جهت تهیه فایل ورد این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سوم، شماره ۱، ۱۳۸۰

بررسی کارآیی آزوسپیریلوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر ـ ۳۲

Evaluation of azospirillum, mycorrhiza and streptomyces efficiency with manure utilization in wheat by using ^{32}P

محمدرضا اردکانی [۱]، فرامرز مجد [۲]، داریوش مظاهری [۳] و قربان نورمحمدی [۴]

چکیده

به منظور بررسی همزیستی باکتری‌های آزوسپیریلوم، قارچ‌های میکوریزا و اکتینومیست‌هایی از جنس استرپتومایسس با ریشه گندم که به عنوان کود بیولوژیک مطرح بوده و می‌توانند نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی گیاه و یا حفاظت از آن داشته باشند، یک طرح تحقیقاتی در شرایط گلخانه همراه با مصرف کود دامی اجرا گردید و اثر متقابل این میکروارگانیسم‌ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی دقیق‌تر کارآیی و فعالیت میکروارگانیسم‌های مورد استفاده، از فسفر ـ ۳۲ استفاده شد. برای هر یک از میکروارگانیسم‌ها هم‌چنین کود دامی دو سطح (با مصرف و بدون مصرف) در نظر گرفته شد. میکروارگانیسم‌ها در زمان کاشت با بذر آغشته گردیدند و کود دامی نیز قبل از کاشت با خاک گلدان مخلوط شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار به اجرا در آمد. نتایج به دست آمده مشخص نمودند که کاربرد آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی به صورت انفرادی موجب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در گیاه، وزن خشک گیاه و اکتیویته در گیاه شد. هم‌چنین کود دامی اثر مثبت و افزایشی را بر روی قطر ساقه نشان داد. بررسی اثرات متقابل دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه نیز مشخص نمود که کاربرد توأم آزوسپیریلوم و میکوریزا به خصوص به همراه مصرف کود دامی توانست اکثر صفات مورد بررسی را افزایش دهد. بین میکوریزا و استرپتومایسس یک حالت منفی و آنتاگونیستی مشاهده شد، به طوری که در کلیه تیمارهایی که این دو میکروارگانیسم با یکدیگر به کار رفته بودند، اغلب صفات مورد بررسی کاهش یافته بود. هیچ‌گونه اثر آنتاگونیستی بین آزوسپیریلوم و استرپتومایسس مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، میکوریزا، استرپتومایسس، کود دامی، فسفر ـ ۳۲ و گندم.

مقدمه

یکی از راه‌های دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، استفاده از میکروارگانیسم هایی است که نقش به سزایی در تأمین نیاز غذایی گیاهان و هم‌چنین محافظت آن‌ها بر عهده دارند. در حال حاضر استفاده از باکتری‌های آزوسپیریلوم که قابلیت همزیستی با ریشه بسیاری از گیاهان خانواده غلات را دارند، رایج گشته و نقش آن‌ها در انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک ازت به روش همیاری در این گیاهان به اثبات رسیده است (خاورزی، ۱۳۷۷ ;Ishizuka, 1992). از بین گونه‌های مختلف آزوسپیریلوم، دو گونه *A. brasilense* و *A. lipoferum*

تاریخ دریافت: ۱۳۷۹/۵/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۲/۵

۱ـ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی ـ کرج
۲ـ عضو هیأت علمی سازمان انرژی اتمی ایران
۳ـ استاد دانشگاه تهران
۴ـ استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ـ تهران

جهت تهیه فایل ورد این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

نسبت به سایرین پراکنش بیشتری داشته و قابل ذکر است که گونه *A. brasilense* بیشتر با غلات سه کربنه (C_3) و گونه *A. lipoferum* عمدتاً با غلات چهارکربنه (C_4) همیاری برقرار می‌نمایند (Bhattarai and Hess, 1993). تلقیح گیاهان با آزوسپیریلوم، افزایش تقسیم سلولی در ریشه‌ها، تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش تارهای کشنده و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاهان را به دنبال داشته است، (Bhattarai and Hess, 1993; Bashan and Dubrovsky, 1996, Elmerich et al., 1992; Kennedy and Smith, 1995; Chalk, 1991; Kapulnik et al., 1981) طی آزمایش‌های خود دریافتند که تلقیح دو گیاه گندم (C_3) و سورگوم (C_4) با آزوسپیریلوم موجب افزایش وزن کل اندام هوایی، وزن کل ریشه، ارتفاع گیاه و تعداد سنبلچه‌ها در سنبله‌های گندم گردیده است. در خصوص قارچ‌های میکوریزا نیز قابل ذکر است که این میکروارگانیسم‌ها علاوه بر این که تأثیر قابل توجهی بر بهبود رشد گیاهان میزبان از خود نشان داده‌اند به دلایل دیگری نظیر افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر، ازت و برخی عناصر ریزمغذی افزایش جذب آب، تولید هورمون‌های گیاهی، کاهش اثر تنش‌های محیطی، افزایش مقاومت نسبت به عوامل بیماری‌زا در گیاه، تأثیر بر دانه بندی خاک، کاهش آسیب‌های ریشه‌ای در هنگام جابجایی نشاءها، تشدید فعالیت تثبیت بیولوژیک ازت، تأثیر مثبت بر روی برخی میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی و هم‌چنین بهبود ویژگی‌های کیفی و کمّی فراورده‌های زراعی مورد توجّه و بررسی قرار گرفته‌اند (شیرانی راد، ۱۳۷۷؛ مستأجران و وضوئی، ۱۳۷۸ Fitter and Garbaye, 1994; George et al., 1994; Lambert and Weidensaul, 1991; Marschner, 1994; Mohammad et al., 1995) افزایش جذب عناصر غذایی عمدتاً به دلیل انتشار میسلیوم‌های میکوریزای مرتبط با بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی به صورت مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه است و بهره‌گیری از حجم بیشتری از خاک که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند را ممکن می‌سازد. در این میان، مهم‌ترین نقش میکوریزا افزایش جذب فسفر توسط گیاه می‌باشد، زیرا علاوه بر توسعه میسلیوم‌ها، این قارچ‌ها دارای فسفاتازهای مختلف برای تجزیه فسفات‌های آلی و پیر فسفات‌های غیر آلی می‌باشند (Powell and Baggara, 1986; Isaac, 1992).

از طرف دیگر از آنجا که یکی از اهداف این تحقیق، کاهش مصرف مواد شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی و سموم مختلف بوده است و با توجّه به این که در کاربرد سموم به منظور ضدعفونی نمودن بذور احتمال صدمه رسانیدن به میکروارگانیسم‌های یاد شده وجود دارد. به منظور جلوگیری از فعالیت عوامل بیماریزا، از میکروارگانیسم دیگری از رده اکتینومیست‌ها و از جنس استرپتومایسس استفاده شد که نقش مهمی در کنترل بیولوژیک بیماری‌ها دارد. علاوه بر این گزارش شده که استرپتومایسس‌ها دارای یک نقش مؤثر در بهبود رشد گیاهان می‌باشند و به همین جهت به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهان (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) نیز مطرح می‌باشند. (Saracchi et al., 1991; Sardi et al., 1992). کاربرد این گونه مواد بیولوژیک در سیستم‌های زراعتی، امروزه از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار گشته و یکی از ارکان اصلی نیل به سوی کشاورزی پایدار می‌باشد. علاوه بر این کاربرد تکنیک‌های هسته‌ای به عنوان یک روش بسیار قدرتمند در خصوص اندازه‌گیری میزان عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان و هم‌چنین نحوه انتقال و حرکت آن‌ها در خاک می‌باشند. با استفاده از ایزوتوپ‌ها می‌توان میزان مطلوب کودهای شیمیایی، بهترین زمان مصرف آن‌ها، مکان قرار گرفتن و میزان آن‌ها را در خاک محاسبه نمود. در این تحقیق نیز به منظور بررسی دقیق‌تر کارآیی میکروارگانیسم‌های به کار رفته در جذب عناصر غذایی، از فسفر رادیواکتیو (رادیو فسفر ^{32}P) استفاده شد.

