع لگوم‌هایی است که در مزارع به‌عنوان تأمین‌کننده پروتئین برای غذای دام و مصرف انسان کشت می‌شود. در صد گرم ماده خشک دانه کامل نخود حدود ۲۳ درصد پروتئین، ۶۳/۵ درصد کربوهیدرات وجود دارد و غنی از کلسیم، فسفر و منگنز می‌باشد (Majnoun Hosseini, 2008).

هم اکنون استفاده ازکودهای بیولوژیک به‌عنوان یک روش اکولوژیک برای زنده و فعال نگهداشتن سیستم حیاتی خاک مطرح است. به علاوه تأمین عناصر غذایی بصورت کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ بهداشت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک و آب) از مهم‌ترین دلایل ضرورت استفاده از کودهای بیولوژیک می‌باشد. مصرف غیراصولی و بلندمدت کودهای شیمیایی سبب تخریب تدریجی کیفیت خاک، کاهش ارزش کیفی محصول، بر هم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم و گسترش آلودگی‌های محیطی می‌گردد. اگرچه مصرف این کودها برای رفع کامل کمبود برخی از عناصر ضرورت دارد، ولی به هر صورت بهتر است که در حد مکمل کودهای بیولوژیک مورد استفاده و جایگزین گردند. در اکثر نقاط دنیا از جمله کشور ما مصرف بیش از حد مواد شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالا در محصولات زراعی باعث افزایش هزینه‌های تولید همراه با تخریب منابع خاکی، آبی و زیستی

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: esmat.mohammadi63@gmail.com)

Archive of SID
www.SID.ir

شده است. جدی بودن تخریب محیط زیست در اثر کاربرد روش‌های غلط موجب جلب توجه و علاقه‌مندی متخصصان به نظام زراعی سالم و بادوام از نظر اکولوژیکی گردیده است؛ به طوری که امروزه در اکثر محافل علمی صحبت از توسعه سامانه‌های پایدار کشاورزی است (Ardakani, 2009). یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم‌سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم‌های خاکزی و کودهای زیستی[1] می‌باشد. بنابراین، با توجه به عملکرد کم گونه باارزش نخود، هنوز امکان افزایش تولید با روش‌های به نژادی و به‌زراعی وجود دارد (Alimadadi et al., 2010).

از جمله مهمترین کودهای زیستی می‌توان به قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار اشاره کرد، قارچ‌های میکوریزا با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح جذب ریشه باعث بهبود استقرار گیاه، افزایش جذب آب و عناصر غذایی مخصوصاً فسفر، روی، مس و نیتروژن می‌شوند (Clark & Zeto, 2000) و در بسیاری موارد علاوه بر افزایش محصول، نقش مهمی درحفظ تعادل اکولوژیک خاک ایفاء می‌کنند (Abbott & Murphy, 2007). ساغری و همکاران (Saghari et al., 2009) گزارش کردند در دو گیاه یونجه یکساله (*Medicago polymorpha* L. و *Medicago scutellata* L.) بین تلقیح میکوریزا به تنهایی، مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفر و تلفیق آنها بر وزن خشک اندام هوایی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی اختلاف آنها با شاهد معنی‌دار بوده و بر پایه نتایج بدست آمده میزان افزایش عملکرد محصول در تیمار میکوریز و تیمار کود فسفر بیش از ۳۰ درصد بود. در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نیز میزان تجمع ماده خشک بوته در فاصله ۴۵ تا ۱۰۵ روز پس از کاشت تحت تاثیر کاربرد گونه‌های قارچ میکوریزا قرار گرفت و به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت (Ahmadi, 2011). همچنین رجب زاده مطلق (Rajabzadeh Motlagh, 2011) افزایش وزن خشک اندام هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با میکوریزا گزارش کرد. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2008) نیز نشان دادند با کاربرد میکوریزا و *آزوسپیریلوم*، میزان مصرف کود شیمیایی ازت و فسفر به میزان ۵۰ درصد در گیاه ذرت کاهش یافت. وبر و همکاران (Weber et al., 1993) بیان کردند در مرحله گلدهی تلقیح میکوریزا وزن خشک اندام هوایی نخود را به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد. در تحقیق دیگری تلقیح قارچ *Glomus intraradices* وزن خشک اندام هوایی نخود را نسبت به شاهد افزایش داد (Akhtar & Siddiqui, 2008). در گیاه ذرت، ۶۰ روز بعد از کاشت کاربرد کود فسفر و تلقیح میکوریزا به طور معنی‌داری، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش داد (Pharudi, 2010). هدف اصلی از این بررسی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی فسفر و جایگزینی آن با کود بیولوژیک میکوریزا در زراعت نخود برای نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تعیین گردید (جدول ۱). این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل B_1 (شاهد)، B_2 (کود زیستی میکوریزا)، B_3 (۲۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل + کود زیستی میکوریزا) و B_4 (۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل) بود. کود زیستی میکوریزای مورد استفاده حاوی خاک، ریشه‌های گیاه شبدر برسیم و اندام قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* L. بود. در این آزمایش از نخود رقم هاشم استفاده شد. برای اعمال تیمارهای آزمایش در هر ردیف شیاری در سراسر پشته به عمق ۱۰ سانتی‌متر ایجاد نموده و پس از قرار دادن کود فسفر داخل شیار روی آن با خاک پوشانده شد. برای اعمال تیمارهای میکوریزی، مقدار ۱۵ گرم ماده تلقیح قارچی به صورت کپه‌هایی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر در سه سانتی‌متری پایین بذور قرار داده شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول ۴/۵ متر و عرض ۲/۲۵ متر بود. فاصله ردیف‌ها از هم ۳۵ سانتی‌متر بود و در زمان کاشت تعداد دو عدد بذر نخود به فاصله ۱۵ سانتی‌متر در طول خط کشت قرار گرفتند. برای جلوگیری از عمل تداخل تیمارهای مورد بررسی یک خط به صورت نکاشت بین کرت‌ها قرار گرفت.کاشت در اسفند ماه انجام شد و طی فصل رشد، عملیات داشت از قبیل آبیاری، تنک کردن و کنترل علف‌های هرز انجام شد. اولین نمونه‌برداری، ۶۲ روز پس ازکاشت آغاز و نمونه‌برداری های بعدی هر یک به فاصله هفت روز صورت گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر مرحله بوته‌ها به اجزا تقسیم و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت درون آون قرار گرفتند، سپس وزن آنها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرمی اندازه‌گیری شد. سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح‌سنج برگ[2] تعیین شد. با اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک برگ، مقادیر شاخص‌های رشد شامل سرعت رشد محصول[3] (CGR)، سرعت رشد نسبی[4] (RGR)، شاخص سطح برگ[5] (LAI) و دوام سطح برگ[1]

