

تحلیل رابطه عوامل محیطی با درصد همزیستی و فراوانی اسپور قارچ‌های میکوریزی همزیست با درختان بادام در جنگل‌های زاگرس

جواد میرزایی^{۱*} و مهدی حیدری^۱

^۱ استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۴)

چکیده

این تحقیق با هدف تحلیل رابطه عوامل محیطی با درصد همزیستی و فراوانی اسپور قارچ‌های میکوریزی همزیست با درختان بادام اجرا شد. برای این منظور در منطقه مله روته در شهرستان دره‌شهر استان ایلام، درختان بادام به صورت تصادفی انتخاب و از ریزوسفر آنها نمونه‌هایی از خاک و ریشه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد. نتایج نشان داد که در این رویشگاه هفت گونه قارچ میکوریزی آربسکولار شامل *Glomus fasciculatum*، *G. intraradices*، *G. mosseae*، *G. claroideum*، *G. drummondii*، *G. caledonium* و *Gigaspora gigantea* با درختان بادام همزیستی دارند. براساس اطلاعات حضور و عدم حضور و با استفاده از تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) دو گروه تفکیک شدند که گونه‌های *G. fasciculatum* و *G. caledonium* در گروه اول و گونه‌های *G. mosseae*، *G. drummondii* و *Gi. gigantea* در گروه دوم، بیشترین مقادیر ارزش شاخص را به خود اختصاص دادند. همچنین در طول محورهای DCA (تجزیه و تحلیل تطبیقی غیرجهت‌دار) نیز دو گروه قارچ تشکیل شد. گروه اول بیانگر گرادیان رس و جرم مخصوص ظاهری بوده، درحالی‌که گروه دوم نشان‌دهنده گرادیان درصد شن، ماده آلی، نیتروژن کل، عمق لاشبرگ و منیزیم بود. نتایج همچنین نشان داد که درصد کلنیزاسیون ریشه و فراوانی اسپور با نیتروژن کل، ماده آلی، پتاسیم، عمق لاشبرگ و ارتفاع درخت همبستگی مثبت، و با درصد سیلت، فسفر و جرم مخصوص ظاهری همبستگی منفی داشت.

واژه‌های کلیدی: بادام، زاگرس، عوامل محیطی، قارچ میکوریزی آربسکولار.

مقدمه و هدف

میکوریز به همزیستی متقابل قارچ‌های موجود در خاک و ریشه گیاهان عالی گفته می‌شود (Smith and Read, 1997; Peterson *et al.*, 2004) که در آن، قارچ، آب، مواد غذایی، نیتروژن، فسفر و سایر عناصر معدنی را برای گیاه میزبان فراهم می‌کند و گیاه نیز کربوهیدرات را در اختیار قارچ قرار می‌دهد (Choi *et al.*, 2005). در حالت کلی دو نوع قارچ میکوریزی وجود دارد. دسته اول قارچ‌های اکتومیکوریزی‌اند که در سطح خارجی پوست ریشه گیاه، پوشش هیفی تشکیل می‌دهد. دسته دوم، قارچ‌های اندومیکوریز هستند که در بین و داخل سلول‌های ریشه گیاه میزبان قرار دارند (Quilambo, 2003). این دسته خود شامل وزیکولار آربسکولار^۱، اریکوئید^۲، آربوتوئید^۳، اکتندومیکوریز^۴، اورکیئدومیکوریز^۵ و مونوتروپید^۶ هستند (Peterson *et al.*, 2004). قارچ میکوریزی آربسکولار، متداول‌ترین شکل از همزیستی میکوریزی است که در تمامی جوامع گیاهی گسترش داشته و پراکنش جهانی دارد (Selvaraj and Chellappan, 2006). این قارچ‌ها با نهان‌دانگان، بازدانگان، نهان‌زادگان آوندی (سرخس‌ها) و خزها همزیستی برقرار می‌کنند (Smith and Read, 2008). این قارچ‌ها با گیاهان همزیستی اجباری دارند، به طوری که تنها در حضور گیاه میزبان مناسب، قادر به اسپورزایی و تکمیل دوره زندگی خود هستند و گیاه نیز از این همزیستی سود می‌برد، زیرا فسفر، عنصر بسیار ضروری در رشد و توسعه گیاه است (Selvaraj and Chellappan, 2006).

عوامل محیطی و غیرمحیطی زیادی بر شدت و نوع رابطه همزیستی قارچ با گیاه میزبان تأثیرگذارند

