

مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.3.4.3

بررسی وضعیت قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار سه گونه گون (*Astragalus squarrosus* Bunge، *Astragalus podolobus* Boiss و *Astragalus effusus* Bunge)(*Astragalus podolobus* و *effusus*)نادیا کمالی^{۱*}، محمد متینی‌زاده^۲، الهام نوری^۳، مهشید سوری^۴ و روشنک دهقان^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲

چکیده

قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار جزء ضروری در اکوسیستم‌های طبیعی هستند، زیرا این موجودات زنده می‌توانند رشد، تکثیر، توانایی، سلامتی و مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و غیرزنده را از طریق اثرات آنتاگونیستی و رقابتی روی آفت‌ها و بیمارگرها بالا ببرند، لذا شناسایی آن‌ها و بررسی وضعیت هم‌زیستی آن‌ها با گونه‌های گیاهی می‌تواند در استفاده از این قارچ‌ها موثر واقع شود. تحقیق حاضر به منظور شناسایی مورفولوژیکی، بررسی فراوانی اسپورها، الگوی پراکنش و تعیین شاخص‌های کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار همراه سه گونه گون (*Astragalus squarrosus* Bunge، *Astragalus effusus* Bunge و *Astragalus podolobus* Boiss)، در منطقه طرود (ترود) شهرستان شاهرود و جاشلوبار استان سمنان انجام شد. نمونه‌برداری از ناحیه ریزوسفر خاک تحت پوشش گونه‌های مورد مطالعه (۸ پایه برای هر گونه)، در اوایل و اواخر فصل رویش انجام شد. در هر سه گونه مورد مطالعه، هم‌زیستی میکوریزایی دیده شده، همچنین در هر سه گونه، درصد هم‌زیستی میکوریزایی و تعداد اسپور در ابتدای فصل رویش بیشتر از انتهای فصل رویش بود، به‌طوری که بیشترین درصد هم‌زیستی به‌ترتیب در *A. podolobus* (۶۲ درصد)، *A. effusus* (۵۰/۲۵ درصد) و *A. squarrosus* (۱۲/۷۵ درصد) مشاهده شد، همچنین تعداد اسپور (صرفه‌نظر از نوع اسپور) به ترتیب در ریزوسفر گونه *A. squarrosus* (۷/۶۲ تعداد در گرم)، *A. effusus* (۲۵ تعداد در گرم) و *A. podolobus* (۵/۳۶ تعداد در گرم) می‌باشد. گونه‌های غالب قارچ در گیاه *Astragalus squarrosus* شامل *Funneliformis mosseae*، *Ambispora callosa* و *Dentiscutata reticulata* است، گونه‌های غالب قارچ در دو گونه *Astragalus podolobus*، *Astragalus effusus*، مشترک و شامل *Funneliformis mosseae*، *Funneliformis badium* و *Glomus hoi* می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: هم‌زیستی میکوریزایی، طرود، جاشلوبار، *Funneliformis mosseae*، *Ambispora callosa*

^۱ - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
*: نویسنده مسئول: kamali@rifr-ac.ir

^۲ - دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

^۳ - محقق پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

^۴ - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

^۵ - محقق پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مقدمه

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار از مهم ترین عوامل همزیست اجباری ریشه گیاهان هستند و تقریباً با ۸۰ درصد گونه‌های گیاهی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این قارچ‌ها به راسته Glomerales از شاخه Glomeromycota تعلق دارند (۲). با شناسایی این قارچ‌ها در شرایط و مناطق مختلف، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان کود بیولوژیک و محرک رشد استفاده کرد. در کشور ما نیز تحقیقاتی درباره شناسایی و تنوع قارچ‌های آربوسکولار بومی خاک‌های ایران بر اساس مورفولوژی این قارچ‌ها انجام شده است (۱۳). میکروارگانسیم‌های خاک در چرخه عناصر غذایی نقش مهمی دارند و در فرآیند تجدید پوشش گیاهی نیز نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند (۲۳، ۲۴ و ۲۵). همزیستی با میکوریزا اثرات زیان‌بار ناشی از فقر عناصر غذایی و تنش‌های خشکی و شوری را کاهش داده (۲۸) و منجر به افزایش رشد گیاه، تحمل گیاه، جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، بهبود بعد از تنش می‌شود (۷ و ۱۴). بنابراین مدیریت جوامع میکروبی با تاکید بر جهت‌دهی همزیستی میکوریزایی می‌تواند نقش مهمی در احیاء اکوسیستم‌های تخریب شده داشته باشد. احیاء پوشش گیاهی یکی از بهترین و موثرترین راه‌ها جهت کاهش تخریب خاک و جلوگیری از گسترش آن به مناطق مجاور است (۱۰). همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزا اثرهای سودمندی بر کمیت و کیفیت گیاهان میزبان دارد. همزیستی با استقرار دوباره گونه‌های گیاهی در مناطق تخریب یافته از رایج‌ترین و موثرترین روش‌های احیاء اراضی می‌باشد (۱۰ و ۳۱). موفقیت به کارگیری استفاده از قارچ‌های میکوریزی در احیاء اراضی و اکوسیستم‌های تخریب یافته در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است (۸)، قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در این اکوسیستم‌ها با فراهم کردن مواد غذایی برای گیاهان میزان فتوسنتز و در نتیجه عملکرد آنها را افزایش می‌دهند (۹). با توجه به دشوار بودن به‌دست آوردن آب و مواد غذایی در مناطق خشک و نیمه خشک، ارتباط جوامع گیاهی و قارچ‌های میکوریزایی که موجب جذب موثر آب و مواد غذایی و بهبود عملکرد گیاهان و افزایش مقاومت آن‌ها به تحمل تنش‌های مختلف می‌گردد، بسیار حائز اهمیت است (۲۰، ۲۴، ۲۷، ۲۸ و ۳۰).