1- Bio-fertilizer

2- Leaf Area Meter
3- Crop Growth Rate
4- Relative Growth Rate
5- Leaf Area Index

Archive of SID

www.SID.ir

(LAD) به ترتیب با استفاده از معادلات (۱) تا (۴) به‌دست آمد.

معادله (۱) $CGR= (W_2-W_1)/(t_2-t_1)\times(1/G_A)$

معادله (۲) $RGR = (LnW2-LnW1)/(t_2-t_1)$

معادله (۳) $LAI =(LA_2+ LA_1)/2\times(1/G_A)$

معادله (۴) $LAD =(LA_2+ LA_1)/2\times(t_2-t_1)$

که در این معادلات، W_1 و W_2: به ترتیب وزن خشک کل اولیه و ثانویه (گرم در متر مربع)، t_1 و t_2: زمان نمونه‌برداری اولیه و ثانویه (روز)، LA_1 و LA_2: به ترتیب سطح برگ اولیه و ثانویه (سانتی‌متر مربع) و G_A: سطح زمین (متر مربع) اشغال شده توسط گیاه است. تمام شاخص‌های رشد براساس تاریخ پس از کاشت بیان شده‌اند. برای تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار Mstat-C و جهت رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بررسی روند تغییرات ارتفاع بوته در پاسخ به تیمارهای مختلف در طول فصل رشد نشان داد که ارتفاع بوته نخود در حضور کود میکوریزا و کود فسفر در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین اثر تیمارها بر ارتفاع ساقه در ۹۰ روز بعد از کاشت معنی‌دار بوده و بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برای تیمار B_4 با ۴۴/۷۵ و B_1 با ۳۶/۵۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. تیمار B_3 (مصرف همزمان ۲۵ کیلوگرم کود فسفر و تلقیح میکوریزا) ارتفاع بوته را نسبت به شاهد به میزان ۱۷/۵۸ درصد افزایش داد که با تیمار B_4 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). عیدی‌زاده و همکاران (Eydizadeh et al., 2010) بیان داشتند که حضورکودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود و در حضور مقادیر مناسبی از کودهای شیمیایی این اثرات تشدید می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح میکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود (Berta et al., 2002)، در نتیجه با افزایش رشد ریشه آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع بوته می‌گردد. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) افزایش ارتفاع بوته نخود را در اثر تلقیح میکوریزا گزارش کردند. ویدادا و همکاران (Widada et al., 2007) نیز بیان داشتند که گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) تلقیح شده با میکوریزا دارای ارتفاع بیشتری بود.