که از آن جمله می‌توان به نور، درجه حرارت، رطوبت، مقدار و نوع ماده آلی، اسیدیته، شوری، پوشش گیاهی، نوع خاک، عناصر معدنی و همچنین فون میکروبی اشاره کرد. برای مثال برخی محققان گزارش می‌کنند که همراه با کاهش نور، درصد کلنیزاسیون نیز کاهش می‌یابد (Gehring and Connell, 2006; Zhu *et al.*, 2001). علاوه بر این اسیدیته خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم بر قارچ‌های همزیست تأثیرگذار است. حساسیت قارچ‌های مختلف، به pH متفاوت است، با این حال اغلب قارچ‌های میکوریزی آربسکولار در pH‌های ۵/۵-۹/۵ فعالیت دارند (Carr, 1991). همچنین برخی محققان نشان دادند که همراه با افزایش شوری، درصد کلنیزاسیون نیز کاهش می‌یابد (Kumar and Ghose, 2008; Sheng *et al.*, 2008). علاوه بر این، پژوهش‌های زیادی در زمینه رابطه عوامل محیطی با قارچ‌های میکوریزی همزیست انجام گرفته است (Bhardwaj *et al.*, 1997; Palenzuela *et al.*, 2002; Bouamri *et al.*, 2006; قصریانی و همکاران ۱۳۸۶؛ حاجیان شهری و عباسی ۱۳۸۳؛ زارع و همکاران ۱۳۷۸). برای مثال، (Palenzuela *et al.*, 2002) با مطالعه قارچ‌های میکوریزی در مناطق مدیترانه‌ای نشان دادند که قارچ‌های میکوریزی همبستگی مثبتی با مواد آلی دارند. (Bhardwaj *et al.*, 1997) نیز با مطالعه اکوسیستم‌های طبیعی هاریانا در هند، ادعا کردند که فراوانی اسپور قارچ‌ها با فسفر کل همبستگی مثبت دارد، اما با فسفر قابل جذب همبستگی معنی‌داری ندارد. همچنین قصریانی و همکاران (۱۳۸۶) نیز با بررسی رابطه عوامل خاکی با پراکنش قارچ‌های میکوریزی در پارک ملی کویر به این نتیجه رسیدند که فراوانی قارچ‌ها با فسفر قابل جذب رابطه معکوس دارد. اما تاکنون رابطه عوامل محیطی با قارچ‌های میکوریزی همزیست با درختان بادام به خوبی بررسی نشده است. علاوه بر این در این تحقیق با استفاده از روش‌های گروه‌بندی سعی شده

¹ Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM)

² Ericoid

³ Arbutoid

⁴ Ectendomycorrhiza

⁵ Orchidomycorrhiza

⁶ Monotropoid

۸۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرون عبور داده شد و بعد از دو بار سانتریفوژ کردن به منظور شمارش اسپورها به داخل ظرف‌های مخصوص انتقال داده شد (Rashid et al., 1997).

شناسایی قارچ‌های میکوریز

برای شناسایی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار با استفاده از میکروسکوپ نوری کالیبره شده (مدل Olympus, BH2) ویژگی‌های مورفولوژیکی اسپور قارچ‌ها نظیر قطر اسپور، تعداد لایه‌های اسپور، ضخامت لایه‌های اسپور، تعداد لایه‌های هیف، ضخامت لایه‌های هیف، رنگ اسپور، رنگ لایه‌های اسپور، و شکل ایجادشده در محل اتصال ریشه به اسپور اندازه‌گیری شد. سپس برای شناسایی گونه‌ها از کلید شناسایی (Schenck and Perez 1989) و سایت‌های اینترنتی:

www.amf-phylogeny.com
<http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo>
<http://invam.caf.wvu.edu>

استفاده شد.

تعیین درصد همزیستی

برای تعیین درصد همزیستی قارچ‌های میکوریزی با ریشه بادام از روش (Phillips and Hayman 1970) استفاده شد. ابتدا ریشه‌ها شسته و به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شد و سپس در محلول پتاسیم ۱۰ درصد، در دمای ۹۰ درجه سلسیوس در حمام آب گرم به مدت دو ساعت قرار گرفت. بعد از این مرحله، ریشه‌ها با آب مقطر به خوبی شسته شد تا پتاس از آنها خارج شود. عمل سفید کردن ریشه با استفاده از محلول آب اکسیژنه انجام گرفت. سپس ریشه‌ها به منظور اسیدی شدن، ۳-۵ دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۱ درصد قرار داده شد و در نهایت رنگ‌آمیزی انجام گرفت. برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها در محلول ۵ درصد درصد آنیلین‌بلو در لاکتوفنل قرار داده شد و ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم در حال جوش قرار گرفت. سپس نسبت به رنگ‌بری ریشه‌ها توسط

است قارچ‌هایی را که از نظر شرایط اکولوژیکی شرایط مشابهی دارند، معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

این تحقیق در منطقه مله روتی شهرستان دره‌شهر در استان ایلام و در رویشگاه‌های بادام این منطقه اجرا شد. در این رویشگاه گونه بادام به همراه گونه‌های بلوط، زالزالک، کیکم و بنه مشاهده شود. متوسط بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد است. متوسط طول دوره خشک و مرطوب به ترتیب ۱۸۱ و ۱۸۴ روز است (آمار ایستگاه هواشناسی دره‌شهر).

نمونه‌برداری

برای اجرای این تحقیق، در داخل رویشگاه بادام (*Amygdalus scoparia*) طی دو فصل بهار و پاییز، به‌طور تصادفی در ریزوسفر درختان نمونه‌های خاک به همراه ریشه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد (Bouamri et al., 2006). نمونه‌های خاک در ظرف‌های پلی‌اتیلنی نگهداری و برای استخراج و شناسایی قارچ‌های همزیست، اندازه‌گیری فراوانی اسپور قارچ‌ها و اندازه‌گیری عناصر N، P، K، Ca، Mg، Na، اسیدیته، شوری، جرم مخصوص ظاهری، درصد رس، شن و سیلت به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین درصد کلنیزاسیون ریشه نیز اندازه‌گیری شد (Phillips and Hayman, 1970). علاوه بر این ویژگی‌های مورفولوژیکی هر درخت نیز یادداشت شد تا رابطه این پارامترها با فراوانی قارچ‌ها نیز بررسی شود.

