دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

بررسی تنوع، فراوانی و میزان همزیستی قارچ‌های میکوریز آربسکولار با درختان و گیاهان مرتعی در ایستگاه کوثر

محمد جواد روستا[۱]، محمد متینی‌زاده[۲]، الهام نوری[۳]، مهرداد زرافشار[۴] و مریم عنایتی[۵]

۱- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، (نویسنده مسوول: m.roosta@areeo.ac.ir)
۲- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- کارشناس محقق بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۵- کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷
صفحه: ۱۵۹ تا ۱۶۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، به‌دلیل اثرات بسیار مفیدی که در رشد و نمو گیاهان از طریق تامین آب مورد نیاز گیاهان بویژه در شرایط تنش خشکی و افزایش تحمل آن‌ها به تنش شوری و بطور کلی، کمک به گیاه برای غلبه بر تنش‌های زنده و غیرزنده دارند مورد توجه بسیاری از پژوهشگران می‌باشند. این پژوهش در طول سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹ با هدف بررسی تاثیر پخش سیلاب، نوع پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک بر فراوانی و انواع قارچ‌های میکوریز در ایستگاه کوثر انجام شد.

مواد و روش‌ها: در بهار و پاییز، در کاربری‌های مختلف شامل جنگل دست کاشت اوکالیپتوس، جنگل دست کاشت آکاسیا، مرتع دست کاشت با بوته‌های آتریپلکس با سن ۳۷ سال و مرتع طبیعی در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب (شاهد) از ریشه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر درختان و گیاهان غالب در مرتع (درمنه دشتی، هلیانتموم و دندورا) و خاک اطراف ریشه آن‌ها تا عمق ۲۰ سانتی‌متری، سه نمونه تهیه شد. پس از جداسازی و رنگ آمیزی ریشه‌ها، بررسی میکروسکوپی آن‌ها برای مشخص شدن وجود همزیستی در بافت ریشه‌ها و تعیین میزان آلودگی (کلونیزاسیون) ریشه‌ها با قارچ‌های میکوریز و میزان همزیستی میکوریزی براساس میزان آلودگی ریشه با ساختارهای میکوریزی صورت گرفت. خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متری برای جداسازی اسپورها و تعیین تراکم آن‌ها استفاده شد و با استفاده از کلیدهای شناسایی و اطلاعات موجود در منابع علمی، براساس ریخت‌شناسی (مورفولوژی) اسپورها، جنس و گونه قارچ‌های میکوریز شناسایی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تراکم اسپور قارچ‌های میکوریزی در هر دو فصل نمونه‌برداری در عرصه‌های پخش سیلاب بیشتر از عرصه‌های بدون پخش سیلاب بود. بیشترین میزان تراکم اسپور در عرصه پخش سیلاب در فصل پاییز مربوط به گونه هلیانتموم (H. lippii) با تعداد اسپور ۵۰/۲۰ در هر گرم خاک و کمترین مقدار آن با تعداد اسپور ۱۸/۸۰ در هر گرم خاک مربوط به این گونه در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل بهار بود. بطوری که تفاوت این دو، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین، در تمام کاربری‌ها، تراکم اسپور در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود. بیشترین درصد اشغال (کلونیزاسیون) ریشه یا درصد همزیستی مربوط به گونه آکاسیا با ۶۱/۸۱ درصد در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل بهار و کمترین مقدار، مربوط به گونه اوکالیپتوس با ۱۲/۲۶ درصد در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل پاییز بود. در این پژوهش، ۲۱ گونه متعلق به ۹ جنس Acaulospora، Claroideoglomus، Diversispora، Entrophospora، Funneliformis، Glomus، Rhizophagus، Scutellospora و Septoglomus در عرصه‌های با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب شناسایی شدند. گونه Septoglomus constrictum با ۱۰۰/۰ درصد فراوانی، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد. گونه‌های Glomus heterosporum و Rhizophagus aggregatum با فراوانی ۵۰/۰ درصد در رده دوم و گونه‌های Funneliformis mosseae، Glomus ambisporum ، Glomus intraradices و Rhizophagus fasciculatus با فراوانی ۳۳/۳ درصد در رده سوم قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: با توجه به این‌که شناسایی قارچ‌های میکوریزی موجود در ریزوسفر گیاهان درختی و بوته‌های مرتعی مناطق خشک و کاربرد آن‌ها می‌تواند گامی اساسی برای کاهش تاثیر منفی تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی باشد، پیشنهاد می‌شود گونه‌های فعال و موثر این قارچها شناسایی و تکثیر شده و بصورت مایه تلقیح برای احیای مراتع این مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آکاسیا، اوکالیپتوس، دشت گربایگان فسا، مرتع، همزیستی میکوریزی

مقدمه

موجودات زنده خاک از جمله باکتری‌ها و قارچ‌ها هرچند از نظر وزنی، درصد ناچیزی از وزن خاک را تشکیل می‌دهند، ولی تاثیر آن‌ها بر فرایندهای مختلف در خاک که نهایتا باعث استقرار و رشد مناسب گیاهان می‌شود بسیار مهم و حیاتی است (۲). بیش از ۸۰ درصد از تمام گونه‌های گیاهی (درختی و علفی) در زیست‌بوم‌های طبیعی دارای رابطه همزیستی با قارچ‌های میکوریز هستند (۵۶). قارچ‌های میکوریز نقش مهمی را در تبادلات غذایی موجود در خاک بر عهده دارند و دو گروه میکوریزهای خارجی (اکتومیکوریزها) و میکوریزهای داخلی (اندومیکوریزها) را شامل می‌شوند. میکوریزهای خارجی با درختان جنگلی همزیست بوده و بیش از ۲۰۰۰ گونه از این نوع قارچها شناخته شده است (۲۵). اگر از نظر نیتروژن و فسفر محدودیتی وجود نداشته باشد، رشد قارچ در درجه اول با میزان کربن قابل‌استفاده محدود می‌شود. این همزیستی، تقریبا ۸۰ درصد از نیتروژن یا فسفر مورد نیاز گیاهان در حال رشد را تامین می‌کند (۶۰). عوامل دیگری مانند ژنوتیپ قارچ، رقابت، یا مواردی از این قبیل بر نتیجه همزیستی قارچهای میکوریز تأثیر می‌گذارند (۵،۱۴،۲۷،۳۳).

قارچهای میکوریز آربوسکولار، بدلیل اثرات بسیار مفیدی که در رشد و نمو گیاهان از طریق تامین آب مورد نیاز گیاه بویژه در شرایط تنش خشکی (۳۸،۴۸،۳۶) و افزایش تحمل آن‌ها به تنش شوری (۱۵) و بطور کلی، کمک به گیاه برای غلبه بر تنش‌های زنده و غیرزنده (۵۰،۴۵،۳۱،۱۰،۱۶) دارند و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

همه این اثرات مفید، سلامت خاک را حفظ می‌کنند مورد توجه بسیاری از پژوهشگران می‌باشند. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریز به عنوان یک شاخص حساس کیفیت بوم‌شناختی خاک در زیست‌بوم‌های مختلف عمل می‌کنند (۶۱). بخشی از اثرات بهبود رشد در گیاهان میکوریزی، به افزایش جذب عناصر غذایی، بویژه جذب بیشتر فسفر به دلیل نقش هیف‌های قارچی در جذب فسفر از حجم بیشتری از خاک که در دسترس ریشه‌ها نیستند و انتقال آن به گیاه، تولید آنزیم فسفاتاز بوسیله قارچ‌های میکوریز، افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز میکروبی و گیاهی در ریزوسفر گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی نسبت داده شده است (۵۳،۴۴). در همزیستی میکوریزی، قارچ همزیست، قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت می‌کند و در مقابل عناصر معدنی از جمله روی، مس و بیشتر از سایر مواد، فسفر را از خاک جذب کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۲۴،۳۶).

