مجله مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد سوم، شماره اول، ۱۳۹۲
http://ejsms.gau.ac.ir

استفاده از ^{32}P برای تعیین سویه مؤثر میکوریزای هم‌زیست با جو (*Hordeum vulgare* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.)

محمدرضا اردکانی[۱]، *محمد رضوانی[۲]، فائزه زعفریان[۳] و فرهاد رجالی[۴]

[۱]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران، [۲]استادیار گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران، [۳]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، [۴]دانشیار گروه بیولوژی خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۱

چکیده

تکنیک‌های هسته‌ای برای تعیین مجاورت، اندازه‌گیری میزان انتقال و تبادل عناصر بین گیاه و قارچ‌های میکوریزا و انتخاب سویه مؤثر میکوریزا در گیاهان استفاده می‌شود. به این منظور، دو آزمایش گلدانی جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی برای تعیین بهترین سویه میکوریزای هم‌زیست با یونجه و جو از میان ٤ سویه شامل *Glomus mosseae*، *G. etanicatum*، *G. intraradices* و ترکیبی از سویه‌های مختلف (*G. mosseae*، *G. fasciculatum* و *Gigaspora hartiga*) با استفاده از تکنیک رادیوایزوتوپی در پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران واقع در کرج انجام شد. اعمال ^{32}P در مرحله حداکثر رشد رویشی صورت گرفت. با استفاده از دستگاه شمارش‌گر بتا میزان واپاشی ارزیابی شد. در جو سویه *G. mosseae* قابلیت و توانایی جذب ^{32}P بیش‌تری نسبت به سویه‌های دیگر داشت. گیاهان هم‌زیست با این سویه دارای اکتیویته برگ، ساقه و سنبله بیش‌تری بودند. همچنین این گیاهان کارایی بیش‌تری در تجمع ماده خشک اندام هوایی داشتند. یونجه هم‌زیست با سویه *G. mosseae* بیش‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی، اکتیویته ^{32}P در برگ و ساقه و اکتیویته ویژه را داشت. در کل سویه‌ها در ایجاد هم‌زیستی با یونجه و جو تفاوت داشتند. ولی کارایی سویه *G. mosseae* در جذب ^{32}P سبب افزایش رشد و تولید ماده خشک بیش‌تر به‌وسیله جو و یونجه شد که می‌توان آن را به‌عنوان سویه برتر معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: ^{32}P، قارچ‌های میکوریزا، یونجه، جو، هم‌زیستی

* مسئول مکاتبه: m_rezvani52@yahoo.com

مقدمه

قارچ‌های میکوریزا یکی از اجزا مهم ریزوسفر محسوب می‌شوند. این قارچ‌ها با ریشه‌های ۹۰-۸۰ درصد گیاهان اکوسیستم‌های طبیعی، کشاورزی و جنگل تشکیل هم‌زیستی می‌دهند (برونددرت، ۲۰۰۲). هم‌زیستی میکوریزایی در اکوسیستم‌های خشکی روی تغذیه معدنی و آلی گیاه، روابط آب و چرخه کربن، در گیاهان مؤثر می‌باشد (انتری و همکاران، ۲۰۰۲).

قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی به‌وسیله ریشه گیاهان می‌شوند. تخمین زده می‌شود که حدود ۸۰ درصد جذب فسفر گیاه به‌وسیله قارچ‌های میکوریزا صورت می‌گیرد (طرفدار و مارشنر، ۱۹۹٤؛ مارشنر و دل، ۱۹۹٤). علاوه‌بر جذب فسفر، این قارچ سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر نیز می‌شود (اسمیت و رید، ۱۹۹۷؛ مارشنر و دل، ۱۹۹٤).

میکوریزا، میزبان خود را به‌وسیله سیگنال‌های آزاد شده از ریشه گیاه شناسایی و با آن تشکیل هم‌زیستی می‌دهد (گیوونتی و همکاران، ۱۹۹۳؛ گیوونتی و همکاران، ۱۹۹٤). در غیاب ریشه میزبان این قارچ نمی‌تواند میسلیوم تولید و چرخه زندگی خود را کامل کند (خان، ۲۰۰۵).