جداسازی قارچ‌های میکوریز

برای استخراج هاگ قارچ‌ها از روش الک مرطوب و سانتریفوژ کردن با محلول ساکاروز ۶۰ درصد استفاده شد (Chellappan et al., 2002). برای این منظور ۱۰۰ گرم خاک پس از شست‌وشو از الک‌های ۲۶،

همگنی واریانس برای آنها صدق نکرد با استفاده از روش‌های معمول تغییر، تبدیل شدند. معنی‌دار بودن مقادیر ارزش شاخص نیز با استفاده از آزمون مونت کارلو^۱ ارزیابی شد (McCune and Mefford, 1999). بر این اساس، گونه‌ای که دارای بیشترین ارزش شاخص در یک گروه باشد، گونه شاخص آن گروه معرفی شد. محاسبه ارزش شاخص IV و ارزیابی معنی‌داری آن با استفاده از نرم افزار Pc-Ord for Win. Ver. 4.17 (McCune and Mefford, 1999) به عمل آمد. جهت گروه‌بندی نمونه‌ها بر اساس متغیرهای محیطی از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)^۲ استفاده شد. همچنین از تجزیه و تحلیل تطبیقی غیر جهت‌دار (DCA)^۳ و بر اساس داده‌های حضور و عدم حضور گونه‌های قارچ به منظور تعیین گرادیان اصلی این گونه‌ها استفاده شد.

نتایج

شناسایی قارچ‌ها

در این تحقیق هفت گونه قارچ میکوریزی متعلق به چهار جنس شناسایی شدند. قارچ‌های *G. fasciculatum* (*Rhizopagus fasciculatum*) و *Glomus intraradices* (*Rhizopagus intraradices*) از جنس *Rhizopagus* گونه‌های *G. caledonium* (*Funneliformis caledonium*)، *G. claroideum* (*F. claroideum*) و *G. mosseae* (*F. mosseae*) از جنس *Funneliformis*، گونه *G. drummondi* (*Claroideoglomus drummondi*) از جنس *Claroideoglomus* و گونه *Gi. gigantea* از جنس *Gigaspora* هستند. علاوه بر این گونه *G. mosseae* بیشترین و گونه *Gi. gigantea* کمترین همزیستی با گونه مذکور دارند.

لاکتوفنل اقدام شد. پس از آن، ریشه‌ها رنگ خود را از دست دادند و اندام‌های قارچی به رنگ آبی قابل مشاهده بودند. پس از این مرحله درصد کلنیزاسیون آنها تعیین شد.

تجزیه نمونه‌های خاک

نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌شناسی در هوای آزاد خشک و از الک‌های ۲ میلی‌متری عبور داده شد. جرم مخصوص ظاهری قبلاً به روش کلوخه اندازه‌گیری شد. دانه‌بندی خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک به وسیله دستگاه pH متر، شوری با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی سنج و برحسب واحد میلی‌موس بر سانتی‌متر، فسفر قابل جذب با دستگاه اسپکتروفتومتری بر حسب واحد ppm، کلسیم، منیزیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic absorption) و بر حسب واحد ppm، درصد نیتروژن به کمک دستگاه Kjeltect Distribution Unit و درصد ماده آلی به روش Walkley-Black به دست آمد (Kalra and Maynard, 1991).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق از آنالیز دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) به منظور تعیین گروه‌های قارچی استفاده شد. این روش، همزمان گونه‌های قارچ میکوریزی و قطعات نمونه را طبقه‌بندی کرده و در قالب یک جدول دو طرفه از ماتریس گونه-قطعه نمونه ارائه می‌دهد. طبقه‌بندی قطعات نمونه به شکل‌گیری گروه‌هایی با ترکیب گونه‌ای مشابه منجر می‌شود. استاندارد کردن داده‌های محیطی به منظور حذف اثر اریب در جهت متغیرهایی که دارای بیشترین واریانس هستند براساس مقادیر بیشینه هر یک از متغیرهای محیطی انجام گرفت (McCune and Mefford, 1999). نرمال بودن و همگن بودن مقادیر واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و لئون انجام گرفت. در این زمینه، متغیرهای محیطی که دو شرط نرمالیت و

¹ Monte Carlo

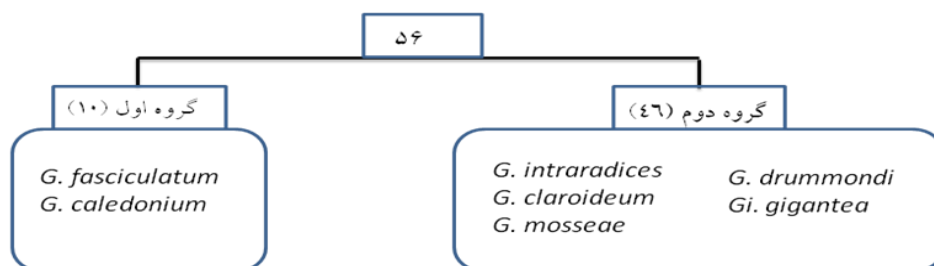
² Principle Component Analysis (PCA)

³ Detrended Correspondence Analysis (DCA)

بود (با تفاوت معنی‌دار آماری)، گونه شاخص آن گروه معرفی شد. بر این اساس گونه‌های *G. fasciculatum* و *G. caledonium* در گروه اول و گونه‌های *G. claroideum*، *G. mosseae*، *G. intraradices* و *G. drummondi* و *Gi. gigantea* در گروه دوم شاخص بودند (جدول ۱).

تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص و تعیین ارزش شاخص گونه‌ها

بر اساس نتایج تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) دو گروه از نمونه‌ها تشکیل شد. که گروه اول شامل ۴۶ نمونه و گروه دوم شامل ۱۰ نمونه بود (شکل ۱). معنی‌دار بودن مقادیر ارزش شاخص نیز با استفاده از آزمون مونت کارلو ارزیابی شد و گونه‌ای که دارای بیشترین ارزش شاخص در یک گروه



شکل ۱- نتایج گروه‌بندی قطعات نمونه با استفاده از آنالیز TWINSPAN و گونه‌های شاخص آنها

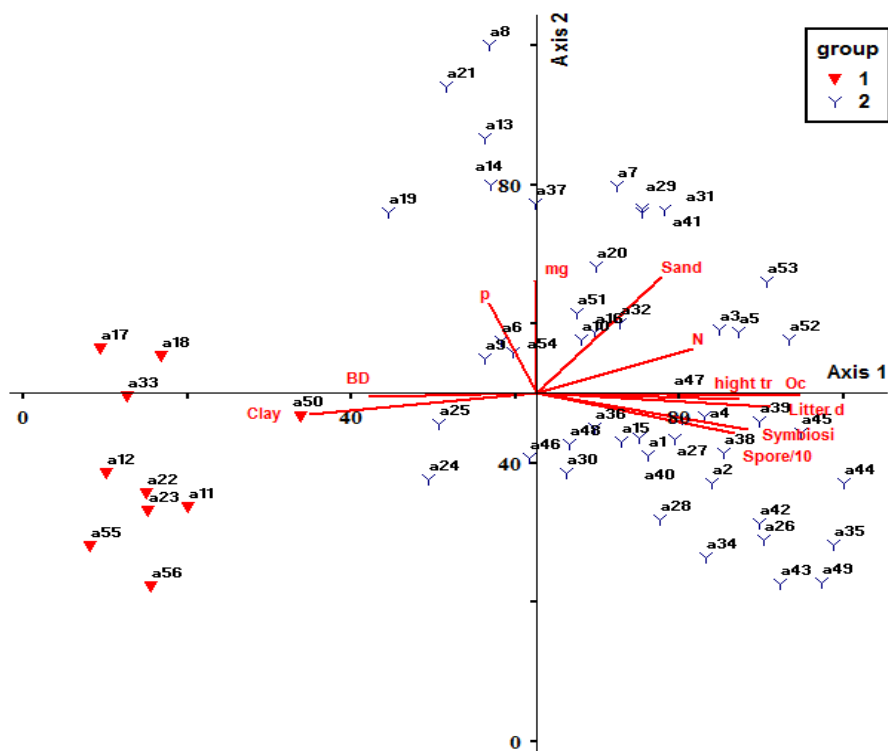
جدول ۱- مقادیر شاخص ویژه (IV) برای گونه‌های مختلف قارچ میکوریزی در هر گروه

اسم گونه بر اساس طبقه‌بندی جدید	گونه	مقادیر ویژه (IV)	گروه‌بندی بر اساس آنالیز TWINSPAN	سطح معنی‌داری
<i>Rhizophagus fasciculatum</i>	<i>G. fasciculatum</i>	۹۰	۱	۰/۰۰۱
<i>Funneliformis caledonium</i>	<i>G. caledonium</i>	۸۹	۱	۰/۰۰۱
<i>R. intraradices</i>	<i>G. intraradices</i>	۴۱	۲	۰/۰۰۲
<i>F. claroideum</i>	<i>G. claroideum</i>	۳۷	۲	۰/۰۰۱
<i>F. mosseae</i>	<i>G. mosseae</i>	۹۵	۲	۰/۰۰۲
<i>Claroideoglosum drummondi</i>	<i>G. drummondi</i>	۹۳	۲	۰/۰۰۰
<i>Gi. gigantean</i>	<i>Gi. gigantea</i>	۹۲	۲	۰/۰۰۱

در امتداد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم متمایز بودند. نتایج همبستگی متغیرها نیز نشان داد که مؤلفه اصلی اول با درصد همزیستی، تعداد اسپور، درصد شن، نیتروژن کل، ماده آلی و ارتفاع درختان بادام همبستگی مثبت و با جرم مخصوص ظاهری، فسفر کل و درصد رس همبستگی منفی دارد. مؤلفه دوم نیز با درصد شن، منیزیم و فسفر کل همبستگی مثبت دارد (جدول ۲، شکل ۲).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم با مقادیر ویژه $5/6$ و $1/7$ به ترتیب ۳۳ و $10/56$ درصد از تغییرات ویژگی‌های محیطی را توجیه می‌کنند. بر اساس این نتایج، دو گروه که بر مبنای اطلاعات حضور و عدم حضور قارچ‌های میکوریزی در نتیجه روش طبقه‌بندی TWINSPAN تفکیک شده بودند، در آنالیز PCA نیز



