

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار درختان پسته در رفسنجان

ثمره امینی‌زاده^۱، حسین علایی*^۲، ابراهیم صدقتی^۲ و محمد مرادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست ریشه درختان پسته، نمونه‌برداری از فراریشه آن در زمستان ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰ از باغ‌های شهرستان رفسنجان انجام شد. رنگ‌آمیزی ریشه و تعیین جمعیت اسپور در ناحیه فراریشه ارقام مختلف در دو فصل زمستان و بهار بررسی شد. به‌منظور به‌دست آوردن اسپورهای سالم و فراوان برای شناسایی گونه‌ها، تکثیر و استقرار قارچ با استفاده از روش کشت تله‌گلدانی با گیاهان ذرت و سورگوم انجام شد. اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با روش الک مرطوب و سانتریفیوژ در محلول شکر جداسازی گردید و با استفاده از معرف ملزر به همراه PVLG اسلایدهای میکروسکوپی تهیه و در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. گونه‌های قارچی براساس ویژگی‌های ریختی از قبیل شکل، اندازه، رنگ اسپور، ضخامت، تعداد و ویژگی‌های لایه‌های دیواره اسپور، نحوه اتصال ریشه به اسپور، نوع اسپورکارپ، وجود یا عدم وجود پریدیوم، نحوه آرایش اسپورها در اسپورکارپ و غیره شناسایی شدند. نتایج رنگ‌آمیزی ریشه‌های درختان پسته نشان دهنده‌ی همزیستی بالای این گیاه با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار داشت. نتایج شمارش اسپور نشان داد که جمعیت اسپور در هر گرم خاک در فصل زمستان نسبت به فصل بهار بیشتر است. براساس این پژوهش، یک گونه از جنس‌های *Claroideoglomerum*، *Funneliformis*، *Simiglomerum* و چهار گونه از جنس *Glomerum* جداسازی و شناسایی گردید. تمامی گونه‌ها برای میکوفلور پسته جدید می‌باشند و گونه *Simiglomerum hoi* برای فلور قارچی ایران جدید می‌باشد.

واژگان کلیدی: آربوسکولار میکوریزا، پسته، همزیستی، *Claroideoglomerum*، *Funneliformis*، *Glomerum*، *Simiglomerum*

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۲ استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۳ عضو هیات علمی موسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: (hossein.alaei@vru.ac.ir)

مقدمه

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار گروه مهمی از قارچ‌ها هستند که به دلیل اثرات بسیار مفیدی که در رشد و نمو گیاهان و افزایش مقاومت آن‌ها به شرایط نامساعد دارند، مورد توجه بسیاری از محققین می‌باشند. بیش از ۸۰ درصد از گیاهان قادر به تشکیل رابطه همزیستی با این نوع از میکوریزا می‌باشند (۵۰). پسته گیاهی است که از قرن‌ها پیش به عنوان یک محصول باغی در نقاط مختلف ایران مورد کشت و پرورش قرار می‌گرفته است (۵). در حال حاضر عمده‌ترین مناطق پسته‌خیز جهان در ایران (مخصوصاً در استان کرمان و عمدتاً در شهرستان رفسنجان) و ایالات متحده آمریکا (به ویژه ایالت کالیفرنیا) قرار دارد (۱). به باور برخی محققان قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در استقرار گیاهان در خشکی نقش مهمی دارند (۱۱، ۵۸). درخت پسته نیز با توجه به قابلیت رشد در اکوسیستم‌های گرم و خشک، خاک‌های نسبتاً شور و تحمل به آب آبیاری شور قابلیت همزیستی بالایی با این قارچ‌ها دارد. بنابراین با استفاده از پتانسیل این قارچ‌ها در افزایش رشد، تحمل به شوری، تحمل به تنش‌های آبی و غیره می‌توان شرایط مناسب تری برای کشت محصولات کشاورزی از جمله پسته فراهم نمود. نتایج مطالعات فرگوسن و کاتور (۱۹) پس از بررسی ارقام مختلف نهال‌های پسته پنج ساله در باغ‌های ایالت کالیفرنیا، نشان داد که بیش از ۵۰ درصد سیستم ریشه‌ای آن‌ها همزیستی میکوریزایی دارند. مطالعات کافکاش و اورتاس (۲۷) نشان می‌دهد که در شرایط گلخانه‌ای بین ارقام مختلف نهال‌های پسته درجات مختلفی از حساسیت به گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا وجود دارد و علاوه بر آن گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز آربوسکولار تاثیرات متفاوتی در بهبود جذب عناصر غذایی در ارقام پسته دارند. در این میان گونه *Glomus clarum* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) بهترین تاثیر را در رشد و تغذیه نهال‌های پسته از لحاظ جذب رومی و فسفر دارا است و پس از آن گونه‌های *Glomus intraradices* (N.C. Funneliformis caledonium (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler)، *Glomus etunicatum* (W.N. Becker & Gerd) C. Walker & A. Schüßler، *Claroideoglomus etunicatum* (Nicolson & Schenck & G.S. Sm) و *Funneliformis mosseae* (W.N. Becker & Gerd) C. Walker & A. Schüßler. قراردارند. صالحی و همکاران (۶، ۴۱) نشان دادند که در مناطق کرمان، رفسنجان، زرنده، سیرجان و شهربابک ارتباط همزیستی میکوریزایی در ریشه‌های پسته وجود دارد و سه گونه *Gigaspora decipiens* I.R. Hall & L.K. و *Glomus gerdemanni* Gerd. & Trappe، *Glomus fasciculatum* Gerd. & Trappe، *Glomus etunicatum* (۴۷) همکاران و صدیقی و همکاران (۴۷) گونه‌های *Septoglomus deserticola* (Trappe, Bloss & J.A. Menge) G.A. Silva, Oehl & Sieverd.، *G. intraradices*، *mosseae* و *Paraglomus albidum* (C. Walker & Funneliformis geosporus (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler.

Glomus sinousom (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck و L.H. Rhodes) Oehl, G.A. Silva & Sieverd را از باغ‌های پسته رفسنجان شناسایی و گزارش کردند.

شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست با درختان پسته و به دنبال آن تهیه کشت‌های خالص و تکثیر آن‌ها مراحل اساسی در استفاده از این قارچ‌ها به صورت کاربردی است. بنابراین هدف از این پژوهش در مرحله اول شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست با ریشه درختان پسته در شهرستان رفسنجان و تعیین جمعیت اسپوری خاک در فصول مختلف سال بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از تعداد ۲۷ باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان در زمستان ۱۳۸۹ تا بهار ۱۳۹۰ انجام شد. انتخاب باغ‌ها برای نمونه‌برداری به صورت تصادفی بود. در داخل هر باغ ۴ تا ۵ درخت انتخاب شد و از هر درخت مقدار یک کیلوگرم خاک از اعماق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاک از ناحیه فراریشه تهیه گردید. نمونه‌برداری از ارقام پسته اکبری، کله قوچی، اوحدی و احمد آقایی انجام شد و سن درختان بین ۲۰-۴۰ سال بود. در این پژوهش تعداد ۳۵ نمونه خاک به همراه ریشه از باغ‌های پسته جمع‌آوری شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و به مدت دو هفته روی سطح میز کار در برابر جریان هوا خشک شدند. به منظور اثبات رابطه همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با ریشه درختان پسته، رنگ‌آمیزی ریشه‌های جمع‌آوری شده با روش فیلیپس و هایمن (۳۸) انجام شد. برای تهیه اسلاید دائمی ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به لاکتوفنل یا Polyvinyl alcohol-lactic acid-glycerol (PVLG) روی لام منتقل شدند و سپس زیر میکروسکوپ نوری بررسی شدند. برای تعیین جمعیت اسپور قارچ میکوریز آربوسکولار در یک گرم خاک، اسپورها با روش الک مرطوب جداسازی و به روی کاغذ صافی خط‌کشی شده منتقل و زیر بینوکولر با سه بار تکرار شمارش شدند. جمعیت اسپور در فراریشه (رایزوسفر) ارقام مختلف در دو فصل زمستان و بهار بررسی و اختلاف بین دو فصل زمستان تعیین شد. به منظور شناسایی و به دست آوردن اسپورهای سالم و فراوان از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، کشت گیاه تله روی ریشه‌های ذرت و سورگوم به روش مورتون (۳۶) انجام شد. به منظور شناسایی قارچ‌ها از اسپورهای جداسازی شده در محلول پلی‌وینیل الکل / اسید لاکتیک / گلیسرول (PVLG) مخلوط با معرف ملزر (۱:۱) اسلاید میکروسکوپی تهیه شد (۲۳). ویژگی‌هایی نظیر شکل، اندازه، رنگ اسپور، ضخامت لایه‌ها، تعداد و ویژگی‌های دیواره اسپور و نحوه اتصال ریشه به اسپور، نوع اسپورکارپ، وجود یا عدم وجود پریدیوم، نحوه آرایش اسپورها در اسپورکارپ و غیره برای شناسایی گونه‌ها استفاده شد. از منابع علمی معتبر و سایت‌های اختصاصی پژوهش‌های میکوریزایی در شناسایی استفاده شد (۱۵، ۲۵، ۳۷، ۴۲). نام آرایه‌های بررسی شده، مترادف‌ها و مولفین بر اساس سایت Index fungorum و اهل (۳۷) آورده شده است.