تجمع ماده خشک (TDM)[۲]

بهبود عملکرد نخود از طریق افزایش ماده خشک و افزایش شاخص سطح برگ یا هر دو آنها امکان‌پذیر است (Soltani, 1999). روند تغییرات ماده خشک در پاسخ به سطوح مختلف کودی در طول فصل رشد از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمامی تیمارها تبعیت کرد. با توجه به نتایج، در ابتدای رشد میان تیمارها تفاوتی از نظر وزن خشک کل دیده نشد، ولی از ۶۹ تا ۱۱۱ روز بعد از کاشت اثر تیمارها بر تجمع ماده خشک معنی‌دار بود (شکل ۲). با توجه به نتایج، گیاهان تیمار B_3 (مصرف ۲۵ کیلوگرم کود فسفر و میکوریزا) و تیمار B_4 (۵۰ کیلوگرم کود فسفر) دارای ماده خشک بیشتری نسبت به شاهد و کاربرد میکوریزا بودند. در اوایل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه ماده خشک پایین بود و با نمو گیاه و توسعه سطح برگ و جذب بیشتر نور ماده خشک افزایش یافت. این روند افزایشی ادامه داشت تا اینکه حداکثر و حداقل میزان ماده خشک در ۱۱۱ روز بعد از کاشت به ترتیب برای تیمار B_4 (۸۰۴/۲۴ گرم در متر مربع) و برای تیمار B_1 (۴۹۰/۵۸ گرم در متر مربع) به دست آمد. همچنین تیمار B_3 (مصرف ۲۵ کیلوگرم کود فسفر و میکوریزا) میزان ماده خشک را ۴۲/۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که با تیمار B_4 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، اما تفاوت این تیمار با شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. واکنش مطلوب لگوم‌ها به کود فسفر به واسطه رشد و نمو، گلدهی و غلاف‌بندی بهتر آنها گزارش شده است (Panwar et al., 1977). همچنین این امر می‌تواند به دلیل افزایش سطح جذب ریشه گیاه به وسیله تلقیح میکوریزا باشد، هیف‌های خارجی میکوریزا می‌توانند عناصر غذایی بیشتری برای گیاه میزبان جذب کنند (Khan et al., 2000). از طرفی، میکوریزا با تولید اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز منجر به افزایش حلالیت فسفر خاک می‌شود و به وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Shenoy & Kalagudi., 2005). فرزانه و همکاران (Farzaneh et al., 2009) گزارش کردند تلقیح بذور نخود با میکوریزا وزن خشک کل را به میزان ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. آنان دلیل این موضوع را افزایش طول تارهای کشنده ریشه و هیف‌های قارچ ذکر کردند و با افزایش رشد ریشه، تجمع ماده خشک با تلقیح میکوریزا بهبود می‌یابد. همچنین در گیاه ذرت مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل (سطح سوم کود فسفر) و تلقیح میکوریزا عملکرد ماده خشک را به میزان ۲۶/۰۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Amirabadi et al., 2009). در گیاه شبدر برسیم نیز مصرف همزمان کود فسفر و تلقیح میکوریزا وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش داد و بین مصرف کود به تنهایی و تلفیق آن با میکوریزا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (Raiesi & Ghollarata, 2006).

1- Total Dray Matter

6- Leaf Area Duration

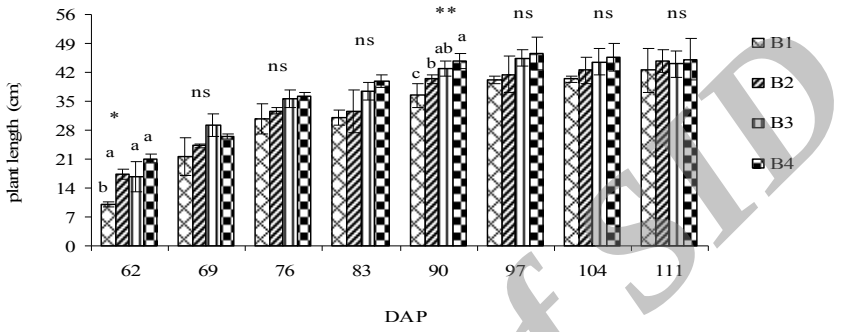
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental site

کربن آلی O.C (%)	اسیدیته pH	نیتروژن (%) Nitrogen (%)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) Absorbable phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	بافت خاک Soil texture	شن (%) Sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)
0.77	8.10	0.066	149	19	5.68	Clay-Loam	30	42	28



شکل ۱- ارتفاع بوته ذرت در سطوح مختلف تیمار در روزهای مختلف پس از کاشت (DAP)

Fig. 1- Corn plants height on different levels of treatments in different days after planting (DAP)

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

ns, * and **: are non-significant and significantly at α=0.05 and α=0.01, respectively.