شکل ۲- پراکنش و گروه‌بندی قطعات نمونه در طول محورهای ۱ و ۲ PCA

جدول ۲- همبستگی متغیرهای اندازه‌گیری شده با محور ۱ و ۲ PCA

محور ۲	محور ۱	متغیرهای اندازه‌گیری شده
۰/۲۹ns	۰/۰۴ns	اسیدیته (1:1 H ₂ O)
۰/۱۹۵ns	۰/۲۲۵ns	پتاسیم کل (mg.kg ⁻¹)
-۰/۲۳۷ns	۰/۲۰۶ns	کلسیم (mg.kg ⁻¹)
۰/۹۰ **	-۰/۰۵ ns	منیزیم (mg.kg ⁻¹)
۰/۲۳ns	۰/۲۲ns	قابلیت هدایت الکتریکی (mmho.cm ⁻¹)
-۰/۲۱ns	۰/۲۶ ns	سیلت (درصد)
-۰/۲۴ns	-۰/۷۰ **	رس (درصد)
۰/۵۷ **	۰/۵۵ **	شن (درصد)
-۰/۰۷ns	-۰/۶۴ **	جرم مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³)
-۰/۰۸ ns	۰/۸۰ **	ماده آلی (درصد)
۰/۳۷ *	۰/۶۰ **	نیتروژن کل (درصد)
۰/۵ **	-۰/۳۴۲ *	فسفر کل (mg.kg ⁻¹)
-۰/۳۳۵ *	۰/۷۱ **	همزیستی (درصد)
-۰/۳۳۶ *	-۰/۶۹ **	تعداد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک
-۰/۱۹ns	۰/۷۰ **	عمق لاشبرگ (cm)
- ۰/۱۲۸ns	۰/۷۹ **	ارتفاع درخت بادام (متر)

** معنی‌دار در سطح ۵ درصد؛ *** معنی‌دار در سطح ۱ درصد؛ ns: نبود همبستگی معنی‌دار.

تجزیه و تحلیل تطبیقی غیرجهت دار (DCA)

در این تجزیه و تحلیل فقط داده‌های حضور و عدم حضور گونه‌های قارچ به منظور تعیین گرادیان اصلی این گونه‌ها استفاده شد. بدین منظور، محورهای اول و دوم به دلیل داشتن بیشترین مقدار ویژه مدنظر قرار گرفت. بر این اساس دو گروه در طول محورهای DCA تشکیل شد. گروه اول با محور ۱ همبستگی مثبت دارد و بیانگر گرادیان رس و جرم مخصوص ظاهری است. در این گروه گونه‌های *G. caledonium* و *G. fasciculatum* شاخص‌اند، در حالی که گروه دوم همبستگی منفی با محور ۱ دارد. این گروه با گونه‌های *G. intraradices*، *G. mosseae*، *G. claroidium* و *Gi. gigantea* و *G. drummondi* مشخص شده است و با درصد شن، ماده آلی، نیتروژن کل، عمق لاشبرگ، ارتفاع درخت بادام، تعداد اسپور،

درصد همزیستی و منیزیم همبستگی مثبت دارد (جدول ۳، شکل ۳).

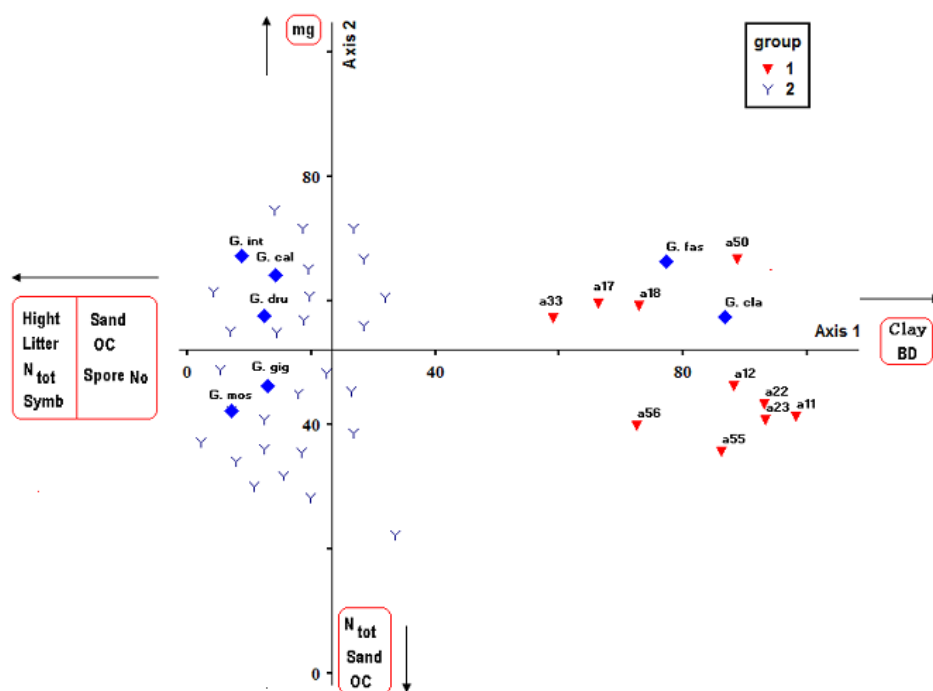
همبستگی بین عوامل محیطی، فراوانی اسپورها و درصد کلنیزاسیون

نتایج همبستگی نشان داد که فراوانی اسپورها با درصد همزیستی، درصد سیلت، نیتروژن کل، ماده آلی، عمق لاشبرگ و ارتفاع درخت همبستگی مثبت، و با درصد رس، فسفر کل و جرم مخصوص ظاهری همبستگی منفی دارد. از طرفی درصد همزیستی با فراوانی اسپور ماده آلی، پتاسیم، عمق لاشبرگ و ارتفاع درخت همبستگی مثبت، و با درصد رس، فسفر کل و جرم مخصوص ظاهری همبستگی منفی دارد (جدول ۴).