ترشحات ریشه گیاه میکوریزایی موجب تحریک جوانه‌زنی اسپورها و رشد سریع هیف قارچ می‌شود. اما، ترشحات ریشه گیاهان غیرمیکوریزایی مانند خردل، اسفناج، تاج‌خروس، چغندرقند و لوپین (اوبا و همکاران، ۲۰۰۲) با جلوگیری از رشد هیف خارج ریشه‌ای قارچ، مانع از ایجاد هم‌زیستی می‌شوند (ویرهیلیگ و همکاران، ۲۰۰۳).

در گیاهان لگوم هم‌زیستی با قارچ‌های میکوریزایی، به‌دلیل نیاز این گیاهان به فسفر زیاد برای تولید گره و تثبیت نیتروژن دارای اهمیت می‌باشد (بارا و ازکن- آگیلار، ۱۹۸۳). تلقیح گیاه یونجه با *Glomus mosseae* علاوه‌بر افزایش رشد و جذب عناصر غذایی سبب افزایش فعالیت باکتری *Sinorhizobiom meliloti* شد (کولامبو، ۲۰۰۳). در بررسی که به‌وسیله گویکوچا و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد گیاهان یونجه هم‌زیست با *G. fasciculatum* دارای قابلیت جذب فسفر بیش‌تری در مقایسه با سویه‌های دیگر و گیاهان شاهد بودند.

آزمایش‌های گلدانی و اندازه‌گیری میزان جذب فسفر به‌وسیله سویه‌های مورد آزمایش روش مرسوم برای تعیین سویه مؤثر میکوریزای هم‌زیست با گیاه میزبان می‌باشد. اما با توجه توسعه تکنیک‌های هسته‌ای می‌توان با استفاده از P^{32} قابلیت جذب و انتقال فسفر به گیاه را در سویه‌های

مختلف میکوریزا مورد ارزیابی قرار داد. به‌دلیل تحرک نداشتن فسفر در خاک، از P^{32} می‌توان برای بررسی وضعیت جذب و توزیع فسفر و عناصر غذایی دیگر استفاده نمود (ژو و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

اطلاعات اندکی در مورد استفاده از P^{32} برای تعیین سویه مؤثر هم‌زیست میکوریزا وجود دارد. در آزمایش اردکانی و همکاران (۲۰۰٤) که روی گندم انجام شد، گیاهان تلقیح شده با *Glomus* sp. دارای اکتیویته، اکتیویته ویژه و وزن خشک اندام هوایی بیش‌تری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بودند.

نتایج ژو و همکاران (۲۰۰٤) نشان داد، استفاده از P رادیواکتیو می‌تواند جایگزین مناسبی برای بررسی مستقیم هم‌زیستی میکوریزایی گونه‌های گیاهی یا ارقام برای انتخاب سویه مؤثر، نسبت به آزمایش‌های رایج گلدانی باشد. در این بررسی گیاهان میکوریزایی جو دارای وزن خشک، اکتیویته و اکتیویته ویژه بیش‌تری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بودند.

با استفاده از P^{32} می‌توان قابلیت سویه‌های مختلف در جذب P^{32} را تعیین نمود که می‌تواند ملاک مناسبی برای تعیین سویه مؤثر در ایجاد هم‌زیستی با گیاه میزبان باشد. این آزمایش برای مشخص نمودن اختلاف سویه‌های میکوریزایی در جذب و تخصیص فسفر با استفاده از P^{32} انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای تعیین سویه مؤثر هم‌زیست و کارایی آن‌ها در توزیع و تجمع P^{32} و ماده خشک جو و یونجه دو آزمایش گلدانی جداگانه با ٤ سویه میکوریزا به همراه تیمار شاهد با ٤ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی، در شرایط گلخانه و در خاک غیراستریل در پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی سازمان انرژی اتمی ایران واقع در کرج انجام شد. سویه‌های مورد استفاده عبارت بودند از *Glomus mosseae*، *G. etanicatum* و *G. intraradices* که در مؤسسه تحقیقات خاک و آب تولید شدند و سویه ترکیبی، که ترکیبی از سویه‌های *G. mosseae*، *Gigaspora hartiga* و *G. fasciculatum* بود که به‌وسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب از هند وارد شد. قبل از انجام آزمایش اصلی سویه‌ها به روش گلدانی و براساس پیشنهاد نوریس و همکاران (۱۹۹٤) تولید شدند. برای این منظور، ابتدا گلدان‌ها با استفاده از الکل ۷۰ درصد ضدعفونی و در داخل آن‌ها خاک استریل (مخلوط ماسه و رس به نسبت ٤ به ۱) ریخته شد. ابتدا بذرهای سورگوم به‌مدت ۳۰ ثانیه در اتانول ۹۵ درصد و سپس در محلول کلراید جیوه ۱۵ درصد به‌مدت ۵ دقیقه استریل شدند. پس از اتمام فرآیند استریل، بذرها چند بار با آب مقطر