گزارش شده که نهال‌های میکوریزی *Acacia nilotica* دارای وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزی بودند (۲۳). پژوهشگران دیگری هم نقش قارچ‌های میکوریزی را در افزایش سازگاری گیاهان جنگلی و مرتعی مناطق خشک استوایی گزارش کرده‌اند (۱۷). کلونیزاسیون میکوریزی (اشغال ریشه) در گیاه می‌تواند سبب افزایش جذب پتاسیم (۶،۲۳،۵۳) و جلوگیری از انتقال سدیم به اندام هوایی گیاه شود (۴۲). تقریبا، همه هورمون‌های گیاهی (فیتو هورمون‌ها) بوسیله گیاهان برای تنظیم همزیستی با قارچ‌های میکوریز مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۱،۵۸).

تعداد اسپورها با مرحله فنولوژیکی گیاه میزبان در ارتباط است. قارچ‌های میکوریز رفتار متفاوتی را در گیاهان چند ساله، بدون اسپورزایی متراکم در پایان چرخه زندگی، در مقایسه با گیاهان یکساله نشان می‌دهند (۱۸).

با توجه به این که حدود ۴۰ سال از تاسیس ایستگاه آبخوان‌داری کوثر می‌گذرد و پخش سیلاب در عرصه‌های مختلف، باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی زیادی در خاک شده ولی تاکنون پژوهشی در رابطه با جداسازی و شناسایی قارچ‌های میکوریزی در این عرصه‌ها انجام نشده که در این بررسی به این مهم پرداخته شد و تاثیر پخش سیلاب در کاربری‌های جنگل و مرتع بر فراوانی و فعالیت قارچ‌های میکوریز همزیست با گیاهان، در این عرصه‌ها در مقایسه با عرصه‌های شاهد (بدون پخش سیلاب) مورد پژوهش قرار گرفت. فرضیه پژوهش این بود که عملیات پخش سیلاب بر عرصه‌های جنگلی و مرتعی، باعث افزایش فعالیت و فراوانی تنوع قارچ‌های میکوریز در این عرصه‌ها در مقایسه با عرصه‌های بدون پخش سیلاب می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی پخش سیلاب و آبخوان‌داری کوثر، واقع در دشت گربایگان اجرا شد. ایستگاه کوثر در ۵۰ کیلومتری جنوب شرقی فسا (۲۸ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی، ارتفاع ۱۱۴۰ متر از سطح دریا) بر مخروط افکنه آبخیز ۱۹۲ کیلومتر مربعی بیشه زرد واقع شده است. از نظر پستی و بلندی، محل اجرا پهنه‌ای با شیب شش در هزار دارد که بین خط ارتفاعی ۱۱۴۰ تا ۱۱۶۰ متر، قرار گرفته است. براساس آمار ۲۳ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۵) این ایستگاه، شاخص‌های آب و هوایی منطقه به این شرح است: میانگین بارش سالانه، ۲۱۹ میلی‌متر؛ دمای بیشینه، ۴۶ درجه سانتی‌گراد؛ دمای کمینه، ۸- درجه سانتی‌گراد؛ میانگین دمای سالانه، ۲۰ درجه سانتی‌گراد؛ میانگین تبخیر سالانه، ۲۵۴۸ میلی‌متر؛ متوسط تعداد روزهای یخبندان، ۲۷ روز در سال است (۲۲). براساس طبقه‌بندی‌های دومارتن، اقلیم منطقه خشک؛ کوپن، معتدل؛ و آمبرژه، نیمه خشک استپی است.

روش نمونه‌برداری

برای جداسازی و شناسایی قارچ‌های میکوریزی، از کاربری‌های زیر در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب (شاهد) در قالب هشت تیمار در سه تکرار نمونه‌برداری شد:

۱- جنگل آکاسیا (*Acacia salicina* Lindl.) که در ۲۴ و ۲۵ دی ۱۳۶۴ درخت‌کاری شده- واقع در شبکه بیشه زرد چهار، با پخش سیلاب، فاصله بین درختان کاشته شده ۳ متر در ۳ متر، با مساحت ۱/۲ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۲- جنگل اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) که در ۲۴ و ۲۵ دی ۱۳۶۴ درخت‌کاری شده- واقع در شبکه بیشه زرد چهار، با پخش سیلاب، فاصله بین درختان کاشته شده ۳ متر در ۳ متر، با مساحت ۱۵/۲۲ هکتار و بافت خاک لومی،

۳- مرتع کاشته شده با آتریپلکس (*Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats.) در بهمن و اسفند ۱۳۶۲، واقع در شبکه رحیم‌آباد، با پخش سیلاب، فاصله بین بوته‌های کاشته شده ۴ متر در ۴ متر، با مساحت ۳۴/۸۰ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۴- جنگل آکاسیا (*Acacia salicina* Lindl.) - کاشته شده در ۲۴ و ۲۵ دی ۱۳۶۴- خارج از ایستگاه کوثر، بدون پخش سیلاب، خارج از شبکه‌ها، با مساحت ۰/۱۷ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۵- جنگل اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) - در ۲۴ و ۲۵ دی ۱۳۶۴ درخت‌کاری شده - بدون پخش سیلاب، شبکه بیشه‌زرد چهار، بدون پخش سیلاب، با مساحت ۰/۹۲ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۶- مرتع آتریپلکس (*Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats.) -کاشته شده در بهمن و اسفند ۱۳۶۲- شبکه بیشه زرد یک، بدون پخش سیلاب، با مساحت ۷/۸۰ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۷- سه نوار یک، سه و پنج از شش نوار مرتع طبیعی، شبکه بیشه‌زرد یک، با پخش سیلاب، با مساحت ۷۱/۲۵ هکتار و بافت خاک لوم شنی،

۸- مرتع طبیعی، شبکه بیشه‌زرد یک، بدون پخش سیلاب، با مساحت ۱۰/۰ هکتار و بافت خاک لوم شنی.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

گیاهان غالب در مراتع مورد بررسی، شامل گونه‌های گل آفتابی (*Heliantemum lippii* (L.) Pers.)، سیاه گینه (*Dendrostellera lessertii* (Wikstr.) Van Tiegh.) و درمنه دشتی (*Artemisia sieberi* Besser.) بودند. موقعیت جغرافیایی منطقه و محل‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

مراحل پژوهش به شرح زیر بود:

ابتدا در فصل بهار (زمان شروع گرما و اوج فعالیت گیاهی و میکروبی) و پاییز (زمان شروع سرما و کاهش فعالیت گیاهی و میکروبی)، از ریشه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر (۴۶) درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)، آکاسیا (*Acacia salicina Lindl.*) و بوته‌های آتریپلکس (*Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats.) کاشته شده در عرصه‌های پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب و گونه‌های غالب گیاهی شامل درمنه دشتی (*Artemisia sieberi* Besser.)، دندورا (*Dendrostellera lessertii* (Wikstr.) Van Tiegh.) و هلیانتموم (*Heliantemum lippii* (L.) Pers.) موجود در عرصه مرتع با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، همراه با خاک اطراف ریشه آن‌ها تا عمق ۲۰ سانتی‌متری هر کدام در سه تکرار نمونه‌برداری شد. دلیل انتخاب ریشه‌های با قطر کمتر از یک میلی‌متر، احتمال بیشتر کلونیزاسیون این ریشه‌ها بوسیله قارچ‌های میکوریزی بود.

سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده در یخدان قرار داده شده و به آزمایشگاه انتقال یافتند و نمونه‌ها در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش، نگهداری شدند.

در آزمایشگاه، پس از رنگ آمیزی ریشه‌ها با روش فیلیپس و هایمن (۴۳) برای مشخص شدن وجود قارچ‌های میکوریز آربسکولار در بافت ریشه‌ها، بررسی میکروسکوپی انجام شد. سپس برای تعیین درصد آلودگی (درصد کلونیزاسیون یا درصد همزیستی میکوریزی) ریشه‌ها با قارچ‌های میکوریز، از روش جیووانتی و موسه (۲۰) استفاده شد و درصد کلونیزاسیون ریشه براساس میزان آلودگی ریشه با ساختارهای میکوریزی شامل هیف، آربوسکول، وزیکول یا اسپورهای داخلی، صورت گرفت. جداسازی و شمارش اسپورها (برای تعیین تراکم اسپور) در خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متری با روش گردمن و نیکلسون (۱۹) انجام شد و با قرار دادن اسپورها بر روی لام و تثبیت آن‌ها با استفاده از چسب کانادا بالزام، به کمک استریومیکروسکوپ (Olympus model DP73) با بزرگنمایی ۱۰۰۰–۱۰۰ برابر، از اسپورها عکس میکروسکوپی تهیه شد.

شناسایی جنس و گونه قارچ‌های میکوریز براساس قوانین کلیدهای نامگذاری در ICN (International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants) از طریق ویژگی‌های مربوط به رنگ اسپور و رنگ لایه‌های دیواره اسپور، شکل اسپور، دیواره اسپور، تعداد و ضخامت لایه های آن، نحوه اتصال هیف به اسپور، باز یا بسته بودن روزنه هیف در محل اتصال به اسپور و نحوه انسداد در صورت بسته بودن و نحوه اتصال و پیوستگی دیواره‌های هیف و اسپور، با توجه به کلیدهای شناسایی در منابع (۴۷،۴۱،۳۷،۴۰) http://invam.caf.wvu.edu و http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota (۲۸) انجام گرفت. بررسی جمعیت میکوریزی با اندازه‌گیری تراکم، فراوانی وقوع و فراوانی اسپور قارچ‌های میکوریزی در خاک ریزوسفری گونه‌های گیاهی صورت پذیرفت و همچنین درصد فراوانی (Distribution Frequency) و درصد غنای میکوریزی (Species Richness) نیز محاسبه شدند. برای محاسبه درصد فراوانی هر گونه قارچی، تعداد گیاهان دارای گونه موردنظر بر تعداد کل گیاهان مورد بررسی (۶ گونه گیاهی) تقسیم گردید و حاصل آن در عدد ۱۰۰، ضرب شد. برای محاسبه غنای میکوریزی در هر گونه گیاهی، تعداد گونه‌های قارچی شناسایی شده در ریزوسفر آن گیاه به تعداد کل گونه‌های شناسایی شده قارچی تقسیم شد و عدد حاصل از آن در ۱۰۰ ضرب گردید.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

سرانجام، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا توسط آزمون‌های شاپیرویلک و لون تست نرمال بودن و همگنی واریانس داده انجام شد. تجزیه داده‌های بین گیاهان، فصل نمونه‌برداری و خاک ریزوسفر آنها با روش آنالیز واریانس دوطرفه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن درسطح پنج درصد انجام شد. حضور و عدم حضور قارچ‌های میکوریزی در اطراف ریزوسفر هر گونه به طور جداگانه بررسی شد. کلیه تجزیه‌وتحلیل‌ها با کمک نرم‌افزار R و ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار اکسل انجام شد انجام شد.

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و محل‌های نمونه‌برداری
Figure 1. Location of study area and sampling points

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ویژگی‌های تراکم اسپور و درصد کلونیزاسیون نشان داد اثر عامل‌کاربری و زمان در هر دواین ویژگی‌ها ، اثر عامل نوع گیاه در درصد کلونیزاسیون ریشه، معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین تاثیر بر همکنش عوامل بر اسپور خاک معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین تراکم اسپور

نتایج نشان داد در هر دو فصل نمونه‌برداری (پاییز و بهار)، تراکم اسپور در شرایط پخش سیلاب بیشتر از عرصه بدون پخش سیلاب بود. از طرفی، در تمام کاربری‌های مورد بررسی، تراکم اسپور در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های متینی‌زاده و همکاران (۳۴)، جیووانتی (۲۱)، سیلویا (۵۷) و کلیرونوموس و همکاران (۳۰) در یک راستا است.

میرزایی و همکاران (۳۵) میانگین تراکم اسپور، یعنی ۳۰۹/۰ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک را گزارش کردند. نتیجه پژوهش سیواکومار (۵۵) نشان داد که بالاترین میانگین تراکم اسپور، یعنی ۳۷۸/۷۹ اسپور در ۱۰۰ گرم خاک در طول تابستان مشاهده شد که بطور قابل توجهی بیشتر از تمام فصول دیگر بود. بیشترین میزان تراکم اسپور در عرصه پخش سیلاب در فصل پاییز مربوط به گونه هلیانتموم (*H. lippii*) با تعداد اسپور ۵۰/۲۰ در هر گرم خاک و کمترین مقدار آن با تعداد اسپور ۱۸/۸۰ در هر گرم خاک مربوط به این گونه در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل بهار بود. بطوری که تفاوت این دو، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (شکل ۲). تراکم اسپورها منعکس کننده اثر خالص اسپور زایی در برابر ناپدید شدن اسپورها به‌دلیل جوانه‌زنی، پراکنده شدن، شستشو، شکار شدن، مرگ و میر و سایر عوامل است (۵۵). ریشه‌های گیاهی که می‌توانند بوسیله قارچ‌های میکوریز آلوده شوند، عامل مهم دیگری برای تفاوت تراکم اسپورها می‌باشند، زیرا قارچ‌ها بدون کلونیزاسیون، تشکیل اسپور نمی‌دهند. تغییر در تراکم اسپورها نتیجه بسیاری از عوامل متقابل است، مانند جوامع گیاهی، ویژگی‌های خاک، ماهیت اسپورزایی قارچ‌ها، فصل رشد گیاه میزبان و آب و هوا. درک رابطه بین تولید اسپور و نوع گیاه ضروری است (۵۵). نشان داده شده است که تراکم اسپور قارچ‌های میکوریز زمانی به حداکثر می‌رسد که وضعیت فسفر در خاک کمتر از مقدار مورد نیاز برای حداکثر رشد گیاه باشد (۱). تجزیه شیمیایی خاک همه کاربری‌های بررسی شده، نیز نشان داد که خاک این کاربری‌ها کمبود فسفر دارد (۴/۸۷–۲/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم).