شاخص سطح برگ (LAI)[1]

شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد زیستی و دانه گزارش شده است (Singh, 1997). تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به سطوح مختلف تیمارها در طول فصل رشد (شکل ۳) برای تمامی تیمارها روند نسبتاً مشابهی داشته، در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ کم بوده و با ادامه فصل رشد افزایش یافته تا اینکه در ۹۰ روز بعد از کاشت به حداکثر میزان خود رسید و سپس در انتهای فصل رشد شاخص سطح برگ به علت پیر شدن و ریزش آن‌ها روند نزولی داشت. یافته‌های این آزمایش نشان داد که تیمارهای B_4 (۵۰ کیلوگرم کود فسفر) و B_3 (مصرف ۲۵ کیلوگرم کود فسفر و میکوریزا) شاخص سطح برگ را نسبت به شاهد و کاربرد میکوریزا افزایش دادند (شکل ۳). اثر تیمارها بر شاخص سطح برگ از ۶۲ تا ۹۰ روز بعد از کاشت معنی‌دار بود، بیشترین و کمترین میزان LAI در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب در تیمار B_4 با ۳/۱۵ و شاهد با ۱/۸۳ مشاهده شد، همچنین تیمار B_3 شاخص سطح برگ را به میزان ۴۹/۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و از لحاظ آماری با تیمار B_4 تفاوت معنی‌داری نداشت. میکوریزا در گیاه لوبیا سطح برگ را ۹/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Thakur & Panwar, 1997). کولومب و همکاران (Colomb et al., 2000) نیز اظهار داشتند با افزایش میزان مصرف فسفر رشد گیاه ذرت تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت، موجب افزایش عملکرد گردید. در سویا نیز بیشترین میزان سطح برگ در تیمار کود سوپرفسفات تریپل به همراه میکوریزا مشاهده شد (Rezvani et al., 2011). در بررسی حاضر نیز با تلفیق کود فسفر و میکوریزا شاخص سطح برگ نسبت به شاهد افزایش چشم‌گیری یافت.

دوام سطح برگ (LAD)[2]

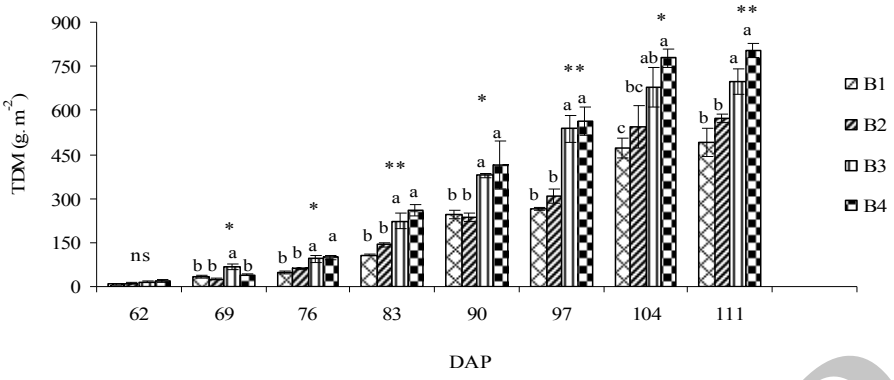
دوام سطح برگ نشان‌دهنده دوام بافت‌های فتوسنتزی جامعه گیاهی است که معمولاً با عملکرد همبستگی بالایی دارد، زیرا هر چه انرژی خورشیدی دریافتی در مدت زمان بیشتری به گیاه برسد ماده خشک بیشتری تولید خواهد شد.

1- Leaf Area Index

1- Leaf Area Duration

Archive of SID

www.SID.ir

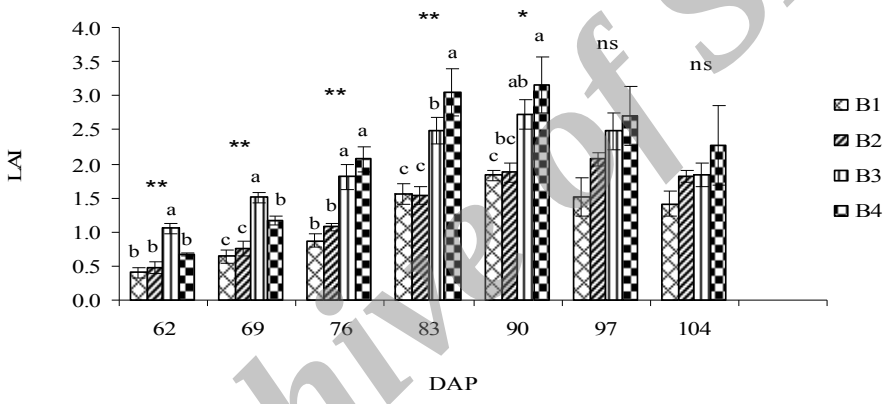


شکل ۲- تجمع ماده خشک ذرت سطوح مختلف تیمار در روزهای مختلف پس از کاشت (DAP)

Fig. 2- Total dry matter of corn in different levels of treatment in days after planting

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, *, **: are non-significant and significantly at α=0.05 and α=0.01 respectively.