نتایج و بحث

نتایج رنگ آمیزی ریشه ارقام مختلف پسته با مشاهده اندام‌های قارچی میکوریز آربوسکولار (آربوسکول، اسپور و وزیکول) نشان دهنده رابطه همزیستی بالای ارقام مختلف پسته با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌باشد (شکل ۱). میانگین تعداد اسپور در هر گرم خاک در فصل زمستان و بهار در ارقام مختلف در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- اندام‌های قارچی میکوریز آربوسکولار در سطح و داخل ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده پسته (بزرگنمایی $\times 40$)

جدول ۱- میانگین تعداد اسپورهای قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در هر گرم خاک ارقام مختلف پسته منطقه رفسنجان

رقم	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	میانگین فصل زمستان	میانگین فصل بهار
کله قوچی	۱۴	۵۰	۳۰	۲۳	۱۰	۳۱/۳۳	۱۶/۵
احمدآقایی	۴۳	۲۷	۳۱	۱۴	۱۲	۳۳/۶	۱۳
اوحدی	۲۳	۵۸	۳۱	۱۶	۱۸	۳۹	۱۷
اکبری	۳۵	۲۳	۱۱	۱۸	۲۲	۲۳	۲۰

در این پژوهش ۹ گونه متعلق به ۴ جنس و ۲ تیره *Glomeraceae* و *Claroideoglomeraceae* شناسایی گردید. اسامی

قارچ‌های شناسایی شده به این ترتیب است: *Claroideoglomerum claroideum*, *Glomus Funneliformis caledonius*.

Simigliomus hoi و *Glomus corymbiform*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus aggregatum ambisporum*

Claroideoglomerum claroideum (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler.

Syn: *Glomus claroideum* N.C. Schenck & G.S. Sm.

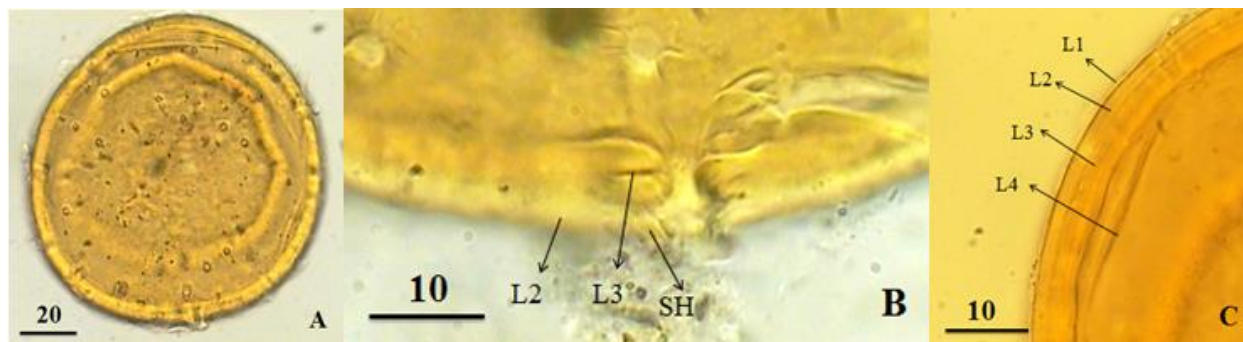
نام و صفت گونه به روشن بودن رنگ اسپورها و شباهت آن به *G. clarum* اشاره دارد (۴۳). اسپور منفرد، به رنگ سفید تا

زرد، نیمه‌کروی تا کروی، با اندازه 120×116 میکرومتر است (شکل A-۲). دیواره اسپور به ضخامت $0.5-1$ میکرومتر و از چهار

لایه تشکیل شده است (شکل C-۲). اسپورهای نابالغ فقط دیواره اول و دوم را دارند. لایه سوم و چهارم در اسپورهای بالغ تشکیل

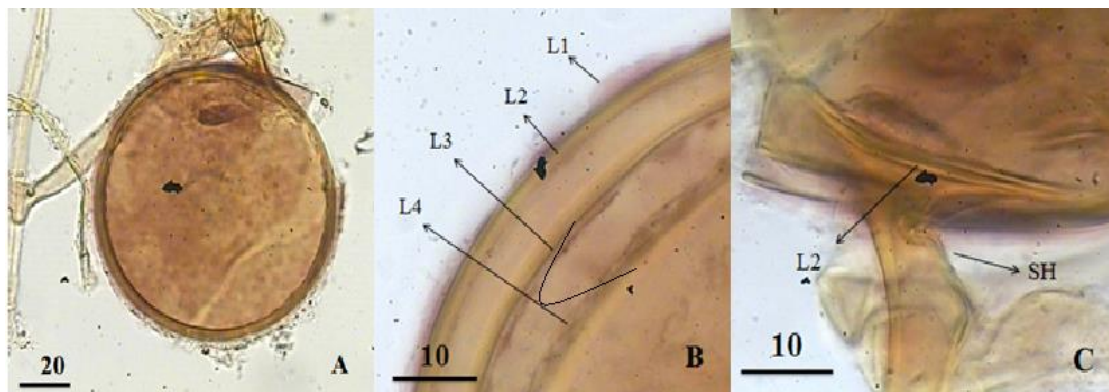
می‌شود. لایه اول (L1) موسیلاژی، شفاف به ضخامت $0.5-1$ میکرومتر است که ناپایدار بوده و تجزیه می‌شود و در اسپورهای بالغ

ممکن است کاملاً حذف شده باشد. این لایه با معرف ملزر واکنش داده و به رنگ صورتی در می‌آید. لایه دوم (L2) نیمه پایدار، زرد کم رنگ با ضخامت ۳-۲/۵ میکرومتر که در اسپوره‌های بالغ ممکن است تجزیه شود و در معرف ملزر رنگ پذیر نیست. لایه سوم (L3) ورقه‌ای، زرد رنگ به ضخامت ۵-۴ میکرومتر است. لایه چهارم (L4) نازک نیمه ارتجاعی به ضخامت کمتر از یک میکرومتر که به آسانی از لایه سوم جدا می‌شود و در اسپوره‌های شکسته به خوبی دیده می‌شود و به لایه‌ای قابل ارتجاع شباهت دارد (شکل - ۲C). ریشه متصل به اسپور در محل اتصال استوانه‌ای شکل است. سه لایه دیواره اسپور در ریشه متصل به آن وجود دارند. قطر دیواره ریشه در محل اتصال ۹-۷/۵ میکرومتر است. روزنه ریشه به وسیله لایه چهارم مسدود شده است. اسپور گونه‌های *G. F. geosporus*، *Claroideoglossum luteum* (L.J. Kenn., J.C. Stutz & J.B. Morton) C. Walker & A. Schüssle و *G. clarum* و *G. etunicatum* از نظر رنگ در طیف زرد تا زرد کم رنگ قرار دارند و این طیف رنگی با گونه *C. claroideum* همپوشانی دارد. این گونه‌ها علاوه بر رنگ از نظر اندازه نیز با *C. claroideum* در یک دامنه قرار دارند. وجه تمایز *C. luteum* با اسپور *C. claroideum* ضخامت و پایداری بیشتر لایه دوم و لایه سوم نسبت به *C. claroideum* و این ضخامت لایه سوم رنگ تیره‌تری به اسپور *C. luteum* می‌دهد و علاوه بر آن داخلی‌ترین لایه دیواره اسپور *C. luteum* انعطاف پذیرتر از *C. claroideum* است (۲۹). خصوصیت منحصر به فرد *G. clarum* پایداری، ضخامت و رنگ لایه دوم است. لایه دوم اسپوره‌های *G. claroideum* روشن‌تر، ضخامت کم‌تر و تجزیه‌شدنی است. علاوه بر آن اسپوره‌های *G. clarum* نسبت به *C. claroideum* بزرگ‌تر می‌باشند. دیواره اسپور *G. clarum* سه لایه‌ای اما دیواره اسپور *C. claroideum* چهار لایه دارد. تفاوت اسپوره‌های *C. etunicatum* با *C. claroideum* در ساختار دیواره می‌باشد که ساختار دیواره اسپوره‌های *C. etunicatum* تنها دو لایه است و فاقد لایه دوم و چهارم است (۵۴). اسپوره‌های *F. geosporus* نسبت به *C. claroideum* تیره‌تر و همچنین سه لایه‌ای هستند (۵۵) *G. fistulosum* و *G. maculosum* و *G. multisubstensum* مترادف *C. claroideum* هستند. شکل، رنگ و ابعاد اسپور با توصیفات شنک و اسمیت (۴۳) مطابقت دارد و تعداد لایه‌های دیواره اسپور با خصوصیات استورمر و مورتون (۵۱) مطابقت دارد. در ایران این گونه از مزارع غلات، نیشکر، زیتون و عناب گزارش شده است (۷، ۸، ۱۰، ۳۹).



