نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 2، شماره 3، پاییز 1389، ص. 458-448

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 3, Fall 2010, p. 448-458

واکنش خصوصیات رشدی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) به کاربرد همزمان کود دامی، گونه‌های تریکودرما (*Trichoderma* spp.) و سودوموناس (*Psudomunas* spp.)

عطاءاله شاهسواری[1]، همت‌اله پیردشتی[2*]، آلاله متقیان[3] و محمدعلی تاجیک قنبری[2]

تاریخ دریافت: 89/7/7
تاریخ پذیرش: 89/9/24

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد توام کود دامی، گونه های مفید تریکودرما و باکتری سودوموناس بر خصوصیات سبزشدن، رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) (رقم دریا) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به صورت گلدانی اجرا گردید. تیمارها شامل کود دامی (گاوی) در سه سطح (10، 20 و 30 تن در هکتار)، سه گونه تریکودرما (*T. viridae, T. harzianum, Trichoderma hamatum*) و کاربرد و یا عدم کاربرد باکتری سودوموناس (*Psudomunas* spp.) بود. نتایج نشان داد که تیمارهای شاهد و 10 تن در هکتار کود دامی اثر معنی داری بر درصد سبز شدن و سرعت ظهور نهایی گیاهچه در مقایسه با سطوح 20 و 30 تن در هکتار داشتند. در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه در سطح 20 تن در هکتار کود گاوی تلقیح شده با *T. viridae* و*T. harzianum* مشاهده شد. سطوح 10 و 20 تن در هکتار کود دامی به ترتیب موجب افزایش 39/72 و 19/47 درصدی شاخص برداشت و بیوماس گیاه در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف کود) شدند. قارچ *T. viridae* نیز بیوماس گیاه را نسبت به *T. harzianum* به طور معنی‌داری (3/60 درصد) افزایش داد. قارچ *T. harzianum* موجب افزایش شاخص برداشت در مقایسه با *T. viridae* و *T. hamatum* گردید. همچنین کاربرد باکتری سودوموناس موجب افزایش بیوماس و شاخص برداشت نسبت به تیمار عدم کاربرد گردید. نتایج نشان داد که به موازات افزایش کود دامی، تعداد کلنی هر سه گونه تریکودرما در خاک اطراف ریشه به‌طورمعنی‌داری افزایش یافت. حداکثر جمعیت میکروبی خاک در سطح 30 تن در هکتار کود دامی تلقیح شده با *T. harzianum* به میزان $74/68\times10^8$ اسپور در میلی‌گرم وزن خشک خاک مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: سبز شدن، سرعت ظهور تجمعی، عملکرد دانه، کود گاوی

مقدمه

امروزه لزوم ارتقای کیفیت و سلامت محصولات تولید شده در بخش‌های مختلف کشاورزی همراه با افزایش راندمان تولید موجب ترغیب این بخش به استفاده از مواد آلی همچون بقایای گیاهی و کودهای دامی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای نظام کشاورزی پایدار گردید (Tarango Rivero et al., 2009; Zhou et al., 2005). همچنین در سال‌های اخیر مطالعه بیولوژی ریزوسفر از جمله میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی مانند گونه‌های مختلف تریکودرما (*Trichoderma* spp.) و باکتری‌ها به منظور بررسی بهبود تغذیه و رشد گیاهان زراعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Avis *et al.*, 2008; Bennett & Whipps, 2008; Yazdani *et al.*, 2008)

بررسی‌ها نشان می‌دهد که قارچ تریکودرما تحت مکانیسم‌های خاصی مانند ترشح آنزیم (زیلاناز و سلولاز که می‌توانند مستقیماً تولید اتیلن در گیاه را به منظور واکنش دفاعی در حضور عامل بیماری‌زا تحریک نمایند)، تولید آنتی‌بیوتیک، نفوذ به باکتری‌ها و قارچ‌های بیماری‌زا، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القائی در برابر تنش و کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزی می‌شود (Harman, 2006). در همین راستا گزارش شده است بعضی از گونه‌های تریکودرما از جمله *Trichoderma harzanum*و *T. viridae* با برخورداری توأم از خواصی مثل میکوپارازیتیسم، آنتی‌بیوزیس و قابلیت رقابت ساپروفیتی قادرند که جمعیت قارچ‌های بیماریزا را به میزان قابل توجهی کاهش

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استادیار، کارشناس ارشد زراعت پژوهشکده برنج و مرکبات و استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

دهند (Woo et al., 2006).

علاوه بر مزایای کنترل بیولوژیک این گونه قارچ‌ها، بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و خصوصیات رشدی گیاهانی مانند زیره (*Cuminum cyminum* L.) (Haggag & Abo-Sedera, 2005)، خیار (*Cucumis sativus* L.) (Yedidia et al., 2001)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) (Motaghian et al., 2009) نخود فرنگی (*Pisum satiuvm* L.) (Kucuk et al., 2007)، سویا (*Glycine max* L.) (Yazdani et al., 2008)، قارچ صدفی (*Juglans regia* L.) (Jayalal & Adikaram, 2007)، گردو (*Musa sapientum* L.) (Tarango Rivero et al., 2009) و موز (Thangavelu et al., 2004) در تیمار با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما مانند *T. hamatum*، *T. viridae*، *T. virens*، *T. koningii* و به‌ویژه *T. harzianum* گزارش شده است.

امروزه کاربرد باکتری‌های مفید خاکزی نیز به منظور کنترل بیولوژیک و افزایش رشد گیاه در بخش کشاورزی رو به افزایش است. تأثیر مثبت گونه‌های باکتری *Psudomunas* spp. مانند *P. putida*، *P. fluorescens* و *P. chlororaphis* بر رشد گیاهان به واسطه بهبود تغذیه گیاه (با قابلیت افزایش حلالیت و سهولت جذب فسفر) و نیز تولید هورمون ایندول استیک اسید[1] (IAA) گزارش شده است (Avis et al., 2008; Kang et al., 2006; Patten & Glick, 2002).