استریل شستشو و آماده کشت شدند. بذرها در محیط آگار کشت و مدت ٤٨ ساعت در داخل انکوباتور قرار داده شدند. برای کاشت در گلدان مقدار ۲۵ گرم مایه تلقیح سویه‌های موردنظر را در قسمت سطحی خاک گلدان ریخته و بذرهای سورگوم در آن کشت شدند. آبیاری، گلدان‌ها با آب مقطر هر هفته ۲ بار انجام شد. همچنین هر هفته یک‌بار از محلول غذایی برای تغذیه گلدان‌ها استفاده شد. سورگوم‌ها پس از رشد در مرحله ابتدای گل‌دهی کف‌بر و پس از ۳ هفته به‌طور کامل ریشه و ماسه خشک شدند. سپس گلدان‌ها خالی و ریشه‌ها آسیاب و با ماسه مخلوط شد، تا مایه تلقیح برای استفاده در آزمایش اصلی به‌دست آید. مایه تلقیح تولیدی شامل اسپور و میسلیوم قارچ بود که براساس پیشنهاد نوریس و همکاران (۱۹۹٤) در آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفت.

برای انجام آزمایش اصلی کاشت در گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی و با تلقیح ۵۰ گرم از مایه تلقیح سویه‌ها (مصرف به‌میزان ۲۵۰-۲۰۰ اسپور به‌ازای هر بذر) صورت گرفت. بذور یونجه نیز قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم *Sinorhizobiom meliloti* تلقیح شد. پس از تنک ۵ بوته در هر گلدان حفظ شد. در مرحله حداکثر رشد رویشی (۹۰ روز پس از کاشت) ۳ میلی‌کوری P^{32} به‌صورت اسید ارتوفسفریک با آب مقطر رقیق و به‌میزان ۱ میلی‌لیتر با استفاده از سرنگ در سطح خاک هر گلدان اضافه شد. میزان اکتیویته موجود برای هر گلدان در زمان مصرف ۵۸/۷۲ نانو کوری بود. اکتیویته ویژه کود نشان‌دار در این آزمایش ۲۱۷/۰۹ بکرل بر گرم (Bq/g) بود. در مرحله ۲۰ درصد گل‌دهی (۱۲۵ روز پس از کاشت برای جو و ۱٤۵ روز پس از کاشت برای یونجه) گیاهان کف‌بر و اندام هوایی پس از تفکیک برای خشک شدن به‌مدت ٤٨ ساعت در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها توزین شدند. وزن خشک برگ، ساقه و سنبله در جو و وزن خشک برگ و ساقه یونجه تعیین شد. برای تعیین میزان اکتیویته و اکتیویته ویژه گیاه، نمونه‌های خشک آسیاب و با دستگاه شمارش‌گر بتا مدل (Multi: Low Level Counter FHT770 (Eber Line میزان واپاشی اندازه‌گیری شد. میزان واپاشی‌ها برای هر یک از نمونه‌ها (براساس شمارش در ثانیه) محاسبه و سپس طبق رابطه زیر میزان اکتیویته موجود در هر نمونه (۱ گرم ماده خشک برگ و ساقه) براساس بکرل (Bq) بیان شد (آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۱۹۹۰).

راندمان/ تعداد واپاشی‌های شمارش شده در ثانیه (CPS) = میزان اکتیویته برگ، ساقه و سنبله

از آن‌جایی‌که کالیبراسیون سیستم شمارنده با توجه به راندمان چشمه‌های استاندارد برای ^{32}P در روش سیستم گازی تناسبی صورت گرفت، بنابراین در رابطه بالا مخرج کسر برابر با ۰/۳٦ می‌باشد. اکتیویته ویژه، مقدار رادیواکتیو در واحد وزن (یا حجم) کل عنصر موجود می‌باشد که شامل هر دو فرم ایزوتوپ‌های فعال و پایدار می‌باشد و با نسبت میزان ^{32}P (میزان اکتیویته) تقسیم بر فسفر کل اندام هوایی گیاه به‌دست آمد. فسفر کل به روش Spectrophotometric اندازه‌گیری شد. اکتیویته ویژه در این آزمایش بر حسب (Bq/g) بیان شد (آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۱۹۹۰).

اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از بسته نرم‌افزاری SAS آنالیز شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک جو و یونجه: نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تأثیر سویه‌های مختلف میکوریزا بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱). سویه *G. mosseae* بیش‌ترین مقدار این صفت را نسبت به سایر سویه‌ها تولید کرد (جدول ۲). تجمع ماده خشک برگ در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۱). اما، سویه ترکیبی ماده خشک برگ بیش‌تری داشت (جدول ۲). وزن خشک سنبله جو نیز تحت‌تأثیر سویه‌های مختلف میکوریزا تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). در حالی‌که، وزن خشک سنبله در تیمار *G. mosseae* بیش‌تر بود (جدول ۲).

تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا روی وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی یونجه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه‌های میانگین‌ها نشان داد، سویه *Glomus mosseae* بیش‌ترین میزان وزن خشک ساقه، برگ و اندام هوایی را در یونجه تولید کرد (جدول ٤). تفاوت وزن خشک یونجه در میان سویه‌های متفاوت نشان‌دهنده کارایی سویه‌های مورد استفاده در جذب آب و مواد غذایی و تولید مواد فتوسنتزی می‌باشد. بررسی این صفات نشان می‌دهد که این سویه توانایی بیش‌تری در افزایش وزن خشک هوایی دارد.

نتایج مربوط به تأثیر سویه‌های مختلف روی تجمع ماده خشک نشان داد که *G. mosseae* دارای بیش‌ترین کارآیی در افزایش ماده خشک برگ، ساقه و سنبله در جو و ماده خشک برگ، ساقه و اندام هوایی در یونجه بود. این نتایج نشان داد که بین سویه‌های مختلف از نظر اختصاص ماده خشک به اندام‌های مختلف تفاوت وجود داشت و دارای کارایی مختلفی در تولید ماده خشک بودند. نتایج

دیوپ و همکاران (۲۰۰۳) که پاسخ واریته‌های *Solanum aethiopicum* به سویه‌های مختلف میکوریزا را بررسی کردند، نشان داد که سویه‌های مختلف *G. aggregatum*، *G. mosseae* و *G. versiforme* مورد بررسی، باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و محتوای عناصر معدنی واریته‌های *S. aethiopicum* شدند و سویه‌های متفاوت کارایی مختلفی در تولید وزن خشک اندام هوایی و میزان عناصر معدنی واریته‌های *S. aethiopicum* داشتند. محمد و همکاران (۱۹۹۱) گزارش دادند که هم‌زیستی گندم بهاره با میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، تعداد پنجه و طول ریشه شد. همچنین در بررسی دیگر تالکدار و ژرمیدا (۱۹۹۵) اثر ۳ سویه قارچ میکوریزا (*G. clarum*، *G. mosseae* و *G. versiforme*) جداسازی شده از خاک‌های ساسکاچوان را روی رشد و عملکرد گندم بررسی کردند و به این نتایج دست یافتند که *G. clarum* اثری روی وزن خشک گیاه نداشت، ولی سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و غلظت فسفر دانه و کل گیاه شد. در این بررسی تنها سویه *G. mosseae* سبب افزایش ارتفاع گندم شد.

اکتیویته و اکتیویته ویژه جو: نتایج به‌دست آمده از آنالیزهای ایزوتوپی نشان داد که اکتیویته ^{32}P در برگ، ساقه و سنبله و اکتیویته ویژه جو تحت‌تأثیر سویه‌های میکوریزایی قرار گرفت (جدول ۱). نتایج آزمون دانکن این صفات نشان داد که از میان سویه‌های میکوریزای مورد استفاده در این آزمایش سویه *G. mosseae* در هم‌زیستی با جو کارایی بیش‌تری در اکتیویته برگ، ساقه و سنبله و اکتیویته ویژه جو داشت (جدول ۲). سویه *G. mosseae* دارای کارایی بیش‌تری نسبت به دیگر سویه‌های مورد استفاده در انباشت ^{32}P به‌وسیله گیاه و همچنین انتقال آن به دانه بود.

