# میکوریز آربسکولار در کیکم (*Acer cinerascens*) در دو فصل بهار و پاییز و ارتباط آنها با برخی عناصر غذایی ضروری (مطالعهٔ موردی: بازفت، چهارمحال و بختیاری)

**توران فیضی کمره[۱]، محمد متینی‌زاده*[۲]، انوشیروان شیروانی[۳]، وحید اعتماد[۲] و مصطفی خوشنویس[۴]**

[۱]دانش‌آموختهٔ کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲]استادیار پژوهش بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

[۳]استادیار گروه جنگداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۴]مربی پژوهشی بخش جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

(تاریخ دریافت: ۸۹/ ۶/ ۵، تاریخ پذیرش: ۹۰ / ۴ / ۱۸)

## چکیده

قارچ‌های میکوریزی آربسکولار از جمله مهم‌ترین ریزموجودات خاکزی هستند و نقش بسیار مهمی در حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند. گیاهان مختلف به‌علت داشتن ویژگی‌های منحصر به‌فرد فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در ریشهٔ خود، همزیستی متفاوتی با این قارچ‌ها دارند. در این پژوهش برای بررسی رابطهٔ قارچ میکوریزی آربسکولار و برخی عناصر ریزوسفری و عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک، ۳۰ پایه کیکم در رویشگاه طبیعی آن در منطقهٔ بازفت در چهار محال و بختیاری انتخاب شدند. در دو فصل بهار و پاییز، از ریشه‌های کیکم و خاک اطراف آنها نمونه‌برداری شد. ابتدا اسپورهای قارچ‌های آربسکولار همزیست با گونهٔ کیکم (*Acer cinerascens*) به‌روش الک مرطوب و سانتریفوژ کردن با ساکارز، جداسازی و براساس صفات مورفولوژیکی چهار گونهٔ *Glomus* و یک گونهٔ *Acaulospora* تا حد جنس شناسایی شدند. همچنین برای تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه، با استفاده از محلول رنگی آنیلین‌بلو ۱ درصد، قطعاتی از ریشه‌ها رنگ‌آمیزی شدند. بین فراوانی اسپور و درصد کلنیزاسیون ریشه در بهار و پاییز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. درصد کلنیزاسیون ریشه با پتاسیم قابل جذب در فصل بهار همبستگی مثبتی نشان داد که ممکن است به دلیل تنش‌های فیزیولوژیکی مانند نزدیک شدن به دورهٔ بذردهی باشد که به افزایش کلنیزاسیون ریشه منجر شده است. بین نیتروژن کل و فسفر قابل جذب در فصل بهار و پاییز همبستگی معنی‌داری وجود نداشت.

**واژه‌های کلیدی:** همزیستی، قارچ‌های میکوریز آربسکولار، عناصر غذایی، کیکم.

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۲ ۴۰۷۲۵۳۰ Email: matini@rifr-ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه و هدف