جدول ۱– تجزیه واریانس تاثیر پخش سیلاب، نوع پوشش گیاهی و برهمکنش آنها بر ویژگی‌های زیستی مورد بررسی

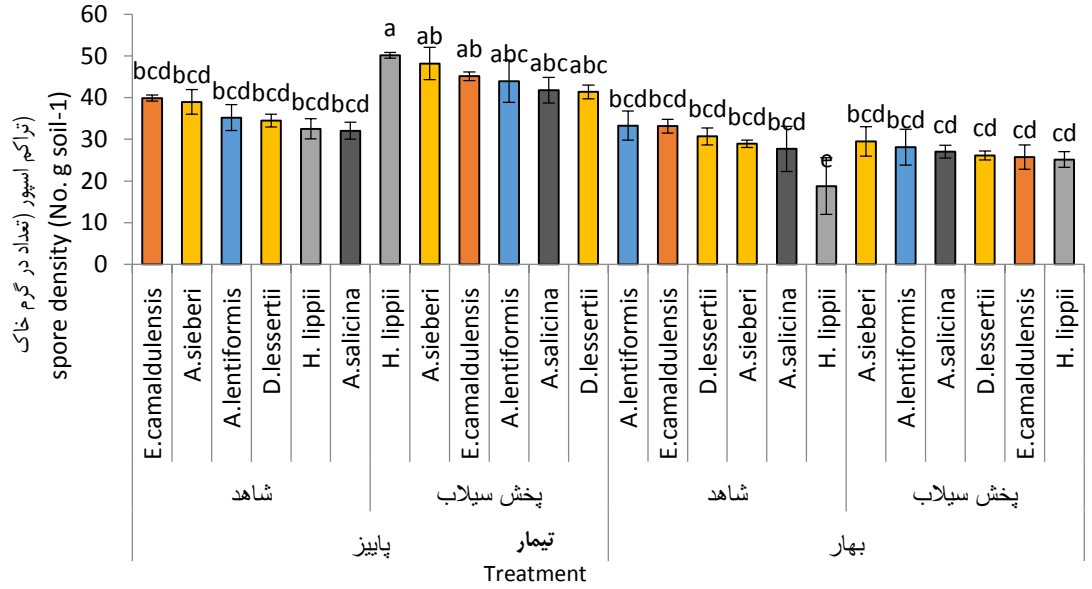
Table 1. A Two-way ANOVA results of mycorrhizal fungi characters at different times and plants under spate irrigation and non-spate irrigation

خصوصیات زیستی Biological properties	درجه آزادی df	درصد کلونیزاسیون(٪) Root colonization (%)			تراکم اسپور spore density (No. g soil-1)			
		میانگین مربعات Sq Mean	آماره F F test	درصد معنی‌داری P value		میانگین مربعات Sq Mean	آماره F F test	درصد معنی داری P value	
Area کاربری	1	3666	43.431	<0.001	***	270.7	9.512	<0.003	**
Time زمان	1	17922	212.318	<0.001	***	2799.5	98.134	<0.001	***
Plant گونه گیاهی	5	300	3.552	<0.008	**	49.6	1.742	0.143	ns
کاربری×زمان Area × Time	1	2415	28.615	<0.001	***	583.7	20.512	<0.001	***
کاربری×گونه گیاهی Area × Plant	5	812	9.624	<0.001	***	62.6	2.199	0.069	ns
زمان×گونه گیاهی Time × Plant	5	429	5.086	<0.001	***	49.3	1.731	0.014	ns
کاربری ×گونه گیاهی × زمان Area × Time × Plant	5	601	7.121	<0.001	***	2.5	0.086	0.994	ns
کل Total	48	84				28.5			

***: معنی‌دار در سطح کمتر از ۱ درصد،**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد،*: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار

***, **,*, ns: respectively, significant at the level of <1, 1, 5%, and no-significant

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]



شکل ۲- تراکم اسپور گونه‌های مختلف در عرصه‌های پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب (شاهد) در دو فصل پاییز و بهار F (value=0.994ns). حروف کوچک مختلف تفاوت‌های معنی‌دار را نشان می‌دهد (Duncan، p<0.05).

Figure 2. Spore density of different species in the fields with and without spate irrigation in autumn and spring (F value=0.994ns). Different lowercase letters indicate significant differences (Duncan, p< 0.05).

مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه (درصد همزیستی)

درصد کلونیزاسیون ریشه یا درصد همزیستی میکوریزی کاملا برعکس تراکم اسپور، در تمام گونه‌های مورد بررسی در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز بود. بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به گونه آکاسیا (*A. salicinai*)، با ۸۱/۶۱ درصد در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل بهار و کمترین مقدار، مربوط به گونه اوکالیپتوس (*E. camaldonensis*) با ۱۲/۲۶ درصد در عرصه بدون پخش سیلاب در فصل پاییز بود. بطوری که تفاوت این دو گونه، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (شکل ۳). درصد کلونیزاسیون ریشه در تمام گونه‌های مورد بررسی، براساس دسته‌بندی جیووانتی و موسه (۲۰)، کلونیزاسیون آکاسیا در دسته خیلی زیاد (بیشتر از ۸۰ درصد) و کلونیزاسیون اوکالیپتوس در دسته خیلی کم (۱-۱۹ درصد) قرار می‌گیرد. این نتیجه با نتیجه پژوهش لوییس و لیم (۳۲) هم‌راستا است.

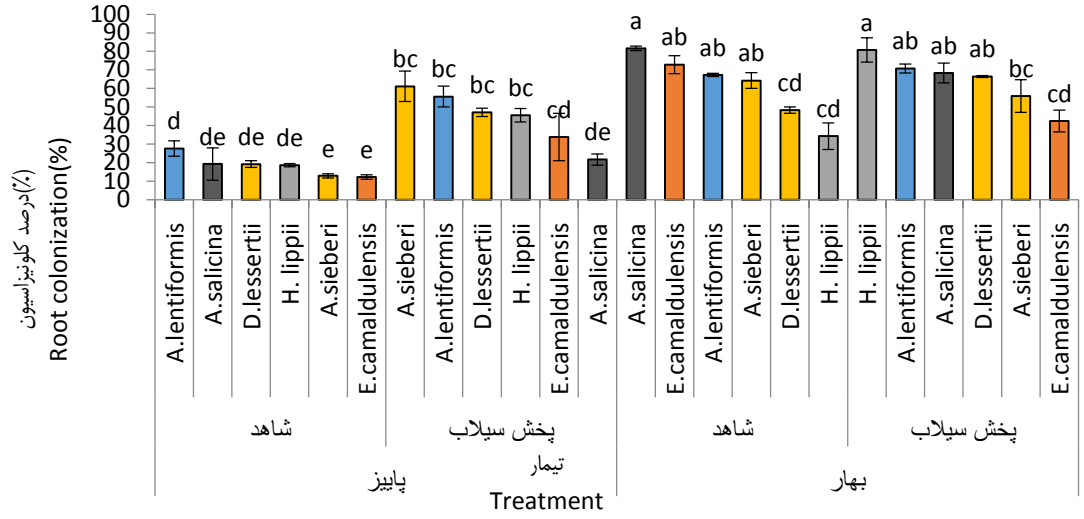
متینی‌زاده و همکاران (۳۴)، کلونیزاسیون ۶۵ تا ۷۵ درصد در ریشه درختان ارس را در رویشگاه سیراچال گزارش کردند. بسرا و همکاران (۸)، درصد کلونیزاسیون ریشه را در گیاه *Atriplex patagonica* خیلی کم (۵-۳۱ درصد)، در گیاه *S. divaricata* کم (۲-۳۷ درصد)، در گیاه *H. ritteriana* خیلی کم (۰-۴۵ درصد) و در گیاه *Atriplex argentina* متوسط (۴-۵۰ درصد) گزارش کردند.