معمولاً فسفر رادیواکتیو که در برنامه‌های تحقیقاتی به کار برده می‌شود، به صورت محلول ارتوفسفات است. یون فسفات پس از وارد شدن به شیره گیاهی در بعضی نقاط متمرکز شده و در ساختمان بعضی ملکول‌ها دیده می‌شود. در سلول‌ها فسفر در ترکیب اسید نوکلئیک وارد شده و در برخی نقاط دیگر به صورت ترکیبات ناپایدار متمرکز می‌شود. فسفر در نقاط

جهت تهیه فایل ورد این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

رشدی ساقه و ریشه جائی که تقسیمات سلولی متعدد انجام می‌شود، مورد احتیاج است. ایزوتوپ رادیواکتیو ^{۳۲}P بدون داشتن تأثیر مخرب بر روی گیاه به قسمت‌های مختلف منتقل می‌شود، زیرا اگر پرتو حاصل از ^{۳۲}P موجب تغییراتی در بافت‌های ریشه گردد، رشد گیاه طبیعی نبوده و ارزش اندازه‌گیری فسفر جذب شده ناچیز است. بر اساس گزارش‌های موجود استعمال کودی که در هر گرم فسفر معمولی فقط تا ۲۰۰ میلی کوری ^{۳۲}P وجود داشته باشد، با اطمینان خاطر مشکلی ندارد. یکی از پارامترهای مهم در خصوص رادیوایزوتوپ‌ها، فعالیت ویژه (Specific Activity) آن‌ها می‌باشد که عبارت است از میزان اکتیویته (یا ^{۳۲}P) در هر گرم از عنصر یا ماده می‌باشند و واحدهایی نظیر بکرل بر گرم (Bq/g)، میکروکوری بر گرم (μci/g)، واپاشی بر میلیگرم در ثانیه (dps/mg) و یا واپاشی بر میلیگرم در دقیقه (dps/mg) برای آن در نظر گرفته می‌شود. در رابطه با ^{۳۲}P فعالیت ویژه ایزوتوپ خالص آن $۳\times۱۰^{۱۱}\mu ci/g^{-۱}$ می‌باشد (یک میکروکوری از رادیواکتیویته معادل $۲/۲\times۱۰^{۶}$dpm می‌باشد) بنابراین یک گرم از ^{۳۲}P عملکردی معادل $۶/۶\times۱۰^{۱۷}$dpm دارد. در بسیاری از تحقیقات مشخص شده که شمارش بین ۳۰ تا ۳۵ شمارش در ثانیه (counts per second/cps) و یا دو هزار شمارش در دقیقه (cpm) برای آزمایش‌های مربوط به خاک و تغذیه گیاهی مطلوب است. البته باید در نظر داشت که سه عامل مهم در اندازه‌گیری فعالیت ویژه کود نشاندار شده مهم هستند که شامل کارآیی و حساسیت دستگاه شمارنده، میزان ترقیق بیولوژیکی و شیمیایی و سوم طول دوره رشد گیاه در رابطه با مدت زمان بقای ماده رایواکتیور می‌باشند. ^{۳۲}P دارای نیمه عمر ۱۴/۳ روز و ^{۳۳}P دارای نیمه عمر ۲۵/۳ روز است. هر دو دارای اشعه بتا هستند ولی ^{۳۲}P دارای اشعه بتا با انرژی بیشتری است. در آزمایش‌هایی که بیش از ۱۲۰ روز طول می‌کشد، می‌بایست از ^{۳۲}P استفاده کرد (ابوکاظمی، ۱۳۷۱ و قنادی مراغه، ۱۳۷۲).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۷۸-۱۳۷۷ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای کرج با موقعیت جغرافیایی تقریبی °۳۶ عرض شمالی و °۵۱ طول شرقی با ارتفاع ۱۳۱۰ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. به منظور فراهم نمودن شرایط نزدیک به مزرعه، خاک مورد استفاده در این آزمایش از مزارع تحقیقاتی بخش کشاورزی و قبل از مصرف کودهای شیمیایی تهیه گردید. در این تحقیق گندم رقم مهدوی استفاده شد. این رقم دارای تیپ رشد بهاره بوده که دانه‌های آن با دارا بودن حدود ۱۰ تا ۱۱ درصد پروتئین از کیفیت نانوائی نسبتاً خوبی برخوردار است. این رقم برای کاشت در مناطق معتدل سرد کشور و حتی زمین‌های نسبتاً شور مناسب است.

روش تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های کاملاً تصادفی با چهار عامل و در سه تکرار در شرایط گلخانه طرح ریزی و اجرا گردید. هر تکرار شامل ۱۶ تیمار آزمایشی بود و مجموعاً ۴۸ تیمار آزمایشی (گلدان) در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند. عوامل مورد بررسی عبارت بودند از:

آزوسپیریلوم *(Azospirillum brasilense)* در دو سطح (با مصرف و بدون مصرف).

(مشخصات آزوسپیریلوم: تهیه شده توسط Favilli در دانشگاه Firenze ایتالیا، جمعیت $۱۰^{۸}$ cfu/g ماده حامل: پیت، مقدار مصرف: ۶۰۰ گرم در هکتار، زمان مصرف: تلقیح بذور هنگام کاشت)

میکوریزا *(Glomus sp.)* در دو سطح (با مصرف و بدون مصرف)

(مشخصات میکوریزا: تهیه شده در شرکت اگری فیوچر ایتالیا، جمعیت: g/ اسپور $۱۰^{۵}$ ماده حامل: رس، مقدار مصرف: یک کیلوگرم در هکتار، زمان مصرف: تلقیح بذور هنگام کاشت)

استرپتومایسس *(Streptomyces sp.* S57) در دو سطح (با مصرف و بدون مصرف)

مشخصات استرپتومایسس: تهیه شده توسط Quaroni در دانشگاه Milano ایتالیا، جمعیت $۱۰^{۸}$ Cfu/g، ماده حامل: رس، مقدار مصرف: ۵۰۰ گرم در هکتار، زمان مصرف: تلقیح بذور هنگام کاشت)

کود دامی (کود گاوی پوسیده) در دو سطح (بدون مصرف و مصرف به میزان ۹۵ گرم برای هر گلدان).