با توجه به موارد مطرح‌شده و لزوم تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود دامی، سه گونه قارچ سودمند تریکودرما (*T. harzianum, T. hamatum, T. viridae*) و نیز باکتری *Psudomunas putida* (با نام تجاری فسفر بارور 2) بر خصوصیات ظهور گیاهچه، رشد و عملکرد گندم بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی در سال 1388 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح تیمار کودی (شاهد بدون مصرف کود، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار)، تلقیح سه گونه قارچ تریکودرما (*T. harzianum, T. hamatum, T. viridae*)، کاربرد و یا عدم کاربرد باکتری سودوموناس (فسفات بارور 2 حاوی گونه های مختلف باکتری سودوموناس) بودند.

در این آزمایش سویه های قارچ تریکودرما جهت تکثیر در محیط کشت PDA (آگار- دکستروز- سیب زمینی) در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته تکثیر گردید و سپس به بستر کشت سبوس گندم استریل (اتوکلاو در دمای 120 درجه سانتی‌گراد و فشار 1/5 اتمسفر به مدت 30 دقیقه) منتقل گردید (Cavalcante et al., 2008). پس از 5 روز اسپورزایی میزان 10 گرم از محیط کشت سبوس به همراه اسپورهای قارچ تریکودرما پس از رقیق شدن با آب مقطر با احتساب 10^8 واحد کلنی ساز (cfu)[2] در هر گرم سبوس گندم جهت تلقیح برای خاک هر گلدان (12 کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد (Walker, 1998). خصوصیات شیمیایی خاک و کود دامی مورد استفاده در جدول 1 آمده است.

در هر گلدان پلاستکی (به قطر 25 و ارتفاع 28 سانتی متر) 20 عدد بذر گندم رقم دریا کشت و پس از ظهور نهایی گیاهچه (7 روز پس از کاشت) گیاهچه ها به تعداد سه عدد تنک گردید. آبیاری گلدان ها هر دو روز یک بار به طور یکنواخت انجام شد و هر هفته یکبار نیز گلدان‌ها جابجا گردید تا تمام گیاهان در شرایط محیطی (نور و گرما) یکسان قرار گیرند. در این آزمایش تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده طی هفت روز متوالی پس از کاشت شمارش گردید. درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها هفت روز پس از کاشت تعیین شد، برای محاسبه متوسط زمان ظهور گیاهچه‌ها[3] (MET) با در نظر گرفتن زمان لازم برای ظهور 50 درصد گیاهچه‌ها و زمان لازم برای حداکثر ظهور گیاهچه‌ها (برحسب تعداد روز از زمان کاشت) از معادله 1 (Orchad, 1977) استفاده شد:

$$MET = \frac{\sum fxi}{F} \qquad \text{معادله (1)}$$

در این رابطه fx تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در میانه دوره ظهور، x (روز سوم) و F حداکثر تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در این دوره می باشد و سرعت ظهور گیاهچه (FER)[4] با استفاده از معادله زیر (Abdul baki & Anderson, 1973) تعیین گردید:

$$FER = \frac{\text{درصد ظهور نهایی گیاهچه‌ها}}{\text{تعداد روز از کاشت تا پایان یافتن ظهور}} \qquad \text{معادله (2)}$$

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER)[5] با استفاده از معادله 3 (Orchad, 1977) اندازه‌گیری شد.

در مرحله رسیدگی گیاه صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول و وزن سنبله، بیوماس، عملکرد و شاخص برداشت هر بوته اندازه‌گیری شد. پس از برداشت گیاه، از خاک گلدان نمونه برداری و جهت برآورد تعداد و تراکم قارچ تریکودرما از محیط کشت جامد رزبنگال- سیب زمینی- دکستروز- آگار (Askew & Laing, 1993) استفاده گردید.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با کمک نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 1997) و مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

1- Indole-3- Acetic Acid

2- Colony forming units
3- Mean Emergence Time (MET)
4- Field Emergence Rate (FER)
5- Cumulative Emergence Rate (CER)

$$CER = \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش‌شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش نخست}} + \cdots\cdots\cdots + \frac{\text{تعداد گیاهچه‌های شمارش شده}}{\text{تعداد روز تا شمارش نخست}}$$ معادله (3)

جدول 1- خصوصیات شیمیایی خاک و کود گاوی استفاده شده در آزمایش

Table 1- Chemical properties of studied soil and cow manure in this experiment

خصوصیات Properties	نیتروژن (درصد)	فسفر P	پتاسیم K	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته (pH)
	N (%)	قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Available ($mg.kg^{-1}$)		C/N ratio	
خاک (Soil)	0.23	14	278.05	10.95	7.52
کود گاوی cattle manure)	1.03	4500	680.80	13.23	8.18

نتایج و بحث

اثر مصرف کود، قارچ و باکتری بر خصوصیات ظهور گیاهچه گندم

- درصد ظهور نهایی گیاهچه

با توجه به معنی‌دار بودن تأثیر تیمار کودی بر ظهور نهایی گیاهچه گندم، حداکثر درصد ظهور گیاهچه در تیمار 10 تن کمپوست دامی و شاهد مشاهده شد، در حالی که تیمارهای 20 و 30 تن در هکتار کمپوست دامی کاهش تقریباً 11/10 درصدی ظهور گیاهچه را نسبت به گیاه شاهد نشان دادند (جدول 2). در حالی‌که بنابر گزارش یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2008) تفاوت معنی‌داری بین شاهد و سطح 20 تن کود دامی و کمپوست زباله شهری از لحاظ درصد ظهور نهایی گیاهچه سویا مشاهده نشد.

