نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۴۴۹-۴۳۷

Journal of Plant Protection
Vol. 26, No. 4, Winter 2013, P. 437-449

بررسی وضعیت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همراه جو در منطقه دامغان

یونس رضایی دانش[۱]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱۰/۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۵/۱۷

چکیده

این تحقیق به منظور شناسایی، بررسی فراوانی جمعیت اسپوری، الگوی پراکنش، تعیین شاخص‌های کلنیزاسیون و تنوع مورفولوژیک گونه‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همراه جو (*Hordeum vulgare*) در منطقه دامغان صورت پذیرفت. نمونه برداری در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۸۷ از مزارع جو واقع در شهرستان دامغان و حومه آن انجام شد. محل‌های نمونه برداری به ۷ ناحیه تقسیم بندی شدند و ۴۴ نمونه مرکب خاک از این مناطق جمع آوری گردید. اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در تمام نمونه‌های جمع آوری شده از مزارع جو در منطقه دامغان یافت شدند. جمعیت اسپورها صرف نظر از گونه قارچی بین ۷۲ تا ۸۴۰ عدد در ۳۵ گرم خاک خشک تخمین زده شد. بیشترین میانگین جمعیت اسپوری مربوط به حومه جنوبی شهرستان دامغان با میانگین ۳۴۹/۷۳ اسپور بود و پس از آن به ترتیب، حومه‌های شمالی، جنوب شرقی، شمال شرقی، غربی، شرقی و شمال غربی قرار داشتند. فراوانی میکوریزایی (%F) در تمامی مناطق نمونه برداری به استثناء منطقه ۳ (۹۷/۵ درصد)، ۱۰۰ درصد تعیین گردید. میزان تراکم میکوریزایی (%M) از ۲۴/۰۶ درصد در منطقه ۷ تا ۶۹/۲ درصد در منطقه ۵ متغیر بود. غنای گونه‌ای قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، ۷ گونه در منطقه ۵ و ۱۲ گونه در منطقه ۶ ارزیابی شد. در این مطالعه، ۱۶ گونه قارچ میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر جو منطقه دامغان مورد شناسایی قرار گرفت که ۱۳ گونه به جنس *Glomus* تعلق داشتند و در هر یک از جنس‌های *Acaulospora*، *Pacispora* و *Scutellospora* تنها یک گونه تشخیص داده شد. در این بررسی، جنس *Glomus* به عنوان جنس غالب قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در منطقه دامغان معرفی گردید. دو گونه *G. corymbiforme* و *G. trimurales* برای نخستین بار از فلور قارچی ایران گزارش شدند. بیشترین فراوانی نسبی مربوط به گونه *G. intraradices* (۱۲/۶۶ درصد) و کم‌ترین فراوانی نیز در گونه *P. scintillans* (۱/۹۹ درصد) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تنوع مورفولوژیک، جو، شناسایی، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، کلنیزاسیون

مقدمه

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از مهم‌ترین عوامل همزیست اجباری ریشه گیاهان به شمار رفته و تقریباً با ۸۰درصد گونه‌های گیاهی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این قارچ‌ها به راسته Glomerales از شاخه Glomeromycota تعلق دارند. به دلیل پراکنش جهانی این قارچ‌ها و نیز ارتباط گسترده آن‌ها با گیاهان، تعاملات میکوریزایی از فراوان‌ترین روابط همزیستی موجود در طبیعت محسوب می‌گردند (۳۸). از مهم‌ترین منافع حاصل از همزیستی این قارچ‌ها با گیاهان می‌توان به افزایش جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر، افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌های خاک زاد و نیز بهبود تحمل آن‌ها به تنش‌های غیر زیستی نظیر شوری و خشکی، افزایش رشد گیاهان و همچنین بهبود بافت خاک اشاره نمود (۴۱). بر این اساس، قارچ‌های میکوریز از اهمیت اکولوژیکی بسیار قابل توجهی برخوردار می‌باشند (۱۶). عوامل مختلفی از قبیل بافت خاک، مقدار و نوع مواد آلی موجود در خاک، میزان رطوبت، نور و درجه حرارت در شکل گیری رابطه میکوریزایی موثرند. مورفولوژی ریشه گیاهان نیز بر ایجاد رابطه همزیستی میکوریزایی تأثیر به سزایی دارد. جو یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که توسط انسان اهلی شده و در نقاطی از خاور نزدیک که کاوش‌های باستان شناسی صورت گرفته همواره با گندم دیده شده است. دامنه انتشار و سازش اقلیمی جو بسیار گسترده است. در حال حاضر سطح زیر کشت جو در ایران حدود ۱/۸ میلیون هکتار است که ۶۲ درصد به صورت دیم و ۳۸ درصد به صورت آبی کشت می‌گردد. جو در مقایسه با گندم در مقابل خشکی و بیماری‌ها مقاومت بیشتری دارد. الگوی رشد و توسعه جو در شرایط معمولی مشابه با گندم است (۱). در خصوص شناسایی گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ریزوسفر جو و نیز نقش آن‌ها در افزایش رشد این گیاه در دنیا تحقیقات پراکنده‌ای صورت گرفته

۱- استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
Email: Y.rdanesh@urmia.ac.ir

است. نیکولسون و گردمان (۳۲) برای اولین بار گونه *Glomus geosporum* را از ریزوسفر جو در اسکاتلند جداسازی و توصیف نمودند. پس از آن، همین قارچ توسط گردمان و تراپی (۲۱) از آمریکا گزارش شد و رابطه همزیستی آن در کشت گلدانی با ذرت و گوجه فرنگی به اثبات رسید. گونه *G. dimorphicum* نیز نخستین بار از ریشه جو در کانادا جداسازی و توصیف شده است (۱۲). ریکن و هوفنر (۳۶) در آزمایشی نشان دادند که قارچ‌های میکوریز جذب عناصر سنگین را در جو کاهش می‌دهند. در تحقیقی مشخص گردید که کلنیزاسیون شدید ریشه‌های جو با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، رشد گیاه و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد (۱۵). به علاوه، طی تحقیقات متعددی نیز کلنیزاسیون ریشه‌های جو تحت شرایط مزرعه گزارش شده است (۳ و ۲۶). تاکنون بیش از ۱۵۰ گونه از قارچ‌های همزیست از طریق ویژگی‌های ریختی اسپورهای آن‌ها توصیف شده‌اند (۲۲). در ایران نیز ۵۹ گونه قارچ میکوریز آربوسکولار از مناطق مختلف و از میزبان‌های گیاهی متفاوت گزارش شده است. در زمینه شناسایی و نیز پراکنش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ریزوسفر جو در ایران تحقیقات گسترده‌ای صورت نپذیرفته است. صدروی (۲) قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست گندم، جو، ذرت و سورگوم را مطالعه و ۲۱ گونه قارچی را شامل جنس‌های *Glomus*، *Sclerocystis*، *Acaulospora*، *Entrophospora* و *Scutellospora* جداسازی و معرفی نمود. علی اصغر زاده و همکاران (۳) نشان دادند که در سطوح بالای شوری خاک، گونه *Glomus intraradices* در افزایش رشد جو تأثیر قابل توجهی دارد. فرزانه و همکاران (۱۹) تأثیر مایه زنی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را بر رشد جو و نخود فرنگی مورد مطالعه قرار دادند. گیاهان مایه زنی شده به صورت موثری به وسیله قارچ‌های میکوریز آربوسکولار کلنیزه شده و در مقایسه با گیاهان شاهد از وزن خشک بالاتری برخوردار بودند (۱۹). به دلیل تاثیر مثبت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر بافت خاک و نیز افزایش رشد و باروری گیاهان میزبان، این قارچ‌ها به عنوان بخش مهمی از اکوسیستم‌های کشاورزی معرفی شده‌اند که نیاز به استفاده از کودها و سموم شیمیایی را کاهش می‌دهند (۳۵). هر چند که با وجود تایید نقش و جایگاه این قارچ‌ها در کشاورزی پایدار، تکنولوژی میکوریزایی هنوز به صورت متداول در تحقیقات کشاورزی به کار گرفته نشده است. از دلایل اصلی این امر، وجود مشکلاتی در شناسایی و ردیابی گونه‌های قارچی میکوریز در مزرعه، درک ضعیفی از اساس بیولوژی آن‌ها و همچنین عدم توانایی در رشد این قارچ‌های بیوتروف اجباری در محیط کشت می‌باشد (۲۲). این تحقیق به منظور شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همراه ریزوسفر جو، بررسی فراوانی جمعیت اسپوری، الگوی پراکنش گونه‌ها و تعیین شاخص‌های کلنیزاسیون و تنوع مورفولوژیک آن‌ها در منطقه دامغان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

روش نمونه برداری

نمونه برداری در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۸۷ از مزارع جو شهرستان دامغان و حومه آن صورت گرفت. محل‌های مورد بررسی جهت نمونه برداری به ۷ تاحیه (R1-R7) تقسیم بندی شدند (جدول ۱). نمونه‌های جمع آوری شده شامل ریشه‌های نرم جو و خاک اطراف ریشه (مایکوریزوسفری)، از عمق ۵ تا ۳۰ سانتیمتری برداشت شدند. برای تهیه هر نمونه مرکب (۲ کیلوگرمی) خاک، تعدادی نمونه تصادفی در جهات اقطار مزرعه و از نقاط مختلف جمع آوری و با یکدیگر مخلوط شد و در مجموع ۴۴ نمونه مرکب به دست آمد. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و پس از خشک شدن در دمای محیط، در کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جداسازی و شمارش تعداد اسپورها در خاک

به منظور تخمین تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در خاک، نمونه‌های جمع آوری شده به صورت مستقیم مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور برای هر نمونه خاک، ۳ تکرار ۳۵ گرمی انتخاب شد و جداسازی اسپورها به روش شستشو توسط الک (۳۰، ۱۰۰ و ۴۰۰ مش) و سانتریفوژ در محلول ساکاروز ۵۵ درصد (۲۰ و ۲۳) صورت گرفت.