در این آزمایش تأثیر سویه‌های مختلف میکوریزا روی میزان اکتیویته برگ، ساقه، اندام هوایی و اکتیویته ویژه یونجه معنی‌دار بود (جدول ۳). اکتیویته برگ، ساقه، اندام هوایی و اکتیویته ویژه یونجه در گیاهان هم‌زیست با سویه *G. mosseae* بیش از سایر گیاهان بود (جدول ٤). این موضوع بیانگر کارآیی بیش‌تر این سویه در کمک به جذب فسفر به‌وسیله گیاه می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده کارآیی بیش‌تر هم‌زیستی یونجه با *G. mosseae* نسبت به سویه‌های دیگر است.

در هر دو گیاه یونجه و جو *G. mosseae* بیش‌ترین میزان اکتیویته برگ، ساقه، سنبله و اکتیویته ویژه را در جو و اکتیویته برگ، ساقه و اکتیویته ویژه را در یونجه تولید نمود. مهم‌ترین و معتبرترین اثر میکوریزا روی گیاه میزبان، افزایش جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر می‌باشد. بیش‌تر نتایج به‌دست آمده از نقش میکوریزا در افزایش جذب فسفر حکایت دارند. بررسی‌های اسمیت و رید (۱۹۹۷)، برتا و

همکاران (۲۰۰۲)، اوبا و همکاران (۲۰۰۲) و گیوونتی و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داد که مهم‌ترین نقش هم‌زیستی میکوریزایی کمک به افزایش جذب فسفر در گیاهان می‌باشد. علاوه‌بر این، نتایج دیوپ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که بین سویه‌های مختلف در ایجاد هم‌زیستی با *Solanum aethiopicum* تفاوت وجود داشت. این سویه‌ها از نظر جذب فسفر با یکدیگر اختلاف داشتند. نتایج تالکدار و ژرمیدا (۱۹۹٤) نیز نشان داد که بین سویه‌های مختلف میکوریزا در ایجاد هم‌زیستی با ذرت تفاوت وجود داشت و *G. mosseae* بیش‌ترین میزان جذب فسفر، سطح برگ و وزن خشک را داشت. رشد و تغذیه معدنی گیاهان به‌وسیله تلقیح با قارچ‌های میکوریزا افزایش می‌یابد و بین سویه‌ها در جذب فسفر تفاوت وجود دارد (کلارک و زتو، ۲۰۰۰). بین سویه‌های مختلف در ایجاد هم‌زیستی با گیاه میزبان و جذب فسفر و عناصر معدنی تفاوت‌های ژنتیکی وجود دارد (دیوپ و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

مهم‌ترین روش در تعیین سویه مؤثر میکوریزا اندازه‌گیری میزان جذب فسفر به‌وسیله رابطه گیاه-قارچ می‌باشد. به همراه آن اندازه‌گیری وزن خشک و شاخص کلونی‌زایی میکوریزایی هم می‌تواند به فرآیند کمک کند. اما همواره افزایش درصد کلونی‌زایی میکوریزایی موجب افزایش جذب فسفر به‌وسیله گیاه میزبان نمی‌شود (اسمیت و رید، ۱۹۹۷؛ نوریس و همکاران، ۱۹۹٤). از کشت گلدانی و اندازه‌گیری میزان جذب فسفر و شاخص کلونی‌زایی به‌همراه میزان ماده خشک برای تعیین سویه برتر انجام می‌شود. اما به‌دلیل تحرک نداشتن فسفر در خاک، از P^{32} می‌توان برای بررسی وضعیت جذب و توزیع فسفر استفاده نمود (ژو و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمیت و رید، ۱۹۹۷). اطلاعات اندکی در مورد استفاده از P^{32} برای تعیین سویه مؤثر هم‌زیست میکوریزا وجود دارد و تنها نتایج اردکانی و همکاران (۲۰۰٤) و ژو و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد، گیاهان میکوریزایی دارای وزن خشک و اکتیویته و اکتیویته ویژه بیش‌تری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بودند.