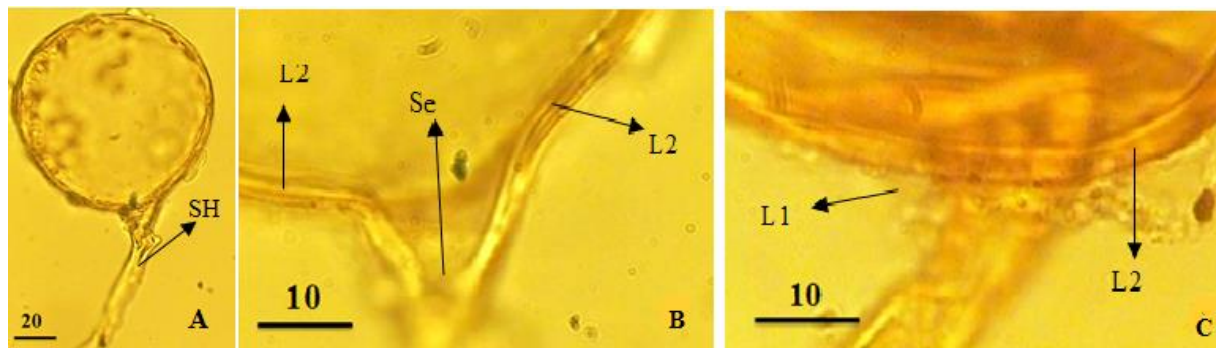
شکل ۲- *Claroideoglomus claroideum* A: اسپور. B: اسپور شکسته و نمایان شدن لایه‌های شرکت کننده در ریشه متصل به اسپور (SH). C: لایه‌های دیواره اسپور: لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، لایه سوم (L3)، لایه چهارم (L4). خط مقیاس = میکرومتر. *Funneliformis caledonius* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler

اسپورها منفرد، به رنگ زرد مایل به نارنجی، کروی با اندازه ۱۱۸-۸۷/۵ میکرومتر است (شکل ۳-۳A). دیواره اسپور به ضخامت ۱۰/۵-۸ میکرومتر و از چهار لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) موسیلاژی، شفاف و به ضخامت ۲-۱/۵ میکرومتر است (شکل ۳B). لایه دوم (L2) تیغه‌ای، زرد روشن مایل به کرم و به ضخامت ۲/۵-۲ میکرومتر است (شکل ۳-۳B). لایه سوم (L3) ترد و شکننده، زرد مایل به کرم و به ضخامت ۳-۳/۵ میکرومتر است. در اسپور شکسته این لایه از لایه چهارم جدا شده و به خوبی قابل تشخیص است (شکل ۳-۳B). لایه چهارم (L4) ورقه‌ای، زرد کم رنگ تا قهوه‌ای و به ضخامت ۲/۵ میکرومتر است (شکل ۳-۳B). شکل، رنگ، اندازه، دیواره اسپور و خصوصیات ریشه متصل به اسپور با توصیف گردمان و تراپ (۲۱) مطابقت دارد. اسپور قارچ *F. caledonius* از نظر اندازه و رنگ با قارچ‌های *F. mosseae* و *G. clarum* همپوشانی و همچنین به علت نحوه اتصال ریشه به اسپور حالت کیفی شکل با قارچ *F. mosseae* شباهت دارد. البته رنگ *F. caledonius* روشن‌تر است. وجه تمایز *F. mosseae* و *G. clarum* با *F. caledonius* در تعداد لایه‌های دیواره اسپور می‌باشد. اسپور *F. mosseae* و *G. clarum* هر دو دیواره سه لایه‌ای دارند اما اسپور *F. caledonius* از چهار لایه تشکیل شده است (۳۶). این گونه از نیشکر، یونجه و غلات در ایران گزارش شده است (۳). ۸، ۷، ۳۹.



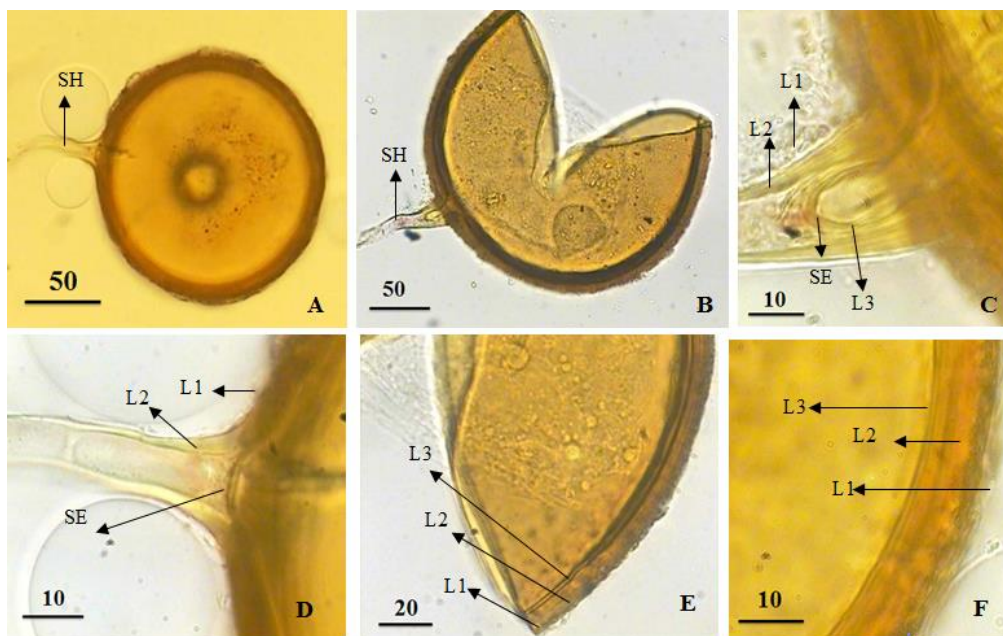
شکل ۳- *Funneliformis caledonium*-A: اسپور به همراه ریسه متصل. B: لایه‌های دیواره اسپور: لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، لایه سوم (L3)، لایه چهارم (L4). C: ریسه متصل (SH) و بسته شدن روزنه توسط زیر لایه‌های لایه چهارم. خط مقیاس = میکرومتر. *Funneliformis coronatus* (Giovann.) C. Walker & A. Schubler

اسپورها منفرد، به رنگ نارنجی تا زرد پرتقالی، نیمه‌کروی تا کروی، نامنظم و به قطر ۹۳-۱۰۵ × ۸۸-۱۰۰ میکرومتر است (شکل ۴). دیواره اسپور به ضخامت ۵-۷ میکرومتر و از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) ناپایدار، شفاف و لایه دوم (L2): ورقه‌ای، قهوه‌ای مایل به قرمز است. محل اتصال ریسه به اسپور قیفی شکل است. هر دو لایه دیواره اسپور در دیواره ریسه وجود دارند. منفذ اسپور در برخی اسپورها توسط دیواره دوم در فاصله ۹ تا ۱۰ میکرومتر از اسپور بسته می‌شود (شکل ۴). صفت متمایز کننده *F. coronatus* اندازه اسپور، رنگ پرتقالی تا قهوه‌ای اسپور و حالت قیفی شکل محل اتصال ریسه به اسپور می‌باشد. این گونه شباهت زیادی به گونه *F. mosseae* دارد. وجه تشابه در هر دو گونه نحوه اتصال ریسه به اسپور می‌باشد. اسپورهای *F. mosseae* روشن‌تر هستند و ساختار دیواره متفاوتی با *F. coronatus* دارند. دیواره اسپورهای *F. coronatus* دو لایه‌ای است و فاقد لایه‌ای فشرده با ضخامت کم بین لایه اول و دوم می‌باشند اما دیواره اسپورهای *F. mosseae* از سه لایه و لایه دوم با ضخامت بسیار کم شفاف و سخت تشکیل شده‌اند (۲۲). علاوه بر آن از نظر فراوانی *F. mosseae* یکی از گونه‌های میکوریز آربوسکولار با دامنه پراکندگی زیاد است در صورتی که *F. coronatus* مناطق انتشارش محدود به مناطق گرم است (۱۴). این گونه از پسته، نیشکر و غلات در ایران گزارش شده است (۷، ۳۹، ۴۷).