- متوسط زمان ظهور گیاهچه‌ها (MET)

برآورد میانگین زمان ظهور گیاهچه معیاری از مدت زمان مورد نیاز برای ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه می‌باشد (Orchard, 1977). همان طور که در جدول 2 ملاحظه می‌شود، تفاوت تیمارهای کودی از لحاظ متوسط زمان ظهور گیاهچه معنی‌دار بود، به طوری که سطوح مختلف کود آلی (در گستره عددی 0/30 الی 0/35 گیاهچه در روز) کاهش تقریباً 30/10 درصدی را نسبت به شاهد موجب شدند (جدول 2)، این مطلب بیانگر افزایش سرعت استقرار گیاه بوده و از مزایای مصرف کودهای آلی تلقی می شود. علاوه بر آن نتایج نشان داد که استفاده از *T. hamatum* از لحاظ این صفت نسبت به گونه‌های *T. harzianum* و *T. viridae* برتری داشته است. به احتمال زیاد تأثیر گونه مذکور بر کاهش متوسط زمان ظهور گیاهچه به اثر افزایندگی رشد و تولید ترکیب‌های افزاینده رشد مربوط می‌شود. در حالی‌که یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2008) افزایش متوسط زمان ظهور گیاهچه تحت تیمارهای کودی کمپوست زباله شهری، کود دامی و ورمی‌کمپوست را گزارش نمودند. همچنین این محققان کاربرد دو گونه قارچ هارزیانوم و ویریدی را در افزایش متوسط زمان ظهور گیاهچه نسبت به شاهد (عدم کاربرد قارچ) مؤثر دانستند.

- سرعت ظهور نهایی گیاهچه (FER)

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود تأثیر تلقیح گونه‌های قارچ و کاربرد باکتری بر صفت مذکور معنی‌دار نبوده است اما کاربرد کود دامی تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت. در این آزمایش تیمارهای شاهد و سطح 10 تن در هکتار کود دامی در یک گروه آماری نسبت به سطوح 20 و 30 تن کمپوست سرعت ظهور نهایی گیاهچه را افزایش دادند (جدول 2).

- سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (CER)

در این آزمایش تأثیر تیمار کودی و کاربرد قارچ بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه گندم معنی‌دار بود ($p\leq 0/01$) به طوری که تیمارهای کودی 10 و 30 تن در هکتار به ترتیب از حداکثر و حداقل مقدار این صفت برخوردار بودند (جدول 2). همچنین گونه *T. hamatum* موجب افزایش 6/17 درصدی سرعت ظهور تجمعی گیاهچه نسبت به قارچ *T. harzianum* گردید و *T. viridae* از لحاظ این صفت اثر بینابینی را نشان داد (جدول 2). در حالیکه بنابر گزارش یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2008) تأثیر تیمارهای کمپوست زباله شهری و کود دامی بر سرعت ظهور تجمعی گیاهچه سویا معنی‌دار نبوده است و مصرف 20 تن در هکتار ورمی‌کمپوست نیز موجب کاهش این صفت نسبت به تیمار شاهد گردید. این محققان اظهار داشتند که دو گونه *T.*

harzianum و *T. viridae* سرعت ظهور تجمعی گیاهچه را نسبت به شاهد افزایش دادند.

در بررسی اثر متقابل کود در قارچ مشخص گردید که بین اثر سه گونه قارچ تریکودرما بر سرعت ظهور تجمعی در تمام تیمار کودی غیر از شاهد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و تنها *T. hamatum* باعث افزایش سرعت ظهور تجمعی گیاهچه نسبت به دو گونه دیگر شده است (شکل 1- الف).

اثر مصرف کود، قارچ و باکتری بر صفات زراعی و عملکرد گندم

- عملکرد دانه

در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه در تیمار 20 تن در هکتار کود دامی مشاهده شد. سطوح 10 و 30 تن در هکتار نیز به ترتیب 45/94 و 41/60 درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد داشتند. کاربرد باکتری موجب بهبود 9/18 درصدی عملکرد گندم نسبت به عدم کاربرد آن گردید (جدول 3). در همین راستا رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Beidokhti et al., 2009) افزایش قابل توجه عملکرد گندم تحت تیمار سویه های مختلف باکتری *P. putida* در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد باکتری) را گزارش نمودند.

بین اثر گونه های قارچ بر روی عملکرد در تیمار شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نشد اما در سطوح کود دامی تفاوت‌هایی از این لحاظ دیده شد به طوری که در 10 و 20 تن در هکتار کود دامی گونه‌های *T. viridae* و *T. harzianum* اثر یکسان و مثبتی نسبت به گونه *T. hamatum* داشتند درحالی‌که در سطح 30 تن کود دامی گونه *T. harzianum* نسبت به *T. viridae* برتری نشان داد (شکل 1.ب). در این راستا هاگاس و ابوسدرا (Haggag & Abo-Sedera, 2005) افزایش عملکرد و بیوماس زیره را در کاربرد تلفیقی کود آلی (کمپوست) و قارچ *T. harzianum* به واسطه بهبود تغذیه گیاه بیان داشتند.