جدول ۱- مناطق مختلف نمونه برداری و نمونه‌های جمع آوری شده از هر منطقه

مناطق نمونه برداری	نمونه
منطقه ۱ (حومه شمالی)	H8–H14
منطقه ۲ (حومه جنوبی)	H23–H27
منطقه ۳ (حومه شرقی)	H22, H34–H40
منطقه ۴ (حومه غربی)	H17–H21 & H43–H44
منطقه ۵ (حومه شمال شرقی)	H1–H7
منطقه ۶ (حومه شمال غربی)	H41–H42
منطقه ۷ (حومه جنوب شرقی)	H15–H16 & H28–H33

اسپورها پس از شستشو بر روی کاغذ صافی جمع آوری شده و با استفاده از استریومیکروسکوپ شمارش شدند. برای هر نمونه خاک، میانگین تعداد اسپورهای هر یک از سه تکرار محاسبه شد. جهت تکثیر تعداد کافی از اسپورهای قارچی جوان و سالم به منظور شناسایی گونه های قارچی اقدام به برقراری کشت گلدانی تله با گیاهان ذرت گردید. در کشت های گلدانی مخلوطی به نسبت حجمی (۱:۳) از ماسه شسته شده استریل و ۳۰۰ گرم نمونه خاک و ریشه

جمع آوری شده به عنوان مایه تلقیح و بذور ذرت استفاده گردید و گلدان ها در شرایط گلخانه ای مطلوب (دمای ۱±۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۶۵درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) نگاهداری شدند. برای تهیه اسلایدهای میکروسکوپی، اسپورها از مخلوط ۱۰۰ گرم خاک نمونه برداری شده از مزارع به همراه ۱۰۰ گرم خاک گلدانی کشت تله با استفاده از روش شستشو توسط الک و سانتریفوژ در محلول سوکروز جداسازی و در هر اسلاید ۲۰-۱۵ اسپور مشابه از نظر مورفولوژیکی تثبیت و توسط میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی های ×۴۰ و ×۱۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند.

شناسایی گونه‌های قارچی میکوریز آربوسکولار و بررسی تنوع آن‌ها

به منظور مشاهده خصوصیات اسپور و شناسایی گونه قارچی، اسپورها بر روی اسلایدهای میکروسکوپی و در محلول پلی وینیل الکل-اسید لاکتیک-گلیسیرین (PVLG) همراه با معرف ملرز (به نسبت حجمی ۱:۱) قرار داده شدند (۳۹). اسپورها بر اساس صفات مرفولوژیکی مشابه مانند اندازه و شکل اسپور، تعداد لایه‌های دیواره اسپوری، ضخامت لایه‌های دیواره، نحوه اتصال ریسه متصل به اسپور، تعداد لایه‌های دیواره ریسه متصل به اسپور، عرض ریسه در نزدیکی محل اتصال به اسپور، ضخامت لایه‌های ریسه متصل به اسپور، رنگ اسپور، باز یا بسته بودن روزنه ریسه در محل اتصال به اسپور و نحوه انسداد در صورت بسته بودن، به طور مقدماتی با میکروسکوپ نوری مورد بررسی و تفکیک قرار گرفتند. شناسایی گونه‌های قارچی بر اساس کلیدهای معتبر ارائه شده توسط محققین و با استفاده از کتاب راهنمای شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (۳۹)، مقالات کلیدی و اطلاعات انتشار یافته موجود در سایت‌های اینترنتی مانند www.invam.caf، www.amf-phylogeny.com و به ویژه www.lrz-muenchen.de/schuesler/amphylogeny صورت گرفت. رنگ اسپورها بر اساس طرح رنگ کلکسیون بین‌المللی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مستقر در دانشگاه ویرجینیای غربی آمریکا (INVAM color chart for spores) تعیین شد که در آن هر رنگ با درصد رنگ‌های اصلی (سیاه، زرد، قرمز و آبی) مشخص می‌گردد.

محاسبه تراکم اسپور به صورت شمارش تعداد آن‌ها در ۳۵ گرم خاک خشک جمع آوری شده از مزرعه انجام شد و فراوانی نسبی به صورت درصد اسپورهای متعلق به یک گونه خاص قارچی تعیین گردید. تعداد مشاهده گونه‌ها به صورت تعداد نمونه‌هایی که اسپورهای یک گونه خاص قارچ میکوریز آربوسکولار در آن‌ها یافت شدند، محاسبه شد. به منظور ارزیابی تنوع مورفولوژیک قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه برداری، از شاخص شانن-وینر و یکنواختی استفاده شد (۲۷). محاسبه شاخص شانن-وینر (H) طبق فرمول زیر صورت می‌گیرد:

$$H=-\sum pi \times \ln pi$$
$$pi=ni/N$$

ni: تعداد افراد یک گونه و N: تعداد کل افراد گونه‌های قارچی میکوریز آربوسکولار

شاخص یکنواختی گونه‌ها (Eh) (توزیع افراد یک گونه در مقایسه با افراد گونه‌های دیگر) بر اساس روش زیر محاسبه می‌شود:

$$Eh=H/H_{max}=H/\ln S$$

S: تعداد کل گونه‌ها در منطقه و Hmax: حداکثر شاخص تنوع

رنگ آمیزی ریشه‌ها و محاسبه درصد کلنیزاسیون

پس از گزینش ریشه‌های کلنیزه شده میکوریزایی جمع آوری شده از مزارع جو بر اساس مشاهده توده هیفهای برون ریشه ای توسط استریو میکروسکوپ، خاک چسبیده به ریشه ها با آب فراوان شستشو داده شده و ریشه‌ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند. رنگ آمیزی ریشه‌ها طبق روش استاندارد فیلیپس و هایمن (۳۳) و نیز راجا پاکسی و میلر (۳۴) صورت گرفت. پس از رنگ آمیزی، به منظور تعیین ارتباط بین میزان کلنیزاسیون ریشه با فراوانی جمعیت قارچ‌های میکوریز، شاخص‌های کلنیزاسیون شامل تراکم میکوریزایی (%M) و فراوانی میکوریزایی (%F) طبق روش تروولت و همکاران (۴۶) محاسبه شدند. برای این منظور، ریشه‌های رنگ آمیزی شده به قطعات ۵ میلی متری برش داده شده و با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ×۱۰ مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از ثبت داده‌های مربوط به میانگین تراکم اسپورها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 صورت پذیرفت. برای گروه بندی و مقایسه میانگین ها نیز از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده گردید. تجزیه خوشه ای نیز با استفاده از روش UPGMA و نرم افزار SPSS 15 انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج بررسی نمونه های خاک جمع آوری شده و استقرار کشت گلدانی تله

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در تمام نمونه‌های جمع آوری شده از مزارع جو در منطقه دامغان یافت شدند. بنابراین، مطالعه حاضر نشان دهنده وجود قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر مزارع جو و نیز همزیستی