در تاریخ ۱۳۷۷/۹/۲۵ بذور گندم که قبلاً با میکروارگانیسم‌ها به طور جداگانه آغشته شده بودند در داخل گلدان هایی با حجم تقریبی ۲/۵ کیلوگرم کاشته شدند. پیش از کاشت به منظور تأمین نیازهای غذایی گیاهان مقدار ۰/۷۰ گرم اوره (در دو قسمت مساوی هنگام کاشت و ساقه دهی)، ۰/۴۰ گرم سوپرفسفات تریپل و هم‌چنین برای تیمارهای حاوی کود دامی مقدار ۹۵ گرم برای هر گلدان توزین و قبل از کاشت با خاک هر گلدان مخلوط گردیدند. ابتدا در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر تا عمق دو سانتیمتر کاشته شد. آبیاری به طور غیرمستقیم و به صورت افزودن آب به داخل زیرگلدانی‌ها صورت می‌گرفت. عمل تنک و حذف بوته‌های اضافی ۱۰ روز پس از کاشت انجام شد و در هر گلدان پنج عدد گیاه با فواصل نسبتاً یکسان نگهداشته شدند. به منظور بررسی دقیق‌تر کارآیی میکروارگانیسم‌های مورد نظر به ویژه میکوریزا و آزوسپیریلوم از فسفر ـ ۳۲ استفاده شد. مقدار ۶/۷۸ میلی‌کوری فسفر ـ ۳۲ به صورت اسید ارتوفسفریک در تاریخ ۱۳۷۷/۱۲/۲۸ (۹۰ روز پس از کاشت گلدان‌ها) توزیع گردید. این مقدار ماده رادیواکتیو پس از رسانیدن به حجم ۱۴۴ میلیلیتر توسط آب مقطر، برای هر گلدان به طور مساوی به میزان سه میلیلیتر توزیع شد. اکتیویته موجود برای هر گلدان در زمان مصرف، ۰/۱۴۱ میلی کوری معادل ۵۲۱۷ هزار بکرل بود. پس از توزیع ماده یاد شده بر سطح خاک، بلافاصله برای هر گلدان مقداری آب افزوده شد تا کاملاً در عمق توسعه ریشه‌های گیاه نفوذ نماید. در تاریخ ۱۳۷۸/۲/۲۵ گیاهان اکتیو شده در مرحله پرشدن دانه‌ها و زمانی که بوته‌ها هنوز کاملاً سبز بودند، برداشت شدند. بوته‌های هر گلدان پس از کف بُر شدن از سطح خاک در پاکت‌های جداگانه قرار گرفتند و سپس به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک گردیدند و بعد از آن توزین و آسیاب شدند. یکی از نکات مهم در رابطه با شمارش میزان اکتیویته نمونه‌ها، یکسان بودن اندازه ذرات و هم‌چنین قطر سطحی است که شمارش انجام می‌شود. به این منظور، نمونه‌های گیاهی آسیاب شده از الک‌های ویژه عبور داده شدند تا اندازه ذرات کاملاً یکسان شوند. سپس از هر تیمار یک گرم ماده خشک گیاهی داخل ظروف مخصوص استیل (پلانچت) ریخته شدند. برای هموژن شدن سطح نمونه، داخل هر یک از ظروف مقدار ۱۰ میلیلیتر استون ریخته شده و در زیر اشعه حرارتی مادون قرمز قرار داده شدند. نمونه‌های تسطیح شده به درون دستگاه شمارش گر β منتقل شدند. نمونه‌ها برای مدت یک هزار ثانیه در دستگاه قرار داده شدند و میزان واپاشی‌ها در این مدت برای هر کدام از آن‌ها محاسبه شد (بر اساس شمارش در ثانیه) و سپس طبق فرمول زیر میزان اکتیویته موجود در هر نمونه گیاهی (یک گرم ماده خشک) بر اساس واحد بکرل محاسبه گردید:

$$\text{اکتیویته} = \frac{\text{تعداد واپاشی‌های شمارش شده در ثانیه (CPS)}}{\text{راندمان}}$$

از آنجائی که کالیبراسیون سیستم شمارنده با توجّه به راندمان چشمه‌های استاندارد برای فسفر ـ ۳۲ در روش گازی تناسبی (Gas proportional system) صورت گرفته است، لذا در فرمول بالا مخرج کسر برابر با ۰/۳۶ در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق صفات مورد بررسی عبارت بودند از ارتفاع گیاه، طول سنبله، قطر ساقه، تعداد پنجه در گیاه، وزن خشک گیاه و اکتویته در گیاه.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آورده شده است. هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و اثرات متقابل تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's Multiple Range Test) برای صفات مورد بررسی انجام گرفت که نتایج حاصل در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود کاربرد آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی موجب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه در مقایسه با تیمار شاهد آن‌ها (عدم کاربرد هر یک) شده است. در رابطه با تأثیر آزوسپیریلوم، محققینی نظیر زیمر و بوته (Zimmer and Botte ,1989) هم‌چنین باشان و دوبروسکی (Bashan and Dubrovsky, 1996) این تأثیر مفید آزوسپیریلوم

را بـه تـولید هـورمون‌های مـحرک رشـد مـانند اکسـین، جیبرلین و سیتوکینین‌ها نسبت می‌دهند. کاپولینک و هـمکاران (Kapulink et al., 1981) هم‌چنین روستا (۱۳۷۷) اثر افزایشی آزوسپیریلوم بر روی ارتفاع گندم را گزارش دادند. در رابطه با اثر مثبت میکوریزا بر روی ارتفاع گیاه نیز می‌توان چنین اظهار داشت که قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شـده و ایـن امـر مـوجب تـولید اسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده است و در نتیجه ارتفاع گیاه نیز در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش نشـان داده است. افـزایش ارتـفاع گـیاه در اثـر کـاربرد مـیکوریزا تـوسط مـحققین مـتعددی از جـمله تـالوکدار و جـرمیدا (Talukdar and Germida, 1995) نـیز گـزارش شـده است. کاربرد کود دامی نیز توانسته ارتفاع گیاه را به میزان ۱۳ سانتیمتر در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش دهد (جدول ۲). از آن جا که کود دامی (پوسیده) حاوی عناصر و مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد و می‌تواند به طور تدریجی آن را در اختیار گیاه قرار دهد بسیار حائز اهمیت است. کاربرد استرپتومایسس هـیچ گونه اثر معنی داری را بر روی صفت مذکور نشـان نـداد. در تأثیر متقابل کاربرد آزوسپیریلوم و میکوریزا نیز همان گونه که در جدول ۱ مشخص شده است، یک اثر سینرجیستی ملاحظه گردید و مشخص شد که این وضعیت سبب بهبود رشـد گـیاه گردیده است. اثر متقابل کاربرد آزوسپیریلوم و استرپتومایسس نیز از نظر تأثیر بر روی ارتـفاع گـیاه در سـطح ۵٪ اخـتلاف معنی‌دار داشتند و همان طور که در جدول ۲ نشـان داده شـده است، تیمارهای a_1s_1 و a_1s_0 با دارا بودن بیشترین ارتفاع نسبت به سایر سطوح در گروه برتر قرار گرفته‌اند. این امر نشان دهنده عدم حساسیت آزوسـپیریلوم نسبت بـه مـواد آنـتی بـیوتیک مترشحه توسط استرپتومایسس می‌باشد. اثر متقابل مـیکوریزا و استرپتومایسس در سطح ۱٪ اختلاف آمـاری مـعنی دار نشـان دادند. در این خصوص قابل ذکر است که به دلیـل حسـاسیت نسبت به مواد آنتی بیوتیک و متوقف کـننده فـعالیت قـارچ‌ها (Mycostop) کـه تـوسط بـرخـی اکـتینومیست‌ها از جـمله استرپتومایسس تولید می‌شوند، یک اثر کاهشی و آنتاگونیستی در صورت مجاورت با آن‌ها دیده می‌شود. همان طور کـه در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود تیمار m_1s_0 بیشترین میزان ارتفاع را دارا بوده و در گروه برتر قرار گرفته است ولی از آنجائی که در تیمار m_1s_1 وجود استرپتومایسس بـاعث کـاهش فـعالیت و جلوگیری از گسترش ریسه‌های قارچـی شـده است، در نـتیجه جذب آب و مواد غذایی نسبت به تیمار m_1s_0 کاهش یافته و بر روی ارتفاع گیاه که تا حدی تابع عوامل یاد شده است، تأثـیر منفی گذاشته است. در رابطه با حالات مختلف اثـرات مـتقابل سه‌گانه نیز همان طور که در جـدول ۳ نشـان داده شـده است بـرترین تـیمارها عـبارتند از $a_1m_1s_0$، $a_1m_1d_1$، $a_1s_1d_1$ و $m_1s_0d_1$ با بررسی نتایج حاصل از اثرات متقابل سه گانه موارد مذکور مشخص مـی‌شود کـه کـاربرد آزوسـپیریلوم بـه هـمراه میکوریزا در حالتی که استرپتومایسس وجود نداشته است بهتر از اثر کاربرد هر سه میکروارگانیسم بوده که این امر مربوط به اثر منفی استرپتومایسس بر مـیکوریزا مـی‌باشد چـرا کـه در غـیاب استرپتومایسس توانسته به همراه آزوسپیریلوم واکنش مناسبی را در پی داشته باشد. هم‌چنین کاربرد آزوسپیریلوم و میکوریزا به همراه کود دامی نقش مؤثرتری را در افزایش ارتفاع گیاه نسبت به عدم مصرف کود دامی نشان داد. از طرف دیگـر مشـخص گردید که در کلیه موارد کاربرد کود دامی دارای یک اثر مثبت در فعالیت انفرادی و یا تـوأم مـیکروارگـانیسم‌ها مـی‌باشد. در بررسی اثـرات مـتقابل چـهارگانه نـیز مشـخص شـد کـه کـلیه تیمارهایی که حاوی آزوسپیریلوم و میکوریزا بـه هـمراه کـود دامی (بدون حضور اسـترپتومایسس) بـودند نـقش مـؤثری در افزایش ارتفاع گیاه داشتند.