- بیوماس

تأثیر کود، قارچ و باکتری بر بیوماس گیاه گندم معنی‌دار بود. به طوری که تیمار 20 تن در هکتار کود دامی حداکثر بیوماس گیاه را موجب شد و سطوح 10 و 30 تن در هکتار نیز با تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به شاهد برتری نشان دادند (جدول 3). در این راستا آرنکون و همکاران (Arancon et al., 2008) بهبود رشد و بیوماس گیاه اطلسی (*Petunia hybrida* L.) را در گستره 10 الی 50 % کمپوست کود گاوی در ترکیب بستر کشت گزارش نمودند و افزایش بیش از این مقدار را موجب محدودیت رشد گیاه دانستند. همچنین ژو و همکاران (Zhou et al., 2005) اظهار داشتند که کاربرد کود مرغی موجب بهبود خصوصیات رشدی تربچه (*Raphanus sativus* L.) گردید. در بین گونه های تریکودرما، *T. viridae* نسبت به *T. harzianum* برتری نشان داد و *T. hamatum* از لحاظ آماری اثر بینابینی داشت (جدول 3). Chandanie *et al.* (2009) در بررسی تلفیق قارچ آربوسکولار مایکوریزا و *T. harzianum* به منظور کنترل بیماری مرگ گیاهچه[1] و بهبود رشد خیار افزایش بیوماس گیاه را گزارش نمودند و اظهار داشتند که *T. harzianum* به تنهایی افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی را موجب گردید، اما در تلفیق با قارچ آربوسکولار میکوریزا این افزایش قابل ملاحظه بوده است. در این آزمایش کاربرد باکتری سودوموناس از لحاظ آماری در مقایسه با عدم کاربرد برتری نشان داد (جدول 3).

- شاخص برداشت

حداکثر شاخص برداشت در سطح 10 تن در هکتار کود دامی مشاهده شد (جدول 3). سطوح 10، 20 و 30 تن در هکتار به ترتیب باعث افزایش 40/05، 37/30 و 31/38 درصدی این شاخص نسبت به شاهد گردیدند. در بین گونه‌های تریکودرما، *T. harzianum* و *T. hamatum* به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر بر شاخص برداشت گندم را دارا بودند. علاوه بر آن تیمار کاربرد باکتری سودوموناس نسبت به عدم کاربرد آن برتری قابل‌ملاحظه‌ای داشت (جدول 3).

- وزن هزار دانه

مقایسه میانگین‌های ساده تیمارها (جدول 3) نشان داد که سطح 30 تن در هکتار کود دامی و تیمار شاهد به ترتیب از حداکثر و حداقل وزن هزار دانه گندم برخوردار بودند. همچنین تأثیر قارچ *T. viridae* نسبت به *T. harzianum* و *T. hamatum* روی این صفت بیشتر بود. در این آزمایش کاربرد باکتری سودوموناس موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه نسبت به تیمار عدم کاربرد گردید (جدول 3). در همین زمینه رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Beidokhti et al., 2009) افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه گندم را در کاربرد سویه‌های باکتری سودوموناس نسبت به شاهد (بدون باکتری) گزارش نمودند. با توجه به شکل 1- ج در تیمار شاهد و 20 تن کود دامی در هکتار بین گونه‌های قارچ اختلاف معنی‌داری از نظر تأثیر بر وزن هزاردانه وجود ندارد اما نحوه‌ی تأثیر آن ها در تیمارهای 10 و 30 تن در هکتار کود دامی متفاوت است. در سطح 10 تن کود دامی در هکتار *T. viridae* باعث افزایش وزن هزاردانه در مقایسه با دو گونه دیگر شد و دو گونه دیگر اثر چشمگیری نداشتند. در سطح 30 تن کود دامی در هکتار هر سه گونه قارچ باعث افزایش وزن هزاردانه شدند اما گونه *T. viridae* اثر بیشتری نسبت به دو گونه دیگر داشت.

1- Damping-off

- طول و وزن خوشه

تأثیر تیمارهای کودی، قارچ و باکتری بر طول خوشه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول 3). با توجه به اینکه صفت مذکور از جمله صفاتی است که معمولاً تحت تأثیر ژنتیک گیاه نمود پیدا می‌کند، بنابراین نتیجه مشاهده شده منطقی به‌نظر می‌رسد. در بررسی وزن خوشه تحت تیمارهای مورد بررسی نیز مشخص گردید که سطح 20 تن در هکتار کود دامی با میانگین 2/03 گرم در بوته نسبت به سایر سطوح کودی، گونه‌های *T. viridae* و *T. harzianum* به ترتیب با میانگین 1/70 و 1/76 گرم در بوته نسبت *T. hamatum* (میانگین 1/59 گرم در بوته) و کاربرد باکتری سودوموناس در مقایسه با تیمار عدم کاربرد، برتری نشان دادند (جدول 3). در بررسی اثر متقابل کود در قارچ نیز مشخص گردید که سطح 20 تن در هکتار کود دامی در تلقیح با قارچ *T. viridae* حداکثر وزن خوشه (میانگین 2/20 گرم در بوته) را موجب گردید (شکل 1.د). بنابرگزارش تارانگو ریورو و همکاران (Tarango Rivero et al., 2009) کودهای آلی در تلقیح با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما نقش مؤثرتری در بهبود رشد گیاه دارند.

- قطر ساقه

در این آزمایش سطوح مختلف کود آلی در یک گروه آماری قطر ساقه را نسبت به شاهد افزایش دادند و تأثیر گونه‌های قارچ مورد بررسی و کاربرد باکتری بر این صفت از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است (جدول 3). نتایج اثر متقابل کود در قارچ نشان داد که قارچ *T. harzianum* در سطوح 10 و 20 تن کود دامی قطر ساقه را نسبت به شاهد افزایش داشت و *T. viridae* نیز در سطح 10 تن کود دامی نسبت به شاهد برتری داشت (شکل 1-ه).