جدول ۳- همبستگی بین محورهای ۱ و ۲ DCA و متغیرهای محیطی

محور ۲	محور ۱	متغیرهای اندازه‌گیری شده
-۰/۰۵ns	-۰/۱۸ns	اسیدیته (1:1 H ₂ O)
-۰/۲۱ns	-۰/۲۸ns	پتاسیم کل (mg.kg ⁻¹)
۰/۱۹۷ns	-۰/۰۴ns	کلسیم (mg.kg ⁻¹)
۰/۸۰**	-۰/۰۴ns	منیزیم (mg.kg ⁻¹)
-۰/۱۰ns	-۰/۲۶ns	قابلیت هدایت الکتریکی (mmho.cm ⁻¹)
۰/۰۱ns	-۰/۲۹ns	سیلت (درصد)
۰/۱۶ns	۰/۶۲۲**	رس (درصد)
-۰/۴۱*	-۰/۴۹**	شن (درصد)
۰/۲۱ns	۰/۵۹**	جرم مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³)
-۰/۳۴**	-۰/۷۰**	ماده آلی (درصد)
-۰/۴۴*	-۰/۶۲۲**	نیتروژن کل (درصد)
-۰/۱۰۱ns	۰/۱۷۴ns	فسفر کل (mg.kg ⁻¹)
-۰/۰۸ns	-۰/۵۴**	همزیستی (درصد)
-۰/۱۶۱ns	-۰/۴۸**	تعداد اسپور در ۱۰۰ گرم خاک
-۰/۲۱ns	-۰/۵۶**	عمق لاشبرگ (cm)
-۰/۱۴۳ns	-۰/۵۰۳**	ارتفاع درخت بادام (متر)

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد؛ **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد؛ ns: نبود همبستگی معنی‌دار.



شکل ۳- رسته‌بندی قطعات نمونه حاصل از تحلیل تطبیقی متعارف و گونه‌های مختلف قارچی موجود در آنها

جدول ۴- همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده و فراوانی اسپورها و درصد کلینزاسیون جدول قبلی

درصد همزیستی	فراوانی اسپور	متغیرهای اندازه‌گیری شده
۰/۰۰۷ ns	۰/۰۳ ns	شوری
- ۰/۰۲ ns	۰/۱۲۰ ns	اسیدپته
- ۰/۳۹ **	- ۰/۳۸۱ **	درصد سیلت
- ۰/۱۹ ns	۰/۲۹۴ *	درصد سیلت
۰/۲۵۱	۰/۱۸۳ ns	درصد شن
۰/۲۵۱ *	۰/۲۸۹ *	نیتروژن کل
۰/۵۶۴ **	۰/۵۱۳ **	ماده آلی
۰/۲۷۱ *	۰/۱۴۹ ns	پتاسیم
۰/۱۸۰ ns	۰/۱۶۷ ns	کلسیم
- ۰/۲۸۳ *	- ۰/۲۸۶ *	فسفر کل
۰/۵۹۳ **	۰/۵۵۵ **	عمق لاشبرگ
- ۰/۴۲۰	- ۰/۳۵۱ **	جرم مخصوص ظاهری
- ۰/۱۲۹ ns	- ۰/۰۹ ns	منیزیم
۰/۴۲۰ **	۰/۴۵۱ **	ارتفاع درخت

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد؛ **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد؛ ns: نبود همبستگی معنی‌دار.

بحث

آلی همبستگی مثبت دارد. اما از طرفی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فراوانی هاگ‌ها با فسفر قابل جذب رابطه عکس دارد. در این راستا برخی محققان به نتایج مشابهی دست یافتند (Bouamri et al., 2006): قصریانی و همکاران، ۱۳۸۶ و حاجیان شهری و عباسی، (۱۳۸۳). (Bhardwaj et al. (1997). نیز ادعا کردند که فسفر کل با فراوانی اسپور همبستگی مثبت دارد، اما فسفر قابل جذب همبستگی معنی‌داری با فراوانی اسپور ندارد. (Kumar and Ghose (2008 نیز همبستگی منفی بین فسفر و غنای گونه‌ای را مشاهده کردند، اما برای فراوانی هاگ‌ها رابطه معنی‌داری مشاهده نکردند. رابطه منفی فراوانی اسپورها با فسفر قابل جذب احتمالاً به این دلیل است که در خاک‌هایی که از نظر فسفر قابل جذب محدود هستند، قارچ‌ها شروع به تکثیر کرده و اسپورزایی می‌کنند، تا بتوان از طریق جذب فسفر کمبود آن را در گیاه جبران کنند. نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققان هم‌راستا است (Safari, 2006; Mathur et al., 2007; Minggui et al., 2012; Ghorbani et al., 2012)؛ درحالی‌که در برخی از پژوهش‌ها همبستگی مثبت بین فسفر و تعداد اسپور مشاهده شد (Miller and Jackson, 1998; Ghorbani et al., 2012). علاوه بر این در این تحقیق مشخص شد که درصد همزیستی و فراوانی اسپور قارچ‌های میکوریزی با مواد آلی خاک همبستگی مثبت دارد؛ افزایش مواد آلی خاک، شرایط برای رشد قارچ‌ها مناسب می‌شود و اندام‌های رویشی قارچ رشد می‌کنند. در این حالت همراه با یک تنش محیطی مانند خشکی و سرما، قارچ شروع به تکثیر می‌کند و اسپورهای زیادی تولید می‌شود. در این راستا در برخی از پژوهش‌ها به همبستگی مثبت مواد آلی و قارچ‌های میکوریز اشاره شده است (Miller and Jackson, 1998; Palenzuela et al. 2002). Khade and Rodrigues (2008) نیز نشان دادند که فراوانی اسپور با مواد آلی خاک همبستگی مثبت دارد،