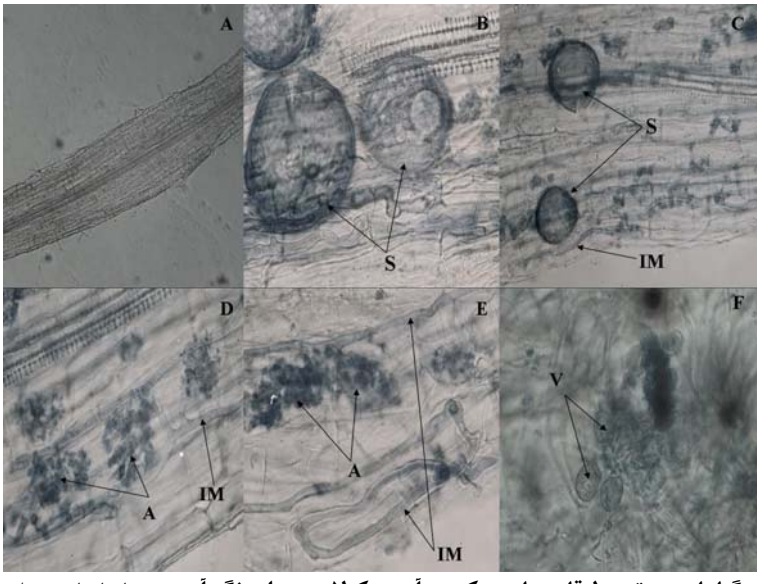
آن‌ها با ریشه‌های این گیاه در منطقه مذکور است. پس از گذشت ۶ ماه از برقراری کشت‌های گلدانی تله، آلودگی به قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در تمامی گیاهان ذرت مشاهده گردید. بر این اساس، ذرت می‌تواند به عنوان میزبانی مناسب برای استقرار قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در نظر گرفته شود. در نمونه‌های جمع آوری شده از مزرعه، تعداد کم اسپورهای قارچی، سن و نیز تغییرات محیطی آن‌ها، شناسایی دقیق قارچ‌های میکوریز را با مشکل مواجه می‌سازد (۵). بنابراین، استقرار کشت تله در گلخانه اغلب یک راهکار عملی به منظور تکثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار محسوب می‌گردد. در روش مذکور این احتمال وجود دارد که برخی از اسپورهای قارچی موجود در ایناکولوم اولیه، در کشت تله یافت نگردند. در مقابل ممکن است برخی از گونه‌های قارچی که به دلیل شرایط بازدارنده کشت در ایناکولوم اصلی مشاهده نشده‌اند، به دلیل وجود محرک‌های ناشناخته، در کشت تله مورد ردیابی قرار گیرند (۵ و ۴۵). نوع گیاه تله در میزان تکثیر اسپور قارچ‌های میکوریز و نیز درصد کلنیزاسیون ریشه‌ها نقش قابل توجهی دارد. به طور معمول، گیاهان علوفه ای نظیر سورگوم سودان گراس (*Sorghum sudanens*) و ذرت (*Zea mays*) به دلیل دارا بودن سیستم ریشه‌ای گسترده جهت تکثیر اسپور قارچ‌های میکوریز به عنوان گیاه تله مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۲). به علاوه در این بررسی مشخص گردید که استفاده از مایه تلقیح کامل (خاک و ریشه‌های میکوریزایی)، در مقایسه با استفاده از خاک به تنهایی از تأثیرپذیری بیشتری برخوردار است. این نتایج با یافته‌های حاصل از تحقیقات مورتون (۲۸) مطابقت دارد. وی معتقد است که اسپور گونه‌های جنس *Glomus* که از مزارع جمع آوری شده‌اند اغلب آلوده کننده نمی‌باشند، در حالی که مایه تلقیح کامل همیشه آلوده کننده است (۲۸).

نتایج رنگ آمیزی ریشه های جو و مشاهده ساختارهای قارچی

در این مطالعه، ساختارهای مختلف قارچی نظیر وزیکول ها، ریسه‌ها، آربوسکول ها و در برخی موارد نیز توده‌های اسپوری در ریشه‌های رنگ آمیزی شده گیاهان جو مشاهده شدند. وزیکول ها و ریسه‌های قارچی، متداول‌ترین ساختارهای موجود بودند. با استفاده از میکروسکوپ نوری، آربوسکول ها به صورت مناطق پررنگ و متراکم به رنگ آبی در داخل توده‌های ریشه مشاهده شدند (شکل ۱). چنین نتایجی با یافته‌های حاصل از مطالعات سایر محققین همخوانی دارد (۳۱).

نتایج بررسی فراوانی و تراکم جمعیت اسپوری قارچ

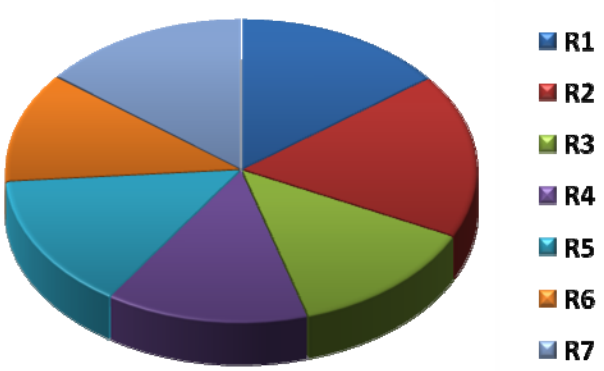
تراکم اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، به صورت شمارش تعداد اسپورها در ۳۵ گرم خاک خشک جمع آوری شده از ریزوسفر جو تخمین زده شد. جمعیت اسپورها در نمونه‌های مورد بررسی صرف نظر از گونه قارچی، بین ۷۲ تا ۸۴۰ عدد متغیر بود. بیشترین تراکم اسپورها به منطقه ۲ (حومه جنوبی) با میانگین ۳۴۹/۷۳ اسپور تعلق داشت و حومه‌های شمالی، جنوب شرقی، شمال شرقی، غربی، شرقی و شمال غربی به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۴).



شکل ۱- ریشه‌های کلنیزه شده گیاهان جو توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار پس از رنگ آمیزی. ساختارهای مختلف قارچی شامل وزیکول ها (V)، ریسه‌های درون ریشه‌ای (IM)، آربوسکول ها (A) و نیز اسپورهای درون ریشه‌ای (S) به خوبی قابل مشاهده می‌باشند.

در شکل ۲ سهم هر یک از مناطق نمونه برداری از نظر میانگین جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نشان داده شده است. چنین تنوع گسترده‌ای در تعداد اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌تواند به دلیل وجود متغیرهای متعدد در دامنه گسترده‌ای از شرایط محیطی باشد. در میان عوامل موثر می‌توان به روش‌های زراعی به کار رفته در مزارع، تیمار خاک با مواد شیمیایی، تناوب کشت، ترکیب و تنوع جامعه گیاهی، درجه حرارت، زمان نمونه برداری، ارتفاع منطقه، تراکم ریشه‌های گیاه میزبان و خصوصیات مختلف بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک منطقه اشاره نمود. از سوی دیگر، تعداد و تنوع اسپورهای قارچی بسته به فصل سال نیز تغییر خواهد یافت. برخی از قارچها در اواخر بهار و برخی دیگر در اواخر تابستان اسپوردهی می‌کنند (۱۱). بر اساس نظریات شنک (۴۰)، تفاوت در تراکم اسپورها در اکوسیستم‌های کشاورزی با تغییراتی در حاصلخیزی و میزان مواد آلی موجود در خاک مرتبط است. دودس (۱۷) نیز طی مطالعات خود نشان داد که اسپوردهی قارچهای میکوریز آربوسکولار در حضور محلول غذایی بسیار سریع‌تر صورت می‌گیرد و جمعیت اسپوری نیز در این تیمارها گسترده‌تر است (۱۷).

تجزیه واریانس فراوانی جمعیت اسپور قارچهای میکوریز آربوسکولار نشان داد که بین مناطق هفت‌گانه نمونه برداری از نظر میانگین تعداد اسپورها در ۳۵ گرم خاک هیچ گونه اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد، هرچند که این اختلاف در نمونه‌های جمع آوری شده از هر یک از مناطق در سطح P<۰/۰۱ معنی دار بود (جدول ۲).



شکل ۲- سهم هر یک از مناطق نمونه برداری از نظر میانگین جمعیت اسپور قارچهای میکوریز آربوسکولار

نتایج تجزیه خوشه‌ای مناطق نمونه برداری از نظر میانگین جمعیت اسپوری به روش UPGMA نشان داد که در فاصله مقیاسی ۵-۰ مناطق را می‌توان در ۴ خوشه قرار داد (شکل ۳).