وجود فسفر نشان‌دار در ماده خشک گیاه نشان‌دهنده کارایی قارچ میکوریزا در جذب فسفر می‌باشد. میزان اکتیویته برگ، ساقه و اندام هوایی و اکتیویته گیاه، مقدار P^{32} را که به‌وسیله هم‌زیستی دوگانه گیاه و میکوریزا جذب می‌شود را نشان می‌دهد. بنابراین استفاده از سویه‌هایی که دارای کارآیی بیش‌تری در ایجاد هم‌زیستی با گونه‌های گیاهی هستند، به جذب عناصر غذایی و آب به‌وسیله گیاهان میزبان کمک می‌کند. ریشه‌های گیاهان میکوریزایی باعث می‌شود حجم بیش‌تری از خاک در اختیار گیاه قرار گیرد. این برتری به‌دلیل تولید میسلیوم‌های خارجی ریشه می‌باشد. این موضوع سبب افزایش

جذب آب و عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان می‌شود. در این آزمایش سویه *G. mosseae* قابلیت و توانایی جذب ^{32}P بیش‌تری را نسبت به سویه‌های مورد بررسی دیگر نشان داد. کارایی این سویه در جذب ^{32}P سبب افزایش رشد و تولید بیوماس به‌وسیله جو و یونجه با این سویه شد. بنابراین *G. mosseae* را می‌توان به‌عنوان سویه مؤثر برای جو و یونجه معرفی نمود. با توسعه روش‌های هسته‌ای می‌توان از ^{32}P در جهت تعیین و انتخاب سویه‌های برتر استفاده نمود.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا روی صفات مورد بررسی جو.

منابع تغییرات	درجه آزادی	MS					
		وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک سنبله	اکتیویته برگ	اکتیویته ساقه	اکتیویته سنبله	اکتیویته ویژه
تیمار	٤	١١/٦٠**	٣/١٧^{ns}	٢/٥٨^{ns}	٥٣٨٣٤/٧١**	٤٦٩٣٥٧/٣٤**	١٢١١٩٥٣/٢٦**	٦٢٨٣/٠٨**
خطا	١٥	١/٣٨	٠/٩٠	٠/٩٨	١١٢٢/٨٤	٢٨٩٣/٣٤	١٢٩٧٨/٤١	٢١/٠٩
CV (درصد)		٦/٥٦	٨/٥٢	١٢/٩٩	٩/٩٠	٨/٨٠	١٤/٦٣	٤/٧٧

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا روی صفات مورد بررسی جو.

سویه‌های میکوریزا	وزن خشک برگ (گرم در گلدان)	وزن خشک ساقه (گرم در گلدان)	وزن خشک سنبله (گرم در گلدان)	اکتیویته برگ (بکرل)	اکتیویته ساقه (بکرل)	اکتیویته سنبله (بکرل)	اکتیویته ویژه جو (بکرل بر گرم)
G. mosseae	١١/٨٢^{ab}	٢٠/٨٢^{a}	٨/٨٢^{a}	٥١٥/٣^{a}	٥٧/٨٧^{a}	١٧٨٢/٠٣^{a}	١٦٦/٩٢^{a}
G. intraradices	١٠/٥٥^{bc}	١٦/٤٠^{b}	٧/٤٧^{ab}	٣٨٠/٩٥^{b}	٢١/٩^{c}	٣٣٢/٩٣^{d}	٧٢/٧٣^{c}
G. etanicatum	٩/٩٥^{c}	١٧/٣٧^{b}	٧/٨٠^{b}	٢٢٠/٩٨^{d}	٣٢/٤٥^{b}	٦٣٢/٢٦^{bc}	٨١/٧٧^{b}
سویه ترکیبی	١٢/١٠^{a}	١٧/٦٢^{b}	٧/٤٢^{ab}	٣٢٢/٣٣^{c}	٢٩/٤٧^{b}	٤٨٤/٥٤^{cd}	٧٧/٨٨^{c}
شاهد	١١/٢٥^{abc}	١٧/٢٧^{b}	٦/٦٠^{c}	٢٥٤/١٤^{d}	٢٣/٧٠^{c}	٧١٥/٠٧^{b}	٨٢/٥٠^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا روی صفات مورد بررسی یونجه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	MS					
		وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک اندام هوایی	اکتیویته برگ	اکتیویته ساقه	اکتیویته اندام هوایی	اکتیویته ویژه گیاه
تیمار	٤	۷/۰۵**	۵/۳۷**	۱۹/۳۹**	۸۳۹٦٤۹/۵۷**	۱۰٦٤۹۸٦/۷**	۳۸۵٤۷۵۲/۸٤**	۲۷٤٦/٦۹**
خطا	۱۵	۲/۰۵	۰/۵۷	۲/٦۹	۳۲۹٦/۰۵	۸۰۵٤/۷۸	۱۱٦۲۳/۹۱	٤/۹۸
CV (درصد)		۸/٤۲	٦/۵۲	۵/۷۵	۷/۰۳	۱۱/۵٤	٦/۵۱	٤