در رابطه با اثر فاکتورهای آزمایشی بر روی طول سـنبله همان طور که در جـدول ۱ نشـان داده شـده است، مشـخص گردید که بین کاربرد و عدم کاربرد آزوسپیریلوم از نظر تأثیر بر روی این صفت در سطح ۱٪ اختلاف آماری معنی دار وجود دارد. این اثر مثبت کاربرد آزوسپیریلوم را می‌توان بـه افـزایش جذب آب و مواد غذایی بـه واسـطه تـوسعه بـیشتر ریشـه‌ها و هم‌چنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک ازت نسبت داد. در این حالت، طول سنبله نیز مانند ارتفاع گیاه در حضور آزوسپیریلوم افـزایش نشـان داده است. اثـر کـاربرد مـیکوریزا و هـم‌چنین استرپتومایسس بر روی طول سنبله معنی دار نـبود ولی کـاربرد

کود دامی توانسته در مقایسه با عدم کاربرد آن، طول سنبله را بیش از دو سانتیمتر افزایش دهد که این مسأله از نظر تولید تعداد دانه‌های بیشتر در سنبله بسیار حائز اهمیت است. این اثر افزایش کاربرد کود دامی را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشدی گیاه در حضور کود دامی نسبت داد که سبب افزایش رشد اندام‌های مختلف از جمله سنبله‌ها گردیده است. سایر اثرات اصلی و اثرات متقابل دوگانه، سه گانه و چهارگانه بر روی این صفت معنی دار نشد. ولی پس از گروه بندی میانگین‌های اثرات متقابل مشخص گردید که کاربرد آزوسپیریلوم به همراه میکوریزا (a_1m_1) هم‌چنین به همراه کود دامی (a_1d_1)و به ویژه در زمانی که این سه عامل با یکدیگر به صورت توأم به کار برده شدند ($a_1m_1d_1$)، نقش مؤثری در افزایش طول سنبله داشتند. در تیمار $a_1s_1d_1$ که هر چهار عامل به طور همزمان مورد استفاده قرار گرفت، به دلیل تأثیر سوء استرپتومایسس بر روی میکوریزا، در مقایسه با تیمار $a_1m_1d_1$ کارآیی پائین‌تری داشت. قطر ساقه در حقیقت یکی از عواملی است که استحکام گیاه و به‌ویژه مقاومت آن در برابر ورس را مشخص می‌نماید. برای بررسی این صفت، قطر ساقه در فاصله بین گروه سوم و چهارم با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. در بین عوامل مورد استفاده فقط کاربرد کود دامی قطر ساقه را به طور معنی درای افزایش داد به طوری که کاربرد این عامل در مقایسه با عدم کاربرد آن، قطر ساقه را حدود سه میلیمتر افزایش داد. در اثرات متقابل دوگانه عوامل آزمایشی، بیشترین میزان قطر ساقه مربوط به تیمارهای a_1d_1 a_0d_1 m_0s_1 a_1s_1 a_0s_1 a_1m_1 a_1m_0 m_0d_1 m_1d_1 و s_1d_1 بود. هم‌چنین در بین اثرات متقابل سه گانه، تیمار $a_1m_1d_1$ با قطر ۴/۲۷ میلیمتر بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. در اثرات متقابل چهارگانه نیز اثر افزایشی کاربرد کود دامی بر روی قطر ساقه مشخص شد (جدول ۳). از نظر تعداد پنجه در گیاه کاربرد آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی هر یک به تنهائی موجب افزایش معنی دار این صف شده است. افزایش تعداد پنجه زنی در گندم در اثر تلقیح با آزوسپیریلوم توسط ریندرز و ولاساک (Reynders and Vlassak, 1982) نیز مطرح گردید. در رابطه با میکوریزا نیز قابل ذکر است با توجّه به یکسان بودن تراکم بوته‌ها در هر دو تیمار یاد شده دلیل این امر، می‌تواند به همزیستی میکوریزایی مربوط باشد. پانوار (Panwar, 1992) هم‌چنین محمد و همکاران (Mohmmad et al., 1995) گزارش هایی مبنی بر افزایش تعداد پنجه‌های گیاه در اثر کاربرد میکوریزا ارائه داده‌اند. مصرف کود دامی، میزان تولید پنجه را به میزان قابل توجهی افزایش داد. این تأثیر را می‌توان به جذب بیشتر مواد غذایی، تغذیه بهتر گیاه و در نتیجه پنجه زنی بهتر آن در حضور کود دامی نسبت داد. کاربرد استرپتومایسس هیچگونه اثر معنی‌داری بر روی این صفت نشان نداد. اثر متقابل کاربرد آزوسپیریلوم و میکوریزا به دلیل داشتن اثر سینرجیستی، توسعه ریشه‌ها و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی را بهبود بخشید و در این حالت سبب بهبود رشد و افزایش پنجه زنی گیاه گردید. در زمانی که میکوریزا به همراه استرپتومایسس به کاربرده شد، به دلیل تأثیر آنتاگونیستی استرپتومایسس، میکوریزا نتوانست نقش خود در رابطه با جذب مواد را ایفا نماید و کارآیی چندانی نداشت و به همین دلیل m_1s_0 از نظر تعداد پنجه در گیاه در مقایسه با تیمار m_1s_1 در گروه برتر قرار گرفت.