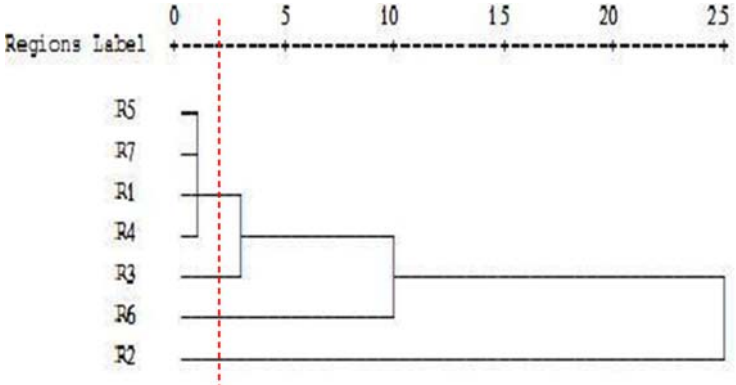
جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به فراوانی جمعیت اسپور قارچهای میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات	F
منطقه	۶	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۳۶^{ns}
منطقه/ نمونه خاک	۳۷	۵/۲۳	۰/۱۴	۱۰/۵۷**
منطقه/ نمونه خاک/ تکرار	۸۸	۱/۱۸	۰/۱۳	
کل	۱۳۱	۶/۷۱		

ns: بی معنی در سطح ۰/۰۱ < P

**: معنی دار در سطح ۰/۰۱ > P

ضریب تغییرات(CV): ٪۴/۸۱



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای مناطق مختلف نمونه برداری از نظر میانگین تعداد اسپورهای قارچی به روش UPGMA

بر این اساس، حومه‌های شمال شرقی، جنوب شرقی و شمالی و غربی در یک خوشه قرار گرفتند، و حومه‌های شرقی، شمال غربی و جنوبی نیز هر یک به صورت مجزا در یک خوشه گروه بندی شدند. با استناد به نتایج تجزیه خوشه‌ای در مقیاس ۵-۰ می‌توان نمونه‌های جمع آوری شده از مناطق مختلف را بر اساس میانگین جمعیت اسپور قارچی در ۶ خوشه تقسیم بندی نمود (جدول ۳).

نتایج بررسی شاخص های کلنیزاسیون میکوریزایی

به منظور بررسی وجود ارتباط بین میزان کلنیزاسیون ریشه‌ها با تراکم جمعیت قارچ‌های میکوریز، شاخص‌های کلنیزاسیون شامل تراکم میکوریزایی (M٪) و فراوانی میکوریزایی (F٪) مورد محاسبه قرار گرفتند (جدول ۴). بر اساس مشاهدات صورت گرفته، تراکم میکوریزایی در هیچ یک از ریشه‌های مورد بررسی صفر نبود و میانگین این شاخص از ۲۴/۰۶ درصد در منطقه ۷ تا ۶۹/۲ درصد در منطقه ۵ دارای تغییر بود. بین میانگین تراکم اسپورهای قارچی با میانگین تراکم میکوریزایی در هر منطقه همبستگی ویژه‌ای مشاهده نشد. چنین یافته‌هایی با نتایج مطالعات پیشین (۳۷) مطابقت دارد که در آن‌ها نیز هیچ رابطه قابل اثباتی بین شاخص کلنیزاسیون و فراوانی جمعیت اسپورها گزارش نگردید. بین تراکم اسپورهای قارچی و درصد کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز ارتباط پیچیده‌ای موجود است و این ارتباط توسط عوامل متعدد محیطی و بیولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۴۳). برخی از گونه‌های قارچ‌های میکوریز نمی‌توانند ریشه‌ها را به صورت موثری کلنیزه نمایند، هر چند که قادرند اسپورهای فراوانی در خاک تولید کنند. در مقابل، برخی دیگر از گونه‌ها اسپورهای اندکی تولید نموده اما قادرند به طرز موثری ریشه‌های گیاه میزبان را کلنیزه نمایند. بنابراین، هم کارآیی تشکیل اسپور و هم کلنیزاسیون ریشه میزبان توسط این اسپورها و یا ریسه‌های قارچی، از عوامل تعیین کننده حفظ و توسعه قارچ‌های میکوریز در اکوسیستم‌ها به شمار می‌روند (۴۳). از طرفی، میزان کلنیزاسیون ریشه و تراکم اسپورهای قارچ‌های میکوریز در میان خانواده‌های مختلف گیاهی نیز متفاوت است. عوامل مختلفی شامل صفات ریختی، ژنتیک و فنولوژی گونه گیاهی، وابستگی میکوریزایی، تغییر محیط میکروبی خاک با واسطه گیاه میزبان و سایر خصوصیات ناشناخته گیاه میزبان در تراکم اسپورها و میزان کلنیزاسیون ریشه میزبان توسط قارچ‌های میکوریز موثرند (۱۸). ممکن است الگوی کلنیزاسیون در میان گونه‌های مختلف گیاهی و یا حتی در اکوتیپ‌های هر گونه متغیر باشد (۵). ترشحات ریشه گیاه میزبان نیز در تعیین ترکیب و فعالیت جمعیت میکروبی خاک تنظیم کننده‌های مهمی محسوب می‌گردند (۴۸). از نظر مؤلفان، اثبات وجود چنین همبستگی‌هایی به انجام مطالعات گسترده در اکوسیستم‌های مختلف و میزبان‌های متفاوت نیاز دارد و ممکن است این روابط بسته به شرایط اقلیمی و نیز نوع گیاه میزبان متفاوت باشند. میانگین فراوانی میکوریزایی نیز در تمامی مناطق نمونه برداری میزان بالایی برآورد گردید. این میانگین در کلیه مناطق، به استثنای منطقه ۳ (۹۷/۵ درصد)، ۱۰۰ درصد بود.

جدول ۳- مشخصات خوشه‌ها و نمونه‌های تفکیک شده در هر خوشه بر اساس میانگین تراکم اسپورهای قارچی

خوشه	نمونه‌های موجود در هر خوشه
۱	H10, H33, H27, H44, H13, H37, H12, H14, H21, H5, H39, H41, H20, H16, H7, H32, H8, H38
۲	H9, H17, H25, H30, H29, H18, H19, H6, H22
۳	H26, H36, H34, H35, H43, H12, H15, H1, H3, H2, H28
۴	H11, H23, H31
۵	H24, H40
۶	H4

جدول ٤- شاخص‌های کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار

منطقه	میانگین تراکم اسپور/۳۵ گرم خاک	میانگین فراوانی میکوریزایی (F%)	میانگین تراکم میکوریزایی (M%)
۱	۲۹۱/۸۱	٪۱۰۰	۵۸/۹
۲	۳۴۹/۷۳	٪۱۰۰	۶۳/۴
۳	۲۶۳/۱۷	٪۹۷/۵	۳۱/۵۵
۴	۲۷۶/۹۵	٪۱۰۰	۳۷/۰۵
۵	۲۸۶/۸	٪۱۰۰	۶۹/۲
۶	۲۳۴/۶۷	٪۱۰۰	۳۶/۹۵
۷	۲۸۷/۵	٪۱۰۰	۲۴/۰۶

نتایج شناسایی گونه های قارچی و تنوع گونه ای

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه مورفولوژی و مورفومتری اسپورها و نیز طی مکاتبات انجام شده با پروفسور موکرجی در گروه گیاه شناسی دانشگاه دهلی نو در کشور هندوستان، در مجموع ۱۶ آرایه شامل ۴ جنس *Glomus*، *Acaulospora*، *Pacispora* و *Scutellospora* از خانواده‌های Archeosporaceae، Glomeraceae، Pacisporaceae و Scutellosporaceae و ۳ راسته Glomerales، Acaulosporales و Diversisporales شناسایی شدند. تمامی آرایه‌ها در سطح گونه مورد شناسایی قرار گرفتند که در میان آن‌ها، ۱۳ گونه (۸۱/۲۵ درصد) به جنس *Glomus* تعلق داشتند و در هر یک از ۳ جنس دیگر، تنها یک گونه تشخیص داده شد. فهرست اسامی گونه‌های شناسایی شده و نیز فراوانی نسبی (درصد) آن‌ها در مجموع مناطق نمونه برداری در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، گونه *G. intraradices* دارای بیشترین فراوانی نسبی (۱۲/۶۶ درصد) است و *Pacispora scintillans* نماینده تنها ۱/۹۹ درصد گونه‌های شناسایی شده قارچی می‌باشد. در این تحقیق *Glomus* به عنوان جنس غالب قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مورد بررسی معرفی شد. گونه‌های *Glomus* قادرند از طریق اسپور، ریسه و نیز قطعاتی از ریشه‌های میکوریزایی، ریشه‌های گیاه میزبان را کلنیزه نمایند. بنابراین، غالب بودن گونه‌های یک جنس ممکن است با میزان اسپورزایی گونه‌های قارچی، قابلیت آن‌ها در کلنیزه کردن ریشه گیاه و نیز روش‌های استفاده شده به منظور ردیابی این قارچ‌ها در ارتباط باشد (۴۷). طبق نظر صدروی (۲)، گونه‌های *Glomus* از شایع‌ترین قارچ‌های آربوسکولار همزیست ریشه گیاهان زراعی و درختان میوه محسوب می‌شوند. به علاوه این جنس بیشترین تعداد گونه را در میان جنس‌های راسته Glomerales دارا می‌باشد. همچنین در این مطالعه، *Scutellospora* به عنوان دومین جنس غالب با فراوانی نسبی ۵/۵۳درصد معرفی گردید. تصاویر مربوط به برخی از گونه‌های شناسایی شده قارچی در اشکال ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. در این تحقیق، دو گونه *G. corymbiforme* و *G. trimurales* به عنوان گونه‌های جدید برای فلور قارچی ایران گزارش شدند. بررسی‌های بیشتر نشان داد که این گونه‌ها پیش از این نیز از فلور قارچی جو در دنیا گزارش نشده‌اند. به علاوه در این تحقیق، گونه‌های *G. corymbiforme*، *G. trimurales*، *G. aggregatum*، *G. pansihalos*، *Acaulospora mellea* و *P. scintillans* برای نخستین بار از فلور قارچی جو در ایران گزارش شدند. همچنین، گونه‌های *A. mellea*، *P. scintillans* و *Scutellospora pellucid* برای مرتبه دوم از ایران گزارش می‌گردند.