- ارتفاع گیاه

حداکثر ارتفاع گیاه (حدود 74 سانتی متر) در تیمار شاهد و سطح 10 تن در هکتار کود دامی مشاهده شد و کاربرد باکتری سودوموناس (میانگین 73/72 سانتی متر) نیز نسبت به تیمار عدم کاربرد آن (میانگین 71/71 سانتی متر) برتری نشان داد (جدول 3). با وجود معنی‌داربودن اثر متقابل کود در قارچ (جدول 3)، اکثر سطوح کود دامی در تلقیح با گونه‌های تریکودرما در یک گروه آماری ارتفاع گیاه را افزایش دادند. در این آزمایش حداقل ارتفاع گیاه در سطح 30 تن در هکتار کود دامی تلقیح شده با *T. hamatum* مشاهده شد (شکل 1- و) در همین زمینه هاگاگ و ابوسدرا (Haggag & Abo-Sedera, 2005) افزایش ارتفاع گیاه زیره را تحت تیمار کمپوست بقایای بادام‌زمینی (*Arachid hypogea* L.) تلقیح شده با *T. harzianum* گزارش نمودند، این محققان اظهار داشتند که ترکیب مذکور در مقایسه با تلفیق کمپوست با گونه های *T. koningii* و *T. hamatum* برتری نشان داد. در حالی که افزایش قابل توجه ارتفاع گیاه اسفناج در کمپوست 15 تن در هکتار تلقیح‌شده با *T. hamatum* گزارش شده است (Motaghian et al., 2009).

اثر مصرف کود، قارچ و باکتری بر تراکم اسپور گونه‌های تریکودرما در بستر کشت

مقایسه تیمارهای کودی (جدول 3) بیانگر روند افزایشی تراکم اسپورهای گونه‌های مختلف قارچ مورد بررسی متناسب با افزایش سطح مصرفی کود دامی می‌باشد. در بررسی اثر متقابل کود در قارچ نیز به وضوح می توان این روند افزایشی را مشاهده نمود (شکل 1.ز). در این شکل ملاحظه می‌شود که قارچ *T. harzianum* و *T. hamatum* در سطح 30 تن در هکتار کود دامی به ترتیب با تولید $74/68\times10^8$ و $69/68\times10^8$ کلونی در میلی گرم وزن خشک بستر کشت حداکثر تراکم را نشان دادند. محققان معتقدند که شرایط فیزیکوشیمیایی خاک بر بقای و روند تغییرات جمعیت تریکودرما مؤثر است (Rohani, 2004) و با افزایش درصد مواد آلی خاک جمعیت قارچ تریکودرما نیز افزایش می‌یابد (Soltani et al., 2005).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی اثر سطوح مختلف کود گاوی، گونه های قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس بر خصوصیات مرتبط با ظهور گیاهچه گندم از جمله درصد ظهور، سرعت ظهور تجمعی و سرعت ظهور نهایی گیاهچه بیانگر آن است که در مراحل اولیه رشد گیاه، سطوح 20 و 30 تن در هکتار کود دامی موجب تأخیر در عوامل سبزشدن گیاهچه گردیدند. اما در مجموع با بررسی متوسط زمان ظهور گیاهچه مشخص شد که سطوح مختلف کود آلی با تأخیر کوتاهی پس از سبزشدن به حداکثر سطح جوانه‌زنی رسیدند. در این آزمایش تأثیر قارچ و باکتری در مراحل اولیه رشد معنی‌دار نبود. در بررسی اثر تیمارهای مورد نظر مشخص شد که سطح 30 تن در هکتار کود دامی با وجود آن که توانست به طور قابل قبولی خصوصیات زراعی و عملکرد گندم را نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) افزایش دهد، اما در مجموع به نظر می‌رسد که سطح بهینه مصرف کود برای حداکثر رشد و تولید این گیاه میزان 20 تن در هکتار بوده است. نکته قابل توجه این که در اکثر صفات مورد بررسی مانند عملکرد، وزن هزار دانه، وزن خوشه، قطر و ارتفاع گیاه گندم نسبت به گونه‌های *T. viridae*، *T. harzianum* و *T. hamatum* در سطوح مختلف کود دامی متفاوت بود به عبارت دیگر برای هر گیاه می‌توان گونه‌های مناسبی را انتخاب کرد. نتایج حاکی از آن است که کاربرد باکتری سودوموناس نیز توانست موجب بهبود عملکرد، بیوماس و شاخص برداشت گندم (*Triticum aestivum* L.) شود. بررسی تراکم کلونی خاک نیز بیانگر افزایش سرعت تکثیر قارچ متناسب با افزایش میزان مصرف ماده‌ی آلی بوده است و رفتار گونه‌های تریکودرما به سطوح مختلف کودی متفاوت می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای کود گاوی، گونه‌های تریکودرما و باکتری سودوموناس بر خصوصیات ظهور گیاهچه گندم (۷ روز پس از کاشت)

Table 2- Mean comparison of cattle manure, *Trichoderma* sp. and *Pseudomonas* bacteria on seedling emergence characters of wheat (7 days after sowing)

سرعت ظهور تجمعی گیاهچه (گیاهچه در روز) CER (seedling.day^{-1})	سرعت ظهور نهایی گیاهچه (گیاهچه در روز) FER (seedling.day^{-1})	خوسط زمان ظهور گیاهچه (گیاهچه در روز) MET (seedling.day^{-1})	درصد ظهور نهایی گیاهچه Final emergence%	تیمار Treatment
				کود دامی Cow manure
5.43h	15.02a	0.15a	90.17a	Check (Soil)
6.19a	15.41a	0.35c	92.50a	10 t.ha^{-1}
5.05c	14.05b	0.29c	84.31b	20 t.ha^{-1}
3.98d	13.35b	0.33c	80.15b	30 t.ha^{-1}
				گونه های تریکودرما *Trichoderma* spp. (T)
5.10a	14.52a	0.37a	87.13a	*T. viridae*
5.01b	14.32a	0.36a	85.93a	*T. harzianum*
5.24b	14.45a	0.33c	86.75a	*T. banatum*
				باکتری سودوموناس *Pseudomonas* spp. bacteria (B)
5.18a	14.50a	0.35a	87.02a	کاربرد Application
5.10a	14.35a	0.36a	86.14a	عدم کاربرد Non-application
				منابع تغییرات S.O.V.
***	***	***	***	M
***	ns	ns	ns	T
ns	ns	ns	ns	B
***	ns	ns	ns	M×T
ns	ns	ns	ns	M×B
ns	ns	ns	ns	T×B
ns	ns	ns	ns	M×T×B
8.10	6.81	1.21	6.81	CV (%) ضریب تغییرات (درصد)

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که دارای یک حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

* Means in the same column followed by the same letters were not significantly different according to DMRT (p<0.05).