در بین اثرات متقابل دوگانه مختلف، بالاترین میزان پنجه‌زنی زمانی حاصل شد که آزوسپیریلوم به همراه کود دامی مصرف گردید و با ۲/۳۵ پنجه در گیاه در برترین گروه آماری قرار گرفت. در بین اثرات متقابل سه گانه و چهارگانه (جدول ۳) نیز بیشترین تعداد پنجه تولیدی در تیمارهایی بود که کود دامی به همراه سایر میکروارگانیسم‌ها به کار رفته بود. از نظر تأثیر بر روی وزن خشک گیاه، مشخص گردید که کاربرد آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی به صورت انفرادی توانسته‌اند این صفت را به مقدار معنی داری افزایش دهند. در این رابطه کاپولینک و همکاران (Kapulink et al., 1981)، هم‌چنین حجازی و همکاران (Hegazi et al., 1983)، افزایش وزن خشک ذرت و کاه گندم تلقیح شده با آزوسپیریلوم را گزارش دادند. این اثر افزایشی آزوسپیریلوم را، پژوهشگران مختلف در درجه اول به افزایش سطح و گسترش ریشه‌های گیاه در اثر تلقیح با آن نسبت می‌دهند که این امر باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آب و سایر عناصر غذایی می‌شود و در این شرایط، نمو و رشد گیاه بهتر انجام می‌پذیرد. علاوه بر این، تأثیرات هورمونی آزوسپیریلوم بر روی رشد و توسعه اندام‌های هوایی را نیز باید در نظر داشت. کاربرد

میکوریزا نیز به دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب بهبود فتوسنتز شده که نهایتاً مواد فتوسنتزی بیشتری در گیاه تولید گردیده و وزن خشک افزایش یافته است. افزایش وزن خشک گیاه در اثر کاربرد میکوریزا توسط طرفدار و مارشنر (Tarafdar and Marschner, 1994) هم‌چنین محمد و همکاران (Mahammad et al., 1995) گزارش شده است. مصرف کود دامی موجب افزایش وزن خشک گیاه به میزان ۰/۷۳ گرم شده است. اثر متقابل کاربرد آزوسپیریلوم و میکوریزا در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار نشان دادند و به طوری که از مقایسه میانگین‌های آن‌ها استنتاج می‌شود، کاربرد توأم آن‌ها (a_1m_1) توانسته است وزن خشک تولیدی را افزایش دهد. در این رابطه، برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که این نوع تلقیح مخلوط می‌تواند تا حد زیادی جایگزین مصرف کود نیتروژن و فسفر شود (Triplett, 1996; Barea et al., 1983; Baldani et al., 1986). با مقایسه دو تیمار a_0m_1 و a_1m_0 مشخص شد که اثر افزایشی کاربرد آزوسپیریلوم در رابطه با افزایش وزن خشک گیاه بیشتر از اثر میکوریزا بوده است (جدول ۲). اثر متقابل میکوریزا و استرپتومایسس در سطح ۱٪ تفاوت معنی دار نشان دادند. به طوری که پس از انجام مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که تیمار m_1s_0 با دارا بودن وزن خشک به میزان ۶/۲۵ گرم در گروه برتر قرار گرفته است.

اثر بازدارندگی استرپتومایسس بر روی میکوریزا باعث شد که تیمار m_1s_1 مقدار وزن خشک کمتری تولید نماید. در بین اثرات متقابل سه گانه، بیشترین میزان وزن خشک گیاه مربوط به تیمار $a_1m_1d_1$ (۶/۵۵ گرم) بود. در بین اثرات متقابل چهارگانه نیز تیمار $a_1m_1s_0d_1$ بیشترین وزن خشک گیاه را به خود اختصاص داد و با دارا بودن ۶/۶۹ گرم نسبت به سایر تیمارها در گروه برتر قرار گرفت. در اینجا نیز اثر افزایشی کاربرد کود دامی زمانی که آزوسپیریلوم و میکوریزا به طور توأم به کار رفتند، مشهود است. در رابطه با اکتیویته در گیاه که با واحد بکرل در گیاه بیان می‌شود، همان طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، بین کاربرد آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی با عدم کاربرد هر یک از آن‌ها اختلاف معنی دار دیده می‌شود. استفاده از آزوسپیریلوم باعث افزایش میزان جذب فسفر - ۳۲ و در نتیجه افزایش اکتیویته در گیاه شده است. این اثر افزایشی به واسطه بهبود توسعه سیستم ریشه گیاه تلقیح شده با آزوسپیریلوم بود که علاوه بر افزایش رشد گیاه و تولید ماده خشک بیشتر، میزان فسفر - ۳۲ بیشتری را نیز جذب نمود.

کاربرد میکوریزا نیز سبب افزایش میزان اکتیویته در گیاه شد که این امر به علت افزایش توسعه سیستم ریشه گیاه به واسطه تولید ریسه‌های قارچی بوده است. از طرف دیگر از آنجا که کاربرد کود دامی نقش مؤثری را در رشد گیاه دارا بوده است، جذب عناصر غذایی از خاک افزایش یافته و در نتیجه میزان جذب فسفر - ۳۲ از خاک بالا رفته و میزان اکتیویته بیشتری در حالت کاربرد کود دامی در گیاه دیده می‌شود. اثر متقابل کاربرد آزوسپیریلوم و میکوریزا بر صفت مذکور در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. پس از انجام میانگین‌ها و گروه‌بندی آن‌ها نیز مشخص گردید که تیمار a_1m_1 توانست بیشترین میزان اکتیویته در گیاه را به خود اختصاص دهد (۵۵۱۰/۵۷ Bq/گیاه) و در گروه برتر قرار گرفت. هم‌چنین با مقایسه دو تیمار a_0m_1 و a_1m_0 مشخص شد که اثر افزایشی کاربرد آزوسپیریلوم بر روی صفت مذکور، بیشتر از اثر کاربرد میکوریزا بوده است (شکل ۱). در واقع این نکته بیان کننده بالا بودن نسبت رشد ریشه به واسطه وجود آزوسپیریلوم در مقایسه با ریسه‌های تولید شده توسط میکوریزا می‌باشد.

اثر متقابل دوگانه آزوسپیریلوم و کود دامی در سطح ۱٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیشترین میزان اکتیویته در گیاه زمانی به دست آمد که آزوسپیریلوم به همراه کود دامی مصرف گردید (۵۸۹۸/۰۸ Bq/گیاه). در بررسی اثرات متقابل سه گانه و چهارگانه (شکل ۳ و ۴) نیز مشخص گردید که بیشترین میزان اکتیویته در گیاه مربوط به تیمارهای $a_1m_1d_1$ (۶۵۰۷/۴۹ Bq/گیاه) و $a_1m_1s_0d_1$ (۷۱۰۱/۴۳ Bq/گیاه) بود که این امر بیان کننده اثر افزایشی کود دامی و تأثیر مطلوب آن بر روی فعالیت میکروارگانیسم‌های یاد شده و رشد مطلوب گیاه بوده است. در کلیه تیمارهایی که استرپتومایسس به همراه میکوریزا به کار رفت، به دلیل اثر نامساعد و آنتاگونیستی استرپتومایسس، میکوریزا فعالیت مناسبی نداشت و به علت عدم انتشار میسلیوم‌های قارچی مقدار جذب افزایش نیافت.