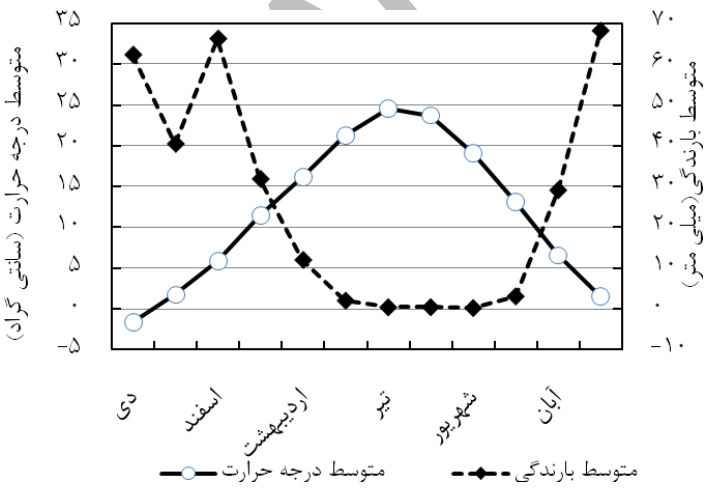
کیکم (*Acer cinerascens*)، یکی از گونه‌های مهم و باارزش گیاهی جنس افرا (*Acer*) است که در ناحیهٔ رویشی زاگرس رشد می‌کند. این گونه، بومی جنگل‌های غرب کشور است و جوامع جنگلی وسیعی را در ارتفاعات زاگرس به‌همراه گونه‌های مهم بنه، بادام، گلابی وحشی، بلوط و دیگر بوته‌های خشبی تشکیل می‌دهد (Khatamsaz, 1992). سالانه چندین میلیون هکتار جنگل در اکوسیستم‌های دست‌نخورده و طبیعی تخریب و نابود می‌شود. نابودی زیستگاه طبیعی جنگل‌ها، توانایی همزیستی میکروبی را با جامعهٔ گیاهی کاهش می‌دهد. آنها مؤلفه‌های مهم اکولوژیکی در کنترل چرخهٔ غذایی بیشتر گیاهان هستند. از دیدگاه تکامل، یکی از عوامل مؤثر بر گزینش طبیعی، توانایی موجودات زنده در بقای نسل تا تولید نسل بعدی است بر این اساس می‌توان میکوریز را به‌عنوان ساختاری زنده که در آن همزیستی قارچ و ریشه پدید می‌آید و به افزایش توان هر دو موجود منجر می‌شود، نام برد. یکی از مهم‌ترین گروه‌ها در این قارچ‌ها، میکوریز آربسکولار[1] است (Liu & Lianfeng, 2008). تبادل مواد غذایی در این قارچ‌ها، بین هیف‌ها[2] و سلول‌های ریشهٔ میزبان جریان دارد. قارچ‌های آربسکولار توانایی گیاهان را برای استقرار، مقاومت در برابر موقعیت‌های تنش‌زا شامل کمبود مواد غذایی، خشکی و رقابت افزایش می‌دهد. این تأثیرها از راه توسعهٔ شبکه‌های هیف به طول ۱۶۰ متر در هر گرم خاک ریزوسفر و تشکیل یک سیستم جذبی مکمل برای سیستم ریشهٔ گیاه میسر می‌شود (Degens *et al.*, 1994). در بسیاری از تحقیقات (Jeffries *et al.*, 2003; Al-Karaki, 2006; Cardoso & Kuyper, 2006; Göhre & Paszkowki, 2006; Gregory, 2006; Martin *et al.*, 2007; Cavagnaro, 2008) به تأثیرهای مفید قارچ‌های آربسکولار در جذب بیشتر عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، گوگرد، مس، بر و ... اشاره شده است. چندین محقق گونه‌های مختلفی از افرا را میکوریزی معرفی کرده‌اند (Klironomos *et al.*, 1993; Klironomos, 1995; Booth, 2004). اما دربارهٔ گونهٔ *Acer cinerascens* تاکنون گزارشی منتشر نشده است.

هدف از این پژوهش بررسی همزیستی میکوریز آربسکولار با گونهٔ کیکم در رویشگاه طبیعی آن و شدت حضور آنها در دو فصل مهم منطقه (خشک و مرطوب) و همبستگی آنها با سه عنصر غذایی مهم و ضروری (نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب) ریزوسفر گیاه است.

## مواد و روش‌ها

- استخراج و شناسایی قارچها

به‌منظور شناسایی و استخراج قارچهای میکوریز آربسکولار همزیست با ریشهٔ درختان *Acer cinerascens* در استان چهار محال و بختیاری، منطقهٔ بازفت با طول جغرافیایی ′۰۸ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ′۰۸ °۳۲ شمالی و ارتفاع ۲۲۷۲ متر از سطح دریا بررسی شد. ۳۰ پایه از درختان سالم و شاداب به‌طور انتخابی و در رده‌های سنی مختلف نشانه‌گذاری و از ریشه درختان و خاک پای آنها به‌صورت کاملا تصادفی، ۳۰ نمونه برداشت شد. نمونه‌های خاک به‌همراه ریشه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری هر درخت، در دو فصل بهار و پاییز تهیه شد (Bouamri *et al.*, 2006). پراکنش اندام‌های قارچ در فصول مختلف، تحت تأثیر تغییرات فصلی آب و هوا قرار می‌گیرند، بر این اساس، طبق منحنی آمبروترمیک منطقه، دو فصل عمدهٔ خشک (بهار) و مرطوب (پاییز) برای نمونه‌برداری انتخاب شد (شکل ۱).




