تغییر فراوانی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و ارتباط آن با تنوع زیستی گیاهی در توده‌های مختلف جنگلی (مطالعه موردی؛ سری بینشکی- مازندران)

حمیدرضا سعیدی[1*]، مسلم اکبری‌نیا[1]، ابراهیم محمدی گل‌تپه[2]، سیدمحسن حسینی[1] و یونس رضایی‌دانش[3]

[1] نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ منابع طبیعی، گروه جنگلداری

[2] تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه گیاهپزشکی

[3] ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه گیاهپزشکی

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۲

چکیده

در این تحقیق، تغییر فراوانی قارچ میکوریزی آربوسکولار و میزان مشارکت گونه‌های گیاهی شاخص در ارتباط با شاخص‌های تنوع‌زیستی‌گیاهی در گروه‌های اکولوژیک مختلف بررسی شد. ترکیب گونه‌های گیاهی در ۵۳ قطعه نمونه چهارصد مترمربعی، در قالب یک شبکه سیستماتیک به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ مترمربع و در محدوده ارتفاعی ۴۰۰ تا ۱۷۰۰ متر بالاتر از سطح دریا ارزیابی شد. از شیوه تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص برای طبقه‌بندی قطعه‌های نمونه استفاده و در نهایت شش گروه اکولوژیک مختلف تعیین شد. شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی و غلبه برای هریک از قطعه‌های نمونه محاسبه شد. تحلیل داده‌های جامعه‌شناختی گیاهی نشان داد، شاخص‌های تنوع‌زیستی در گروه‌های اکولوژیک متفاوت است. جمعیت قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و میزان همزیستی گونه‌های گیاهی نیز در گروه‌های اکولوژیک متفاوت بوده و به‌صورت معنی‌داری با برخی شاخص‌های تنوع زیستی مرتبط است. ارتباط معنی‌داری بین فراوانی هاگ قارچ‌های میکوریزی و غنای گونه‌های گیاهی مشاهده نشد، اما تنوع و یکنواختی با افزایش جمعیت هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و میزان همزیستی گونه‌های گیاهی کاهش یافت. در مقابل، شاخص چیرگی بصورت مثبت و معنی‌دار با جمعیت هاگ و میزان همزیستی مرتبط است.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار، تنوع زیستی گیاهی، همزیستی میکوریزی آربوسکولار، گونه‌های گیاهی شاخص، گروه‌های اکولوژیک

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۹۲۵۷۳۸ ، پست الکترونیکی: hrsaeidi@gmail.com

مقدمه

سازوکارهای اکولوژیک بسیاری وجود دارند که بر تنوع زیستی گیاهی و ترکیب گونه‌ای جامعه‌های گیاهی اثرگذارند. سازوکارهایی که بسیاری از آنها ناشناخته مانده‌اند یا دانش ما درخصوص آن اندک است (۲۳ و ۴۱). شناسایی این مکانیسم‌ها در راستای حفظ و احیای تنوع اکوسیستم‌های طبیعی لازم است (۲۵). امروزه بخوبی می دانیم که حضور ارگانیسم‌هایی همچون علفخواران، عامل‌های بیماری‌زا و همزیست‌ها که با گونه‌های گیاهی برهمکنش دارند، بر همزیستی گونه‌های گیاهی اثرگذارند (۲۶). این عوامل زنده بهمراه سایر متغیرهای غیرزنده، ترکیب جامعه گیاهی را دستخوش تغییر می‌کنند (۲۷). دراین‌بین اثر قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار بر همزیستی گونه‌های گیاهی نادیده‌انگاشته شده‌است (۲۷). قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار، بعنوان گروه کوچکی از سلسله گلومرومیکوتا (Glomeromycota)(۳۹) یکی از اجزای مهم اکوسیستم‌های خشکی محسوب (۳۸) و در بسیاری از

جامعه‌های گیاهی یافت می‌شوند (۲۸). تخمین زده شد است که بیش از ۸۴ درصد گونه‌های گیاهی در این همزیستی شرکت می‌جویند (۳۴ و ۴۰). در این نوع همزیستی، مواد معدنی توسط قارچ جذب می‌شود و در اختیار گیاه میزبان قرار می‌گیرد و در مقابل، ترکیب‌های کربنی در اختیار قارچ قرارداده می‌شود (۱۹).