شکل ۳- شاخص سطح برگ ذرت در سطوح مختلف تیمار در روزهای مختلف پس از کاشت (DAP)

Fig. 3- Leaf area index of corn in different levels of treatment during days after planting

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, *, **: are non-significant and significantly at α=0.05 and α=0.01 respectively.

اثر تیمارها از ۶۲ تا ۹۰ روز بعد از کاشت بر دوام سطح برگ معنی‌دار بود. در بررسی دوام سطح برگ در زمان گلدهی، اثر تیمارها بر دوام سطح برگ معنی‌دار بوده و بیشترین و کمترین مقدار LAD در این مرحله به ترتیب در تیمار B_4 و B_1 با مقادیر ۷۵۹۱/۶۹ و ۳۲۰۲/۳۱ سانتی‌متر مربع روز به دست آمد. تیمار B_4 و B_3 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲) و تیمار B_3 دوام سطح برگ را به میزان ۱۰۷/۸۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین محاسبه دوام سطح برگ در مرحله غلاف‌دهی نشان داد که بیشترین دوام سطح برگ در تیمار B_4 با مقدار ۱۱۵۶۸/۹۱ سانتی‌متر مربع روز به دست آمد، در حالی که تیمار B_1 با ۶۷۳۸/۳۱ سانتی‌متر مربع روز کمترین دوام سطح برگ را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که در حضور کود زیستی میکوریزا به تنهایی (B_4) دوام سطح برگ در مرحله پر شدن دانه در مقایسه با دیگر تیمارها دوام و ماندگاری خود را حفظ کرد (جدول ۲). ماندگاری بیشتر سطح برگ در تیمار کاربرد کود زیستی از طریق ترشح هورمون‌های مختلف رشد قابل توجیه است (Eydizadeh et al., 2010). همچنین گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه قارچ‌های همزیست میکوریزا سطح برگ را مستقیماً افزایش نمی‌دهند بلکه بر دوام سطح برگ و وزن مخصوص برگ تأثیر می‌گذارند (Valentin et al., 2006; Wright et al., 1998). در مرحله پر شدن دانه اثر تیمار بر دوام سطح برگ معنی‌دار نبود. شاید این موضوع به این دلیل باشد که در گیاه نخود پس از تشکیل غلاف و پر شدن آن بسیاری از برگ‌های قدیمی ریزش می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- اثر تیمارها بر دوام سطح برگ در مراحل مختلف رشد

Table 2- Effect of treatments on leaf area duration in different growth stages

پر شدن دانه (۱۰٤ روز بعد از کاشت) Seed filling (104 DAP)	غلاف‌دهی (۹۰ روز بعد از کاشت) Podding (90 DAP)	گلدهی(۷٦ روز بعد از کاشت) Flowering (76 DAP[1])	تیمار Treatment
5201.00a	6738.31c	3202.31b*	B_1 شاهد Control
6676.05a	6873.45bc	3938.72b	B_2 میکوریزا Mycorrhiza
6769.93a	10022.98ab	6655.66a	B_3 ۲۵کیلوگرم کود فسفر+ میکوریزا 25 kg phosphorus fertilizer + Mycorrhiza
8362.70a	11568.91a	7591.69a	B_4 ۵۰ کیلوگرم کود فسفر 50 kg phosphorus fertilizer

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column means followed by similar letter are not significantly different (LSD: 0.05).

جدول۳- اثر تیمارها بر سرعت رشد محصول در مراحل مختلف رشد

Table 3- Effect of treatments on crop growth rate in different growth stages

پر شدن دانه (۱۰٤ روز بعد از کاشت) Seed filling (104 DAP)	غلاف‌دهی (۹۰ روز بعد از کاشت) Podding (90 DAP)	گلدهی (۷٦ روز بعد از کاشت) Flowering (76 DAP)	تیمار Treatment
2.67^{a}	2.75^{a}	8.41^{c*}	B_1 شاهد Control
4.04^{a}	10.12^{a}	11.70^{bc}	B_2 میکوریزا Mycorrhiza
-10.47^{a}	22.65^{a}	18.46^{ab}	B_3 ۲۵کیلوگرم کود فسفر+ میکوریزا 25 kg phosphorus fertilizer + Mycorrhiza
3.85^{a}	21.22^{a}	22.76^{a}	B_4 ۵۰کیلوگرم کود فسفر 50 kg phosphorus fertilizer

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column means followed by similar letter are not significantly different (LSD: 0.05).

سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی نشان می‌دهد و افزایش وزن ماده خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح زمین و در واحد زمان بوده و معمولاً بر حسب گرم بر متر مربع در روز بیان می‌شود. در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی تیمارهای B_4 و B_3 دارای سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به شاهد و میکوریزا بودند (جدول ۳). در زمان گلدهی (۷۶ روز بعد از کاشت) بیشترین و کمترین سرعت رشد محصول به ترتیب در تیمار B_4 و B_1 به میزان ۲۲/۷۶ و ۸/۴۱ گرم بر متر مربع در روز بدست آمد، همچنین تیمار B_3 به طور معنی‌داری CGR را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد، به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، کوتاه بودن روزها و درصد کم نور روند کندی داشت و سپس همراه با افزایش شاخص سطح

1- Day After Planting
2- Crop Growth Rate

Archive of SID

www.SID.ir

برگ به سرعت افزایش یافت و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود (در ۹۷ روز بعد از کاشت) روند کاهشی پیدا کرد، بیشترین و کمترین میزان CGR در ۹۷ روز بعد از کاشت به ترتیب در تیمار B_2 برابر با ۳۳/۶۴ گرم بر متر مربع در روز و B_1 برابر با ۲۹/۵۵ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد. در شرایط استفاده از میکوریزا، دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی کافی موجب افزایش شاخه‌های جانبی و افزایش برگ و گستردگی کانوپی در گیاه می‌شود، لذا حداکثر سرعت رشد محصول بدست آمد. احمدی (Ahmadi, 2011) اظهار داشت که تلقیح بذرهای ذرت با میکوریزا سرعت رشد محصول را نسبت به شاهد به میزان ۳۰ درصد افزایش داد. همچنین ویو و همکاران (Wu et al., 2005) گزارش کردند که تلقیح میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار CGR ذرت شد. آنان دلیل افزایش سرعت رشد گیاه را بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه دانستند. در ادامه فصل رشد با نزدیک شدن به مرحله پر شدن دانه و رسیدگی گیاه، به دلیل توقف رشد رویشی و زرد شدن اندام‌های فتوسنتزکننده، کاهش سرعت فتوسنتز خالص و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه مقدار سرعت رشد گیاه کاهش یافت و حتی در مورد تیمار B_3 مقدار آن منفی شد. ثمن و همکاران (Saman et al., 2007) بیان داشتند در گیاه نخود کاهش CGR می‌تواند به دلیل پیری و از بین رفتن برگ‌ها که اندام اصلی فتوسنتزکننده گیاه محسوب می‌شوند، باشد و در مراحل آخر رشد مقادیر CGR به دلیل ریزش زیاد برگ‌ها منفی می‌گردد. منفی شدن سرعت رشد محصول در تیمار B_3 (مصرف ۲۵ کیلوگرم کود فسفر و میکوریزا) به علت ریزش برگ‌های مسن، غیر فعال شدن برگ‌های قدیمی‌تر است که نشان می‌دهد وزن خشک کل کاهش یافته و زمان برداشت فرا رسیده است. مطالعات نشان می‌دهد که در دسترس بودن یون فسفات باعث مقاومت گیاه در برابر ورس، زودرسی محصول، کیفیت بالاتر، افزایش سرعت نمو گیاهی از سبز شدن تا آغازش گلدهی و گرده‌افشانی گیاه می‌شود (Turk & Tawaha., 2002). همچنین گزارش شده است که در تمام مناطق زیر کشت حبوبات افزایش عملکرد و کوتاه شدن دوره با افزایش مصرف کودهای فسفاته همراه است (Majnoun Hosseini, 2008).

سرعت رشد نسبی (RGR)[1]

سرعت رشد نسبی (RGR) بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است. میزان سرعت رشد نسبی پس از جوانه‌زنی به کندی آغاز شده و متعاقب آن به سرعت افزایش می‌یابد و با گذشت زمان و رشد بیشتر گیاه مقدار سرعت رشد نسبی کاهش پیدا می‌کند. سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد، مشابه آنچه در سایر گیاهان زراعی معمول است یک روند کلی کاهشی داشت. در اولین نمونه‌برداری (۶۲ روز پس از کاشت) مقدار RGR به علت نفوذ نور بیشتر، سایه اندازی کمتر برگ‌ها و فتوسنتز خالص در بالاترین حد خود قرار داشت و با گذشت زمان کاهش پیدا نمود. چنانچه ملاحظه می‌شود، با گذشت زمان سرعت رشد نسبی گیاه کاهش یافته است (جدول ۴).