در هر منطقه، تعداد مشاهده گونه، تراکم اسپور، فراوانی نسبی، غنای گونه‌ای، شاخص تنوع و یکنواختی محاسبه گردید (جداول ۵ و ۶). بر این اساس، دو گونه *G. mosseae* و *G. fasciculatum* در تمامی مناطق نمونه برداری یافت شدند. این امر ممکن است به دلیل سازش پذیری ویژه اکوتیپ های این گونه‌ها با شرایط مناطق مختلف هفت‌گانه باشد. گونه *G. geosporum* به استثنای منطقه ۳، در تمامی مناطق نمونه برداری یافت شد. سایر گونه‌ها تنها در برخی از مناطق، مورد ردیابی قرار گرفتند. در میان ۴ جنس شناسایی شده مذکور، *Glomus* از بیشترین میزان تراکم اسپور و فراوانی نسبی (۸۷/۶۹ درصد) برخوردار بود. به علاوه، گونه *G. intraradices* نیز در میان سایر گونه‌های این جنس دارای بالاترین میزان تراکم اسپور و فراوانی نسبی می‌باشد، هر چند که حضور آن تنها در ۵ منطقه از مجموع مناطق مورد بررسی به اثبات رسید.

بر اساس جدول ۶، غنای گونه‌ای از ۱۲ گونه در منطقه ۶ به ۷ گونه در منطقه ۵ کاهش یافته است، هرچند که بیشترین میانگین تراکم میکوریزایی (۶۹/۲ درصد) در منطقه ۵ مشاهده گردید. بر این اساس می‌توان بیان داشت که بیشترین میزان تنوع گونه‌ای (۲/۴۵) در منطقه ۶ و کم‌ترین میزان آن در منطقه ۵ (۰/۷۸) بوده است. به علاوه، بیشترین و کم‌ترین میزان شاخص یکنواختی نیز به ترتیب در مناطق ۶ (۰/۹۹) و ۵ (۰/۴) مشاهده شد. تفسیر شاخص‌های تنوع مورفولوژیک قارچ‌های میکوریز همواره بایستی با احتیاط صورت گیرد، زیرا تراکم اسپورهای قارچی یکی از اجزای مهم این شاخص‌هاست. در صورتی که در زمان نمونه برداری، درصد بالایی از گونه‌های قارچی اسپوردهی نکرده باشند، تنها بخشی از تنوع موجود در منطقه توسط این شاخص‌ها برآورد خواهد شد که بیانگر غالبیت گونه‌های اسپور دهنده در جمعیت میکوریزایی است (۲۹). به نظر می‌رسد که عوامل پیچیده محیطی در بروز تنوع گونه‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر تأثیرگذار باشند. برای مثال، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در رابطه با گونه میزبان اختصاصیت کمی دارند. این نتیجه عمدتاً بر مبنای آزمایشاتی حاصل شده که در آن جدایه های انفرادی گونه قارچی به صورت مجزا و جدای از تعاملات رقابتی رشد داده شده‌اند (۵). هنگامی که قارچ‌ها به صورت یک جمعیت آزمون می‌گردند، میزان رشد قارچی به میزان زیادی اختصاصی میزبان خواهد بود. در آزمایشی که در آن قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر روی میزبان‌های گیاهی مختلفی تله گذاری شدند، اسپوردهی و نیز غالبیت نسبی جدایه های مختلف قارچی بسته به نوع میزبان گیاهی به صورت متمایزی صورت پذیرفت (۴). در تحقیق حاضر، هیچ نوع ارتباط ویژه‌ای بین غنای گونه‌ای با میانگین تراکم میکوریزایی و نیز میانگین تراکم اسپورها در هر منطقه مشاهده نگردید. این یافته با نتایج برخی از مطالعات پیشین دارای هم‌خوانی (۱۴) و با تحقیقات دیگر دارای مغایرت است (۳۰ و ۳۱).

جدول ۵- تعداد مشاهده گونه‌ها، میانگین تراکم اسپور و فراوانی نسبی گونه‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه برداری

گونه قارچی	تعداد مشاهده گونه‌ها (٪)							۳۵ گرم خاک/ تراکم اسپور							فراوانی نسبی (٪)							میانگین فراوانی نسبی هر گونه (٪)
	منطقه							منطقه							منطقه							
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	
G. aggregatum	-	-	۲۱/۵	۱۰/۴	-	۳۱	۵۹	-	-	۳۱۴	۲۱۲	-	۳۷۵	۳۶۵	-	-	۷/۵	۲۱/۳	-	۲/۷	۲۱/۳	٪۷/۵۴
*G. corymbiforme**	-	-	۲۱/۵	۲۸/۳	-	۲۸/۳	۲۴	-	-	۲۸۷	۳۴۴/۳	-	۲۴۵/۶۷	۲۸۷/۵	-	-	۸/۶	۸/۷	-	۱۱	۰/۹	٪۴/۱۷
G. pansihalos	۸/۷	۱۰/۴	-	-	۶۹/۶	-	-	۳۳۰/۶۷	۲۵۷	-	-	۳۴۵	-	-	۲۱/۲	۶/۵	-	-	۳۵/۴	-	-	٪۹/۰۱
G. mosseae	۲۸/۳	۳۵/۳	۲۱/۵	۶۶/۷	۳۱	۵۹	۳۶/۴	۲۵۷/۳۳	۴۲۸/۳۳	۲۵۶/۳۳	۱۹۵/۵	۲۱۰	۲۷۶	۱۹۷/۳۳	۱۰/۶	۰/۷	۱۱/۲	۱۱/۳	۱۰/۴	۰/۸	۱۲/۹	٪۸/۲۷
G. deserticola	۱۰/۴	۳۵/۳	۴۶/۹	-	-	-	-	۱۸۲	۳۴۵/۶۷	۲۰۲/۶۷	-	-	-	-	۶/۵	۲۴	۴/۵	-	-	-	-	٪۵
G. caledonium	-	۳۴	-	۷۳/۲	-	۱۰/۴	۲۱/۵	-	۴۰۳	-	۳۲۲	-	۳۱۲	۳۷۷	-	۱۰/۵	-	۶/۷	-	۲۳/۴	۱۱	٪۷/۳۷
G. geosporum	۹۳	۵۵/۵	-	۲۵/۵	۶۹/۶	۳۶/۴	۱۰/۴	۱۵۵	۳۸۷/۳۳	-	۲۸۷	۱۸۷/۳۳	۲۱۲/۳۳	۴۱۰	۴/۵	۱۵/۶	-	۱۰/۴	۸/۶	۱۱/۶	۴/۸	٪۷/۹۳
G. fasciculatum	۸۸/۷	۲۲/۴	۶۹/۶	۲۱/۵	۲۸/۳	۳۱	۵۵	۳۷۶/۳۳	۳۷۸/۶۷	۱۹۵	۲۱۰	۳۱۲	۱۸۵	۱۲۰	۱۳	۴/۶	۱۳/۷	۳/۵	۱۲/۶	۲/۶	۲/۷	٪۷/۵۳
G. constrictum	۷۹/۵	۳۵	-	۱۱/۶	-	۳۲	-	۲۴۵	۲۹۸	-	۱۹۵/۴	-	۹۷	-	۱۱/۴	۶/۸	-	۰/۷	-	۰/۷	-	٪۲/۸
G. claroideum	۱۰/۴	-	۶۹/۶	۷۳/۲	-	۲۱/۵	۳۶/۴	۲۸۷/۶۷	-	۲۴۵/۶۷	۱۸۷	-	۲۳۵/۴	۱۲۴/۶۷	۱۰	-	۱۲/۴	۲/۵	-	۳/۵	۱۴/۵	٪۶/۱۳
G. intraradices	-	۲۸/۳	۹۲/۵	۵۵/۵	-	۵۸	۷۳/۷	-	۳۱۲/۳	۲۷۸/۶۷	۵۳۹/۳۵	-	۱۸۵	۳۴۰	-	۱۱	۲۲	۳۴/۹	-	۱۹/۹	۰/۸	٪۱۲/۶۶
G. etunicatum	۱۰/۴	۲۸/۳	-	-	-	۷۳/۲	۳۳	۱۹۲	۱۵۷	-	-	-	۲۱۹	۲۵۷	۳/۴	۱۲/۷	-	-	-	۷/۴	۱۰/۸	٪۴/۹
Pacispora scintillans	-	-	-	-	۸/۷	۱۰/۴	۲۷	-	-	-	-	۲۷۵	۱۲۹	۲۱۰	-	-	-	-	۳/۵	۴/۷	۵/۷	٪۱/۹۹
Acaulospora mellea	-	۳۳/۳	۲۱/۵	-	۱۰/۴	-	-	-	۵۳۰	۲۱۰	-	۱۳۳/۶۷	-	-	-	۷/۶	۱۵	-	۱۰/۹	-	-	٪۴/۷۹
*G. trimurales**	۳۱/۴	-	-	-	۲۸/۳	۵۵/۵	-	۲۶۶	-	-	-	۵۴۴/۶	۳۴۴/۶۴	-	۰/۴	-	-	-	۱۸/۶	۱۱/۷	-	٪۴/۳۹
Scutellospora pellucida	۲۸/۴	-	۱۰/۴	-	-	-	۵۹	۶۲۶/۱	-	۳۷۹/۱۹	-	-	-	۴۷۴	۱۹	-	۵/۱	-	-	-	۱۴/۶	٪۵/۵۳