در مقایسه با گیاهان بدون میکوریزا، گیاهانی که با میکوریزا آربوسکولار مایه‌زنی می‌شوند، توانایی بیشتری در جذب مواد غذایی و تحمل تنش‌های مختلف دارند (۵ و ۱۷). از بین رفتن فعالیت‌های میکروبی در خاک کاهش تنوع زیستی و کاهش عملکرد گیاهی را به دنبال دارد (۱۸). برخی پژوهش‌ها بیانگر افزایش طول و تراکم ریشه، در حضور قارچ‌های میکوریزا برای تحمل بهتر تنش‌های محیطی ریشه می‌باشد (۲۱ و ۲۹). تورس و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که مایه زنی گیاهان با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار می‌تواند باعث ایجاد گونه‌های گیاهی قوی‌تر با عملکرد مناسب‌تر در مراتع ضعیف و فقیر شود. علاوه بر این، آنها نشان دادند که اثرات مثبت افزودنی‌های قارچ‌های میکوریزا، در درازمدت افزایش غنای گونه‌ای و در کوتاه مدت توانایی مقابله با علف‌های هرز است. بهبود جذب مواد غذایی خاک، از راه مایه‌زنی با قارچ‌های میکوریزا، منجر به ترمیم موفق پوشش گیاهی مراتع (به ویژه در مراتع ضعیف با فقر شدید مواد غذایی) می‌شود (۲۶). گونه‌های مورد مطالعه (*A. podolobus* و *A. effusus*، *A. squarrosus*) از خانواده پروانه آسا (Papilionaceae) بوده (۱) و از گونه‌های مهم مرتعی به لحاظ تولید علوفه، سازگاری با شرایط سخت اکولوژیکی و حفاظت خاک به‌شمار می‌روند.

مرحله اول استفاده از قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار، جهت تکثیر آن‌ها و تهیه کود زیستی به‌منظور استفاده در عملیات اصلاحی مراتع، تعیین میزان هم‌زیستی هر گیاه با قارچ‌های میکوریزا و شناسایی گونه‌های غالب قارچ میکوریز آربوسکولار هر گونه می‌باشد. تحقیق حاضر در همین راستا و به‌منظور بررسی وضعیت قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار سه گونه گون‌های (*A. squarrosus*، *A. effusus* و *A. podolobus*) صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

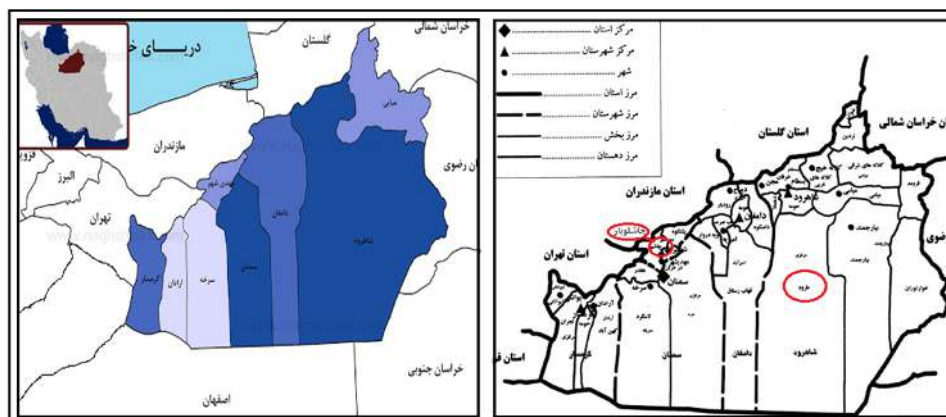
منطقه مورد مطالعه

مطالعات مورد نظر بر گونه *Astragalus squarrosus* در منطقه ترو (طرو) استان سمنان صورت گرفت. سایت مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۳۵ تا ۳۶ درجه عرض شمالی و ۳۰ تا ۵۵ درجه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۸۵۰ متر واقع گردیده است. متوسط بارش سالانه ۱۰۲ میلی‌متر،

۲۴۰۴ متر بوده و در ۴۵° ۳۵° عرض شمالی و ۵۷° ۵۳° طول شرقی واقع گردیده است. متوسط بارش سالانه ۳۰۲ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد، معدل حداقل ۹/۳- و حداکثر ۲۹/۵ می‌باشد. منطقه دارای تیپ فیزیوگرافی تپه ماهور که تپه‌های کم ارتفاع با مواد مادری مارنی و آهک مارنی را شامل می‌گردد. رواناب آن متوسط، نفوذپذیری متوسط تا زیاد و فرسایش آن کم تا متوسط می‌باشد. خاک دارای بافت لوم تا سندی لوم می‌باشد. از نظر فیزیونومی گیاهی منطقه، علف- بوته‌زار است.