*, ** and NS: Significant at %5 and %1 level of probability and non-significant, respectively.

Cumulative emergence rate, Final emergence rate and Mean emergence rate are CER, FER and MER, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای کود گاوی، گونه‌های تریکودرما و باکتری سودوموناس بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم هنگام برداشت

Table 3- Mean comparison of cattle manure, *Trichoderma* sp. and *Pseudomonas* bacteria on agricultural characters and yield of wheat at harvesting time

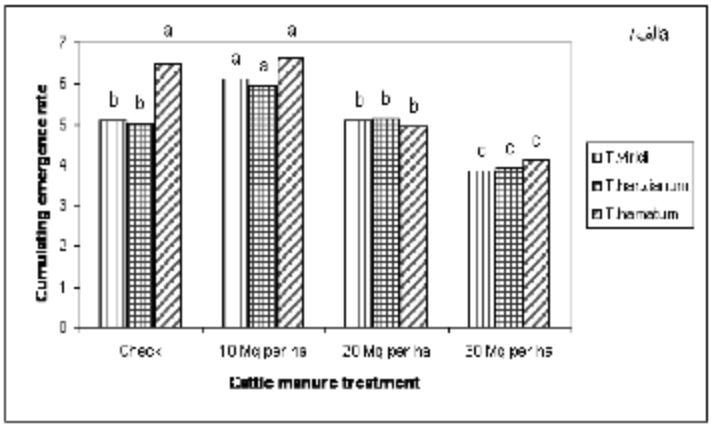
تعداد کلونی (10^6) در میلی گرم وزن خاک خشک Counts colony (10^6)/ mg dry soil weight	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی متر) Stem diameter (mm)	طول سنبله (سانتی متر) Spike length (cm)	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	وزن هزار دانه (گرم) Thousands seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	بیوماس (گرم در بوته) Biomass ($g.plant^{-1}$)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Grain yield ($g.plant^{-1}$)	تیمار Treatment
									کود دامی Manure (M)
4.48d	73.77a	3.98b	9.60b	1.12b	42.69d	31.76c	13.85d	4.41d	Check (Still)
46.31c	74.77a	4.02a	9.99ab	1.66c	43.24c	32.98b	14.36c	7.59b	10 Mg.ha^{-1}
58.22b	71.17b	3.86c	9.99ab	2.07a	43.67b	33.66b	16.28a	8.27a	20 Mg.ha^{-1}
70.13a	71.27b	3.91b	10.25a	1.99b	44.04a	45.14a	15.24b	7.00c	30 Mg.ha^{-1}
									گونه های تریکودرما *Trichoderma* spp. (T)
53.54b	72.48a	3.91a	10.17a	1.78a	43.82a	46.09b	13.02a	7.03a	*T. viride*
45.84c	72.38a	3.77b	9.75b	1.64a	43.76b	48.56a	14.48b	6.81b	*T. harzianum*
48.39ab	72.15a	3.90a	9.98ab	1.67a	43.17b	43.74c	14.66ab	6.39c	*T. koningii*
									باکتری سودوموناس *Pseudomonas* spp. (B) bacteria
44.57a	73.72a	3.89a	10.01a	1.76a	43.53a	47.28a	15.07a	7.03a	Application کاربرد
42.14b	71.71b	3.88a	9.91a	1.59b	43.53b	44.63b	14.34b	6.43b	Non-application عدم کاربرد
									میانگین مربعات (MS)
***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	M
ns	ns	ns	ns	ns	***	**	*	***	T
ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	B
-	-	-	ns	-	-	ns	ns	ns	Mod
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	M×B
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	T×B
ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	M×T×B
8.87	3.15	5.09	6.39	8.51	11.79	6.22	4.39	4.28	CV(%) ضریب تغییرات (درصد)

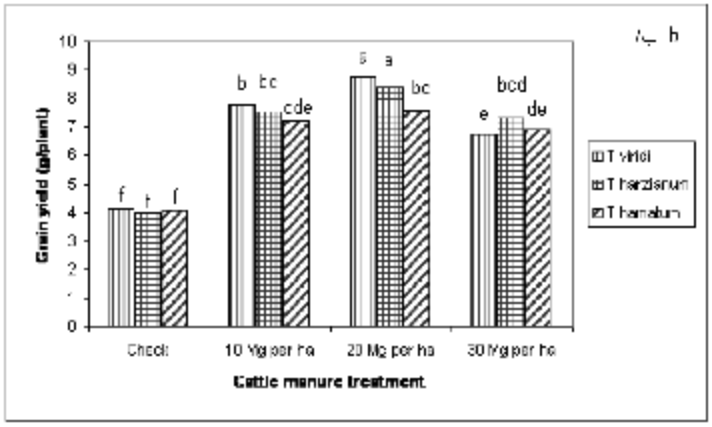
* اعداد هر گروه در هر ستون که دارای یک حروف مشترک هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