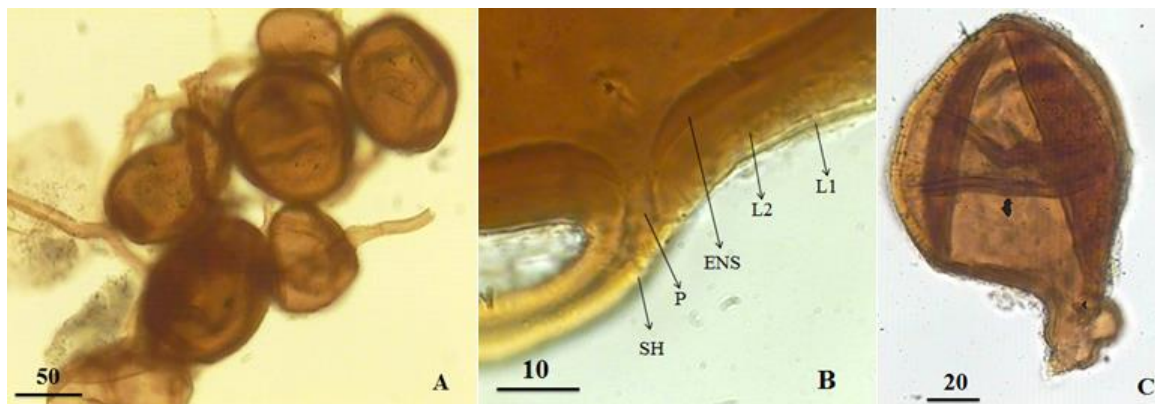
شکل ۴- *Funneliformis coronatus* -A: اسپور کامل به همراه ریشه متصل ونحوه اتصال ریشه به شکل قیف (SH) B: ورقه‌های لایه دوم (L2) و محل دیواره عرضی ریشه. E: لایه اول (L1) و لایه دوم (L2) دیواره اسپور. خط مقیاس = میکرومتر. *Funneliformis geosporus* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schubler

اسپورها منفرد، زرد مایل به قهوه‌ای، اغلب کروی به قطر ۱۴۵-۱۸۰ میکرومتر است. رنگ اسپور در هنگام بلوغ تیره می‌شود. دیواره اسپور به ضخامت ۱۶-۱۸ میکرومتر و از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) ناپایدار، موسیلاژی و در بیشتر قسمت‌ها جدا شده است. در اسپورهای بالغ این لایه دیده نمی‌شود و در معرف ملزر به رنگ قرمز ملایم تا صورتی درمی‌آید. لایه دوم (L2) ورقه‌ای، به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز است (شکل ۵). لایه سوم (L3) تیغه‌ای، به رنگ زرد است. ریشه متصل به اسپور استوانه‌ای تا قیفی شکل است. روزنه ریشه متصل به اسپور در برخی از اسپورها در محل اتصال ریشه به اسپور و در برخی دیگر با فاصله از اسپور مسدود می‌شود. شکل، رنگ، اندازه، دیواره اسپور و خصوصیات ریشه با توصیفات والکر (۵۶) مطابقت دارد. شبیه‌ترین گونه به این قارچ، گونه *G. verruculosum* می‌باشد. هر دو گونه سه لایه‌ای می‌باشند. در گونه *F. geosporus* لایه خارجی دیواره در معرف ملزر به رنگ قرمز کم رنگ تا صورتی در می‌آید و این خصوصیت در گونه *G. verruculosum* دیده نمی‌شود و لایه سوم دیواره گونه *G. verruculosum* با زگیل‌های تزیین شده که این به اسپور حالت زگیل مانند می‌دهد در حالی که سطح اسپور گونه *geosporus* صاف است (۱۶). از گونه‌های مشابه دیگر به این گونه *G. macrocarpum* می‌باشد اما به واسطه عدم تشکیل اسپورکارپ در *F. geosporus* و همچنین وجود دیواره سه لایه‌ای *F. geosporus* می‌توان این دو گونه را از همدیگر متمایز نمود (۲۳). این گونه از پسته، مرکبات، نیشکر و غلات در ایران گزارش شده است (۴، ۷، ۳۹، ۴۷).



شکل ۵- *Funneliformis geosporus*: A: اسپور کامل به همراه هیف متصل (SH). B: اسپور شکسته به همراه هیف متصل (SH). C و D: لایه‌های تشکیل دهنده ریشه متصل به اسپور: لایه اول (L1) و لایه دوم (L2)، دیواره عرضی هیف با لایه سوم (L3) بسته شده. E و F: لایه‌های تشکیل دهنده دیواره اسپور. خط مقیاس = میکرومتر.
Glomus aggregatum Schenck & Smith emened Koske.

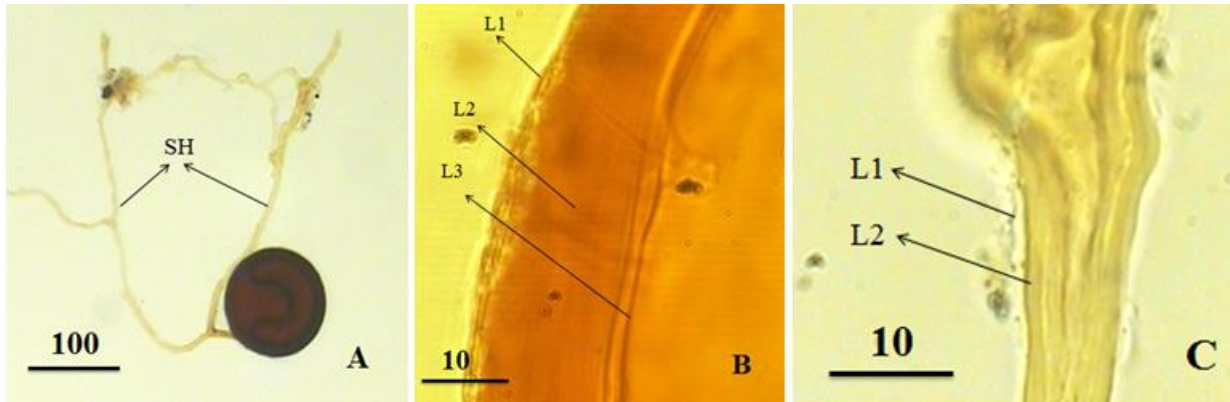
اسپوروکارپ یک توده‌ی اسپوری و بدون پریدیوم است که از دو، سه تا چندین اسپور و در داخل یا خارج از ریشه تشکیل می‌شود. این خوشه اسپور به رنگ زرد، قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای مایل به قرمز است (شکل ۶). اسپور اغلب به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای مایل به قرمز و به شکل‌های کروی، نیمه کروی $63-73 \times 50-67$ میکرومتر، تخم‌مرغی و یا نامنظم $120-95 \times 90-80$ میکرومتر و دارای چندین اسپور داخلی است. بعد از شکسته شدن دیواره اولیه، اسپور داخلی نمایان می‌شود. دیواره اسپور به ضخامت ۶ میکرومتر و از دو لایه تشکیل شده است (شکل ۶). شکل، رنگ، اندازه، دیواره اسپور و خصوصیات ریشه با توصیفات کوسک (۳۱) مطابقت دارد. اسپور گونه‌های *Septogolomus deserticola* از لحاظ شکل ظاهری مشابه اسپورهای *G. aggregatum* هستند، اما از لحاظ دامنه اندازه، دیواره اسپور و تشکیل اسپورهای داخلی با همدیگر متفاوت می‌باشند. اسپورهای *S. deserticola* هیچ وقت در اسپورکارپ تشکیل نمی‌شوند و نوع لایه‌های تشکیل دهنده دیواره اسپور متفاوت است. لایه موسیلاژی این قارچ در معرف ملزر صورتی رنگ می‌شود (۴۳). در حالی که اسپورهای *G. aggregatum* دارای رنگ زرد تا زرد قهوه‌ای‌اند و اسپورکارپ نیز در این گونه تشکیل می‌شود و همچنین لایه‌های دیواره اسپور در معرف ملزر واکنش نشان نمی‌دهند (۳۱). این گونه از روی نیشکر و مرکبات در ایران گزارش شده است (۴، ۳۹).