متوسط دمای سالانه ۹۵/۱۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین کمینه دما ۵۵/۳ درجه سانتی‌گراد در دی ماه و بیشینه ۴۱/۴۰ درجه سانتی‌گراد در تیر ماه می‌باشد. منطقه دارای تیپ فیزیوگرافی دشت‌های دامنه‌ای با خاک‌های کم عمق تا نیمه عمیق سنگریزه دار همراه با املاح نسبتاً زیاد است. از نظر فیزیونومی گیاهی منطقه بوته‌زار است.

مطالعات مورد نظر بر دو گونه *Astragalus effusus* و *Astragalus podolobus* در منطقه جاشلوبار استان سمنان صورت گرفت. سایت مورد مطالعه در ۵۰ کیلومتری شمال شهرستان سمنان و ۲۸ کیلومتری شمال غرب شهر شهمیرزاد واقع گردیده است. ارتفاع منطقه از سطح دریا



شکل ۱: نقشه مناطق مورد مطالعه

از یکدیگر تفکیک شده و در نهایت شناسایی شدند. شناسایی اسپوره‌های قارچی با استفاده از کلیدهای شناسایی و بر اساس اطلاعات مورفولوژیکی سایت (INVAM 2003) صورت گرفت. پس از شناسایی اسپورها، شمارش (تعداد در گرم) آن‌ها انجام شده و فراوانی هر کدام تعیین شد.

رنگ‌آمیزی و تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها: در هر نوبت قطعه ۴ سانتی‌متری از ریشه‌های فرعی نازک با قطر حدود ۱ میلی‌متر که برای رنگ‌آمیزی بهترین شرایط را دارا بودند جدا شدند. نمونه‌ها با روش فیلیپس و هایمن (۳) رنگ‌آمیزی شدند. پس از مشخص شدن وجود قارچ میکوریزای در هر نمونه، درصد آلودگی ریشه با روش Gridline intersect تعیین شد (۳).

روش تحقیق

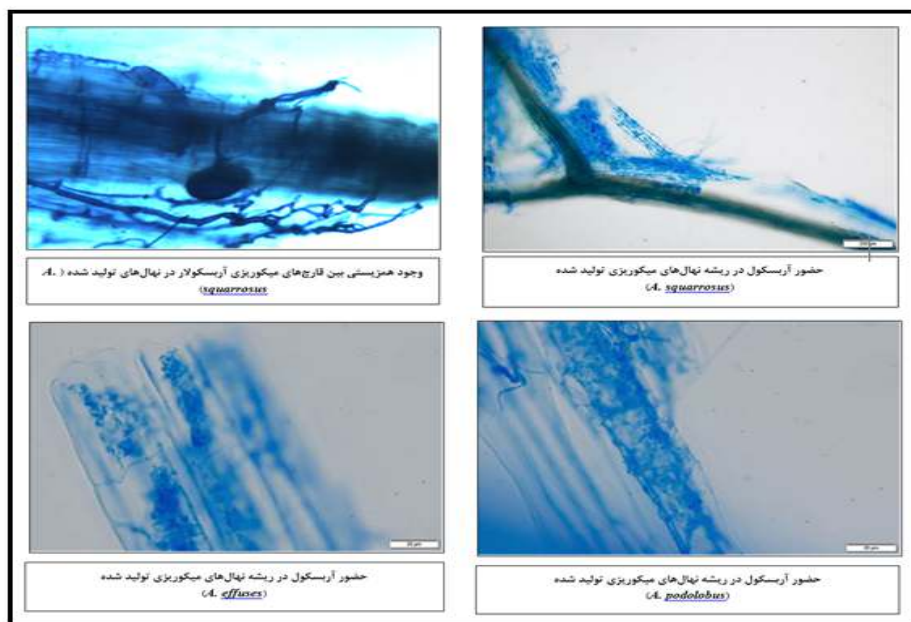
نمونه‌برداری از خاک و ریشه: نمونه‌برداری در اوایل فصل رویش (بهار) و اواخر فصل رویش (تابستان) از ناحیه ریزوسفر خاک تحت پوشش گونه‌های *A. squarrosus*، *A. podolobus* و *effusus* از ریشه‌هایی با قطر حدود ۱ میلی‌متر (از هشت پایه) و از خاک اطراف ریشه‌ها (برای جداسازی اسپورها) انجام گرفت.