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا روی صفات مورد بررسی یونجه.

سویه‌های میکوریزا	وزن خشک برگ (گرم در گلدان)	وزن خشک ساقه (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	اکتیویته برگ (بکرل)	اکتیویته ساقه (بکرل)	اکتیویته اندام هوایی (بکرل)	اکتیویته ویژه یونجه (بکرل بر گرم)
G. mosseae	۱۳/۵۵^{a}	۱۹/۱^{a}	۳۲/۱۵^{a}	۱٦۰۷/٤۷^{a}	۱٦۹٤/٦۹^{a}	۳۳۸۹/۹۳^{a}	۱۰۱/٤۷^{a}
G. intraradices	۱۱/۲۵^{ab}	۱۷/۲۵^{ab}	۲۸/۸۵^{ab}	٦۷۳/۳۰^{bc}	۵۸۳/۳۱^{bc}	۱۳۲٤/۷۹^{b}	٤۵/۹۳^{c}
G. etanicatum	۱۰/٤۷^{b}	۱٦/۵۲^{b}	۲۷/۰۰^{b}	٤۲۸/۵۵^{b}	۵۵٦/۹۱^{bc}	۱۰۰٦/٤۲^{c}	۳۷/۳٦^{e}
سویه ترکیبی	۱۱/۱۷^{b}	۱۵/۵۲^{b}	۲۷/۷۰^{b}	۷۵۵/٤٦^{b}	٦۰۰/۸۹^{b}	۱٤۱٦/۱۰^{b}	۵۳^{b}
شاهد	۱۱/۲۵^{b}	۱٦/۵۷^{b}	۲۷/۸۲^{b}	٦۱۲/۲۵^{c}	٤۵۱/٦۳^{c}	۱۱٤٤/۳۳^{c}	٤۱/۱۰^{d}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

منابع

1.Ardakani, M.R., Majd, D., Mazaheri, D., Naseri Tafti, M., and Noormohammadi, G. 2004. Application of ^{32}P to investigate Mycorrhiza and Sterptomyces officiency in wheat at various levels of phosphorous. J. Nuclear Agric. Biol. 33: 61-68.

2.Barea, J.M., and Azcon-Aguilar, C. 1992. Mycorrhizae and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Advance in Agron. 36: 1-54.

3.Berta, G., Fusconi, A., and Hooker, J.E. 2002. Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: Scale, mechanisms and consequences. P 71-85, In: Gianhinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J.M., Haselwandter, K. (Eds.), Mycorrhizal technology in agriculture. Birkauser Verlag, Basel, Boston, Berlin.