شکل ۶- *Glomus aggregatum* A: تجمع اسپورها. B: اسپور به همراه ریشه متصل (SH)، اسپور درونی (ENS)، لایه‌های دیواره اسپور لایه اول (L1) و لایه دوم (L2)، منفذ (P). C: اسپور با اسپورهای درونی (ENS). خط مقیاس = میکرومتر. *Glomus ambisporum* G.S. Sm. & N.C. Schenck

اسپورها به صورت منفرد یا تجمعی در اطراف ریشه تشکیل می‌شود، قهوه‌ای تیره تا سیاه، کروی تا نیمه‌کروی 140×110 میکرومتر و گاهی بیضی شکل 200×165 میکرومتر است (شکل ۷). این قارچ دو نوع اسپور تولید می‌کند، یک نوع اسپور به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه درون اسپورکارپ و یا به طور منفرد یا دسته‌ای در اطراف ریشه و نوع دیگر اسپورهای شفاف تا نیمه‌شفاف، گرد تا نامنظم که به طور منفرد یا در اسپورکارپ‌های نامنظم و فقط در ریشه‌ها یا بافت‌های مرده تشکیل می‌شود. در این تحقیق فقط نوع اول اسپورها مشاهده شد. تحقیقات نشان داده که اسپورهای این قارچ‌ها به وسیله سایر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار پارازیت می‌شوند. دیواره اسپور از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) ناپایدار، نیمه‌شفاف به ضخامت ۳-۱/۵ میکرومتر که غالباً در نزدیک محل ریشه در اسپورهای بدون ریشه شکسته می‌شود. لایه دوم (L2) ورقه‌ای یا از زیرلایه‌هایی به هم چسبیده تشکیل شده، قهوه‌ای قرمز تا قهوه‌ای تیره و به ضخامت ۱۲ تا ۱۸ میکرومتر است. لایه سوم (L3) نیمه‌ارتجاعی، غشایی و دارای ضخامت بسیار کم در حدود ۵/۰ میکرومتر می‌باشد (شکل ۷). ریشه متصل به اسپور به رنگ روشن است معمولاً مستقیم به اسپور متصل می‌شود. قطر ریشه در محل اتصال به اسپور ۱۲-۱۰ میکرومتر و در حالت عادی و دورتر از محل اتصال متغییر است و در برخی مواقع به ۱۴ میکرومتر می‌رسد. دو لایه از لایه‌های دیواره اسپور در ریشه امتداد دارند. ضخامت لایه اول ۲-۱/۵ میکرومتر و ضخامت لایه دوم در ریشه ۵/۳-۲/۵ میکرومتر است. روزنه توسط لایه سوم مسدود می‌شود. شکل، رنگ، ابعاد و دیواره اسپورها و منشعب بودن ریشه‌ها با توصیفات اسمیت و شنک (۴۹) مطابقت دارد. با توجه به رنگ، اندازه و دیواره اسپورها می‌توان این قارچ را از گونه‌های مشابه مثل *F. geosporus* و *Seotoglosum constrictum* (Trappe) Sieverd., G.A. Silva & Oehl. اسپورهای *G. ambisporum* درون اسپورکارپ تشکیل شده و از نظر رنگ نسبت به اسپورهای *F. geosporus* تیره‌تر می‌باشند (۴۹). وجه تمایز با گونه *S.*

constrictum در تعداد لایه‌هاست دیواره *S. constrictum* دو لایه‌ای اما دیواره *G. ambisporum* سه لایه‌ای می‌باشد و همچنین نحوه اتصال ریشه به اسپور در گونه *S. constrictum* به این حالت است که ریشه در نزدیکی اسپور منقبض شده و قطر کمی پیدا می‌کند. این حالت در سایر گونه‌های قارچی میکوریز آربوسکولار از جمله *G. ambisporum* نادر می‌باشد (۵۴). این گونه از نیشکر در ایران گزارش شده است (۳۹).

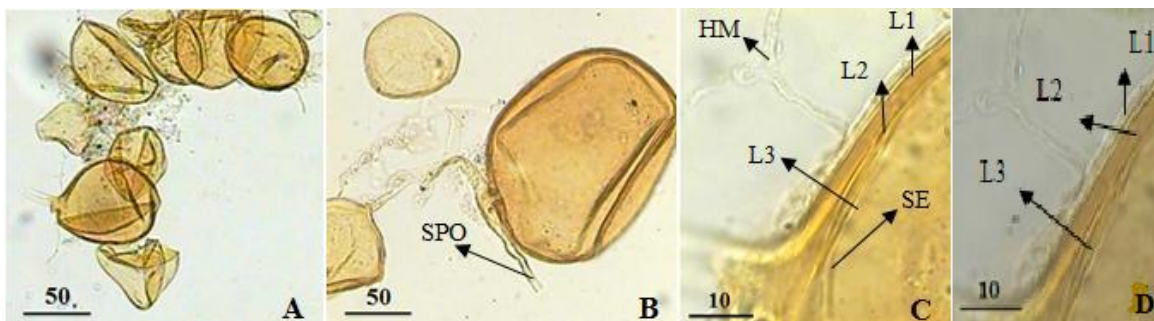


شکل ۷- *Glomus ambisporum* A: اسپور به همراه هیف متصل به اسپور (SH). B: لایه‌های دیواره اسپور: لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، لایه سوم (L3). C: لایه‌های دیواره ریشه: لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، وجود ریشه درون ریشه. خط مقیاس = میکرومتر. *Glomus corymbiforme* Błaszk.

نام و صفت گونه به حالت اسپورها در تجمعات خوشه‌ای به شکل گل آذین اشاره دارد. اسپور معمولاً در تجمعاتی شبیه گل آذین و به ندرت به صورت منفرد در خاک تشکیل می‌شود. اسپور زرد طلایی، نیمه‌کروی تا کروی (۷۰-۱۱۰ × ۶۵-۹۳)، بیضوی (۸۰-۱۱۳ × ۵۰-۹۵) و نامنظم به ابعاد (۶۸-۱۲۵ × ۹۳-۱۶۸) میکرومتر هستند و یک ریشه مشترک بین چند اسپور وجود دارد (شکل ۸). اسپورکارپ نامنظم به ابعاد ۴۵۰ - ۴۰۰ میکرومتر است. ویژگی این گونه داشتن پوشش (Mantle) اطراف اسپورها است. این پوشش شبکه‌ای از ریشه‌های منشعب دوتایی، سه‌تایی و برخی مواقع چهارتایی است. ریشه‌های تشکیل دهنده پوشش دارای دیواره نازک و به رنگ روشن تا زرد مایل به سفید هستند. شاخه اصلی ریشه‌ها اسپوروفور (Sporophore) نامیده می‌شود. اسپوروفور سنوسیتیک، سفید تا زرد رنگ و از یک یا دو سه انشعاب از ریشه‌ها که ستونی کنار هم قرار گرفته، تشکیل شده است. دیواره اسپور به ضخامت ۵/۵-۷ میکرومتر و از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) پایدار، روشن و به ضخامت ۱-۲ میکرومتر و محکم به لایه دوم چسبیده است. لایه دوم (L2) ورقه‌ای، زردرنگ و به ضخامت ۲/۵-۳ میکرومتر است. لایه سوم (L3) نیمه‌ارتجاعی تا ارتجاعی، تیره رنگ و به ضخامت ۱ میکرومتر است. ریشه متصل به اسپور به رنگ روشن، معمولاً مستقیم و در برخی موارد قیفی شکل به اسپور متصل می‌شود. قطر ریشه در محل اتصال به اسپور ۷-۸ میکرومتر و در برخی مواقع ۱۴ میکرومتر می‌باشد. دو لایه از لایه‌های دیواره اسپور در ریشه امتداد دارند. ضخامت لایه اول ۱-۰/۵ میکرومتر و ضخامت لایه دوم در ریشه