جداسازی و شمارش اسپورها: برای شناسایی قارچ‌های همزیست بر اساس مورفولوژی اسپور آنها، ابتدا اسپورها از خاک اطراف ریشه‌های سه گونه گون مورد بررسی جدا شدند. به این منظور، نمونه‌های خاک در هوا خشک و بعد از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شده با استفاده از روش گردمن و نیکلسون (۳) در زیر میکروسکوپ اسپورهای غیرهم‌شکل،

نتایج

بررسی وجود هم‌زیستی بین قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و گونه‌های مورد مطالعه رنگ‌آمیزی ریشه گیاهان جمع‌آوری شده از عرصه بیانگر وجود هم‌زیستی بین قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و گونه‌های مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۲).

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار اکسل دسته‌بندی و نمودارهای مربوطه تهیه شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 18.0 و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. مقایسه داده‌های درصد هم‌زیستی و تعداد اسپور (پس از نرمال‌سازی) با استفاده از آزمون t جفتی صورت گرفت.



شکل ۲: هم‌زیستی میکوریزی و حضور و زیگول، آربسکول و هیف در ریشه‌های گونه‌های مورد مطالعه

تابستان در گونه‌های مورد مطالعه در جداول زیر ارائه شده است (جدول ۱). درصد هم‌زیستی بین ریشه گیاهان و قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در هر سه گونه دارای اختلاف معنی دار در دو فصل بهار و تابستان می‌باشد (جدول ۱). در هر سه گونه گون میزان درصد هم‌زیستی در فصل بهار بیش از تابستان می‌باشد.

درصد هم‌زیستی ریشه‌ها در دو فصل بهار و تابستان بررسی درصد هم‌زیستی میکوریزایی با سه گونه گون نشان‌دهنده وجود هم‌زیستی میکوریزی در سه گونه مورد مطالعه در فصل بهار (ابتدای فصل رویش) و تابستان (انتهای فصل رویش) می‌باشد نتایج آزمون t مستقل (پس از نرمال سازی) از درصد هم‌زیستی مشاهده شده در دو فصل بهار و

جدول ۱: درصد هم‌زیستی میکوریزی در ریشه گونه‌های مورد مطالعه، در دو فصل بهار و تابستان

نام گونه	فصل	میانگین	اشتباه از معیار	درجه آزادی	t
<i>A. squarrosus</i>	تابستان	۷/۵	۰/۴۷۷	۱۴	-۵/۳۰۷ **
	بهار	۱۲/۷۵	۰/۸۷۵		
<i>A. effusus</i>	تابستان	۳۱/۷۵	۱/۴۳۹	۱۴	-۱۰/۵۲۶ **
	بهار	۵۰/۳۵	۱/۰۸		
<i>A. podolobus</i>	تابستان	۳۰/۵	۱/۰۸۲	۱۴	-۱۸/۸۹ **
	بهار	۶۲/۰۰	۱/۲۷		

بررسی تعداد اسپورها در دو فصل بهار و تابستان

نتایج بررسی تعداد اسپورهای موجود در ریزوسفر سه گونه گون در دو فصل بهار و تابستان بیانگر اختلاف معنی دار بین تعداد اسپورها در هر سه گونه دارای اختلاف

معنی دار در دو فصل بهار و تابستان می باشد. در هر سه گونه گون تعداد اسپور در فصل بهار بیش از تابستان است (جدول ۲).

جدول ۲: تعداد اسپورها در ریزوسفر گونه های مورد مطالعه، در دو فصل بهار و تابستان

نام گونه	فصل	میانگین	اشتباه از معیار	درجه آزادی	t
<i>A. squarrosus</i>	تابستان	۳/۶۴	۱/۰۷	۱۴	-۱۳/۲۰۵ **
	بهار	۶/۶۲	۰/۲۲		
<i>A. effusus</i>	تابستان	۳/۱۲۵	۰/۱۳	۱۴	-۱۰/۳۷۱ **
	بهار	۵	۰/۱۲		
<i>A. podolobus</i>	تابستان	۳/۶۲	۰/۱۳۵	۱۴	-۸/۴۹ **
	بهار	۵/۲۵	۰/۱۰		

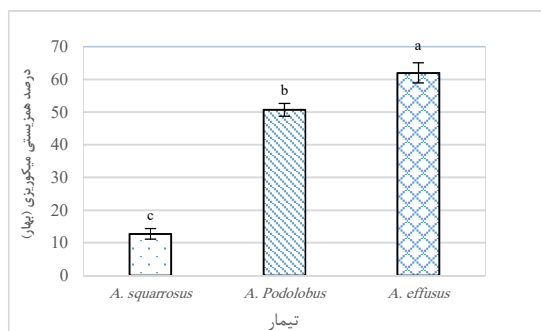
مقایسه درصد هم زیستی میکوریزی بین سه گونه گون در دو فصل تابستان و بهار

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان دهنده اختلاف معنی دار بین سه گونه گون در درصد هم زیستی میکوریزی در انتهای فصل رویش می باشد (جدول ۳). به طوریکه کمترین میزان هم زیستی مربوط به گونه *A. squarrosus* است، همچنین دو گونه *A. effusus* و *A. podolobus* از نظر