شکل ۱- منحنی آمبروترمیک بر اساس آمار ده‌سالهٔ ایستگاه هواشناسی چهارمحال و بختیاری

1- Arbuscular mycorrhiza
2- Hypha

Archive of SID

www.SID.ir

برای استخراج اسپور[1] قارچ‌ها از روش الک مرطوب و سانتریفوژ کردن با ساکارز (Rajni & Mukerji, 2002) استفاده شد و سپس براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی اسپور، شامل رنگ، تعداد لایه‌ها، اندازهٔ لایه‌ها، قطر اسپور و طرح روی آن با میکروسکوپ Olympus مدل CH2 و بزرگنمایی x ۱۴۰۰ مشاهده و با استفاده از کلیدهای موجود (Morton & Redecker, 2001; Schenck & Perez, 1988) و اطلاعات سایت INVAM [2] شناسایی شد.

- رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، تعیین درصد آلودگی آنها و شمارش فراوانی اسپورها

ریشه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن پس از نمونه‌برداری رنگ‌آمیزی و در صورت نبود امکان سریع این آزمایش، در محلول تثبیت‌کننده نگهداری شدند. در هر نوبت ۲۰ قطعهٔ ۱ سانتی‌متری از ریشه‌های فرعی نازک با قطر حدود ۱ میلی‌متر که برای رنگ‌آمیزی بهترین شرایط را داشتند، جدا شد. نمونه‌ها با روش Phillips & Hayman, 1970 با استفاده از محلول رنگ آنیلین‌بلو ۱ درصد رنگ‌آمیزی شدند. سپس اندام‌های قارچ با میکروسکوپ Olympus مدل CH2 و بزرگنمایی x ۱۴۰۰ مشاهده شد. پنج طبقه بر اساس مقدار کلنیزاسیون[3] برای همزیستی میکوریزی تعریف شد (Giovanetti & Mosse, 1980). اگر کلنیزاسیون ۰ تا ۵ درصد باشد، همزیستی در طبقهٔ ۱ و به همین ترتیب کلنیزاسیون‌های ۶ تا ۲۵ درصد، ۲۶ تا ۵۰ درصد، ۱۵ تا ۷۵ درصد و ۷۶ تا ۱۰۰ درصد همزیستی میکوریزی، به‌ترتیب در طبقه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ قرار می‌گیرند. برای شمارش فراوانی اسپورهای قارچ از روش الک مرطوب و سانتریفوژ کردن با ساکارز استفاده شد (Rajni & Mukerji, 2002).

- تجزیهٔ شیمیایی و فیزیکی خاک

نمونه‌های هواخشک‌شدهٔ خاک برای هر کدام از ۳۰ نمونه از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شد و سپس بافت، pH، درصد مادهٔ آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم سنجش و بررسی شد. مواد آلی خاک به‌روش سرد (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن به روش کجلدال (Mulvaney & Kurtz, 1982)، فسفر با استفاده از رنگ‌سنجی (Olsen & Sommer, 1982) و پتاسیم قابل جذب با استات آمونیوم (Hanway & Heidel, 1952) سنجیده شد.

- تجزیه و تحلیل‌های آماری

آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام گرفت که برای مقایسهٔ درصد کلنیزاسیون در دو فصل از Paired-samples T-test استفاده شد.

## نتایج

- بررسی خواص فیزیکی - شیمیایی خاک

نتایج آزمایش‌های فیزیکی - شیمیایی خاک نشان داد که منطقه دارای بافت سیلت - رسی و pH قلیایی ۷/۹ است (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک رویشگاه کیکم در منطقهٔ بازفت

| فاکتور | pH | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) | بافت |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۷/۹ | ۲۸/۷ | ۵۱/۴ | ۱۹/۷ | Silt - Clay |

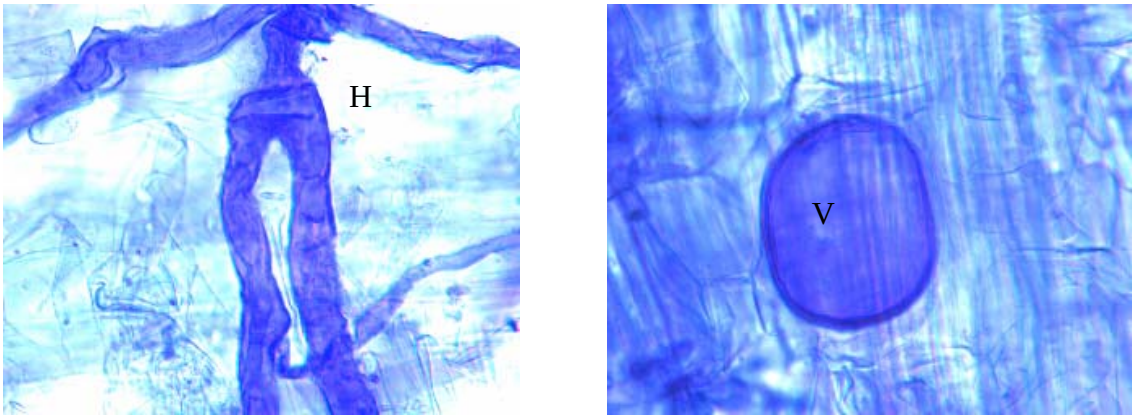
- شناسایی قارچ‌ها، تعیین فراوانی اسپور و درصد کلنیزاسیون ریشه در دو فصل بهار و پاییز