پژوهش سیواکومار (۵۴) نشان داد میانگین تراکم اسپورها از ۱۱۹ تا ۵۸۳ در هر ۱۰۰ گرم خاک و میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه از ۶۰ تا ۸۹ درصد متغیر بود و بیشترین درصد کلونیزاسیون در تابستان و کمترین درصد کلونیزاسیون در زمستان مشاهده شد.

چندین توضیح برای تنوع فصلی در کلونیزاسیون ریشه وجود دارد، از جمله ترشح متابولیت‌های سمی (۲۹) و تولید ترکیباتی که به راحتی قابل اکسایش هستند. اگرچه این عوامل نقش تعیین کننده‌ای در کلونیزاسیون ریشه دارند، چندین عامل خاکی و اقلیمی نیز ممکن است بر این روند تأثیر بگذارند (۲۱). همچنین گزارش شده است که جمعیت قارچ‌های میکوریز می‌تواند تعیین کننده ارتباط و تولید جامعه گیاه میزبان باشد (۵۹).

بیور (۹) نشان داد که هر اندوفیت بطور کاملاً متفاوتی در گیاهان میزبان مختلف تکثیر می‌شود و نسبت کلونیزاسیون ریشه با گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز متفاوت است. میزان کلونیزاسیون ریشه و تراکم اسپور قارچ‌های میکوریز در بین خانواده‌های مختلف گیاهی متفاوت است. با توجه به این موضوع که ریشه برخی گیاهان دارای تارهای مویین کمی است و از آنجا که کلونیزاسیون ریشه از طریق همین ریشه‌های مویین، صورت می‌گیرد، کم بودن درصد کلونیزاسیون ریشه را می‌توان به این موضوع نسبت داد (۳۹).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]



شکل ۳- درصد کلونیزاسیون ریشه گونه‌های مختلف در عرصه‌های پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب در دو فصل پاییز و بهار (F value=121.7***). حروف کوچک مختلف تفاوت‌های معنی‌دار را نشان می‌دهد (Duncan، p<0.05).

Figure 3. The percentage of root colonization of different species in the fields with and without spate irrigation in autumn and spring (F value=121.7***). Different lowercase letters indicate significant differences (Duncan, p< 0.05).

گونه‌های همزیست شناسایی شده

در این پژوهش، ۲۱ گونه متعلق به ۹ جنس *Acaulospora*، *Claroideoglomus*، *Diversispora*، *Entrophospora*، *Funneliformis*، *Glomus*، *Rhizophagus*، *Scutellospora* و *Septoglomus* از طریق ویژگی‌های مربوط به رنگ اسپور و رنگ لایه‌های دیواره اسپور، شکل اسپور، دیواره اسپور، تعداد و ضخامت لایه‌های آن، نحوه اتصال هیف به اسپور، باز یا بسته بودن روزنه هیف در محل اتصال به اسپور و نحوه انسداد در صورت بسته بودن و نحوه اتصال و پیوستگی دیواره‌های هیف و اسپور شناسایی شدند.

فراوانی گونه‌ها

گونه *Septoglomus constrictum* با ۱۰۰/۰ درصد فراوانی، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد. گونه‌های *Glomus heterosporum* و *Rhizophagus aggregatum* با فراوانی ۵۰/۰ درصد در رده دوم و گونه‌های *Funneliformis mosseae*، *Glomus ambisporum*، *Glomus intraradices* و *Rhizophagus fasciculatus* با فراوانی ۳۳/۳ درصد در رده سوم قرار گرفتند (جدول ۱). گونه‌های جنس *Acaulospora*، *Claroideoglomus* و گونه‌های *Diversispora tortuosa*، *Entrophospora infrequens*، *Funneliformis geosporum*، *Glomus citricola*، *Glomus macrocarpon*، *Glomus microcarpum*، *Glomus verruculosum*، *Scutellospora reticulate* و *Septoglomus africanum* با ۱۶/۷ فراوانی، کمترین فراوانی را داشتند (جدول ۱). این نتیجه با نتایج پژوهش‌های متینی‌زاده و همکاران (۳۴)، ثابت جهرمی و همکاران (۴۹)، سیواکومار (۵۵) و سانتوز-گنزالس و همکاران (۵۱) در یک راستا است.

غنای میکوریزی

بیشترین تعداد گونه قارچ‌های میکوریز (۹ گونه) در ناحیه ریزوسفر آکاسیا با غنای میکوریزی معادل ۴۲/۸ درصد و بعد از آن، در ناحیه ریزوسفر آتریپلکس (*A. lentiformis*) (۷ گونه) با غنای میکوریزی معادل ۳۳/۳ درصد مشاهده گردید. کمترین تعداد گونه قارچ‌های میکوریز (۴ گونه) در ناحیه ریزوسفر اوکالیپتوس و هلیانتموم با غنای میکوریزی معادل ۱۹/۰ درصد مشاهده شد (شکل ۴ و جدول ۱).

با توجه به پژوهش‌های اولیه، گیاهان تیره اسفناجیان امکان تشکیل رابطه همزیستی با قارچ‌های میکوریز را نداشتند (۷)، ولی بعدها وجود ساختارهای میکوریزی در چند گونه از این تیره از جمله برخی گونه‌های جنس آتریپلکس گزارش شد (۲۶). به‌علت عدم وجود اندام آربسکول به‌عنوان محل تبادل میان قارچ همزیست و گیاه میزبان، بیان شده بود که این رابطه، رابطه‌ای دو طرفه نبوده و بصورت یک طرفه بوده است، هرچند ویلیامز و همکاران (۶۲) و پلنچت و دوپونیس (۴۴) نشان دادند که وجود وزیکول و هیف‌های قارچ میکوریز بدون وجود آربسکول باعث رشد و بقای گیاه آتریپلکس شده است. پژوهش‌های بعدی، وجود رابطه همزیستی قارچ‌های میکوریز با برخی از گیاهان خانواده اسفناجیان از جمله گیاه آتریپلکس را مورد تایید قرار دادند (۳،۴،۱۲،۱۳،۵۲).