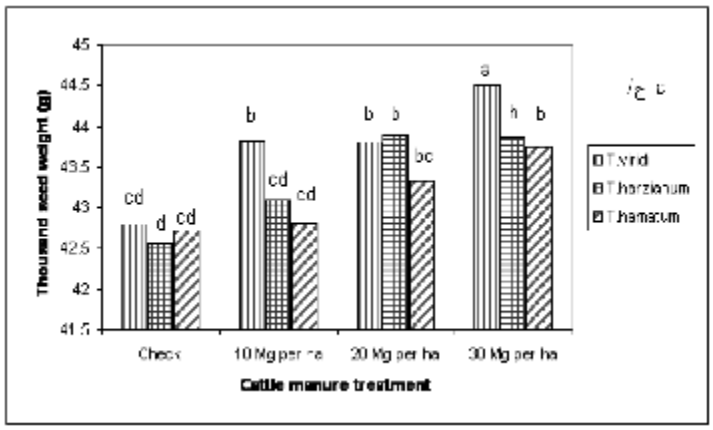
ns و *، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

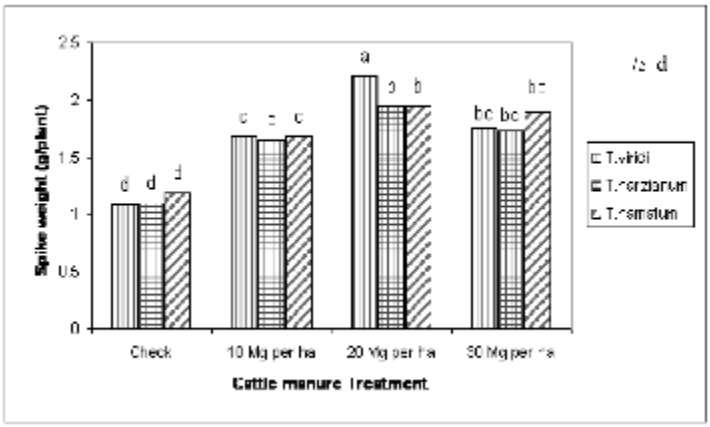
* Means in the same column followed by the same letters were not significantly different according to DMRT ($P<0.05$).

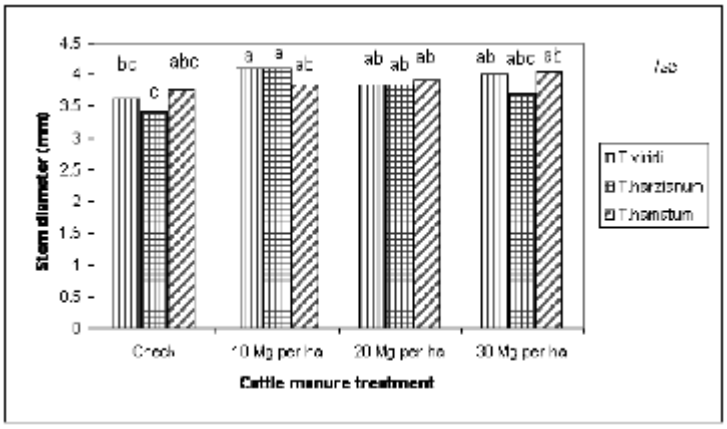
ns, *, ** and NS: Significant at %1 and %5 level of probability and non-significant, respectively

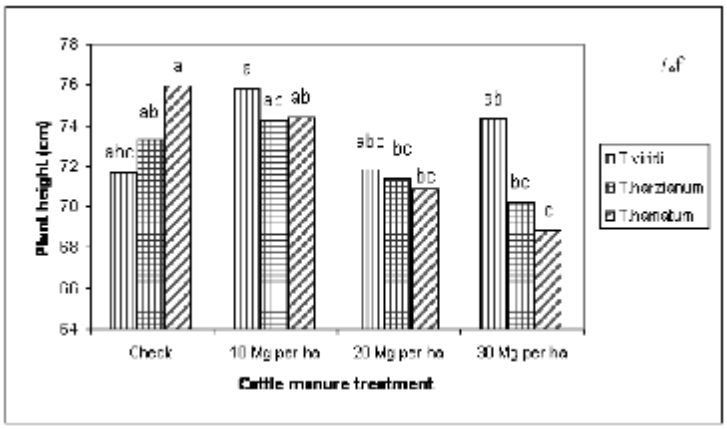

Cumulating emergence rate
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure treatment
T.viride
T.harzianum
T.hamatum

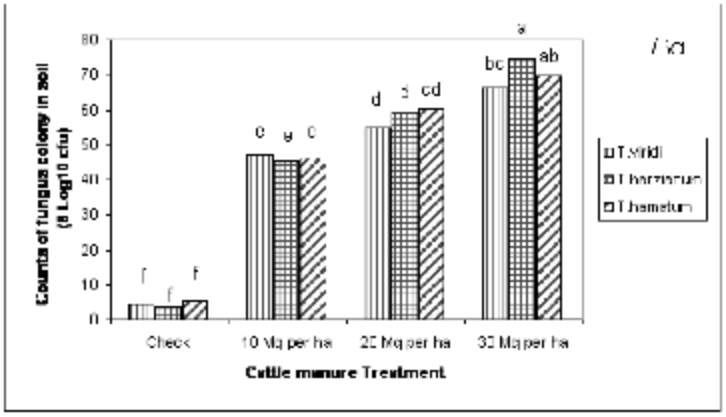

Grain yield (g/plant)
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure treatment
T.viride
T.harzianum
T.hamatum


Thousand seed weight (g)
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure treatment
T.viride
T.harzianum
T.hamatum


Spike weight (g/plant)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure Treatment
T.viridi
T.harzianum
T.hamatum


Stem diameter (mm)
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure treatment
T.viridi
T.harzianum
T.hamatum


Plant height (cm)
78
76
74
72
70
68
66
64
Check
10 Mg per ha
20 Mg per ha
30 Mg per ha
Cattle manure treatment
T.viridi
T.harzianum
T.hamatum



شکل 1- اثر متقابل کود گاوی و قارچ تریکودرما بر الف) سرعت ظهور تجمعی (CER)، ب) عملکرد دانه گندم، ج) وزن هزار دانه، د) وزن خوشه در گیاه، ه) قطر ساقه، و) ارتفاع گیاه و ز) تعداد کلونی قارچ در خاک

Fig. 1- Interaction effects between cattle manure and *Trichoderma* spp. on A) cumulative emergencerRate (CER), B) grain yield, C) thousand seed weight, D) spike weight per plant, E) stem diameter, F) plant height,G) counts of fungus colony in soil

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

* Means within a shape followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

منابع

1- Abdul baki, A. A., and Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science 13: 630-633.