جنس‌های قارچ شناسایی‌شده درکیکم *Acaulospora* و *Glomus*بود که در جنس *Glomus* چهار گونه و در جنس *Acaulospora* نیز یک گونه *A.* sp.1 جدا شد. با رنگ‌آمیزی ریشه‌های گیاه کیکم در هر دو فصل بهار و پاییز، اندام‌های قارچ، وزیکول و هیف مشاهده شد (شکل ۲).

1- Spore
2- International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal
3- Colonization

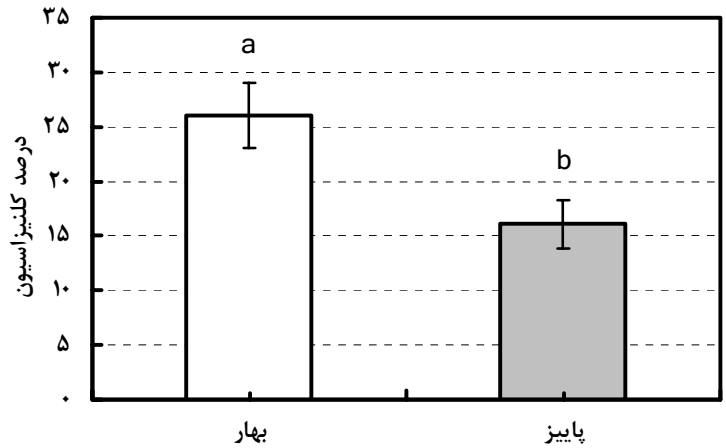
Archive of SID

www.SID.ir

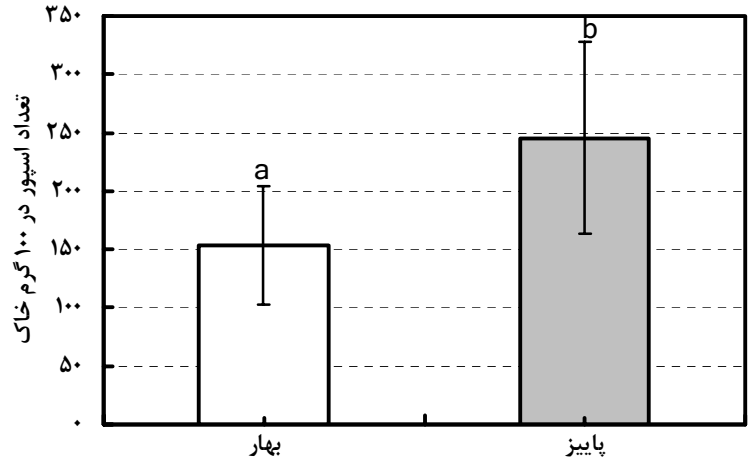



شکل ۲- اندام‌های هیف (H) و وزیکول (V) قارچ میکوریز آربسکولار درون ریشهٔ کیکم

این پژوهش نشان داد که درصد کلنیزاسیون ریشهٔ میکوریزی کیکم اندک است. این درصد در بین دو فصل بهار و پاییز تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ نشان داد. میانگین کلنیزاسیون ریشه ۲۲ درصد بود. بهار با ۲۶ درصد بیش‌ترین و پاییز با ۱۶ درصد کمترین مقدار کلنیزاسیون را داشتند (شکل ۳). میانگین تعداد کل اسپور در هر دو جنس شناسایی‌شده در ۱۰۰ گرم خاک گیاه کیکم در بهار، ۱۵۳ و در پاییز ۲۴۶ بود و تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در دو فصل مشاهده شد (شکل ۴). در هر دو فصل فراوانی جنس *Glomus* بیشتر از جنس *Acaulospora* بود.