نتیجه‌گیری کلی

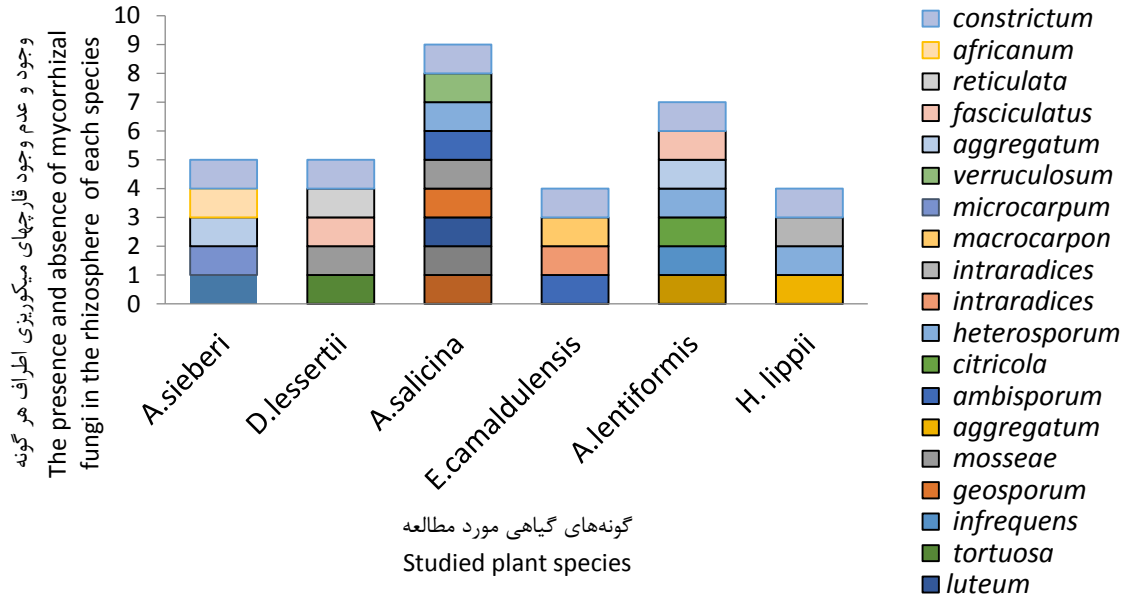
به‌عنوان نتیجه‌گیری می‌توان بیان کرد که شناسایی قارچ‌های میکوریزی فعال و موثر موجود در ریزوسفر گیاهان درختی و بوته‌های مرتعی مناطق خشک می‌تواند گامی اساسی برای استفاده از آن‌ها در تهیه مایه تلقیح (کود زیستی) بوده و در برنامه‌های احیای مراتع و جنگل‌ها از طریق بهبود استقرار نهال‌ها و کاهش تاثیر منفی تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی، موثر واقع شود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

جدول ۲- حضور گونه‌های میکوریز آربوسکولار اطراف ریزوسفر گونه‌های گیاهی در عرصه‌های با و بدون پخش سیلاب
Table 2. The presence of arbuscular mycorrhizal species around the rhizosphere of plant species in fields with and without flood spreading

❋Distribution Frequency (%)	*H. lippii*	*A. lentiformis*	*E. camaldulensis*	*A. salicina*	*D. lessertii*	*A. sieberi*	گونه میکوریز arbuscular mycorrhizal species
16.7	−	−	−	−	−	+	*Acaulospora colossica*
16.7	−	−	−	+	−	−	*A. denticulata*
16.7	−	−	−	+	−	−	*A. gedanensis*
16.7	−	+	−	−	−	−	*Claroideoglomus clarum*
16.7	−	−	−	+	−	−	*C. luteum*
16.7	−	−	−	−	+	−	*Diversispora tortuosa*
16.7	−	+	−	−	−	−	*Entrophospora infrequens*
16.7	−	−	−	+	−	−	*Funneliformis geosporum*
33.3	−	−	−	+	+	−	*F. mosseae*
33.3	−	−	+	+	−	−	*Glomus ambisporum*
16.7	−	+	−	−	−	−	*G. citricola*
50.0	+	+	−	+	−	−	*G. heterosporum*
33.3	+	−	+	−	−	−	*G. intraradices*
16.7	−	−	+	−	−	−	*G. macrocarpon*
16.7	−	−	−	−	−	+	*G. microcarpum*
16.7	−	−	−	+	−	−	*G. verruculosum*
50.0	+	+	−	−	−	+	*Rhizophagus aggregatum*
33.3	−	+	−	−	+	−	*R. fasciculatus*
16.7	−	−	−	−	+	−	*Scutellospora reticulata*
16.7	−	−	−	−	−	+	*Septoglomus africanum*
100.0	+	+	+	+	+	+	*S. constrictum*
	19.0	33.3	19.0	42.8	23.8	23.8	❋❋Species Richness (%)

+ : وجود قارچ میکوریز − : عدم وجود قارچ میکوریز ❋ : درصد فراوانی میکوریز ❋❋: درصد غنای گونه‌ای میکوری
+: The presence of mycorrhizal fungi -: The absence of mycorrhizal fungi *: The abundance percentage of mycorrhizal fungi
**: Richness percentage of mycorrhizal fungi



شکل ۴- تعداد گونه‌های میکوریز آربوسکولار در ناحیه ریزوسفر گیاهان مورد مطالعه
Figure 3. The number of arbuscular mycorrhizal species in the rhizosphere of the studied plants

تشکر و قدردانی

این مقاله، برگرفته از بخشی نتایج پروژه تحقیقاتی مشترک با عنوان "تأثیر پخش سیلاب بر همزیستی قارچهای میکوریزی آربسکولار و برخی شاخص‌های زیستی خاک در ایستگاه کوثر" با شماره مصوب ۹۹۰۶۳۸-۰۲۸-۲۹۰۹-۵۰-۳ در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است. به‌همین دلیل، نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی پژوهشکده و موسسه، نهایت سپاسگزاری خود را اعلام نمایند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