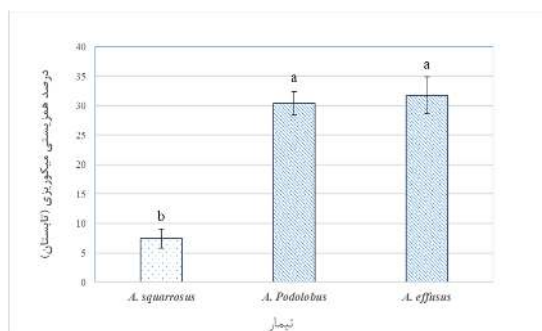
آماري در یک گروه آماری قرار می گیرند. همچنین بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، درصد هم زیستی میکوریزی در ابتدای فصل رویش در هر سه گونه گون دارای اختلاف معنی دار می باشد، کمترین میزان هم زیستی مربوط به گونه *A. squarrosus* است، همچنین بیشترین درصد هم زیستی مربوط به گونه *A. effusus* می باشد (شکل ۳ و ۴).

جدول ۳: درصد هم زیستی میکوریزی سه گونه گون در فصول مختلف

درصد هم زیستی میکوریزی (فصل تابستان)	بین گروه ها	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
درصد هم زیستی میکوریزی (فصل بهار)	بین گروه ها	۲	۱۴۹۲/۵۳۳	۱۶۱/۲۳۹***
	درون گروه ها	۲۱	۹/۲۵۷	
درصد هم زیستی میکوریزی (فصل بهار)	بین گروه ها	۲	۵۳۲۲/۰۲۵	۵۶۱/۴۸۲***
	درون گروه ها	۲۱	۹/۴۸۲	



شکل ۴: درصد هم زیستی میکوریزی سه گونه گون در فصل بهار



شکل ۳: درصد هم زیستی میکوریزی سه گونه گون در فصل تابستان

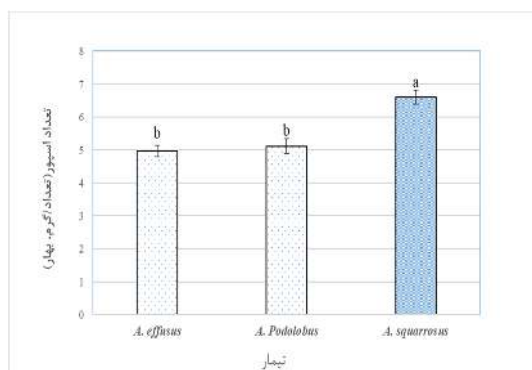
می‌گیرند. همچنین بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، تعداد اسپور در ریزوسفر در ابتدای فصل رویش در هر سه گونه گون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد، بیشترین تعداد اسپور مربوط به گونه *A. squarrosus* است (شکل ۵ و ۶).

مقایسه تعداد اسپور در ریزوسفر سه گونه گون در دو فصل تابستان و بهار

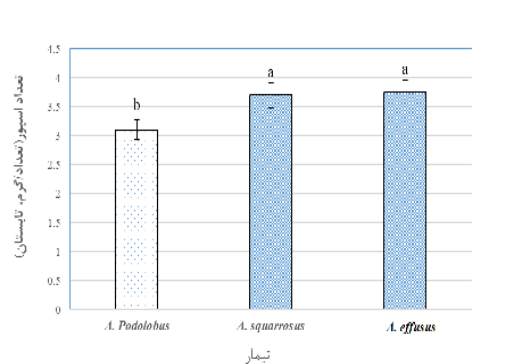
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سه گونه گون در تعداد اسپور در ریزوسفر در انتهای فصل رویش می‌باشد (جدول ۳). دو گونه *A. effusus* و *A. squarrosus* از نظر آماری در یک گروه آماری قرار

جدول ۳: درصد هم‌زیستی میکوریزی سه گونه گون در فصول مختلف

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	بین گروه‌ها	تعداد اسپور موجود در ریزوسفر (فصل تابستان)
۱۶۱/۳۳۹*	۱۴۹۳/۵۳۳	۲	بین گروه‌ها	
	۹/۳۵۷	۲۱	درون گروه‌ها	
۱۲/۳۸۲**	۶/۴۶۵	۲	بین گروه‌ها	تعداد اسپور موجود در ریزوسفر (فصل بهار)
	۰/۵۲۲	۲۱	درون گروه‌ها	



شکل ۶: تعداد اسپور در ریزوسفر سه گونه گون در فصل بهار



شکل ۵: تعداد اسپور در ریزوسفر سه گونه گون در فصل تابستان

با ۳ لایه به‌رنگ زرد کم‌رنگ تا زرد طلایی به‌صورت کروی و نیمه کروی گاه نامنظم با قطر ۸۰-۲۸۰ میکرومتر و دارای انشعاب هیف سطحی است (شکل ۹).