*-گونه‌های قارچی جدید برای فلور قارچی ایران

جدول ٦- شاخص تنوع شانن-وینر، یکنواختی و غنای گونه‌ای قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطق مختلف نمونه برداری

غنای گونه‌ای(٪)	شاخص یکنواختی	شاخص تنوع گونه‌ای	غنای گونه‌ای	منطقه
۶۲/۵	۰/۷۳	۱/۶۷	۱۰	۱
۶۲/۵	۰/۶۷	۱/۵۵	۱۰	۲
۵۶/۲۵	۰/۶۱	۱/۳۳	۹	۳
۵۶/۲۵	۰/۵۱	۱/۱۲	۹	۴
۴۳/۷۵	۰/۴	۰/۷۸	۷	۵
۷۵	۰/۹۹	۲/۴۵	۱۲	۶
۶۸/۷۵	۰/۷۴	۱/۷۸	۱۱	۷

به منظور به دست آوردن تصویر کاملی از ترکیب گونه‌های قارچ میکوریز آربوسکولار در خاک، روش‌های مختلف جداسازی اسپورها بایستی به صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار گیرند. در آزمایشی، برای جداسازی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از ۴ تکنیک متفاوت، شامل جداسازی اسپورها از خاک، برقراری کشت‌های تله، جداسازی اسپورها از نمونه‌های ریشه و نیز گیاهچه های نشاء شده استفاده شد (۱۳).

نتایج حاصل بیانگر این نکته بود که تمامی این تکنیک‌ها یکدیگر را تکمیل می‌کنند، زیرا در هر یک از آن‌ها علی رغم استفاده از نمونه‌های مشابه خاک، گونه‌های متفاوتی از قارچ‌های میکوریز غالب می‌گردند (۱۳).

توصیف گونه‌های شناسایی شده جدید برای فلور قارچی ایران به شرح زیر است:

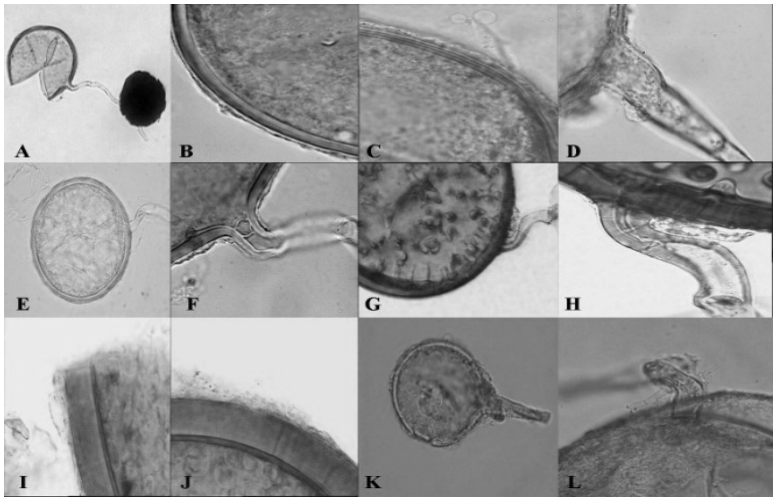
1- *Glomus corymbiforme* Blaszkowski

در این گونه اسپورها زرد کم‌رنگ تا پرتقالی، کروی و به ابعاد (۲۱۵–) ۱۴۳ (–۵۲) میکرون، دیواره اسپوری دارای ۳ لایه (swl1، swl2 و swl3) می‌باشد. لایه اول (swl1)، سفت و پایدار، صاف، به ضخامت (۱/۹–) ۱ (–۰/۸) میکرون، لایه دوم (swl2)، ورقه‌ای، زرد کم‌رنگ تا پرتقالی، به ضخامت (۱۰/۳–) ۶/۵ (–۴/۲) میکرون و لایه سوم (swl3)، ارتجاعی تا نیمه ارتجاعی و شفاف، به ضخامت (۱/۳–) ۰/۸ (–۰/۶) میکرون می‌باشد. ریسه متصل به اسپور کرم تا پرتقالی رنگ، راست تا کمی خمیده و گاهی دارای فرورفتگی و به عرض (۳۲/۴–) ۲۱/۵ (–۱۰/۲) میکرون می‌باشد. این ریسه دارای ۲ لایه به ضخامت (۱۴/۱–) ۶/۷ (–۲/۵) میکرون می‌باشد. منفذ در این گونه بسته می‌باشد (شکل ۴). گونه شناسایی شده *G. corymbiforme* در این تحقیق از نظر آرایه بندی، شکل، رنگ، ابعاد اسپورها، ویژگی‌های لایه‌های دیواره اسپوری و نیز ریسه متصل به اسپور با توصیف بلاشوفسکی (۶)، بلاشوفسکی و همکاران (۷، ۸ و ۹) و تادیچ و بلاشوفسکی (۴۴) مطابقت دارد. این گونه در دنیا اولین بار از لهستان و از ریزوسفر گونه‌های گیاهی *Hieracium Umbellatum* و *Petasites spurious* از شن‌های روان تپه‌های مجاور دریا جداسازی شده است (۴). بعدها این قارچ از تپه‌های شنی پارک ملی (۴۴)، تپه‌های کویری کشور لهستان (۸) و تپه‌های دریای مدیترانه در مجاورت کارابواک در ترکیه (۷) جداسازی و گزارش گردید. این گونه ممکن است با گونه *G. globiferum* به دلیل شباهت پوشش اسپورها مشتبه گردد. هر دو گونه از نظر شکل، اندازه و ساختار دیواره اسپورها مشابه هستند و پوششی از ریسه اولیه با اسپورهای کوچک و یا کیسه‌های دیواره نازک دارا می‌باشند. با این حال در گونه *G. globiferum* این ریسه‌ها حاوی برجستگی‌های کیسه مانند بوده که در *G. corymbiforme* وجود ندارد و بر طبق نظر کوسکی و واکر در سال ۱۹۸۶، پوشش هیف *G. globiferum* تیره رنگ‌تر و معمولاً پرتقالی رنگ است. ساختار منحصر به فرد و دسته بندی شده اسپورهای *G. corymbiform* به راحتی این گونه را از گونه‌های مشابه *Glomus* متمایز می‌سازد. دیگر گونه‌های قارچی شامل *G. fasciculatum* و *G. pustulatum*، اسپورهایی را با سه دیواره از نوع مشابه *G. corymbiforme* ایجاد می‌کنند. با این حال، این اسپورها از اسپورهای مربوط به *G. fasciculatum* کوچک‌تر بوده و *G. pustulatum* دارای یک سطح تاولی شکل است، در حالی که تمام لایه‌های دیواره اسپوری در *G. corymbiform* صاف می‌باشند. در این تحقیق، گونه *G. corymbiform* برای نخستین بار از فلور قارچی ایران گزارش می‌گردد.