جدول ۱ـ خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات

Table 1. Variance analysis of characters

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
			ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	قطر ساقه Stem diamerer (mm)	پنجه در گیاه Till/plant	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g)	اکتیویته در گیاه Bq/plant
Azospirillum (A)	آزوسپیریلوم (A)	1	1509.763**	30.020**	2.567ns	363.000**	320.488**	2614340150.385**
Mycorrhia (M)	میکوریزا (M)	1	355.341**	11.841ns	3.050ns	70.083**	82.714**	721213197.443**
AM	اثرات متقابل AM	1	239.413**	2.784ns	100.630**	8.333**	23.310**	39198363.125*
Streptomyces (S)	استرپتومایسس (S)	1	12.803ns	0.193ns	94.922**	0.083ns	0.064ns	3726143.551ns
AS	اثرات متقابل AS	1	19.001*	0.208ns	55.685*	56.333**	0.012ns	775578011.516**
MS	اثرات متقابل MS	1	376.32**	21.655ns	64.635*	168.750**	131.374**	504089776.154**
AMS	اثرات متقابل AMS	1	207.501**	3.183ns	179.027**	8 333**	22.427**	9787112.714ns
Dung (D)	کود دامی (D)	1	2017.613**	64.961**	139.060**	444.083**	642.623**	2401551041.763**
AD	اثرات متقابل AD	1	293.41**	2.980ns	1.577ns	208.333**	54.934**	78476818.095**
MD	اثرات متقابل MD	1	161.333**	1.281ns	0.350ns	0.750ns	11.613*	6024386.592ns
AMD	اثرات متقابل AMD	1	169.501**	1.599ns	62.792*	12.000**	21.40**	13505717.436**
SD	اثرات متقابل SD	1	36.401**	0.811ns	0.035ns	90.750**	1.089ns	36365437.125*
ASD	اثرات متقابل ASD	1	34.003**	0.952ns	36.227ns	85.333**	0.391ns	1677466.132ns
MSD	اثرات متقابل MSD	1	93.521**	0.247ns	36.227ns	0.750ns	3.769ns	1739746.401ns
AMSD	اثرات متقابل AMSD	1	92.963**	0.056ns	51.047*	8.33**	11.574*	49126304.128**
Error	خطا	32	3.343	1.620	11.352	0.77	2.405	597658.66
CV%	ضریب تغییرات	-	2.41	11.38	8.73	5.59	2.60	5.64

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال

جدول ۲ـ مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل دوگانه فاکتورهای آزمایشی

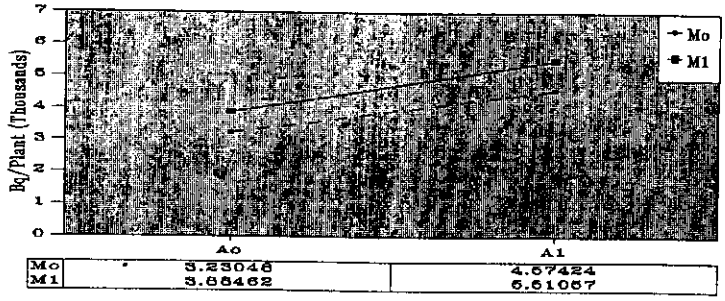
Table 2. Mean comparison of main effects and binary interactions of experimental factors

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	قطر ساقه Stem diamerer (mm)	پنجه در گیاه Till/plant	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g)	اکتیویته در گیاه Bq/plant
a_0	70.29	10.40	3.38	1.30	5.69	3547.25
a_1	81.5	11.98	3.88	10.84	6.21	5038.35
m_0	73.17	10.69	3.83	1.45	5.82	3876.70
m_1	78.62	11.68	3.88	1.70	6.08	4673.33
s_0	75.24	11.12	3.71	1.57	5.95	4266.74
s_1	76.55	11.25	3.99	1.56	5.96	4777.13
d_0	69.41	10.02	3.68	1.26	5.95	3582.01
d_1	82.38	12.35	4.02	1.87	6.32	50.17.82
a_0m_0	65.33c	9.66d	3.66b	1.21d	5.49c	3230.48d
a_0m_1	75.24b	11.13b	4.00a	1.37c	5.90b	3884.62c
a_1m_0	81.02a	11.72a	3.76ab	1.68b	6.15a	4574.24b
a_1m_1	81.99a	12.23a	4.00a	2.00a	6.27a	5510.57a
a_0s_0	69.00c	10.27b	3.58b	1.18b	5.69b	3416.90c
a_0s_1	71.57b	10.53b	4.08a	1.40c	5.70b	3684.08c
a_1s_0	81.47a	11.98a	3.84ab	1.74b	6.21a	5183.98a
a_1s_1	81.53a	11.98a	3.91a	1.95a	6.22a	4900.61b
m_0s_0	69.72c	9.95c	3.62b	1.26d	5.65c	3555.54c
m_0s_1	76.63b	11.43ab	4.14a	1.63b	5.99b	4210.43b
m_1s_0	80.76a	12.29a	3.85b	1.88a	6.25a	5037.43a
m_1s_1	76.48b	11.07b	3.80b	1.50c	5.92b	4329.29b
a_0d_0	61.33c	8.98c	3.64b	1.20c	5.22d	2976.28c
a_0d_1	79.24b	11.81b	4.02a	1.39b	6.17b	4175.05b
a_1d_0	77.49c	11.06b	3.73b	1.33b	5.95c	4323.88b
a_1d_1	85.52a	12.89a	4.03a	2.35a	6.47a	58.98.78a
m_0d_0	64.86d	9.36c	3.72b	1.15d	5.41d	3150.62d
m_0d_1	81.49b	12.02a	4.01a	1.74b	6.24b	4679.00b
m_1d_0	73.97c	10.68b	3.65b	1.37c	5.77c	4034.44c
m_1d_1	83.27a	12.68a	4.04a	2.00a	6.40a	5363.71a
s_0d_0	67.88d	9.83c	3.55c	1.12d	5.57b	3489.32c
s_0d_1	82.59a	12.42a	3.88b	1.74b	6.33a	4931.57b
s_1d_0	70.94b	10.22b	3.82bc	1.40c	5.61b	3675.27c
s_1d_1	82.17a	12.28a	4.17a	2.00a	6.31a	5103.71a

جدول ۳ـ مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه و چهارگانه فاکتورهای آزمایشی

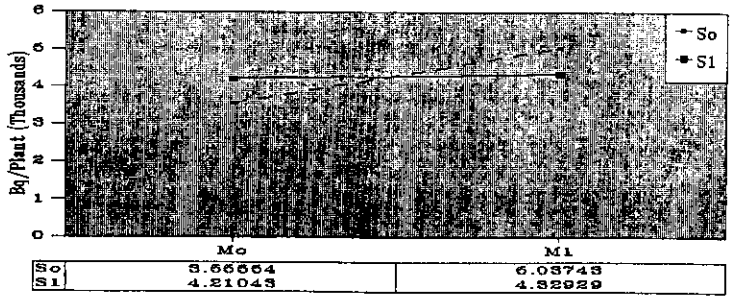
Table 3. Mean comparison of threefold and fourfold interactions of experimental factors