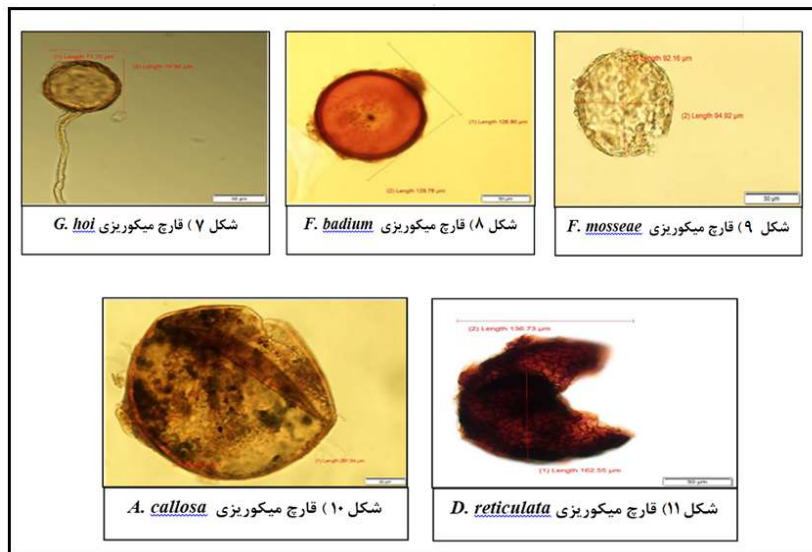
شکل سه گونه غالب قارچ گون *A. squarrosus* در زیر آمده است. اسپورهای گونه *Ambispora callosa* در خاک به‌طور منفرد و یا به‌صورت خوشه‌های سستی در نوک شاخه‌های هیف شکل گرفته‌اند. معمولاً کروی و به‌ندرت به‌شکل تخم‌مرغی هستند. شامل دو لایه بی‌رنگ و متمایل به سفید هستند. میانگین قطر آنها ۲۲۰-۲۸۰ میکرومتر است؛ شامل یک هیف و معمولاً با ذرات خاک پوشانده شده و نرم و پلاستیکی هستند و در PVLG به‌راحتی نمی‌شکنند اما با ایجاد فشار دیواره‌ها خرد می‌شوند (شکل ۱۰). اسپورهای گونه *Dentiscutata reticulata* به‌رنگ نارنجی قهوه‌ای تا قهوه‌ای قرمز تیره و با قطر ۱۸۰-

شناسایی گونه‌های غالب هر گونه

شناسایی گونه‌های غالب اسپور نشان‌دهنده حضور گونه‌های غالب قارچ مشترک در گونه‌های گون می‌باشد، این گونه‌ها در دو گونه *A. podolobus* و *A. effusus* مشترک است. اسپورهای قارچ *Glomus hoi* دارای یک هیف با انشعاب سطحی که دارای یک دیواره با دو لایه هستند و با قطر ۴۵-۱۴۰ میکرومتر به‌رنگ قهوه‌ای روشن و معمولاً به‌شکل نامنظم و منفرد در خاک دیده می‌شود (شکل ۷). اسپورهای قارچ *Funneliformis badium* به‌رنگ نارنجی قهوه‌ای تا قهوه‌ای مایل به قرمز؛ عمدتاً تخم‌مرغی شکل و نامنظم و گاهی کروی با قطر ۲۵۰-۳۲۰ میکرومتر و دارای دیواره اسپور شامل سه لایه‌اند (شکل ۸). اسپورهای قارچ *Funneliformis mosseae* هم منفرد در خاک، یا در توده‌های سست یا اسپور کارپ فشرده دیده می‌شوند. دیواره

(شکل ۱۱). گونه‌های قارچ‌های میکوریزا آربسکولار سه گون مورد مطالعه در شکل زیر آورده شده است (شکل ۱۲).

۴۷۰ به شکل کروی و نسبتاً کروی دیده می‌شود. دیواره آن سه لایه دارد که بر روی آن اشکال چندضلعی دیده می‌شود



شکل ۱۲: قارچ‌های میکوریزا آربسکولار سه گونه مورد مطالعه

تعداد و تنوع اسپورهای قارچی بسته به فصل تغییر می‌کنند. بر اساس نظریات شنک (۲۲) در گونه‌های مختلف و بسته به مواد غذایی و خصوصیات خاک تعداد اسپورهای موجود در ریزوسفر متفاوت است. دودس (۶) نیز در مطالعات خود نشان داد که اسپوردهی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در حضور محلول غذایی، بسیار سریعتر صورت می‌گیرد و جمعیت اسپوری نیز در ریزوسفر گیاهان موجود در مناطق دارای خاک مساعد گسترده‌تر است.