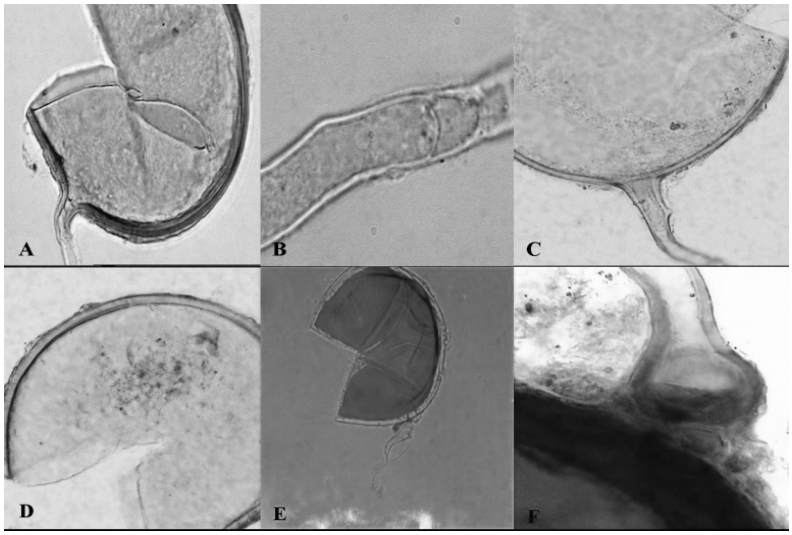
2- *Glomus trimurales* Koske & Havarson

اسپورها کروی به رنگ سفید مایل به زرد تا طلایی و به ابعاد (۱۵۳–) ۱۲۶ (–۱۰۹) میکرون است. دیواره اسپور از سه لایه (swl1، swl2 و swl3) تشکیل شده است. لایه اول (swl1)، شفاف تا سفید و پرتقالی، به ضخامت (۴/۷–) ۲/۳ (–۰/۸) میکرون، لایه دوم (swl2)، سفت و به رنگ سفید تا زرد و زرد طلایی، صاف تا کمی برجسته، به ضخامت (۲/۱–) ۱/۵ (–۰/۸) میکرون و لایه سوم ورقه‌ای، صاف، شفاف و به ضخامت (۱۱/۵–) ۷/۶ (–۲/۶) میکرون، هیف متصل به اسپور سفید مایل به زرد، مستقیم تا کمی خمیده، سیلندری یا قیفی شکل و به ندرت دارای فرورفتگی می‌باشد و به عرض (۱۰/۵–) ۷/۷ (–۶/۱) میکرون است. دیواره این ریسه متشکل از سه لایه به ضخامت (۲/۵–) ۱/۹ (–۱/۳) میکرون است. منفذ در

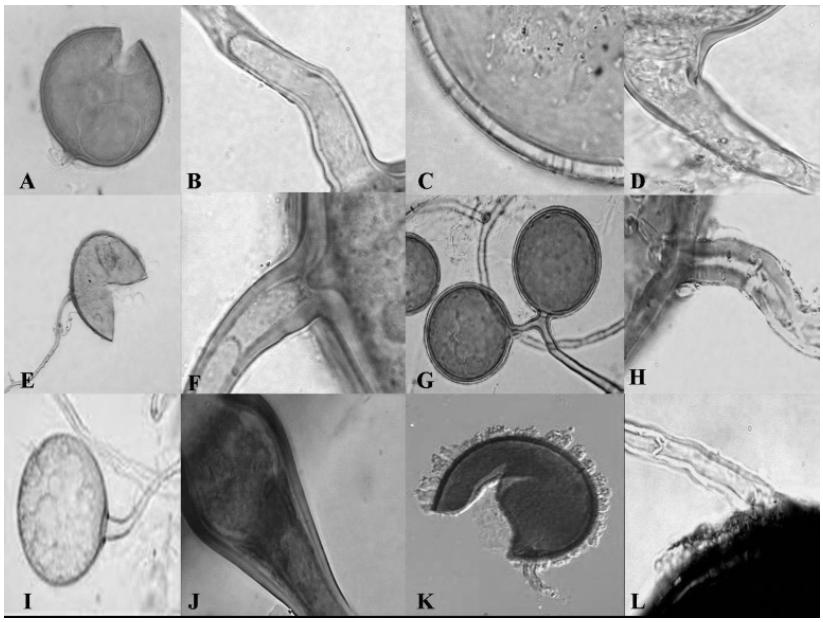
این گونه مسدود می‌باشد (شکل ۵). گونه شناسایی شده *G. trimurales* در این تحقیق از نظر آرایه بندی، شکل، رنگ، ابعاد اسپورها، ویژگی‌های لایه‌های دیواره اسپوری و نیز ریسه متصل به اسپور با توصیف کوسکه و هالوورسون (۲۵) مطابقت دارد. این گونه در دنیا نخستین بار از ریزوسفر گونه گیاهی *H. Umbellatum*، از تپه‌های شنی در مجاورت دریا در شمال غرب لهستان گزارش گردید (۱۰) و بعدها از ریزوسفر گیاهان دریایی از ۲۱ کشور جهان از جمله در آفریقا، آسیا، اروپا و ایالات متحده آمریکا و به ندرت در تپه‌های شن و ماسه از نیوجرسی، مریلند و ویرجینیا گزارش شد. این گونه ممکن است با گونه‌های *G. pustulatum* و *G. versiforme* به دلیل شباهت اسپورها مشتبه گردد. این سه گونه، اسپورهای مشابهی را از نظر اندازه و رنگ ایجاد کرده و آرایش سطح اسپورهای *G. trimurales* تا حد زیادی شبیه *G. pustulatum* دیده می‌شود (۲۴). بررسی اسپورها از طریق ساختار دیواره آن‌ها، سه گونه را به راحتی مجزا می‌کند. ساختار اسپورها، تا حد زیادی مجزا از قارچ‌ها بوده که به شکل لایه‌های طبقه‌ای دیده شده است. در *G. trimurales*، این شکل شفاف و شیشه‌ای است و به دلیل لایه‌های به شدت سست، به راحتی دسته بندی شده است. در مقایسه، لایه *G. pustulatum* و *G. versiforme* مرکب از لایه‌های نازک رنگی و به شدت به هم چسبیده می‌باشد. علاوه بر این، هنگامی که لایه‌ها در اسپورهای *G. trimurales* به صورت لایه داخلی در ساختار دیواره سه لایه‌ای مشخص شوند، *G. versiforme* دومین شکل در اسپورهای دو لایه آن مشخص می‌شود. درونی‌ترین لایه اسپورهای *G. pustulatum* یک لایه انعطاف پذیر و نازک است، اگر چه ضخیم شدن و رشد زیاد لایه خارجی اسپورهای *G. trimurales* و *G. pustulatum* از نظر اندازه و توزیع آن کاملاً مشابه بوده و به شکل لایه‌های سفید می‌باشند که در قارچ‌های قبلی ایجاد شده و به رنگ زرد روشن و لایه‌های پرتقالی روشن در گونه‌های بعدی گزارش شده است. علاوه بر این هیچ یک از گونه‌ها در این مقایسه‌ها، لایه‌های دو قسمت رنگی و دائمی از اسپورهای *G. trimurales* را دارا نمی‌باشند. در این تحقیق، گونه *G. trimurales* برای نخستین بار از فلور قارچی ایران گزارش می‌شود. تعیین ارتباط بین میزان کلنیزاسیون ریشه با تراکم اسپورها و نیز غنای گونه‌های قارچ میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر جو مستلزم تحقیقات گسترده‌تری می‌باشد. بررسی فراوانی و تنوع مورفولوژیک قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست ریشه جو در فصول و سال‌های مختلف به عنوان ادامه کار پیشنهاد می‌گردد. به کار گیری روش‌های مولکولی به منظور تایید گونه‌های مورفولوژیک شناسایی شده موجود در منطقه راهکار سودمندی خواهد بود. به علاوه این تکنیک می‌تواند تنوع گسترده‌تری را در بین گونه‌های قارچی میکوریز آربوسکولار مرتبط با ریزوسفر جو آشکار سازد که ممکن است از طریق تکنیک‌های قدیمی میکروسکوپی قابل ردیابی نباشند.



شکل ٤- گونه‌های شناسایی شده قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر جو منطقه دامغان. A: *Acaulospora mellea*، B: *G. aggregatum*، C-D: *G. caledonium*، E-F: *G. claroideum*، G-H: *G. constrictum*، I-J: *G. corymbiform*، K-L: *G. deserticola*.



شکل ۵- گونه‌های شناسایی شده قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر جو منطقه دامغان. A-B: *G. trimurales*، C-D: *P. scintillans*، E-F: *S. pellucida*.



شکل ٦- گونه‌های شناسایی شده قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر جو منطقه دامغان. A–B: *G. etunicatum*، C-D: *G. fasciculatum*، E-F: *G. geosporum*، G-H: *G. intraradices*، I-J: *G. mosseae*، K-L: *G. pansihalos*.

منابع

۱- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. ۱۳۸۴. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۸۵ – ۱۳۸۴. وزارت کشاورزی. ۱۸۵ ص.

۲- صدروی م. ۱۳۸۱. معرفی پنج گونه گلوموس از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره اول. ۳۰-۱۵.