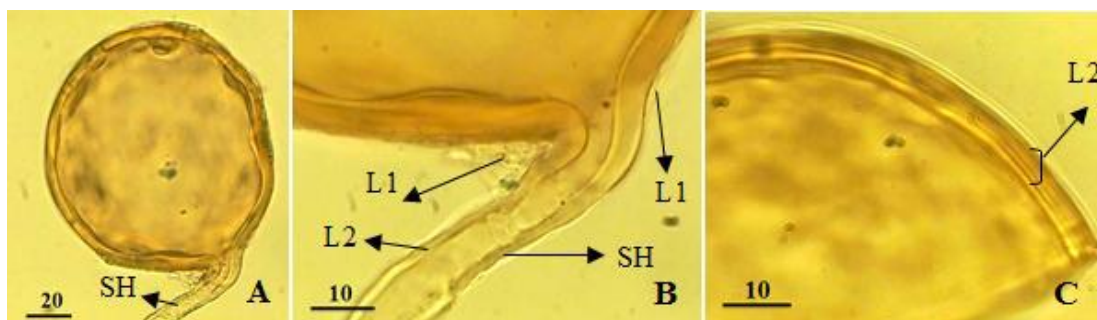
۲/۵ میکرومتر است. روزنه معمولا به وسیله لایه سوم مسدود می‌شود و یک دیواره عرضی ایجاد می‌گردد. کل تجمع اسپور اعم از پوشش و اسپورها در معرف ملزر رنگ نمی‌گیرند (شکل ۸). شکل، رنگ، اندازه، دیواره اسپور و خصوصیات تجمع اسپور با توصیفات باشکوفسکی (۱۴) مطابقت دارد. وجه مشخص گونه *G. corymbiforme* ریشه‌های تشکیل دهنده پوشش اطراف تک اسپورها یا تجمع اسپورهاست، که شکل گل‌آذینی را برای اسپورها در اسپورکارپ سازماندهی می‌کند. به غیر از *G. corymbiforme* گونه‌های دیگر جنس *Glomus* که دارای اسپورهای پوشیده شده با پوشش هستند شامل *G. convolutum* Gerd. & Trappe، *G. globiferum* Koske & C. Walker، *G. mortonii* Bentiv. & Hetrick، *G. pubescens* (Sacc. & Ellis) Trappe & Gerd، *G. sinuosom* Schenck & G.S. Sm و *G. tortuosum* N.C. Schenck & G.S. Sm نحوه تشکیل پوشش در *G. corymbiforme* شبیه *G. globiferum* است (۵۷). در *G. globiferum* این پوشش از آماس وزیکول‌ها به وجود می‌آید و این پدیده در گونه *G. corymbiforme* وجود ندارد. برطبق نظریات کوسک و واکر (۳۲) ریشه‌های پوشش *G. globiferum* تیره‌تر هستند. پوشش ماریچی در گونه‌های *G. mortonii*، *G. sinuosom* و *G. tortuosum* دیده می‌شود (۱۲). وجه تمایز *G. corymbiforme* از این سه گونه داشتن پوشش با انشعابات دو شاخه‌ای است. علاوه بر آن خصوصیت متمایز کننده *G. corymbiforme* از *G. sinuosa* و *G. pubescens* شکل و اندازه اسپورها است (۲۰). اسپورهای *G. corymbiforme* از هر دو گونه *G. sinuosa* و *G. pubescens* بزرگتر می‌باشند و همچنین شکل اسپورهای *G. sinuosa* تخم‌مرغی تا چماقی، اما اسپورهای *G. corymbiforme* کروی تا نیمه‌کروی می‌باشند. اسپورهای بالغ *G. corymbiforme* از نظر اندازه، شکل و ساختار دیواره شبیه *G. globiferum*، اما از نظر رنگ تیره‌تر هستند (۳۲). قارچ‌های *G. fasciculatum* Ger and Trappe و *G. pustulatum* Koske, Friese, C. Walker & Dalpé از لحاظ سه لایه‌ای بودن دیواره اسپور شبیه *G. corymbiforme* می‌باشند (۳۳). اما اسپورهای *G. fasciculatum* روشن‌تر و در معرف ملزر رنگ می‌گیرند. اسپورهای *G. pustulatum* شکل تاول‌مانند دارند اما اسپورهای *G. corymbiforme* سطح صافی دارند. این گونه تا کنون از ایران گزارش نشده است.

اسپورها منفرد، زرد کرم، کروی با اندازه 10.5×10.2 میکرومتر است. دیواره اسپور به ضخامت ۹-۷ میکرومتر و از دو لایه تشکیل شده است (شکل ۹). شکل، رنگ، اندازه، دیواره اسپور و خصوصیات اسپور با توصیفات باشکوفسکی (۱۴) مطابقت دارد.



شکل ۸- *Glomus corymbiforme* - A: تجمع اسپورها. B: یک خوشه اسپوری با اسپوروفور (SPO). C و D: لایه‌های دیواره اسپور لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، لایه سوم (L3)، ریشه مانند دو شاخه‌ای (HM) و سپتوم (SE). خط مقیاس = میکرومتر. *Glomus macrocarpum* Tulasne & Tulans

شکل، رنگ، ساختار دیواره اسپور و پیوستگی مشخص دیواره اسپور و ریشه و ضخامت دیواره ریشه، خصوصیات هستند که این گونه را از گونه‌های مشابه مثل *G. fasciculatum* و *G. aggregatum* و *F. geosporus* جدا می‌کند. اسپور انفرادی *G. macrocarpum* شبیه *F. geosporus* و *G. verruculosum* Blaszk است (۱۶). اسپورهای *G. macrocarpum* به صورت منفرد و یا در اسپورکارپ تشکیل می‌شوند اما اسپورهای *G. verruculosum* و *F. geosporus* همیشه به صورت انفرادی در خاک تشکیل می‌شوند (۵۵) و همچنین دیواره اسپور *G. macrocarpum* از دو لایه تشکیل شده است، اما دیواره اسپورهای *G. verruculosum* و *F. geosporus* سه لایه هستند. این گونه از مرکبات، نیشکر و غلات در ایران گزارش شده است (۷، ۲۸).



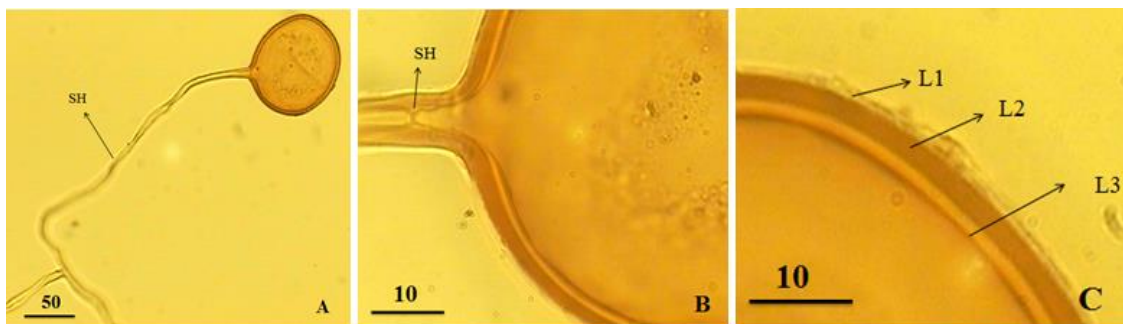
شکل ۹- *Glomus macrocarpum* - A: اسپور به همراه ریشه متصل (SH). B: لایه‌های دیواره اسپور لایه اول (L1) لایه دوم (L2). C: ورقه‌های لایه دوم (L2). خط مقیاس = میکرومتر.

Simiglomus hoi (S.M. Berch & Trappe) G.A. Silva, Oehl & Sieverd

اسپورهای این گونه در یک تجمع غیرمتراکم و یا به صورت انفرادی در خاک تشکیل می‌شوند. اسپور زرد کم رنگ مایل به قهوه‌ای، نیمه‌کروی تا کروی با اندازه $75-80 \times 78-83$ میکرومتر است (شکل ۱۰). دیواره اسپور به ضخامت $6-7/5$ میکرومتر و از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول (L1) تشکیل دهنده سطح خارجی اسپور، شفاف و موسیلاژی با ضخامت $2-3/5$ میکرومتر و در معرف ملزر قرمز کم رنگ می‌شود. لایه دوم (L2) ورقه‌ای، نارنجی رنگ، با ضخامت $3-2/5$ میکرومتر است. لایه سوم (L3)

نیمه‌ارتجاعی تا ارتجاعی، قهوه‌ای تیره و به ضخامت ۱-۰/۵ میکرومتر می‌باشد. ریشه متصل به اسپور زرد کم رنگ تا زرد کاهی است. به صورت مستقیم یا خمیده در محل اتصال با قطر ۱۰/۵-۹ میکرومتر واقع شده است. ضخامت لایه اول در ریشه متصل ۰/۵ میکرومتر و ضخامت لایه دوم ۲-۲/۵ میکرومتر است. روزنه توسط لایه سوم دیواره اسپور در فاصله ۸-۹ میکرومتر از محل اتصال ریشه به اسپور بسته شده است (شکل ۱۰). جنس *Simiglomus* طبق آنالیز فیلوژنتیکی توالی ناحیه SSUrDNA توسط شوسلر و همکاران (۴۶) در *Glomus group Ac* قرار داشت. در سال ۲۰۱۱ توسط اهل و همکاران (۳۷) با استفاده از توالی DNA ریبوزومی و ژن بتاتوبولین در کلاد جداگانه *Glomus group A (Aa2)* به عنوان جنس جدید معرفی شد. این گونه برای اولین بار توسط برچ و تراپ (۱۳) گزارش شد. اندازه و رنگ اسپورها، ریشه متصل به آن و ضخامت دیواره‌های اسپور مورد بررسی در این پژوهش با توصیفات آن‌ها مطابقت دارد. با این تفاوت که در توصیف آن‌ها لایه اول دیواره اسپور به دو زیر لایه تقسیم کرده بودند ولی در توصیف‌های بعدی هر کدام از این زیرلایه‌ها به عنوان یک لایه مجزا در نظر گرفته شدند. برخی از گونه‌ها از جمله *G. antarcticum*، *G. bagyarajii*، *G. fasciculatum*، *G. claroideum* و *G. dimorphicum* تا حدی شبیه به *S. hoi* می‌باشند. در مقایسه با *S. hoi* گونه *G. antarcticum* اسپورهای کوچکتری به قطر ۷۰-۵۰ میکرومتر تولید می‌کند و اسپورهایش در تجمعات به هم فشردگی واقع می‌شود (۱۸) و همچنین دیواره خارجی اسپورهای *S. hoi* در معرف ملزر رنگ‌پذیری دارد در صورتی که دیواره خارجی اسپورهای *G. antarcticum* هیچ واکنشی در معرف ملزر ندارد. همه اسپورهای *S. hoi* دارای سه لایه هستند در صورتی که دیواره اسپورهای *G. bagyarajii* چهار لایه‌ای هستند (۳۴). ترکیبات سه لایه دیواره اسپورهای *S. hoi* با *G. bagyarajii* متفاوت است. تعداد لایه‌های دیواره اسپورهای *C. claroideum* چهارلایه است در صورتی که دیواره اسپورهای *S. hoi* سه لایه است (۴۳، ۱۷). اسپورهای *G. fasciculatum* و اسپورهای *S. hoi* از نظر رنگ و اندازه شبیه به یکدیگر هستند (۵۶). بر اساس ترکیبات لایه‌ای دیواره اسپورها این دو گونه را از هم جدا می‌کند. لایه‌های دیواره اسپورهای *G. fasciculatum* نسبت به لایه‌های دیواره اسپورهای *S. hoi* در هر سنی پایدار هستند و پوسته پوسته نمی‌شوند. لایه میانی دیواره هر دو گونه ورقه‌ای است با این تفاوت که در اسپورهای *G. fasciculatum* به شدت در معرف ملزر رنگ‌بری می‌شود و این یک پدیده نادر در سایر قارچ‌ها از جمله *S. hoi* است (۱۵). همچنین این لایه در *G. fasciculatum* نسبت به *S. hoi* خیلی ضخیم‌تر است. مشخصه متمایزکننده *G. glomerulatum* از گونه *S. hoi* این است که تجمع اسپورها به صورت فشردگی، ریشه متصل به اسپور دوتایی و اسپورهای گونه *G. glomerulatum* خیلی کوچک‌تر از اسپورهای *S. hoi* هستند و دیواره اسپور دو لایه‌ای، لایه خارجی ورقه‌ای و لایه داخلی ارتجاعی