در هر سه گونه، درصد هم‌زیستی میکوریزایی و تعداد اسپور در ابتدای فصل رویش بیشتر از انتهای فصل رویش بود، به طوری که بیشترین درصد هم‌زیستی به ترتیب در *A. podolobus* (۶۲ درصد)، *A. effusus* (۵۰/۲۵ درصد) و *A. squarrosus* (۱۲/۷۵ درصد) مشاهده شد، همچنین تعداد اسپور (صرفه نظر از نوع اسپور) به ترتیب در ریزوسفر گونه *A. squarrosus* (۷/۶۲ تعداد در گرم)، *A. effusus* (۲۵ تعداد در گرم) و *A. podolobus* (۵/۳۶ تعداد در گرم) است. تحقیقات اسمیت و اسمیت (۲۰۱۱) نیز نشان داد که بیشترین تعداد اسپور در قارچ‌های میکوریزا و

بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه تحقیق حاضر در مرحله اول بیانگر هم‌زیستی سه گونه گون مورد مطالعه (*A. podolobus*, *squarrosus* و *A. effusus*) با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار می‌باشد که این تحقیق برای اولین بار در سطح جهان، بر روی این سه گونه صورت گرفته و گزارش شده است. اندام‌های میکوریزایی شامل وزیکول، آربسکول و هیف در داخل سلول‌های پوست ریشه، همچنین اسپورهای قارچ‌های اندومیکوریز در ریزوسفر هر سه گونه گون مشاهده شد. گونه‌های قارچ شناسایی شده از خانواده‌های Dentiscutataceae, Glomeraceae, Ambisporaceae می‌باشند. گونه‌های غالب قارچ هم‌زیست با *A. squarrosus* شامل *Funneliformis mosseae* و *Ambispora callosa* است. *Dentiscutata reticulata* گونه‌های غالب قارچ هم‌زیست با دو گونه *A. podolobus*، *A. effusus* مشترک و شامل *Funneliformis badium*، *Funneliformis mosseae* و *Glomus hoi* می‌باشد. از میان این‌ها جنس *Glomus* از خانواده *Glomeraceae* از مشهورترین قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار می‌باشد (۳).

می‌باشد (۱۱). تفاوت در تعداد اسپور و درصد کلونیزاسیون در گونه‌های مختلف به دلیل تفاوت گیاهان مختلف به لحاظ سرشت ژنتیکی، رفتار فیزیولوژیکی و فنولوژی آن‌ها با یکدیگر است بنابراین واکنش‌های متفاوتی در همزیستی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارند (۱۵). درصد کلونیزاسیون و تعداد اسپور موجود در خاک علاوه بر تغییرات دمایی و فصلی، به شکل ریشه هم بستگی دارد. گونه‌های دارای ریشه‌هایی راست و غیر منشعب، میزان اسپور و همزیستی کمتری نسبت به گونه‌های دارای ریشه افشان و گسترده، دارند (۳۱). با توجه به شناسایی گونه قارچ‌های غالب در هر سه گونه گون، می‌توان اقدام به تهیه نهال‌های مایه زنی شده با میکوریزای غالب این گونه‌ها با کمک قارچ‌های موجود در ریزوسفر خودشان کرد.

همچنین بیشترین درصد همزیستی قارچ ریشه، در فصل بهار دیده می‌شود. تعداد قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در خاک تابع عوامل مختلفی از جمله نور، رطوبت، تنش‌های مختلف وارد شده به گیاه و غیره می‌باشد (۱۹). نقش تغییرات دما و تغییرات فصلی بر تغییر جمعیت و متابولیسم میکروارگانیسم‌های خاک به عنوان یک عامل موثر در تحقیقات مختلف تأیید شده است. البته این تغییرات در تمام میکروارگانیسم به یک صورت نمی‌باشد، به‌طوریکه فعالیت و ازدیاد برخی از آن‌ها، با افزایش دما تا مقدار مشخصی افزایش می‌یابد و برخی با افزایش دما این مقدار کاهش می‌یابد (۱۲). در گیاهان مورد مطالعه تفاوت در میزان همزیستی با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار وجود دارد، میزان همزیستی با گیاهان برآیندی از تأثیر عواملی چون گونه گیاهی، عناصر خاک، فصل، نیاز غذایی و مرحله رشد گیاه