شکل ۳- درصد کلنیزاسیون قارچ‌های آربسکولار در ۳۰ ریشهٔ کیکم در دو فصل بهار و پاییز




شکل ۴- فراوانی کل اسپورها در ریزوسفر ۳۰ پایهٔ کیکم در دو فصل بهار و پاییز

Archive of SID

www.SID.ir

- بررسی برخی عناصر غذایی خاک

تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد برای مادهٔ آلی خاک، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب تحت تأثیر فصل وجود داشت. میانگین درصد نیتروژن کل در بهار ۰/۳۹ و در پاییز ۰/۲۶ بود (جدول۲). میانگین فسفر قابل جذب در بهار (۱۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیشتر از پاییز (۱۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (جدول۲). در این تحقیق اختلاف معنی‌داری بین مقدار پتاسیم قابل جذب در فصل بهار و پاییز مشاهده نشد. مقدار پتاسیم قابل جذب ۲۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در پاییز و ۲۳۱ میلی‌گرم در یک کیلوگرم در بهار بوده است (جدول۲). میانگین درصد مادهٔ آلی در بهار ۳/۴ و در پاییز ۴/۲ بود (جدول۲).

جدول ۲- میانگین درصد نیتروژن کل، درصد مادهٔ آلی، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب در کیکم در دو فصل بهار و پاییز

| کیکم | مادهٔ آلی (٪) | پتاسیم قابل جذب (mg/Kg) | فسفر قابل جذب (mg/Kg) | نیتروژن کل (٪) |
|---|---|---|---|---|
| بهار | ۳/۴ | ۲۳۱ | ۱۴/۵ | ۰/۳۹ |
| پاییز | ۴/۲ | ۲۳۰ | ۱۱/۷ | ۰/۲۶ |
| T | -۶/۷** | Ns | ۹/۵** | ۹/۵** |

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، ns: بدون اختلاف معنی‌دار

- همبستگی عناصرغذایی ریشه با قارچ های میکوریزی آربسکولار

بین درصد کلنیزاسیون و فراوانی اسپور در فصل‌های بهار و پاییز همبستگی معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). همبستگی عناصر خاک با درصد کلنیزاسیون و فراوانی اسپور در دو فصل بهار و پاییز محاسبه شد. فقط بین پتاسیم قابل جذب و درصد کلنیزاسیون در فصل بهار همبستگی مثبتی دیده شد (جدول ۳).

جدول ۳- همبستگی عناصر خاک با کلنیزاسیون ریشه و فراوانی اسپور

| فصل | | کلنیزاسیون ریشه (٪) | مادهٔ آلی (٪) | پتاسیم قابل جذب (mg/Kg) | فسفر قابل جذب (mg/Kg) | نیتروژن کل (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بهار | فراوانی اسپور | -۰/۰۱۶ | ۰/۱۴۰ | -۰/۰۲۸ | ۰/۱۷۳ | -۰/۰۹۳ |
| | کلنیزاسیون | ۱ | -۰/۰۷۲ | *۰/۴۱۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۲۶ |
| پاییز | فراوانی اسپور | -۰/۳۲۱ | -۰/۳۰۸ | -۰/۲۷۱ | -۰/۱۳۱ | -۰/۱۹۹ |
| | کلنیزاسیون | ۱ | ۰/۱۳۱ | -۰/۰۱۷ | -۰/۰۹۸ | ۰/۰۵۵ |

*اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

**بحث**

تحقیقات، کاهش فعالیت قارچ‌های میکوریزی را در اکوسیستم‌های تخریب‌شده نشان داده است (Gianinazzi & Schuepp, 1994). از این نظر، بررسی وضعیت موجود میکوریزی خاک در ترمیم اکوسیستم‌های تخریب‌شده اهمیت فراوان اجرای این پژوهش را نشان می‌دهد. نتایج تحقیقات Smith *et al.* (1998) نشان داد که کلنیزاسیون ریشهٔ گیاه با قارچ‌های میکوریزی آربسکولار، استقرار و بقای گیاه را در شرایط سخت و دشوار خاک‌های خشک و نیمه‌خشک با عناصر غذایی اندک ممکن می‌کند. کیکم یکی از گونه‌های باارزش رویشگاه‌های نیمه‌خشک زاگرس محسوب می‌شود. در این پژوهش قارچ‌های همزیست با کیکم (*A. cinerascens*)، دو جنس *Glomus* و *Acaulospora* معرفی شده است. در تحقیقات Klironomos (1995), Klironomos *et al.* (1993) و Booth (2004) جنس