منابع

1. Abbott, L. and A. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. Agriculture, ecosystems & environment, 35: 121-150.
2. Alexander, M. 1983. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York.
3. Allen, M.F. 1983. Formation of vesiculararbuscular mycorrhizae in *Atriplexgardneri* (*Chenopodiaceae*): seasonal response in a cold desert. Mycologia, 75: 773-776.
۴. Allen, M.F. and E.B. Allen. 1990. Carbon source of VA mycorrhizal fungi with *Chenopodiaceae* from a semi-arid shrub steppe. Ecology, 71: 2019-2021.
5. Angelard, C., A. Colard, H. Niculita-Hirzel, D. Croll and I.R. Sanders. 2010. Segregation in a mycorrhizal fungus alters rice growth and symbiosis-specific gene transcription. Current Biology, 20: 1216-1221. Doi:10.1016/j. cub. 2010.05.031
۶. Alguacil, M.M., J.A. Hernandez, F. Caravaca, B. Portillo and A. Roldan. 2003. Antioxidant enzyme activities in shoots from three mycorrhizal shrub species afforested in a degraded semi-arid soil. Physiologia Plantarum, 118: 562-570.
7. Asai, T. 1934. Uber das vorkommen und die bedeutung der wurzelpize in den Landpflanzen. Journal of Japanese Botany, 5: 107-150.
8. Becerra, A., N. Bartoloni, N. Cofré, F. Soteras and M. Cabello. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils: vertical distribution at different soil depth. Brazilian Journal of Microbiology, 45(2): 585-594.
9. Bever, J. 2002. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. Plant and Soil, 244: 281-290.
10. Chandrasekaran, M., M. Chanratana, K. Kim, S. Seshadri and T. Sa. 2019. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis, water status, and gas exchange of plants under salt stress-A meta-analysis. Frontiers in Plant Science, 10: 1-10. Doi: 10.3389/fpls.2019.00457.
11. Cosme, M., E. Ramireddy, P. Franken, T. Schmülling, and S. Wurst. 2016. Shoot- and root-borne cytokinin influences arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 26: 709-720.
۱۲. De Barros Silva Leite, M.C., M.B.G. Dos Santos Freire, J.V.J. De Queiroz, L.C. Maia, G.P. Duda and E.V. De Medeiros.2020. Mycorrhizal *Atriplex nummularia* promote revegetation and shifts in microbial properties in saline Brazilian soil. Applied Soil Ecology, 153: 35-74.
13. Dhillion, S.S., P.E. Vidiella, L.E. Aguilera, S.E. Friesse, E. De Leon and J.C. Zak. 1995. Mycorrhizal plant and fungi in the fog free Pacific coastal desert of Chile. Mycorrhiza, 5: 381-386.
14. Engelmoer, D.J.P., J.E. Behm and E. Toby Kiers. 2014. Intense competition between arbuscular mycorrhizal mutualists in an in vitro root microbiome negatively affects total fungal abundance. Molecular Ecology, 23: 1584-1593. doi:10.1111/mec.12451.
15. Evelin, H., T.S. Devi, S. Gupta and R. Kapoor. 2019. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal Symbiosis: Current Understanding and New Challenges. Front. Plant Sci., 10: 1-21. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470.
16. French, K.E. 2017. Engineering Mycorrhizal symbioses to alter plant metabolism and improve crop health. Front. Microbiology, 8: 1-8. Doi: 10.3389/fmicb.2017.01403.
17. Gavito, M., P. Curtis and I. Jakobsen. 2001. Neither mycorrhizal inoculation nor atmospheric CO_2 concentration has strong effects on pea root production and root loss. New Phytologist, 149(2): 283-290.
18. Gemma, J.N. and R.E. Koske. 1988. Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in mycorrhizal inoculum potential of a dune soil. Mycologia, 80: 211-216.
19. Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1968. Spores of mycorrhizal endogone species extracted for soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological society, 46: 235-244.
20. Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489-500.
21. Giovannetti, M. 1985. Seasonal variation of vesicular-arbuscular mycorrhizas and endogonaceous spores in a maritime and sand dune, Transactions of the British Mycological Society, 84(4): 679-684.
22. Ghahari, G.R. 2019. Vegetation monitoring of Kowsar research aquifer management station. Annual report of research project. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 55 p (In Persian).
23. Giri, B., R. Kapoor and K.G. Mukerji. 2007. Improved tolerance of *Acacia nilotica* artly related to elevated K^+/Na^+ ratios in root and shoot tissues. Microbial Ecology, 54: 753-760.
24. Hayman, D.S. 1981. Mycorrhiza and its significance in horticulture. The Plantsman, 2: 214-224.
25. Hayman, D.S. 1983. The physiology of vesicular–arbuscular endomycorrhizal symbiosis. Can. J. Bot. 61: 944-961.
26. Hirrel, M.C., H. Mehravaran and J.W. Gerdemann. 1978. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in the *Chenopodiaceae* and *Cruciferae*: do they occur? Canadian Journal of Botany, 56: 2813-2817.
27. Jansa, J., F.A. Smith and S.E. Smith. 2008. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? New Phytologist, 177: 779-789. doi:10.1111/j.1469-8137.2007. 02294.x

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

۲۸. INVAM. 2012. International culture collection of arbuscular and VA mycorrhizal fungi. http://www.invam.caf.wvu.edu.
29. Iqbal, S.H. and K.S. Queorshi. 1986. The influence of mixed showing (cereals and crucifers) and crop rotation on the development of mycorrhiza and subsequent growth of crops under field conditions, Biologia, 22: 287-298.
30. Klironomos, J.N., P. Mouroglis, B. Kendrick and P. Widden. 1993. A Comparison of spatial heterogenecity of VAM fungi in two maple-forest soil. Canadian Journal of Botany, 71: 1472-1480.
31. Li, T., Y.J. Hu, Z.P. Hao, H. Li, Y.S. Wang, and B.D. Chen. 2013. First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. New Phytol. 197: 617-630. Doi: 10.1111/nph.12011.
32. Louis, L. and G. Lim. 1987. Spore density and root colonization of vesicular arbuscular mycorrhizas in tropical soil. Transactions of the British mycological Society, 88: 207-212.
33. Maherali H. and J.N. Klironomos 2007. Influence of phylogeny on fungal community assembly and ecosystem functioning. Science, 316: 1746-1748. doi:10.1126/science.1141412.
34. Matinizadeh, M., S. Ali Ahmad Korori, M. Khoshnevis and M. Teimouri. 2006. Identification and abundance of mycorrhizal fungi symbiosis with *Juniperus excels*. Forest and Poplar Research, 13(4): 401-385 (In Persian).
35. Mirzaei, J., S. Dostcami and M. Moradi, 2018. Identification of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plant species in the Manesht and Ghalarang protected area. Forest and Wood Products, 70(4): 549-557 (In Persian).
36. Mohammadi, M. and F. Rejali, 2020. Effect of mychorhizal symbiosis on growth properties and colonization of common Almond rootstock at water deficit conditions. Journal of Soil Biology, 9(1): 15-29 (In Persian).
37. Morton, J.B., and D. Redecker. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia, 93:181-195, doi: 10.2307/3761615.
38. Mu, D., N. Du and J.J. Zwiazek. 2021. Inoculation with Ericoid Mycorrhizal Associations Alleviates Drought Stress in Lowland and Upland Velvetleaf Blueberry (Vaccinium myrtilloides) Seedlings. Plants, 10, 2786. https://doi.org/10.3390/plants10122786.
39. Noshad, M.H., E. Chavoshi, M.R. Mosaddeghi, V. Dorostkar and F. Hosseini. 2021. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis with *Haloxylon ammodendron* and *Atriplex canescens* on Soil Available Water and Glomalin Concentration under Drought and Salinity Stresses. Journal of Soil and Plant Interactions, 12(4): 109-126 (In Persian).
40. Nouri, E., A. Moshki, M. Matinizadeh, A. Zolfaghari and S. Rajaei. 2018. Symbiosis relationship between some arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and Salsola laricina and its effect on improving plant growth parameters. Rostaniha, 19(2): 130-137.
41. Oehl, F., G.A. Silva, B.T. Goto and E. Sieverding. 2011. Glomeromycota: Three new genera and glomoid species reorganized. Mycotaxon, 116: 75-120.
42. Olrovich, D.A. and A.E. Ashford. 1993. Polyphosphate granules are artifact of specimen preparation in the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. Protoplasma, 173: 91-102.
43. Phillips, J.M. and J.M. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots by staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British mycological Society, 55: 158-160.
44. Plenchette, C. and R. Dupponois. 2005. Growth response of the salt brush *Atriplex numularia* L. to inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. Journal of Arid Environments, 61: 535-540.
45. Pozo, M.J. and C. Azcon-Aguilar. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Curr. Opin. Plant Biol., 10: 393-398. Doi: 10.1016/j.pbi.2007.05.004.
46. Ramak, P., M. Matinizadeh, M. Mehrnia and R. Siahmansour. 2018. The reaction of six medicinal plant species with arbuscular mycorrhizal fungi during spring and autumn in Noujian Watershed (Lorestan province). Plant Ecophysiology, 10(35): 198-211 (In Persian).
47. Redecker, D., A. Schüssler, H. Stockinger, S.L. Stürmer, J. B. Morton, and C. Walker. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). Mycorrhiza, 23(7): 515-31. Doi: 10.1007/s00572-013-0486-y.
48. Ruiz-Lozano, J.M. and R. Azcon. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Physiol Plantarum, 95: 472-478.
49. Sabet Jahromi, M., G. Salehi Jozani, M. Hosseini, S.M. Khayam Nekoei, and S. Akbari Vala. 2012. Isolation and identification of indigenous Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) symbiosis with crops in some Iran regions with drought conditions. Modares Journal of Biotechnology, 3(1): 1-13 (In Persian).
50. Santander, C., R. Aroca, J. Manuel Ruiz-Lozano, J. Olave, P. Cartes, F. Borie and P. Cornejo. 2017. Arbuscular mycorrhiza effects on plant performance under osmotic stress. Mycorrhiza, 7(27): 639-657. Doi: 10.1007/s00572-017-0784-x.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