جدول ٤- اثر تیمارها بر سرعت رشد نسبی در مراحل مختلف رشد

Table 4- Effect of treatment different level on relative growth rate in different growth stages

تیمار Treatment	گلدهی (۷٦ روز بعد از کاشت) Flowering (76 DAP)	غلاف‌دهی (۹۰ روز بعد از کاشت) Podding (90 DAP)	پر شدن دانه (۱۰٤ روز بعد از کاشت) Seed filling (104 DAP)
B_1 شاهد Control	0.12[a*]	0.01[a]	0.005[a]
B_2 میکوریزا Mycorrhiza	0.12[a]	0.04[a]	0.01[a]
B_3 ۲۵کیلوگرم کود فسفر+ میکوریزا 25 kg phosphorus fertilizer + Mycorrhiza	0.12[a]	0.05[a]	-0.01[a]
B_4 ۵۰کیلوگرم کود فسفر 50 kg phosphorus fertilizer	0.14[a]	0.05[a]	0.005[a]

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column means followed by similar letter are not significantly different (LSD: 0.05).

Archive of SID

www.SID.ir

علت کاهش RGR این است که هر چند مقدار وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند، اما سرعت افزایش به دلیل افزایش نسبت بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی کاهش می‌یابد. از طرفی، بخشی از این کاهش می‌تواند مربوط به در سایه قرار گرفتن و یا افزایش سن برگ‌های پایین گیاه باشد که باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد. اثر تیمارها بر سرعت رشد نسبی در مرحله گلدهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴) و کاربرد میکوریزا و کود فسفر علی رغم افزایش ماده خشک و سطح برگ سبب افزایش چندانی در میزان سرعت رشد نسبی نگردید. احمدی (Ahmadi, 2011) گزارش کرد که تلقیح گونه‌های قارچ میکوریزا اثر معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی ذرت نداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد در صورت استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا در زراعت نخود می‌توان میزان مصرف کود شیمیایی فسفر را از ۵۰ به ۲۵ کیلوگرم در هکتار رساند بدون اینکه شاخص‌های رشد کاهش معنی‌داری پیدا کند. به عبارت دیگر، می‌توان اظهار داشت برای بهبود شاخص‌های رشد نخود چنانچه از میکوریزا به همراه ۲۵ کیلوگرم استفاده شود با مصرف ۵۰ کیلوگرم تفاوت معنی‌داری نداشته و به این طریق از مصرف کود شیمیایی تا ۵۰ درصد کاسته می‌شود. بنابراین، با تلفیق مناسب کود شیمیایی و کود زیستی ضمن کاهش مصرف کود شیمیایی فسفر، باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌گردد و در نهایت، می‌توان به عملکرد مورد انتظار نیز دست یافت. نتایج این تحقیق در کاربرد کودهای بیولوژیک میکوریزا در سیستم‌های کشاورزی کم نهاده و پایدار قابل مصرف می‌باشد.

منابع

1. Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer.
2. Ahmadi, J. 2011. Evaluation effect of vermicopost, mycorrhiza and nitroxin on yield and component yield maize. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Thecnology, Shaharood, Iran. (In Persian with English Summary)
3. Akhtar, M.S., and Siddiqui, Z.A. 2008. *Glomus intraradices*, *Pseudomonas alcaligenes* and *Bacillus pumilus*: effective agents for the control of root-rot disease complex of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of General. Plant Pathology 74: 53-60.
4. Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharati, H., and Tavakkol Afshari, R. 2010. Evaluating the effects of phosphate solubilizing microorganisms, mycorrhizal fungi and seed priming on nodulation of chickpea. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences). 24(1): 43-53. (In Persian with English Summary)
5. Alizadeh, O., Alizadeh, A., and Khastekhodaee, A. 2008. Consideration twin use of mycorrhiza and azospirillum to optimizing of fertilizer application in sustainable corn cultivation. New Findings in Agriculture 3(1): 55-65. (In Persian with English Summary)
6. Amirabadi, M., Rajali, F., Ardakani, M.R., and Borji, M. 2009. Effect of *Azotobacter* and mycorrhizal fungi inoculations at different levels of phosphorus on uptake of some mineral elements by forage maize. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences) 23(1): 107-115. (In Persian with English Summary)
7. Ardakani, M.R. 2009. Ecology. Tehran University Publication, Tehran, Iran 340 pp. (In Persian)
8. Berta G., Fusconi A., and Hooker J.E. 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag p. 71-85.
9. Clark, R.B., and Zeto, S.K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition 23(7): 867-902.
10. Colomb, B., kinivy, J.R., and Debaeke, P. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field - grown maize. Agronomy Journal 92(3): 428-435.
11. Eydizadeh, K., Mahdavi Damghani, A., Sabahi, H., and Soufizadeh, S. 2010. Effects of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shoushtar. Agroecology 2(2): 292-301. (In Persian with English Summary)
12. Farzaneh, M., Wichmann, S., Vierheilig, H., and Kaul, H.P. 2009. The effects of arbuscular mycorrhiza and nitrogen nutrition on growth of chickpea and barley. Pflanzenbauwissenschaft-en 13(1): 15-22.
13. Khan, A.G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S., and Hayes, W.J. 2000. Plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. Chemosphere 41: 197-207.
14. Koocheki, A., and Banayan Aval, M. 2007. Pulse Crops. Publication of Mashhad University of Jihad Daneshgahi, Mashhad, Iran 236 pp. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