References

1. Ajorloo, M., O. Firuozzi & A. Shahmohamadi, 2015. Effect of Livestock Grazing on the Yield of Gum Tragacanth in *Astragalus Gossypinus* Fischer Habitats. Rangeland, 8(4): 373-363.
2. Berruti, A., E. Lumini, R. Balestrini & V. Bianciotto, 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. Front. Microbiol, 6: 1-13.
3. Beyene, S. & B. Richen, 1996. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on dry matter yield, as well as P and K concentrations in maize at increasing levels supply. Journal of Applied Botany, 70: 194-198.
4. Boddington C.L. & J.C. Dodd, 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.
5. Daei, G., M.R. Ardekani, F. Rejali, S. Teimuri & M. Miransari, 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. Journal of Plant Physiology, 166: 617-625.
6. Douds D.D., 1994. Relationship between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in a mycorrhiza of *Paspalum notatum* Flugge. New Phytologist, 126: 233-237.
7. Fernandez, D.P., J.C. Neffa & R.L. Reynolds, 2008. Biogeochemical and ecological impacts of livestock grazing, in semi-arid southeastern Utah, USA. Journal of Arid Environment, 72: 777-791.
8. Graham, L.L.B., M. Turjaman & S. E. Page, 2013. Shorea balangeran and Dyera polyphylla (syn. Dyera lowii) as tropical peat swamp forest restoration transplant species: effects of mycorrhizae and level of disturbance. Wetlands Ecology and Management, 21: 307-321.
9. Hoeksema, J.D., V.B. Chaudhary, C.A. Gehring, N.C. Johnson, J. Karst & R.T. Koide, 2010. A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. Ecology Letters, 13: 394-407.
10. Jiang, S.C., N.P. He, L. Wu & D.W. Zhou, 2009. Vegetation restoration of secondary bare saline-alkali patches in the Songnen plain, China. Applied Vegetation Science.
11. Juniper, S. & L.K. Abbott, 2006. 'Soil salinity delays germination and limits growth of hyphae from propagules of arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza, 16: 371-379.
12. Karhu, K., M. D.Auffret., A. J. Dungait. D. W. Hopkins & J. I. Prosser, 2014. Temperature sensitivity of soil respiration rates enhanced by microbial community response. Nature, 513: 81-84.
13. Kariman, K. H., E. M. Goltapeh & V. Minassian, 2006. Evidences of for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution, 4: 406425.
14. Lingfei, L. I., A. Yang. & Z. Zhao., 2005. Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. Microbial Ecology, 54: 367-373.
15. Smith, M. R., I. Charvat & R. L. Jacobson., 1998. Arbuscular mycorrhizae promote establishment of prairie species in a tallgrass prairie restoration. Canadian Journal of Botany, 76: 1947-1954.

16. Marschner, H., 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press, London.
17. Mirzaeaghchegheshlagh, F., A. Ghorbani, J. Seifdavati, S. Mehdizadeh & R. Valizadehyounjani, 2015. Determination of Nutritional Value and Degradability of Dry Matter and Cell Walls of *Astragalus Crenatus* Schult at Different Phenological Stages in Hir-Neor Rangelands of Ardabil Province. *Rangeland*, 9(1): 14-28.
18. Porras-Soriano, A., M.L. P. Soriano-Martin & R. Azcón, 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology*, 166: 1350-1359.
19. Rivera, D., B.M. Jáuregui & B. Peco, 2012. The fate of herbaceous seeds during topsoil stockpiling: restoration potential of seed banks. *Ecological Engineering*, 44: 94-101.
20. Ross, J. P., 1980. Effect of nontreated field soil on sporulation of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathol*, 70: 100-105.
21. Sánchez-Coronado, M.E., R. Coates, L. Castro-Colina, A.G. de Buen, J. Paez-Valencia, V.L. Barradas, P. Huante & A. Orozco-Segovia, 2007. Improving seed germination and seedling growth of *Omphalea oleifera* (Euphorbiaceae) for restoration projects in tropical rain forests. *Forest Ecology and Management*, 243: 144-155.
22. Sasanelli, N., A. Anton, T. Takacs, T. Addabbo, I. Biro & X. Malov, 2009. Influence of arbuscular mycorrhizal, fungi on the nematocidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris* L. *Parasitological Institute of SAS, Kosice*, DOI 10.2478/s11687-009-0043-6.
23. Schenck N.C., J.O. Siequeira & E. Oliveira, 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.
24. Smith, S. E. & F. A. Smith, 2011. Mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annu. Rev. Plant Biology*, 62: 227–250.
25. Smith, S.E., E. Facelli, S. Pope & A.F. Smith, 2010. Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326: 3-20.
26. Zhang, T., Y. Sun, Z. Shi & G. Feng, 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi can accelerate the restoration of degraded spring grassland in Central Asia. *Rangeland Ecology & Management*, 65: 426–432.
27. Torrez, V., T. Ceulemans, J. Mergeay, L. de Meester & O. Honnay, 2016. Effects of adding an arbuscular mycorrhizal fungi inoculum and of distance to donor sites on plant species recolonization following topsoil removal. *Applied Vegetation Science*, 19: 7–19.
28. Wu, L. & D. Zhou, 2005. Seed movement of bare alkali-saline patches and their potential role in the ecological restoration in Songnen grassland, China. *Journal of Forestry Research*, 16: 270-274.
29. Younginger, B., J. Barnouti & D.C. Moon, 2009. Interactive effects of mycorrhizal fungi, salt stress, and competition on the herbivores of *Baccharis halimifolia*. *Ecological Entomology*, 34: 580-587.
30. Zare, M., A. Siroosmehr & S. Abdkhani, 2015. Effects of Mycorrhizal Fungi on Morphological and Physiological Parameters of *Sorghum (Sorghum Bicolor* L.) Under Chrome Stress. *Rangeland*, 9(2): 159-169.
31. Zhu, X., S. Fengbin, L. Shengqun & L. Fulai, 2016. Arbuscular mycorrhiza improve growth, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency in wheat grown under elevated CO₂. *Mycorrhiza*, 26:133–140.