Archive of SID

www.SID.ir

*Glomus* بـرای *Acer* spp معرفـی شـده اسـت. همچنـین Yawney & Schultz (1990)، Cooke *et al*. (1993) و Klironomos (1995) بـر روی گونـهٔ *Acer saccharum* Marsh جـنس *Glomus* را معرفـی کردنـد. Moutoglis & Widden (1996) دو گونـه قـارچ از جـنس *Glomus* شامل *G. rubiforme* و *G.* sp. و یک گونه از جنس *Acaulospora* با عنوان *A.* sp. را برای گونهٔ *Acer saccharum* شناسایی کردند. Helgason *et al*. (2002) جنس *Glomus* را بـرای گونـهٔ *Acer pseudoplatanus* معرفـی کردنـد. Frankland & Harrison (1985) تلقـیح نهـال‌هـای *Acer pseudoplatanus* را با جنس *Glomus* بررسی کردند. از مقایسهٔ تحقیقات ذکرشده با یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که جنس *Acer* در منطقـهٔ بررسی‌شـده، تنـوع قارچی خوبی دارد.

آزمایش کلنیزاسـیون ریـشه نـشان داد کـه در فـصل بهـار بیشترین درصد کلنیزاسیون به‌وجود مـی‌آیـد کـه بـه‌دلیـل مساعد بـودن شـرایط خـاک، انـدام‌هـای قـارچ درون گیـاه به‌صورت اندام ذخیره‌ای وزیکول رؤیت می‌شود، اما در پاییز اندام قارچ بیشتر به‌صورت هیف دیده می‌شود. این نتایج بـا یافته‌های Sharda *et al*. (2010) همخوانی داشت. تحقیقات Smith & Smith (1990) حاکی از این بود کـه قـارچ‌هـای میکوریزی بیشترین اسپور را در فصل رشد تولید می‌کننـد. اما نتایج پژوهش حاضر، بیشترین تولید اسـپور را در پـاییز نشان داد. از آنجا که در شرایط تنش، تولید اسپور افـزایش می‌یابد و با توجه به اقلیم منطقه که از اواسط بهار تا اواسط پاییز، دورهٔ خشکی بـر رویـشگاه حـاکم مـی‌شـود، افـزایش اسپورها در پاییز طبیعی به‌نظر می‌رسد و یافته‌ها بـا نتـایج تحقیقات Hayman (1970)، Sutton & Barron (1972) و Rodríguez-Echeverri *et al*. (2008) مطابقـت مـی‌یابـد. تحقیقات زیادی، همبـستگی فـسفر قابـل جـذب و درصـد کلنیزاسیون را نشان داده‌اند و تا حدودی ثابت شـده اسـت که همبستگی مثبت یا منفی بین این دو مؤلفه وجـود دارد (Bohrer *et al*., 2004). اما نتایج تحقیق حاضـر نـشان داد که هیچ‌گونه همبستگی بـین فـسفر قابـل جـذب و درصـد کلنیزاسیون وجود ندارد که با یافته‌های Atti *et al*. (2008) همخوانی دارد. Lingfei *et al*. (2005) بـا تحقیقـات خـود نشان دادند که کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربـسکولار همبستگی منفی بـا نیتـروژن کـل، فـسفرکل، فـسفر قابـل جذب و مادهٔ آلی دارد، درحالی‌که همبـستگی مثبتـی را بـا pH خاک گزارش کـرده انـد. Karanika *et al*., (2008) در آزمـایش خـود نـشان دادنـد کـه کلنیزاسـیون قـارچ‌هـای میکوریزی آربسکولار همبستگی منفی با فسفر و همبستگی مثبتی با نیتروژن دارد. براساس برسی‌های شیمیایی خـاک تفاوت معنی‌داری بین پتاسیم قابل جذب در دو فصل وجود نداشت، اما ضریب همبستگی مثبتی بین همـین عامـل بـا درصد کلنیزاسیون در فصل بهار مشاهده شد، درحـالی کـه در دیگر عناصر تفاوت معنی‌داری بین فصل‌ها مشاهده شـد که شاید به‌دلیل تنش‌های فیزیولوژیکی مانند نزدیک شدن به دورهٔ بذردهی باشد و در نتیجه کلنیزاسـیون قـارچ‌هـای همزیست بیشتر شده است (Vinichuk *et al*., 2010).

این پژوهش، گام نخست در معرفی قارچ‌های همزیـست بـا کیکم است. امید است در آینده با ادامهٔ این تحقیقـات و بـا تولید نهـال‌هـای میکـوریزی کـیکم، امکـان توانمندسـازی نهال‌های این گونه و دیگر گونه‌های مهم و باارزش زاگـرس فراهم شود تا درصد زنـده‌مـانی آنهـا در زمـان اسـتقرار در عرصه افزایش یابد.