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	قطر ساقه Stem diamerer (mm)	پنجه در گیاه Till/plant	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g)	اکتیویته در گیاه Bq/plant
$a_0m_0s_0$	59.17e	8.60d	3.44c	1.03e	5.26e	2748.82f
$a_0m_0s_1$	71.50d	10.72bc	4.56a	1.33d	5.73d	3748.96e
$a_0m_1s_0$	78.83c	11.93abc	3.72bc	1.71c	6.13bc	4158.77d
$a_0m_1s_1$	71.65d	10.33c	3.60c	1.10e	5.66d	3613.28e
$a_1m_0s_0$	80.27bc	11.31abc	3.80bc	1.43d	6.05c	4452.80c
$a_1m_0s_1$	81.77ab	12.13ab	3.71bc	1.93b	6.25ab	4697.18c
$a_1m_1s_0$	82.68a	12.65a	3.89bc	2.05a	6.37a	5946.71a
$a_1m_1s_1$	81.30ab	11.82abc	4.11b	1.96ab	6.18abc	5093.61b
$a_0m_0d_0$	52.67e	7.90e	3.71b	1.08f	4.91f	2485.24g
$a_0m_0d_1$	78.00c	11.42bcd	4.10a	1.35cd	6.08cd	4077.85de
$a_0m_1d_0$	70.00d	10.07d	3.58b	1.31de	5.54e	3513.35f
$a_0m_1d_1$	80.48b	12.20abc	3.74b	1.43c	6.25bc	4266.50d
$a_1m_0d_0$	77.05c	10.83cd	3.73b	1.23e	5.91d	3892.20e
$a_1m_0d_1$	84.98a	12.62ab	3.79b	2.13b	6.39ab	5297.18b
$a_1m_1d_0$	77.93c	11.30bcd	3.72b	1.43c	6.00d	4585.44c
$a_1m_1d_1$	86.05a	13.70a	4.27a	2.58a	6.55a	6507.49a
$a_0s_0d_0$	58.23d	8.58c	3.31c	1.08e	5.21d	2731.44e
$a_0s_0d_1$	79.67b	11.95ab	3.86ab	1.16e	6.17b	4175.54c
$a_0s_1d_0$	64.33c	9.38c	3.98ab	1.28d	5.23d	3322.04d
$a_0s_1d_1$	78.82b	11.67ab	4.18a	1.31d	6.16b	4167.79c
$a_1s_0d_0$	77.43b	11.08b	3.78ab	1.50c	5.59c	4073.04c
$a_1s_0d_1$	85.52a	12.88a	3.91ab	1.98b	6.49a	6106.57a
$a_1s_1d_0$	77.55b	11.05b	3.67bc	1.50c	5.98bc	4151.25c
$a_1s_1d_1$	85.52a	12.90a	4.15a	2.73a	6.45a	5686.12b
$m_0s_0d_0$	59.13f	8.43d	3.38d	1.03e	5.19f	2722.98e
$m_0s_0d_1$	80.30c	11.48bc	3.87abc	1.43c	6.11cd	4484.31c
$m_0s_1d_0$	70.58e	10.30c	4.06ab	1.21d	5.62e	3597.24d
$m_0s_1d_1$	82.68b	12.55ab	4.21a	2.05a	6.36b	4870.10b
$m_1s_0d_0$	76..63d	11.23bc	3.72bcd	1.71b	5.94d	4325.74c
$m_1s_0d_1$	84.88a	13.35a	3.89abc	2.05a	6.55a	5788.43a
$m_1s_1d_0$	71.30e	10.13c	3.59cd	1.10e	5.59e	3746.30d
$m_1s_1d_1$	81.65bc	12.02ab	4.12ab	1.96a	6.25bc	49.52.62b
$a_0m_0s_0d_0$	42.00f	6.53f	2.88e	1.00i	4.86g	1932.58j
$a_0m_0s_0d_1$	76.33cd	10.67bcde	4.01abcd	1.20gh	5.93e	3839.85h
$a_0m_0s_1d_0$	63.33e	9.27e	5.54a	1.16gh	5.22f	3208.57i
$a_0m_0s_1d_1$	79.67c	12.17abc	4.58a	1.15f	6.23bcd	4322.74fg
$a_0m_1s_0d_0$	74.67d	10.63bcde	3.75cd	1.63ef	5.84e	3801.13h
$a_0m_1s_0d_1$	83..00b	13.23a	3.70cd	1.80d	6.41b	45625.26ef
$a_0m_1s_1d_0$	65.33e	8.50e	3.41de	1.00i	5.24f	3235.54i
$a_0m_1s_1d_1$	77.79cd	11.17abcde	3.79cd	1.06hi	6.09de	4015.25gh
$a_1m_0s_0d_0$	76.27cd	10.32cde	3.88bcd	1.200gh	5.80e	3779.68h
$a_1m_0s_0d_1$	84.27ab	12.30abc	3.88bcd	1.66de	6.29bc	5159.93cd
$a_1m_0s_1d_0$	77.83cd	11.33abcde	3.58cd	1.26g	6.01cde	3999.59gh
$a_1m_0s_1d_1$	85.70ab	12.93ab	3.85bcd	2.60b	6.49ab	5436.08c
$a_1m_1s_0d_0$	78.60c	11.83abcd	3.69cd	1.80d	6.04cde	4865.82de
$a_1m_1s_0d_1$	86.77a	13.47a	4.09abc	2.30c	6.69a	7101.43a
$a_1m_1s_1d_0$	77.27cd	10.77bcde	3.76cd	1.06i	5.95e	4301.19fg
$a_1m_1s_1d_1$	85.33ab	12.87ab	4.46ab	2.86a	6.41b	5932.64b



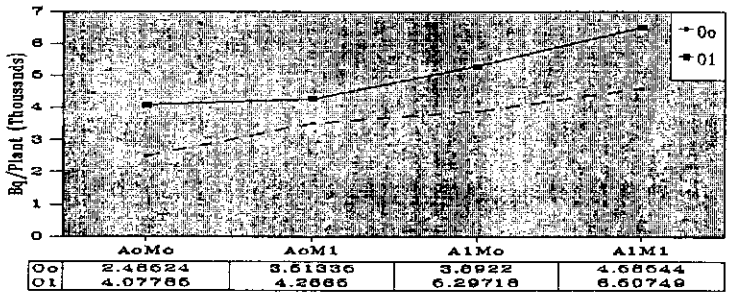
شکل ۱ـ روند تغییرات میزان اکتیویته در گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم آزوسپیریلوم و میکوریزا

Fig. 1. Trend of activity per plant with using Azospirillum and Mycorrhiza.