4.Brundrett, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. New Phytol. 154: 275-304.
5.Clark, R.B., and Zeto, S.K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. Plant Nutri. 23: 867-902.
6.Diope, T.A., Krasova-wade, T., Diallo, A., Diouf, M., and Gueye, M. 2003. *Solanum* cultivar responses to arbuscular mycorrhizal fungi: growth and mineral status. Afri. J. Biotechnol. 11: 429-433.
7.Entry, J.A., Rygiewicz, P.T., Watrud, L.S., and Donnelly, P.K. 2002. Influence of adverse soil condition on the formation and function of Arbuscular mycorrhizas. Advances in Environ. Res. 7: 123-138.
8.Giovannetti, M.L., Avio, C., Sbrana, C., and Citernetti, A.S. 1993. Factors affecting appressorium development in the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe. New Phytol. 123: 115-122.
9.Giovannetti, M., Sbrana, C., and Logi, C. 1994. Early processes involved in host recognition by arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 127: 703-709.
10.Giovannetti, M.L., Avio, C., and Sbrana, C. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe. New Phytol. 123: 115-122.
11.Goicoechea, N., Antilon, M.C., and SanchezDiaz, M. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and Rhizobium on nutrients content and water relations in drought stressed alfalfa. Plant Soil. 192: 261-268.
12.IAEA, 1990. Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relation. Training Course Series No, 2: 26-127.
13.Khan, A.G. 2005. Mycorrhizas and phytoremediation. Humana Press, Totowa, USA.
14.Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159: 89-102.
15.Mohammad, M.J., Pan, W.L., and Kennedy, A.C. 1991. Wheat responses to vesicular and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of soil from eroded to consequence. J. Amer. Soc. Soil Sci. 59: 1086-1099.
16.Norris, J.R., Read, D.J., and Varma, A.K. 1994. Techniques for mycorrhizal research, Methods in Microbiology, Academic Press.
17.Oba, H., Tawaraya, K., and Wagatsuma, T. 2002. Inhibition of presymbiotic hyphal growth of the mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* by root exudates of *Lupinus* spp. Soil Sci. Plant Nutr. 48: 117-20.
18.Quilambo, A.O. 2003. The vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. Afri. J. Biotechnol. 2: 539-546.
19.Smith, S.E., and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis, second ed., Academic Press, London.

20.Talukdar, N.C., and Germida, J.J. 1994. Growth and yield of lentil and wheat inoculated with three *Glomus* isolates from Saskatchewan soils. Mycorrhiza. 5: 145-152.
21.Tarafdar, J.C., and Marschner, H. 1994. Pytase activity in the rhizosphere on crops, trees and grasses under arid environment. Plant Soil. 173: 97-111.
22.Vierheilig, H., Bago, B., Albrecht, C., Poulin, M.P., and Piche, Y. 1998. Flavonoids and arbuscular mycorrhizal fungi. P 9-33, In: Manthey, J.A. Busling, B.S. (Eds.). Flavonoids in the living system, New York.
23.Zhu, Y.G., Smith, A.F., and Smith, S.E. 2003. Phosphorus efficiencies and responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to arbuscular mycorrhizal fungi grown in highly calcareous soil. Mycorrhiza. 13: 93-100.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 3(1), 2013
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

^{32}P usage for assessment of the effective mycorrhizal fungus strain for symbiosis with barley (*Hordeum vulgare* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.)

M.R. Ardakani[1], *M. Rezvani[2], F. Zaefarian[3] and F. Rejali[4]

[1]Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran, [2]Assistant Prof., Dept. of Weed Science, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch, Qaemshahr, Iran, [3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran, [4]Associate Prof., Dept. of Soil Biology, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran

Received: 12/31/2011; Accepted: 01/30/2013

Abstract

Nuclear approaches are used to determine neighboring and measurement of translocation and nutrients exchange rate between plant and mycorrhizal fungus and selection of effective mycorrhizal strain. Two pot experiments were carried out for determining the effective mycorrhizal fungi strains in alfalfa and barley at Agricultural, Medicinal and Industrial School, Institute of Nuclear Science and Technology, Karaj, Iran. Strains were consisted of *G. mosseae*, *G. intraradices*, *G. etanicatum* and mixed strain (combination of *G. mosseae*, *Giagaspora hartiga* and *G. fasciculatum*) with radioisotope technique. ^{32}P added in the maximum vegetative growth stage to the pots. ^{32}P activity in plant samples were counted by β counter (Multi low level counter FHT770-Eberline Co.). In barley, *G. mosseae* had more ability of ^{32}P uptake than other strain. These plants had the highest ^{32}P activity of leaf, stem and spike and had higher efficiency in shoot biomass accumulation. Alfalfa- *G. mosseae* relation were produced the highest shoot dry weight, ^{32}P activity in leaf and stem and specific activity. In general, the strains were different in symbiosis with alfalfa and barley. But, efficiency of *G. mosseae* in ^{32}P uptake enhanced growth and dry matter production by alfalfa and barley, so *G. mosseae* can be introduced as an effective strain for both alfalfa and barley.

Keywords: ^{32}P, Mycorrhizal fungus, Barley, Alfalfa, Symbiosis

* Corresponding Authors; Email: m_rezvani52@yahoo.com