51. Santos-Gonza´lez, J.C., R.F. Finlay and A. Tehler. 2007. Seasonal Dynamics of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Roots in Seminatural Grassland. Applied and Environmental Microbiology, 73(17): 5613-5623.
52. Sengupta, A. and S. Chaudhuri. 1990. Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in pioneer salt marsh plants of the Ganges River delta in West Bengal (India), Plant and Soil, 122: 111-113.
53. Sharifi, M., M. Ghorbanli and H. Ebrahimzadeh. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology 164: 1144-1151.
54. St. John, T.V., and D.C. Coleman, 1983. The role of mycorrhizae in plant ecology. Can J. Bot., 61:1005-1014.
55. Sivakumar, N. 2013. Effect of edaphic factors and seasonal variation on spore density and root coloniz ation of arbusc ular mycorrhizal fungi in sugarcane fields. Ann. Microbiol., 63: 151-160. DOI 10.1007/s13213-012-0455-2
56. Smith, S.E. and D.J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis, 3rd ed. Academic Press, London, United Kingdom.
57. Sylvia, D.M. 1986. Spatial and temporal distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in Florida foredunes. Mycologia, 78: 728-734.
58. Yurkov, A., S. Veselova, L. Jacobi, G. Stepanova, V. Yemelyanov, G. Kudoyarova, M. Shishova. 2017. The effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* on cytokinin content in a highly mycotrophic *Medicago lupulina* line under low phosphorus level in the soil. Plant soil environment, 63: 519-524. Doi: 10.17221/617/2017-PSE.
۵۹. Van Der Heijden, M.G.A., J.N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, A. Wiemken, and I.R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity, Nature, 396: 69–72.
60. Van der Heijden, M.G.A., F.M. Martin, M.A. Selosse, and I.R. Sanders. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytol 205: 1406-1423.
61. Verbruggen, E., M.G.A. Van Der Heijden, J.T. Weedon, G.A. Kowalchuk, and W.F.M. Roling. 2012. Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. Molecular Ecology, 21: 2341-2353.
62. Williams, S.E., A.G. Wollum and F.E. Aldon. 1974. Growth of *Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt. Improved by formation of vesicular arbuscular mycorrhizae. Soil Science Society of America Proceedings, 38: 962-965.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]

OPEN ACCESS

Investigating the Diversity, Abundance and Degree of Symbiosis of Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Trees and Pasture Plants in Kowsar Station

Mohammad Javad Rousta[1], Mohammad Matinizadeh[2], Elham Nouri[3], Mehrdad Zarafshar[4] and Maryam Enayati[5]

1- Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research,Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, (Corresponding author: m.roosta@areeo.ac.ir)
2- Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran
3- Research Expert (Ph.D. of Natural Resources), Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran
4- Natural Resources Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Fars, Iran
5- M.Sc. Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Received: 19 December, 2022 Accepted: 7 January, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Arbuscular mycorrhizal fungi, due to their very beneficial effects in the growth and development of plants through supplying the water needed by plants, especially in drought stress conditions and increasing their tolerance to salt stress and in general, helping the plant to overcome living and non-living tensions, they are the focus of many researchers. This research was conducted during 2020-2022 with the aim of investigating the effect of flood spreading, vegetation type on the abundance and diversity of mycorrhizal fungi in Kowsar Station.

Material and Methods: In spring and autumn, in different land covers, including planted *Eucalyptus* and *Acacia* forest, planted pasture with *Atriplex* bushes with 37 years old and natural pasture in two situations with flood spate irrigation and without spate irrigation. Three samples were prepared from roots less than 1 mm of trees and dominant plants (*Heliantemum*, *Dendrostellera*, and *Artemisia*) in the pasture and the rhizosphere soil up to a depth of 20 cm. After separating and staining the roots, their microscopic examination to determine the presence of symbiosis in the root tissue and to determine the extent of root colonization with mycorrhizal fungi and the extent of mycorrhizal symbiosis based on the extent of root contamination with structures of mycorrhiza was done. The soil passed through a 2 mm sieve was used to separate the spores, and the genus and species of mycorrhizal fungi were identified based on the morphology of the spores using identification keys and information available in scientific sources.

Results: The results showed that the spore density of mycorrhizal fungi in both sampling seasons was higher in areas with flood spreading than areas without flood spreading. The highest spore density in the field of flood spreading in the autumn season is related to *H. lippii* with the number of spores 50.20 per gram of soil and the lowest with the number of spores 18.80 per gram of soil related to this species in the field without flood spreading in spring. So that the difference between the two was statistically significant with Duncan's test at the 5% level. Also, in all land uses, spore density was higher in autumn than in spring. The highest percentage of root colonization or the percentage of symbiosis was related to *Acacia* with 61.81% in the field without flood spreading in spring season and the lowest value was related to *Eucalyptus* with 12.26% in the field without flood spreading in autumn season. In this research, 21 species belonging to 9 genera *Acaulospora*, *Claroideoglomus*, *Diversispora*, *Entrophospora*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Rhizophagus*, *Scutellospora* and *Septoglomus* were identified in with and without flood spreading areas. *Septoglomus constrictum* was the most abundant with 100.0% frequency. *Glomus heterosporum* and *Rhizophagus aggregatum* were in the second category with a frequency of 50.0% and *Funneliformis mosseae*, *Glomus ambisporum*, *Glomus intraradices* and *Rhizophagus fasciculatus* were in the third category with a frequency of 33.3%.

Conclusion: Considering the fact that the identification of mycorrhizal fungi in the rhizosphere of tree plants and pasture bushes in dry areas and their use can be a fundamental step to reduce the negative impact of various stresses, including drought stress, it is suggested the active and effective species of these fungi may be identified and propagated and used as inoculum (biofertilizer) to restore rangelands in these areas.

Keywords: Acacia, Eucalyptus, Gareh Bygone Plain of Fasa, Mycorrhizal symbiosis, Rangeland

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.14.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.159]