می‌باشد (۴۸). در این پژوهش از این جنس گونه *Simiglomus hoi* به عنوان جنس جدید برای فلور قارچی پسته و فلور قارچی ایران معرفی می‌شود.



شکل ۱۰ - *Simiglomus hoi*: A: اسپور به همراه ریشه متصل. B: سپتوم (SE): C: لایه‌های دیواره اسپور، لایه اول (L1)، لایه دوم (L2)، لایه سوم (L3). خط مقیاس = میکرومتر.

تیره *Anacardiaceae* از جمله تیره‌های گیاهی است که وجود همزیستی میکوریزی در بین اعضای آن به اثبات رسیده است (۴۵). مشاهده اندام‌های قارچی میکوریز (آربوسکول، وزیکول و اسپور) در ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده و نیز وجود اسپورهای قارچ میکوریز آربوسکولار در خاک ریزوسفر درختان پسته همزیستی این درختان را با قارچ میکوریز آربوسکولار نشان می‌دهد که در تحقیقات انجام شده توسط حاجیان‌شهری و عباسی (۲) و فرگوسن و کائور (۱۹) اثبات شده است. بررسی تغییرات جمعیت اسپورها در فصول مختلف نشان می‌دهد که بیشترین جمعیت اسپور در هر گرم خاک ارقام مختلف در فصل زمستان نسبت به فصل بهار بیشتر است و با تحقیقات انجام شده توسط کلیرونوموس و همکاران (۳۰) مطابقت دارد. از آنجا که در اواخر فصل رویشی شرایط محیطی تغییر می‌کند، این باعث می‌شود که قارچ در مرحله اسپورزایی قرار گیرد و میزان جمعیت اسپور قارچ در خاک افزایش می‌یابد. در اوایل فصل رویشی اسپورهای قارچ تندش و با ریشه گیاه همزیستی برقرار می‌کنند و در این مرحله میزان جمعیت اسپور در خاک کم می‌شود. بنابراین زیاده‌تر بودن میزان اسپور در فصل زمستان نسبت به فصل بهار طبیعی به نظر می‌رسد و یافته‌ها با نتایج تحقیقات هایمن (۲۴) و ساتن و بارن (۵۲) مطابقت دارد. تغییرات فصلی در میزان جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر گیاهان توسط محققین مختلفی انجام شده است (۵۳). در اغلب این تحقیقات نشان داده شده است که معمولاً بیشترین تعداد اسپور در اواسط یا اواخر فصل رشد دیده می‌شود. کلیرونوموس و همکاران (۳۰) نیز گزارش نمودند که فراوانی اسپورهای این قارچ‌ها در فصل پاییز در ریزوسفر درختان افرا (*Acer saccharum*) بیشتر بوده است. مطالعات حاجیان‌شهری و عباسی (۲) در بررسی تغییرات جمعیت اسپورها در خاک جنگل‌های طبیعی پسته خراسان در فصول مختلف نشان داده است که فراوانی اسپورها در پاییز بیشتر است.

در این پژوهش نه گونه متعلق به چهار جنس *Funneliformis*, *Simiglomus*, *Glomus*, *Claroideoglomus* از دو تیره *Glomeraceae* و *Claroideoglomeraceae* شناسایی و بیشتر گونه‌ها متعلق به جنس *Glomus* می‌باشند. این جنس به عنوان جنس غالب در همزیستی با ریشه درختان پسته معرفی می‌شود. گونه‌های *F. coronatus* و *F. geosporus* به ترتیب فراوان‌ترین گونه‌های قارچی میکوریز آربوسکولار همراه با خاک و ریشه درختان پسته و شناسایی شده در این پژوهش می‌باشند. بنابراین با توجه به شرایط محیطی و اقلیم گرم و خشک منطقه رفسنجان این گونه‌ها نسبت به گونه‌های دیگر قارچ میکوریز آربوسکولار در ارقام مختلف پسته غالب‌تر می‌باشند. البته تعداد و نوع اسپورهای قارچ میکوریز آربوسکولار موجود در خاک با عوامل متعددی از جمله فعالیت میکروبی خاک (۴۰)، درجه حرارت (۴۴)، عملیات خاکی انجام شده (۵۹)، نور (۲۶) و حاصلخیزی خاک (۳۵) ارتباط دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به جهت تامین مالی بخشی از هزینه‌های اجرای این پژوهش از محل پژوهانه شماره ۵۱۷۳/پ و طرح Agr83PP103 تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- ۱- امامی ابریشمی، م. ح. ۱۳۶۴. پسته ایران: شناخت تاریخی. مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۶۶۹ ص.
- ۲- حاجیان شهری، م. و م. عباسی. ۱۳۸۳. تغییرات جمعیت اسپورهای قارچی میکوریز و زیکولار- آربوسکولار در خاک جنگل‌های طبیعی پسته در استان خراسان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۸، ۸۶-۷۷.
- ۳- رضایی دانش، ی. ۱۳۷۸. شناسایی گونه‌های تریکودرما مولد کپک سبز در بسترهای قارچ خوراکی دکمه‌ای و ارزیابی تاثیر چند قارچکش در کنترل آن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۸۵ ص.
- ۴- زنگنه، س.، شیروانی، ع.، علیان، ی.، نجفی‌نیا، م.، کرم‌پور، ف. و ح. قلعه‌دزدانی. ۱۳۸۴. معرفی گونه‌های جدیدی از قارچ‌های آربوسکولار-میکوریزا از ریزوسفر مرکبات ایران. رستنی‌ها، جلد ۶، ۸۹-۷۷.
- ۵- شیبانی، ا.، فریور مهین، ح. و ع. ازغندی. ۱۳۷۴. پسته و تولید آن در ایران. موسسه تحقیقات پسته، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ۶۱ ص.
- ۶- صالحی، ف.، ابوسعیدی، د. و ن. علی‌اصغرزاده. ۱۳۷۷. وجود میکوریزا و زیکولار-آربوسکولار در ریشه پایه‌های مختلف پسته در استان کرمان. مجله بیماری‌های گیاهی، جلد ۳۴، ۲۳۷-۲۳۶.

۷- صدروی، م. ۱۳۷۸. شناسایی قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربوسکولار گندم، جو، ذرت و سورگوم در استان‌های تهران و خوزستان بررسی امکان تکثیر آن‌ها از طریق کشت بافت. رساله دکتری بیماری شناسی گیاهی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۸۵ ص.

۸- صدروی، م. ۱۳۸۱. معرفی پنج گونه گلوموس از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، جلد ۱، ۳۰-۱۵.

۹- صدروی، م. ۱۳۹۱. قارچ‌های آربوسکولار میکوریزای فراریشه یونجه در استان کهگیلویه و بویراحمد. رستنی‌ها، جلد ۱۳، ۱۰۴-۱۰۱.

۱۰- صدروی، م. و ا. سیفی. ۱۳۸۱. شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار باغ‌های زیتون استان گلستان. گزارش نهایی طرح پژوهشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۶۰ ص.