3- Aliasgharzadeh N., Rastin N.S., Towfighi H., and Alizadeh A. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. Mycorrhiza, 11:119–122.

4- Bever J.D., Morton J.B., Antonovics J., and Schultz P.A. 1996. Host-dependent sporulation and species diversity of

arbuscular mycorrhizal fungi in mown grassland. Journal of Ecology, 84:71-82.
5- Bever J.D., Schultz P.A., Pringle A., and Morton J.B. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the age and the ecological tale of why. Bioscience, 51:923-931.
6- Blaszkowski J. 1995. *Glomus corymbiforme*, a new species in Glomales from Poland. Mycologia, 87:732-737.
7- Blaszkowski J., Tadych M., Madej T., Adamska I., and Iwaniuk A. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycota) of Israeli soils. Mat. II Polsko-Izraelskiej Konf. Nauk. nt. "Gospodarowanie zasobami wodnymi i nawadnianie roslin uprawnych". Przeglad naukowy Wydz. Inz. Ksztalt. Srod, 22: 8-27.
8- Blaszkowski J., Tadych M., and Madej T. 2002a. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycota) of the Bledowska Desert, Poland. Acta Society Botanica Polonia, 71:71-85.
9- Blaszkowski J., Adamska I., and Czerniawska B. 2002b. Arbuscular mycorrhizal fungi (Gelomeromycota) of the *Vistula* Bar. Acta Mycologia, 37:39-62.
10- Blaszkowski J., Adamska I., and Czerniawska B. 2003. *Glomus claroideum* and *G. spurum*, arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) new for Poland and Europe, respectively. Acta Society Botanica Polonia, 72:149-156.
11- Boddington C.L., and Dodd J.C. 2000. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in an Indonesian ultisol. Plant and Soil, 218:137-144.
12- Boyetchko S.M., and Tewari J.P. 1986. A new species of *Glomus* (Endogonaceae, Zygomycotina) mycorrhizal with barley in Alberta. Canadian Journal of Botany, 64:90-95.
13- Brundrett M.C., Abbott L.K., and Jasper D.A. 1999. Glomalean fungi from tropical Australia. I. Comparison of the effectiveness and specificity of different isolation procedures. Mycorrhiza, 8:305–314.
14- Brundrett M.C., Ashwath N., and Jasper D.A. 1996. Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia. I. Propagules of mycorrhizal fungi and soil properties in natural habitats. Plant and Soil, 184:159–171.
15- Chaurasia B., and Khare P.K. 2005. *Hordeum vulgare*: A suitable substrate for mass production of arbuscular mycorrhizal fungi from natural soil. Applied Ecology and Environmental Research, 4:45-53.
16- Corkidi L., and Rincon E. 1997. Arbuscular mycorrhizae in a tropical sand dune ecosystem on the Gulf of Mexico. II. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of species distributed in different early successional stages. Mycorrhiza, 7:17–23.
17- Douds D.D. 1994. Relationship between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in a mycorrhiza of *Paspalum notatum* Flugge. New Phytologist, 126:233-237.
18- Eom A.H., David C., Hartnett A., Gail W.T., and Wilson C. 2000. Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. Oecologia, 122:435-444.
19- Farzaneh M., Wichmann S., Vierheilig H., and Kaul H.P. 2009. The effects of arbuscular mycorrhiza and nitrogen nutrition on growth of chickpea and barley. Pflanzenbauwissenschaften, 13:15–22.
20- Gerdemann J.W., and Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogene* species extracted from soil by wet-siving and decanting. Transaction in British Mycological Society, 46:235-244.
21- Gerdemann J.W., and Trappe J.M. 1974. The Endogonales in the Pacific Northwest. Mycological Memoir, 5:29-30.
22- Hijri I., Sykorova Z., Oehl F., Ineichen K., Mader P., Wiemken A., and Redecker D. 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. Molecular Ecology, 15:2277–2289.
23- Jenkins W.R. 1964. A rapid centrifugal technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter, 48:692.
24- Koske R.E., Friese C., Walker C., and Dalpe Y. 1986. *Glomus pustulatum*: A new species in the Endogonaceae. Mycotaxon, 26:143-149.
25- Koske R.E., and Halvorson W.L. 1990. *Scutellospora arenicola* and *Glomus trimurales*: two new species of Endogonaceae from sand dunes. Mycologia, 81:927-933.
26- Li H. 2005. Roles of mycorrhizal symbiosis in growth and phosphorus nutrition of wheat in a highly calcareous soil. Ph.D thesis, University of Adelaide, Australia.
27- Magurran A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press.179p.
28- Morton J.B. 1997. Structure of arbuscular fungi along with a generalized life cycle. West Virginia Agriculture and Forestry Experiment Station.
29- Morton J.B., Bentivenga S.P., and Bever J.D. 1995. Discovery, measurement and interpretation of diversity in arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycets). Canadian Journal of Botany, 73:25-32.
30- Muthukumar T., Sha L.Q., Yang X.D., Cao M., Tang J.W., and Zheng Z. 2003. Mycorrhiza of plants in different vegetation types in tropical ecosystems of Xishuangbanna, southwest China. Mycorrhiza, 13:289–297.
31- Muthukumar T., and Udaiyan K. 2000. Arbuscular mycorrhizas of plant growing in the western Ghats region, Southern India. Mycorrhiza, 9:297-313.
32- Nicolson T.H., and Gerdemann J.W. 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. Mycologia, 60:313-325.
33- Philips J.M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures clearing root and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. Transaction in British Mycological Society, 55:158-

161.
34- Rajapakes S., and Miller J.C. 1992. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. p. 301-316. In J.R. Norris et al. (ed.) Methods in Microbiology. Vol. 24, Techniques for the Study of Mycorrhiza. Academic press, London.
35- Rezaee Danesh Y., Mohammadi Goltapeh E., Alizadeh A., Varma A., and Mukerjii K.G. 2007. Arbuscular-mycorrhizal fungi associated with alfalfa rhizosphere in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultura and Environmental Sciences, 2(5):574-580.
36- Ricken B., and Hofner W. 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on heavy metal tolerance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and oat (*Avena sativa* L.) on a sewage sludge treated soil. Zeitschrift für Planzenernahrung und Bokenkunde, 159:189–194.
37- Sanders I.R. 2004. Plant and arbuscular mycorrhizal fungal diversity-are we looking at the relevant level of diversity and are we using the right techniques? New Phytologist, 164:415-418.
38- Schalamuk S., Velazquez S., Chidichimo H., and Cabello M. 2006. Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with spring wheat: effects of tillage. Mycologia, 98(1):16–22.
39- Schenck N.C., and Perez Y. 1988. Manual for The Identifivation of VA Mycorrhizal Fungi. 241 pp.
40- Schenck N.C., Siequeira J.O., and Oliveira E. 1989. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. p. 125-129. In V. Vancura (ed.) Interrelationships Between Microorganisms and Plant in Soil. Elsevier, New York.
41- Shi Z.Y., Feng G., Christie P., and Li X.L. 2006. Arbuscular mycorrhizal status of spring ephemerals in the desert ecosystem of Junggar Basin, China. Mycorrhiza, 16:269–275.
42- Simpson D., and Daft M.J. 1990. Interactions between water-stress and different mycorrhizal inoculation plant growth and mycorrhizal development in maize and sorghum. Plant and Soil, 121:179-186.
43- Smith F.A., and Smith S.E. 1996. Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the arbuscular (VA) mycorrhizal symbiosis. Advances in Botanical Research, 22:1-43.
44- Tadych M., and Blaszkowski J. 2000. Arbuscular fungi and mycorrhizae (Glomales) of the Slowinski National Park, Poland. Mycotaxon, 74:463-473.
45- Talukdar W.C. 1993. Occurrence and significance of vesicular-arbuscular mycorrhizae in Saskatchewan soils and field crops. Ph.D thesis. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
46- Trouvelot A., Kough J.L., and Gianinazzi-Pearson V. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA dun systeme radiculaire. Recherch de methodes destimation ayant une signification functionelle. pp. 217-221. In V. Gianinazzi-Person and S. Giazzi (eds.) Physiological and Genetic Aspects of Mycorrhizae. INRA, Paris.
47- Vallino M., Massa N., Lumini E., Bianciotto V., Berta G., and Bonfante P. 2006. Assessments of arbuscular mycorrhizal fungal diversity in roots of *Solidago gigantea* growing in a polluted soil in Northern Italy. Environmental Microbiology, 8:971-983.
48- Vestberg M., Saari K., Kukkonen S., and Hurme T. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. Mycorrhiza, 15:447–458.
49- Wu B., Hogetsu T., Isobe K., and Ishii R. 2007. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi in a primary successional volcanic desert on the southeast slope of Mount Fuji. Mycorrhiza, 17:495–506.