## منابع


Al-Karaki, G.N., 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water, *Scientia Horticulturae*, 109: 1-7.

Atti, T., C. Danny, H. Fabien, I. Lous, W. Andres & O. Fritz, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan Savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone, *Mycorrhiza*, 18: 181-195.

Bohrer, K.E., F. Carl, J. Friese & P. Amon, 2004. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in differing wetland habitats, *Mycorrhiza*, 14: 329-337.

Booth, M.G., 2004. Mycorrhizal networks mediate overstorey-understorey competition in a temperate forest, *Ecology Letters*, 7: 538-546.

Bouamri, R., Y. Dalpe, M.N. Serrhini & A. Bennani, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco, *African Journal of Biotechnology*, 5(6): 510-516.


Archive of SID

www.SID.ir

Cardoso, I.M. & T.W. Kuyper, 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116: 72-84.

Cavagnaro, T.R., 2008. The role of arbuscular mycorrhizas in improving plant zinc nutrition under low soil zinc concentrations, *Plant and Soil*, 304: 315-325.

Cooke, M.A., P. Widden & I. O'Halloran, 1993. Development of vesicular arbuscular mycorrhizae in sugar maple (*Acer saccharum*) and effects of base-action amendment on vesicle and arbuscule formation, *Canadian Journal of Botany*, 71: 1421-1426.

Degens, B.P., G.P. Sparling & L.K. Abbott, 1994. The contribution from hyphae, roots and to the aggregation of a sandy loam under long-term clover based and grass pastures, European organic carbon constituents, *Soil Science*, 45: 459-468.

Frankland, J.C. & A.F. Harrison, 1985. Mycorrhizal infection of *Betula pendula* and *Acer pseudoplatanus:* relationships with seedling growth and soil factors, *New Phytologist*, 101: 133-151.

Gianinazzi, S. & H. Schuepp, 1994. Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems, Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland, 117-131.

Giovanetti, M. & B. Mosse, 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytologist*, 84: 489-500.

Göhre, V. & U. Paszkowski, 2006. Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation, *Planta*, 223: 1115-1122.

Gregory, P.J., 2006. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science, *European Journal of Soil Science*, 57: 2-12.

Hanway, J.J. & H. Heidel, 1952. Soil analysis methods as used in Iowa state college, soil testing laboratory, *Iowa Agriculture Journal*, 54: 1-31.

Hayman, D.S., 1970. Endogone spore numbers in soil and vesicular arbuscular mycorrhizas in wheat as influenced by season and soil treatments, *Trans British Mycology Society Journal*, 54: 53-63.

Helgason, T., J.W. Merryweather, J. Denison & P. Wilson, 2002. Selectivity and functional diversity in arbescular mycorrhizas of co-occurring fungi and plants from temperate deciduous woodland, *Journal of Ecology*, 90: 371-384.

Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau & J.M. Barea, 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility, *Biology and Fertility of Soils*, 37: 1-16.

Karanika, E.D., O.K. Voulgari, A.P. Mamolos, D.A. Alifragis & D.S. Veresoglou, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi in northern Greece and influence of soil resources on their colonization, *Pedobiologia*, 51: 409-418.

Khatamsaz, M., 1992. Iran Flora, Rosaceae Family. Research Institute of Forests and Rangelands, 157pp.

Klironomos, J.N., P. Mouroglis, B. Kendrick & P. Widden, 1993. A Comparison of spatial heterogenecity of VAM fungi in two maple-forest soil, *Canadian Journal of Botany*, 71: 1472-1480.

Klironomos, J., 1995. Arbuscular mycorrhizae of *Acer saccharum* in different soil types, *Canadian Journal of Botany*, 73: 1824-1830.

Lingfei, L.I., A. Yang & Z. Zhao, 2005. Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China, *Microbiology Ecology*, 54: 367-373.

Liu, W. & D. Lianfeng, 2008. Interactions between Bt transgenic crops and arbuscular mycorrhizal fungi: A new urgent issue of soil ecology in agroecosystems, *Acta Agricultural Scandinavian section B., Soil and Plant Science*, 58: 187-192.

Martin, F., S. Perotto & P. Bonfante, 2007. Mycorrhizal fungi: A fungal community at the interface between soil and roots, In R. Pinton, Z. Varanini, and P. Nannipieri (Eds.), The rhizosphere: Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface, Marcel Dekker, New York, 201-236.