- 11- Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Shirani, H. and H. Roosta. 2012. Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 1591-1604.
- 12- Bentivenga, S.P. and B.A.D. Hetrick. 1991. *Glomus mertonii* sp. nov a previously undescribed species in the Glomaceae isolated from the Tallgrass Prairie in Kansas. *Mycotaxon*, 42: 9-15.
- 13- Berch, S.M. and J.M. Trappe. 1985. A new species of endogonaceae, *Glomus hoi*. *Mycologia*, 77: 645-657.
- 14- Blaszkowski, J. 1993. Polish Glomales XII. *Glomus macrocarpum* Tul. et Tul. and *Glomus microcarpum* Tul. et Tul. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences-Biological Sciences*, 41: 29-39.
- 15- Blaszkowski, J. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), Endogone, and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology. University of Agriculture in Szczecin, Poland, <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>.
- 16- Blaszkowski, J. and M. Tadych. 1997. *Glomus multiforum* and *G. verruculosum*, two new species from Poland. *Mycologia*, 89: 804-811.
- 17- Boyetchko, S.M. and J.P. Tewari. 1986. A new species of *Glomus* (Endogonaceae, Zygomycotina) mycorrhizal with barley in Alberta. *Canadian Journal of Botany*, 64: 90-95.
- 18- Cabello, M., Gaspar, L. and R. Pollero. 1994. *Glomus antarcticum* sp. nov, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus from Argentina. *Mycotaxon* 60: 123-128.
- 19- Ferguson, L. and S. Kaur. 1997. Arbuscular mycorrhizal fungi on pistachio rootstocks in California. II International Symposium on Pistachios and Almonds, ISHS, *Acta Horticulturae* 470: 211-218.
- 20- Gerdemann, J.W. and B.K. Bakshi. 1976. Endogonaceae of India: two new species. *Transactions British Mycological Society*, 66: 340-343.
- 21- Gerdemann, J.W. and J.M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific North-West. *Mycologia Memoir* (New York Botanical Garden), 5:1-76.

- 22- Giovannetti, M., Avio, L. and L. Salutini. 1991. Morphological, cytochemical, and ontogenetic characteristics of a new species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *Canadian Journal of Botany*, 69: 161-167.
- 23- Hall, I.R. 1984. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi. In: *VA Mycorrhizae*, (Powell, C.L. and D. J. Bagyaraj, eds). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA: 57-94.
- 24- Hayman, D.S. 1970. Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Mycologia*, 54: 53-63.
- 25- INVAM. 2012. International culture collection of arbuscular and VA mycorrhizal fungi. <http://www.invam.caf.wvu.edu/>.
- 26- Johnson, C.R., Menge, J.A., Chawb, S.S. and I.P. Ting. 1982. Interaction of photoperiod and vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth and metabolism of sweet orange. *New Phytologist*, 90: 665-669.
- 27- Kafkas, S. and I. Ortas. 2009. Various mycorrhizal fungi enhance dry weights, P and Zn uptake of four *Pistacia* species. *Plant Nutrition*, 32: 146-159.
- 28- Kariman, K.H., Goltapeh, E.M. and V. Minassian. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi from Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 1: 301-313.
- 29- Kennedy, L.J., Stutz, J.C. and J.B., Morton. 1999. *Glomus eburneum* and *G. luteum*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi, with emendation of *G. spurcum*. *Mycologia*, 91: 1083-1093.
- 30- Klironomos, J.N., Mouroglis, P., Kendrick, B. and P. Widden. 1993. A comparison of spatial heterogeneity of VAM fungi in two maple-forest soil. *Canadian Journal of Botany*, 71: 1472-1480.
- 31- Koske, R.E. 1985. *Glomus aggregatum* emended: a distinct taxon in the *Glomus fasciculatum* complex. *Mycologia*, 77: 619-630.
- 32- Koske, R.E. and C. Walker. 1986. *Glomus globiferum*: a new species of Endogonaceae with a hyphal peridium. *Mycotaxon*, 26: 133-142.
- 33- Koske, R.E., Friese, C., Walker, C. and Y. Dalpe. 1986. *Glomus pustulatum*: A new species in the Endogonaceae. *Mycotaxon*, 26: 143-149.
- 34- Mehrotra, V. S. 1997. *Glomus bagyarajii* sp. nov., a new species of Glomaceae (Glomales, Zygomycetes) from India. *Philippine Journal of Science*, 126: 233-242.
- 35- Menge, J.A., Steirle, O., Bagyaraj, D.J., Johnson, E.L.V. and R.T. Leonard. 1978. Phosphorus concentration in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytologist*, 85: 575-578.
- 36- Morton, J.B. 1996. Redescription of *Glomus caledonium* based on correspondence of spore morphological characters in type specimens and a living reference culture. *Mycorrhiza*, 6: 161-166.
- 37- Oehl, F., Silva, G.A., Goto, B.T. and E. Sieverding. 2011. Glomeromycota: three new genera, and glomoid species reorganized. *Mycotaxon*, 116: 75-120.
- 38- Philips, J.M. and D.S. Hyman. 1970. Improved procedures clearing root and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Mycological Research*, 55: 158-161.
- 39- Rokni, N. and E. Mohammadi Goltapeh. 2011. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with common sugarcane varieties in Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 7: 1017-1022.

- 40- Ross, J.P. 1980. Effect of non-treated field soil on sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathology*, 70: 100-105.
- 41- Salehi, F., Abosaeidi, D. and N. Aliasgharzadeh. 2006. Study on the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi population in pistachio orchards of Kerman province. IV International Symposium on Pistachios and Almonds, ISHS. *Acta Horticulturae*, 726: 227-230.
- 42- Schenck, N.C. and Perez, Y. 1988. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. Plant Pathology Department, Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida, 286 pp.
- 43- Schenck, N.C. and G.S. Smith. 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. *Mycologia*, 74: 77-92.
- 44- Schroder, N.V. 1974. Temperature response of Endogone mycorrhiza on soybean roots. *Mycologia*, 66: 600-605.
- 45- Schubert, A. and A. Martinelli. 1989. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae and growth of in vitro propagated *Pistacia integerrima*. International Symposium on Vegetative Propagation of Woody Species, ISHS. *Acta Horticulturae*, 227: 441-443.
- 46- Schüßler, A., Schwarzott, D. and C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota phylogeny and evolution *Mycological Research*, 105: 1413-1421.
- 47- Sedaghati, E., Hosseini, A., Khodayegan, P., Raghmi, M. and E. Maohammadi. 2005. Report of some species of arbuscular mycorrhiza fungi from pistachio orchards Rafsanjan, Iran. 4th International Symposium on Pistachio and Almond, ISHS, Tehran, Iran. (Abstract) p 202.
- 48- Sieverding, E. 1987. A va-mycorrhizal fungus, *Glomus glomerulatum* sp. nov, with two hyphal attachments and spores formed only in sporocarps. *Mycotaxon*, 29: 73-79.
- 49- Smith, G.S. and N.C. Schenck. 1985. Two new dimorphic species in the Endogonaceae: *Glomus ambisporum* and *Glomus heterosporum*. *Mycologia*, 77: 566-574.
- 50- Smith, S. and M.Daft. 1977. Interactions between growth, phosphate content and nitrogen fixation in mycorrhizal and non-mycorrhizal *Medicago sativa*. *Functional Plant Biology*, 4: 403-413.
- 51- Sturmer, S.L. and J.B. Morton. 1997. Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. *Mycologia*, 89: 72-81.
- 52- Sutton, J.C. and G.L. Barron. 1972. Population dynamics of Endogone spores in soil. *Canadian Journal of Botany*, 50: 1909-1914.
- 53- Sylvia, D.M. 1986. Spatial and temporal distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in Florida foredunes. *Mycologia*, 78: 728-734.
- 54- Trappe, J.W. 1997. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora*, and *Acaulospora scrobiculata*. *Mycotaxon*, 6: 359-366.
- 55- Walker, C. 1982. Species in the Endogonaceae: a new species (*Glomus occultum*) and a new combination (*Glomus geosporum*). *Mycotaxon*, 15: 49-61.
- 56- Walker, C. and R.E. Koske. 1987. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: IV. *Glomus fasciculatum* re-described. *Mycotaxon*, 30: 253-262.

- 57- Wu, C.G. and D.M. Sylvia. 1993. Spore ontogeny of *Glomus globiferum*. *Mycologia*, 85: 317-322.
- 58- Wu, Q., Xia, R. and Z. Hu. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza on the drought tolerance of *Poncirus trifoliata* seedlings. *Frontiers of forestry in China*, 1:100-104.
- 59- Zak, J. C., Danielson, R.M. and D. Parkinson. 1982. Mycorrhizal fungal spore numbers and species occurrence in two amended mine spoils in Alberta, Canada. *Mycologia*, 74: 785-792.