نتایج نشان داد در مجموع هفت گونه قارچ میکوریزی با درختان بادام در منطقه مله‌روته شهرستان دره‌شهر همزیستی دارند که گونه *Glomus mosseae* بیشترین و گونه *Gigaspora gigantea* کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. (Kavitha and Nelson (2013 نیز با مطالعه قارچ‌های میکوریزی همزیست با گونه *Helianthus annuus* نشان دادند که قارچ *G. mosseae* بیشترین همزیستی را با گونه مذکور دارد. از طرفی با توجه به نتایج گروه‌بندی قارچ‌های میکوریزی، دو گروه تفکیک‌پذیر از قارچ‌ها مشاهده شد. در گروه اول گونه‌های *G. caledonium* و *G. fasciculatum* با درصد رس و جرم مخصوص ظاهری همبستگی مثبت داشتند. همچنین گونه‌های *G. intraradices*، *G. mosseae*، *Gi. gigantea* و *G. drummondii*، *G. claroideum* در گروه دوم با درصد شن، ماده آلی، نیتروژن کل، عمق لاشبرگ، ارتفاع درخت بادام و منیزیم همبستگی مثبت داشتند.

نتایج آنالیز همبستگی و چندمتغیره نشان داد که درصد کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریزی با نیتروژن کل و عمق لاشبرگ همبستگی مثبت داشت. علاوه بر این تعداد اسپور قارچ‌های میکوریزی با درصد شن، ماده آلی، نیتروژن کل، عمق لاشبرگ، ارتفاع درخت بادام و منیزیم دارای همبستگی مثبت بود. به عبارت دیگر، با مناسب شدن شرایط محیطی، زمینه رشد و همزیستی قارچ‌های میکوریزی نیز فراهم شده است. (Bhat et al. (2011 با مطالعه قارچ‌های میکوریزی نشان داد که این قارچ‌ها با اسیدیته، هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و کربن همبستگی مثبت دارند. برخی محققان نیز نشان دادند که درصد کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریزی با نیتروژن همبستگی مثبت دارد (Miller and Jackson, 1998; Ghorbani et al., 2012). Minggui et al. (2012) نیز با بررسی قارچ‌های میکوریزی نشان دادند که فراوانی این قارچ‌ها با کربن

Bhat, N.H., A.B. Darzi, S.M. Dar, M.M. Ganaie, and S.H. Bakhshi, 2011. Correlation of soil physic-chemical factors with VAM fungi distribution under different agro-ecological conditions, *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2 (2): 98-107.

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

Carr, G.R., 1991. Use of zwitterionic hydrogen ion buffers in media for growth tests of *Glomus caledonium*, *Soil Biology Biochemistry*, 23: 205-206.

Chellappan, P., S.A. Christy, and A. Mahadevan, 2002. Multiplication of arbuscular mycorrhizal fungi on roots, in: Mukerji, K.G., Manoharachary, C., Chamola, B.P., (Eds.), *Techniques in mycorrhizal studies*, Kluwer, Dordrecht, 285-297.

Choi, D.S., A.M. Quoreshi, Y. Maruyama, H.O. Jin, and T. Koike, 2005. Effect of ectomycorrhizal infection on growth and photosynthetic of *Pinus densiflora* seedling grown under elevated CO₂ concentrations, *Photosynthetica*, 43 (2): 223-229.

Gehring, C.A., and J.H. Connell, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in the tree seedlings of two Australian rain forests: occurrence, colonization, and relationships with plant performance, *Mycorrhiza*, 16: 89-98.

Ghorbani, M., J. Khara, and N. Abbaspour, 2012. Vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses in some plants and their relationship with soil factors and seasons, *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3 (1): 590-594.

Kalra P., and D.G. Maynard, 1991. *Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis*. Information Report. NORX- 319 Forestry Canada, Edmonton.

Kavitha, T., and R. Nelson, 2013. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the rhizosphere of *Helianthus annuus* L., *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3 (7): 982-987.

اما این نتایج با یافته‌های حاجیان شهری و عباسی (۱۳۸۳) و زارع و همکاران (۱۳۷۸) همخوانی ندارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که بین عوامل محیطی و قارچ‌های میکوریزی همزیست با درختان بادام در جنگل‌های زاگرس همبستگی وجود دارد، به طوری که درصد همزیستی و فراوانی اسپور قارچ‌های میکوریزی همزیست با درختان بادام در زاگرس با ماده آلی، نیتروژن، پتاسیم و ضخامت لاشبرگ، همبستگی مثبت و با جرم مخصوص ظاهری، فسفر و درصد سیلت همبستگی منفی دارند. بنابراین می‌توان می‌گفت کاهش حاصلخیزی خاک‌های جنگلی تأثیر فراوانی بر قارچ‌های میکوریزی دارد. علاوه بر این مشخص شد که قارچ‌های همزیست با درختان بادام می‌توانند بیانگر گرادیان‌های محیطی باشند.