15. Majnoun Hosseini, H. 2008. Grain legume production. Publication of Tehran University of Jihad Daneshgahi, Tehran, Iran. p. 283. (In Persian)
16. Moradi, S., Besharati, H., Feizi Asl, V., Nadian, H., Karimi, E., and Golchin, A. 2009. Effect of different levels of humidity, mycorrhiza and Rhizobium in germination, flowering time and morphological traits in chickpea. In: 11th Iranian Soil Science Congress, Gorgan, Iran, 12-15 July. p. 243-244. (In Persian)
17. Panwar, K.S., Singh, Y.P., Singh, U.V., and Misra, A.S. 1977. Response of gram, lentil and field pea to inoculation and level of nitrogen and phosphorus. Indian Journal of Agronomy 22: 142-148.
18. Pharudi, J.A. 2010. Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus levels on growth and yield of wheat and maize crops grown on a phosphorus deficient sandy soil. MSc Thesis, Agriculture department, Stellenbosch University, South Africa.
19. Raiesi, F., and Ghollarata, M. 2006. Interactions between phosphorus availability and an AM fungus (*Glomus intraradices*) and their effects on soil microbial respiration, biomass and enzyme activities in a calcareous soil. Pedobiologia 50: 413-425.
20. Rajabzadeh Motlagh, F. 2011. Evaluation application of arbuscular mycorrhiza, nitrogen fixing bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield component of *Phaseolus vulgaris*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran. (In Persian with English Summary)
21. Rezvani, M., Afshang, B., Gholizadeh, A., and Zaefarian, F. 2011. Evaluation of mycorrhizal fungus and phosphate rock effectiveness on growth and uptake of phosphorus in soybean (*Glycine max* Merr.). Journal of Soil Management and sustainable Production 1(2): 97-118. (In Persian with English Summary)
22. Saghari, M., Barani, H., Asghari H. R., Mesdaghi, M., and Sadravi, M. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus inoculation and phosphorus chemical fertilizer on growth characteristics of two annual medics. Rangeland 3(2): 291-301. (In Persian with English Summary)
23. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour, S.H. 2007. Effect of irrigation at podding and seed filling on growth and yield of chickpea genotypes. Agriculture Research 7(1): 55-72. (In Persian with English Summary)
24. Shenoy, V.V., and Kalagudi, G.M. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances 23: 501-513.
25. Singh, S.P. 1997. Chickpea (*Cicer areitinume* L.). Field Crops Research 53: 161-170.
26. Soltani, A., Ghasemi-Golezani, K., Khooie, F.R., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. Field Crops Research, 62: 213-224.
27. Thakur, A.K., and Panwar, J.D.S. 1997. Response of Rhizobium-vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis nitrogen metabolism and sucrose in translocation greengram (*Phaseolus radiates* L.). Indian Journal of Agriculture Sciences 67(6): 245-248.
28. Turk, M.A., and Tawaha, A.R.M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* Minor.) in the absence moisture stress Biotechnology, Agronomy, Society and Environment 6(3): 171-178.
29. Valentine, A.J., Mortimer, P.E., Lintnaar, A., and Borgo, R. 2006. Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. Symbiosis 41(3): 127-133.
30. Weber, E., Saxena, M.C., George, E., and Marschner, H. 1993. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on vegetative growth and harvest index of chickpea grown in northern Syria. Field Crops Research 32: 115-128.
31. Widada, J., Damarjaya, D.I., and Kabirun, S. 2007. In: Velazquez, E., and Rodriguez-Barrueco, C. (eds). The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Springer. p. 173-177.
32. Wright, D.P., Scholes, J.D., and Read, D.J. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L. Plant**,** Cell and Environment 21(2): 209-216.
33. Wu, S.C., Cao Z.H., Lib Z.G., Cheunga K.C., and Wonga, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Archive of SID

www.SID.ir