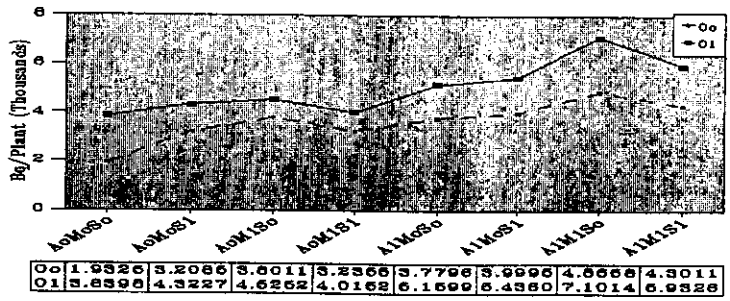
شکل ۲ـ روند تغییرات میزان اکتیویته در گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم میکوریزا و استرپتومایسس

Fig. 2. Trend of activity per plant with using Mycorrhiza and Streptomyces



شکل ۳ـ روند تغییرات میزان اکتیویته در گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم آزوسپیریلوم، میکوریزا و کود دامی

Fig. 3. Trend of activity per plant with using Azospirillum, Mycorrhiza and Dung



شکل ۴ـ روند تغییرات میزان اکتیویته در گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم آزوسپیریلوم، میکوریزا، استرپتومایسس و کود دامی

Fig. 4. Trend of activity per plant with using Azospirillum, Mycorrhiza, Streptomyces and Dung

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات آقایان دکتر شیرانی راد، مهندس لشکری، مهندس مصطفوی، مهندس فتح الهی، رضا زاده و گوهری که در انجام این تحقیق ما را یاری دادند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

منابع مورد استفاده

ابوکاظمی، م. ۱۳۷۱. آشنائی با فیزیک بهداشت از دیدگاه پرتوشناسی. مرکز نشر دانشگاهی.

خاورزی، ک. ۱۳۷۷. ضرورت تولید کودهای میکروبی در ایران. مجله خاک و آب. جلد ۱۲ شماره ۳ ص ۳۸-۳۷.

روستا، م. ج. ۱۳۷۵. بررسی فراوانی و فعالیت آزوسپیریلوم در برخی خاک‌های ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

شیرانی راد، الف. ح. ۱۳۷۷. بررسی اکوفیزیولوژیک همزیستی قارچ‌های میکوریزا وسیکولار، آربوسکولار با گندم و سویا. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات تهران.

قنادی مراغه، م. ۱۳۷۲. اصول و مبانی شیمی هسته‌ای. سازمان انرژی اتمی ایران.

مستأجران، الف و ف. و ضوئی. ۱۳۷۸. همزیستی ـ میکوریزا. انتشارات دانشگاه اصفهان.

BALDANI, V.L.D. M.A.B. ALVAREZ, J. I. BALDANI., and J. DOBEREINER. 1989. Establishment of inoculated *Azospirillum spp.* In the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. Pland and Soil. **90**:35-46.

BAREA, J. M., A. F. BOINS and A. OLIVERES. 1983. Interactions between Azospirillum and VA mycorrhiza and thier effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. Soil. Boil. Biochem. **15**:705-709.

BASHAN, U., and J. G. DUBROVSKY. 1996. *Azospirillum spp.* Participation in dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. Biol. Fertil. Soil. **22**:435-440.

BHATTARAT, T. and D. HESS. 1993. Yield response of Nepalese spring wheat (*T. aestivum*) cultivars to inoculation with *Azospirrilum spp.* of Nepalese origion. Plant and Soil. **151**:67-76.

CHALK, P.M. 1991. The contribution of associative and symbiotic nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of non-legumes. Plant and Soil. **132**:29-39.

MERICH R. L., C. W. ZIMMER and C. VIELLE. 1992. Assoceative nitrogen fixing bacteria. In: Biological nitrogen fixation. (Ed. By G. STACEY et al.,). Chapman and Hall publisher.

FITTER, A. H. and J. GARBAYE. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organism.

In:Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. (Ed. By A.D. ROBSON, L. K. ABBOTT and N. MALAJCZUK). PP. 123-132. Kluwer Academic Publisher.

GEORGE, E., K. HAUSSLER, S. K. KOTHARI, X. L. LI and H. MARSCHNER.. 1994. Contribution of mycorrhizal hyphae in ecosystems. (Ed. By D. J. READ, D. H. LEWIS, A. H. FITTER, I. J. ALEXANDER). PP. 42-47. CAB International Publisher.

HEGAZI, N. A., M. MONIB, H. A. AMER and E. S. SHOKR. 1983. Response of mays to inoculation with Azospirillum and straw amendment in Egypt. Can. J. Microbiol. **29**:888-894.

ISAAC, S. 1992. Fungal-Plant Interactions. Chapman and Hall Publisher.

ISHIZUKA, J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. Plant and Soil. **141**:197-209.

KAPULNIK, Y., J. KIGEL, Y. OKON. I. NUR and Y. HENIS. 1981. Effect of Azospirillum inoculation of some growth parameters and N-Content of wheat, sorghum and panicum. Plant and Soil. **61**:65-70.

KENNEDY, A. C. and J, K, SMITH. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. Plant and Soil. **170**:75-86.

LAMBERT, D. H. and T. C. WEIDENSAUL. 1991. Element uptake by mycorrhizal soybean from sewage sludge treated soil. Journal of American Soil Science. **55**:393-398.

MARSHCHNER, H. 1994. Nutrient dynamics at the soil-root interface (Rhizosphers). In: Mycorrhizae in ecosystems. (Ed. By D. J. READ, D. H. LEWIS, A. H. FITTER, I. J. ALEXANDER). PP:3-12. CAB International Publisher.

MOHAMMAD, M. J., W. L. PAN and A. C. KENNEDY. 1995. Wheat responses to Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungi inoculation of soils from eroded to posequence. Journal of American Soil Science Society. **59**:1086-1090.

PANWAR. J. D. S. 1992. Effect of VAN and Azosporillum inoculation on metabolic changes and grain yield of wheat under moisture stress condition. Indian Journal of Physiology. **35**:157-161.

POWELL, C. L. and D. J. BAGGARA. 1986. VA. Mycorrhiza. CRC Press. INC.

REYNDERS, L. and K. VLASSAK. 1982. Use of *Azospirrilum brasilense* as biofertilizer in intensive wheat cropping. Plant and Soil. **66**:217-223.

SARACCHI, M., S. QUARONI, P. SARDI and PETROLINT. 1991. Relationships between S57 *Streptomyces sp.* and roots and its utilization in the improvement of crop production. New approaches in biological control of soil-born disease. Proceedings Workshop, Copenhangeen, Denmark. 30 June-4 July.

SARDI, P., M. SARACCH, S. QUARONI, B. PETROLINI, G. BORGONOVI and S. MERIL. 1992. Isolation of endophytic Streptomyces strains from surface sterlized roots. Appl. Environ. Microbiol. **58**:2691-2693.

TALUKDAR, NC. and J. J. GERMIDA. 1995. Growth and yield of lentil and wheat inoculated with three Glomus isolates from Saskatchwan soils. Mycorrhiza. **5**:145-52.

TARAFDAR, J. C. and H. MARSCHNER. 1994. Dual inoculantion with *Aspergillus fumigatus* and *Glomus mossea*

enhances biomass production and nutrient uptake in wheat (*T. aestivum*) supplied with organic phosphorous and Na-Phytate. Plant and Soil. **173**:97-102.

TRIPLETT, E. W. 1996. Diazotrophic endophytes. Progress and prospects for nitrogen fixation in monocots. Plant and Soil. **186**:29-38.

ZIMMER, W. and H. BOTHE. 1988. The phytohormonal interactions between Azospirilum and wheat. Plant and Soil. **110**:239-247.