Morton, J.B. & 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.

Moutoglis, P. & P. Widden, 1996. Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in sugar maple (*Acer saccharum marsh. L.*) forests, *Mycorrhiza*, 6: 91-97.

Mulvaney, R.L. & L.T. Kurtz, 1982. A new method for determination of 15N-labeled nitrous oxide, *Soil Science Society of American Journal*, 46: 1178-1184.

Olsen, S.R. & L.E. Sommers, 1982. Phosphorus, In: Page. A.L (Ed). Methods of Soil Analysis. Part2. Chemical and Microbiological properties, Soil Science Society of America, Madison, 403-430.

Phillips, J.M. & J.M. Hayman, 1970. Improved procedures for clearing roots by staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *British Mycological Society*, 55: 158-160.

Archive of SID

www.SID.ir

Rajni, G. & K.G. Mukerji, 2002. Techniques for the isolation of VAM/AM fungi in soil. In: Mukerji, K.G, C. Manoharachary & B.P. Chaloma, (eds), Techniques in mycorrhizal studies, Kluwer. Academic Publishers, London, 1-6.

Rodríguez-Echeverrı, S., W.H. Gera Hol, H. Freitas, W.R. Eason & R. Cook, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi of *Ammophila arenaria* (L.) Link: Spore abundance and root colonization in six locations of the European coast, *European Journal of Soil Biology*, 44: 30-36.

Schenck, N.C. & Y. Perez, 1988. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi, *Synergistic Publications*, 34: 50-64.

Sharda, S.W., B.F. Rodrigues & P.K. Sharma, 2010. Symbiotic interactions between arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and male *papaya plants*: Its status, role and implications, *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(3): 2-6.

Smith, S.E. & F.A. Smith, 1990. Structure and function of the interfaces in biotrophic symbioses as they relate to nutrient transport, *New Phytologist*, 114: l-38.

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.

Sutton, J.C. & G.L. Barron, 1972. Population dynamics of *Endogone* spores in soil, *Canadian Journal of Botany*, 50: 1909-1914.

Vinichuk, M., A.F.S. Taylor, K. Rosén & K.J. Johanson, 2010. Accumulation of potassium, rubidium and caesium (133Cs and 137Cs) in various fractions of soil and fungi in a Swedish forest, *Science Total Environment*, 408: 2543-2548.

Walkley, A. & I.A. Black, 1934. An examination of the Degetiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Science*, 37: 29-38.

Yawney, W.J. & R.C. Schultz, 1990. Anatomy of a vesicular–arbuscular endomycorrhizal symbiosis between sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) and *Glomus etunicatum* Becker and Gerdemann, *New Phytologist*, 114: 47-57.

INVAM, http://www.invam.Caf.wvu.edu

Archive of SID

www.SID.ir

# Arbuscular mycorrhizal symbiosis of *Acer cinerascens* and effects of season variation on some rhizosphere (Case study: Bazoft, Chaharmahal-o-Bakhtiari)

**T. Feizi Kamareh[1], M. Matinizadeh[*2], A. Shirvany[3], V. Etemad[2] and M. Khoshnevis[4]**
[1]M.Sc. Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2]Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, I.R. Iran
[3]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[4]Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, I.R. Iran
(Received: 27 August 2010, Accepted: 9 July 2011)

**Abstract**
Arbuscular mycorrhizas fungi (AM) are the most important microorganisms of soil having an important role in soil fertility. The symbiosis rate between AM and plants are different based on specific physiological characteristics and morphological root characteristics. Thirty individuals of *Acer cinerascens* grown in natural habitats located at Bazoft, Chaharmahal-o-Bakhtiari, the western forests of Iran, were chosen. Roots were sampled during spring and autumn to find out the interactions between arbuscular mycorrhizal and soil elements. Arbuscular mycorrhizal fungi were isolated and characterized by wet sieve. Then roots were stained and colonization percentage was measured. Four species of *Glomus* and one species of *Acaulospora* were identified. Significant difference was found between arbuscular mycorrhizal colonization percentage and spore frequency in spring and autumn. Significant correlation was observed between colonization percentage and availability of potassium in spring.

**Key words:** Symbiosis, Arbuscular mycorrhizae fungi, Nutrient soil, *Acer cinerascens*.

Archive of SID

[*]Corresponding author Tel: +98 912 4072530 Email: matini@rifr-ac.ir
www.SID.ir