2- Askew, D. J., and Laing, M. D. 1993. An adapted selective medium for the quantitative isolation of Trichoderma species. Plant Pathology 42: 686–690.

3- Arancon, N. Q., Edvard, C. A., Babenko, A., Cannon, J., Glavis, p., and Metzger, J. D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of *Petunias* in the greenhouse. Applied Soil Ecology 39: 91-99.

4- Avis, T. J., Grave, V., Antoun, H., Russe, and Tweddell, J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. Soil Biology and Biochemistry 40: 1733-1740.

5- Bennett, A. J., and Whipps, J. M. 2008. Beneficial microorganism survival on seed, roots and in rhizosphere soil following application to seed during drum priming. Biological Control 44: 349–361.

6- Cavalcante, R. S., Lima, H .L. S., Pinto, G. A. S., Gava, C. A. T., and Rodriguez, S. 2008. Effect of moisture on *Trichoderma conidia* production on corn and wheat bran by solid state fermentation. Micro- Biotechnology 24: 319-325.

7- Chandanie W. A., Kubota, M., and Hyakumachi, M. 2009. Interactions between the *Arbuscular mycorrhizal* fungus *Glomus mosseae* and plant growth-promoting fungi and their significance for enhancing plant growth and suppressing damping-off of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Applied Soil Ecology 1253: 1-6.

8- Haggag, W. M., and Abo-Sedera, S. A. 2005. Characteristics of three *Trichoderma* species in peanut haulms compost involved in biocontrol of cumin wilt disease. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 2: 222–229.

9- Harman, G. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96: 190–194.

10- Jayalal, R. G. U., and Adikaram, N. K. B. 2007. Influence of *Trichoderma harzianum* metabolites on the development of green mould disease in the *Oyster mushroom*. Biology Science 36(1): 53-60.

11- Kang, B. R., Yang, K. Y., Cho, B. H., Han, T. H., Kim, I. S., Lee, M. C., Anderson, A. J., and Kim, Y. C. 2006. Production of indole-3-acetic acid in the plant-beneficial strain *Pseudomonas chlororaphis* O_6 is negatively regulated by the global sensor kinase GacS. Current Microbiology 52: 473–476.

12- Kucuk, C., Kivanc, M., Kinaci, E., and Kinaci, G. 2007. Efficacy of *Trichoderma harzianum* (Rifaii) on inhibition of ascochyta blight disease of chickpea. Annals of Microbiology 57: 665-668.

13- Mottaghian, A., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A., Shahsavari A., and Hasanpour, R. 2009. Effect of three *Trichoderma* species and different amounts of enriched municipal waste compost on growth parameters in spinach (*Spinacia oleracea*). 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems. Saint Petersburg, Russia. pp. 267-270.

14- Orchard, T. 1977. Estemating the parameters of plant seedling emergence. Seed Science and Technology 5: 61-69.
15- Patten, C. L., and Glick, B. R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology 68: 3795–3801.
16- Rezvan Beidokhti, S., Dashtban, A., Kafi, M., and Sanjani, S. 2009. Evaluating the effect of *Pesodomonas* bacteria strains on wheat yield and its components at various levels of phosphorus fertilization. Journal of Agroecology 1: 33-40. (In Persian with English Summary).
17- Rohani, H. 2004. Effect of soil condition on variants population and antagonist survivor *Trichoderma spp*. Journal of Agricultural Science 6: 1305-1316.
18- SAS Institute. 1997. SAS User's Guide: Statistics, TRersion 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1162 p.
19- Soltani, H., Zafari, D., and Rohani. A. 2005. A study on biological control of the crown, root and tuber fungal diseases of potato by *Trichoderma harzianum* invitro and field condition in Hamadan. Journal of Agricultural Water Research 5: 13-25.
20- Tarango Rivero, S. H., Nevarez Moorillon, V. G., and Orrantia Borund, E. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. Bioresource Technology 100: 1992–1998.
21- Thangavelu, R., Palaniswami, A., and Velazhahan, R. 2004. Mass production of *Trichoderma harzianum* for managing *Fusarium* wilt of banana. Agricultural Ecosystems and Environment 103: 259–263.
22- Walker, R., Rossall, S., and Asher, M. J. C. 2004. Comparison of application methods to prolong the survival of potential biocontrol bacteria on stored sugar-beet seed. Journal of Applied Microbiology 97: 293–305.
23- Woo, S. L., Scala, F., Ruocco, M., and Lorito, M. 2006. The molecular biology of the intractions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi, and plants. Phytopathology 96. 181-185.
24- Yasari, E., and Patwardhan, A. M. 2007. Effects of *Azetobacter* and *Azospirillium* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal of Plant Science 6: 77-82.
25- Yazdani, M., Pirdashti, H., Tajik, M. A., and Bahmanyar, M. A. 2008. Effect of *Trichoderma* spp. and different organic manures on growth and development in soybean (*Glycine max* (L.) Merr). Electronically Journal of Crop Protection 1(3): 65-82. (In Persian with English Summury).
26- Yedidia, I., Srivastava, A. K., Kapulnik, Y., and Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil 235 (2): 235–242.
27- Zhou, D. M., Hao, X. Z., Wang, Y. J., Dong, Y. H., and Cang, L. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. Chemosphere 59: 167–175.