منابع

حاجیان شهری، محمد و مسعود عباسی، ۱۳۸۳. تغییرات جمعیت اسپور قارچی میکوریزوزیکولار-آربوسکولار در خاک جنگل‌های طبیعی پسته در استان خراسان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸: ۷۷-۸۵.

زارع مایون، حسن، صدیقه محمدی انارکی و محمدهادی زاد، ۱۳۷۸. بررسی میکوریزایی بنه (*Pistacia atlantica*) و برخی خصوصیات خاک بر فراوانی اسپور قارچ اندومایکوریزا، پژوهش و سازندگی، ۱۳ (۴): ۳۰-۳۲.

قصریانی، فرهنگ، حسن زارع مایوان و محمدرضا چایی‌چی، ۱۳۸۶. پراکنش پوشش گیاهان میکوریز در ارتباط با برخی از ویژگی‌های خاک در پارک ملی کویر، محیط‌شناسی، ۴۴: ۱۰۵-۱۱۶.

Bhardwaj, S., S.S. Dudeja, and A.L. Khurana, 1997. Distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the natural ecosystem, *Folia Microbial*, 42(6): 589-594.

- Khade, S.W., and B.F. Rodrigues, 2008. Ecology of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Carica papaya* L. in agro-based ecosystem of Goa, India, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8: 265-278.
- Kumar, T., and M. Ghose, 2008. Status of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Sundarbans of India in relation to tidal inundation and chemical properties of soil, *Wetlands Ecology and Management*, 16: 471-483.
- Mathur, N., J. Singh, S. Bohra, and A. Vyas, 2007. Arbuscular mycorrhizal status of medicinal halophytes in saline areas of Indian Thar desert, *International Journal of Soil Science*, 2: 119-127.
- McCune, B., and M.J. Mefford, 1999. PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4, MjM Software Design. Glenden Beach, Oregon, USA, 273 p.
- Minggui, G., M. Tang, Q. Zhang, and X. Feng, 2012. Effects of climatic and edaphic factors on arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Hippophae rhamnoides* in the Loess Plateau, China, *Acta Ecologica Sinica*, 32: 62-67.
- Miller, R.L., and L.E. Jackson, 1998. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors, *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 130: 173-182.
- Palenzuela, J., C. Azcon, D. Figuerola, F. Caravaca, A. Roldan, and J.M. Barea, 2002. Effects of mycorrhizal inoculation of shrubs from Mediterranean ecosystems and composted residue application on transplant performance and mycorrhizal development in a desertified soil, *Biol Fertile Soils*, 36: 170-175.
- Peterson, R.L., H.B. Massicotte, and L.H. Melville, 2004. Mycorrhizas: Anatomy and cell biology, NRC research press, 173 pp.
- Phillips, J.M., and D.S. Hayman, 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158-161.
- Quilambo, O.A., 2003. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis, *African Journal of Biotechnology*, 2(12): 539-546.
- Rashid, A., T. Ahmed, N. Ayub, and A.G. Khan, 1997. Effect of forest fire on number, viability and post-fire re-establishment of arbuscular mycorrhizal, *Mycorrhiza*, 7: 217-220.
- Safari, A.A., 2006. Relationships between land use and arbuscular mycorrhizal (AM) spore abundance in calcareous soils, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 4: 59-65.
- Selvaraj, T., and P. Chellappan, 2006. Arbuscular mycorrhizal: A diverse personality, *Central European Agriculture*, 7 (2): 349-358.
- Schenck, N.C., and Y. Perez, 1989. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications. 286 pp.
- Sheng, M., M. Tang, H. Chen, B. Yang, F. Zhang, and Y. Huang, 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress, *Mycorrhiza*, 18: 287-296.
- Smith, S.E., and D.J. Read, 1997. Mycorrhizal symbiosis, Academic Press, 587 pp.
- Zhu, Y.G., S.E. Smith, A.R. Barritt, and F.A. Smith, 2001. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars, *Plant and Soil*, 273: 249-255

Relationship between environmental factors, colonization and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Amygdalus scoparia* in Zagros forests

J. Mirzaei*¹, and M. Heydari¹

¹ Assistant Prof., Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, I. R. Iran.

(Received: 31 March 2014, Accepted: 23 February 2015)

Abstract

The main objective of this study was to evaluate the relationship between environmental factors and arbuscular mycorrhiza fungi (AMF). For this purpose, soil samples were randomly collected in the rhizosphere of almond trees (from 0-30 cm) in the Meleh-Ruteh region, Darehshahr city. There were 7 species of AMF including; *Glomus fasciculatum*, *G. intraradices*, *G. mosseae*, *G. claroideum*, *G. drummondi*, *G. caledonium* and *Gigaspora gigantea* in this region. Two-way indicator species analysis (TWINSPAN) distinguished two different groups that *G. fasciculatum* and *G. caledonium* were the indicator species of the first and *G. mosseae*, *G. drummondi* and *Gi. gigantea* were the indicator species of the second group. Also, DCA analysis showed that the first group had positive correlation with clay and bulk density, while the second group had positive correlation with sand, organic matter, total nitrogen, magnesium and litter depth. The results also showed that colonization and abundance of spores had positive correlation with total N, organic carbon, potassium, litter depth and tree height and negative with silt, phosphorus and bulk density.

Keywords: *Amygdalus scoparia*, Arbuscular mycorrhizal fungi, Environmental factors, Zagros.