علاوه‌براین، بهبود رابطهٔ آبی و رشد گونهٔ گیاهی، توانایی گیاه میزبان برای مقابله با عامل‌های بیماری‌زا و تنش‌های محیطی (۱۰ و ۳۲) و تأثیر این همزیستی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (۲۴) ثابت شده است. تحقیق‌های چند سال اخیر نشان داده است که همزیستی میکوریزی آربوسکولار با اثر بر عامل‌هایی همچون تنوع گیاهی، ترکیب گونه‌ای و پویایی توالی، ساختار و عملکرد جامعه گیاهی را تغییر می‌دهد (۲۴). در سال ۱۹۹۸، van der Heiden و همکاران برنقش قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در حفظ تنوع‌زیستی اکوسیستم‌ها و بهبود عملکرد آن تأکید کردند. نتیجه چند تحقیق آزمایشگاهی، نشان داد که افزایش تدریجی تنوع‌زیستی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار (۲۵) و ترکیب‌های مختلف این گونه‌ها (۳۰) بر عملکرد گونه‌های گیاهی، ساختار جامعه گیاهی و عملکرد اکوسیستم‌ها اثرگذار است. این همزیستی ممکن است ترکیب گونه‌ای را بدون آنکه بر غنای آن اثرگذار باشد، تغییر دهد (۳۷) یا روند توالی را تحت تأثیر قرار دهد (۳۸).

جنگل‌های هیرکانی با تنوع ژنتیکی خاص از نظر تعداد گونه‌های چوبی و جامع‌های گیاهی بسیار غنی است و با داشتن شرایط متعدد محیطی، جامعه‌های جنگلی متنوعی را در خود جای داده است (۱). آن‌چنان‌که از سابقهٔ تحقیق برمی‌آید، مطالعهٔ پراکنده و اندکی، بویژه در اکوسیستم جنگل‌های هیرکانی صورت‌گرفته است. بعبارتی؛ دانش ما دربارهٔ این پدیده به شناخت نوع همزیستی در برخی گونه-های گیاهی (۴) محدود می‌شود. امیری و همکاران (۱۳۸۹) نیز به‌بررسی جامعهٔ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در توده‌های گونهٔ آزاد و تأثیر عامل تخریب رویشگاه بر فراوانی این نوع قارچ‌ها و همچنین جذب فسفر خاک توسط ریشه پرداختند. بررسی سابقهٔ تحقیق نشان می‌دهد، بسیاری از مطالعات انجام شده در گروه‌های اکولوژیک، تنها به تعیین میزان شاخص‌های تنوع زیستی پرداخته‌اند یا ارتباط این شاخص‌ها با متغیرهای فیزیوگرافی و خاک ارزیابی شده است(۵، ۸ و ۹). حال‌آنکه جوامع خاکزی از جمله قارچ های میکوریزی آربوسکولار بعنوان بخش بسیار مهم اکوسیستم‌های خشکی که با اغلب گونه های گیاهی در سطوح مختلف همزیست است، نادیده انگاشته می‌شود. این تحقیق درصدد است، تغییرات جمعیت قارچ-های میکوریزی آربوسکولار و میزان مشارکت گونه‌های گیاهی شاخص جامعه‌های جنگلی در همزیستی میکوریزی را مورد بررسی قرار دهد؛ درعین‌حال ارتباط این متغیرها با شاخص‌های تنوع‌زیستی را ارزیابی و تبیین کند.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: تحقیق حاضر در قطعه‌های ۱۳۵، ۱۳۴، ۱۳۳، ۱۲۹ و ۱۱۸ سری یک بینشکی، واقع در حوزه آبخیز ۳۰، در محدوده ارتفاعی ۴۰۰ تا ۱۷۰۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام شده است. این سری با مساحت ۲۵۸۹ هکتار از نظر اداری و استحفاظی در حوزه اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان رامسر واقع شده است و بخشی از جنگل‌های غرب حوزه مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری غرب مازندران- نوشهر را تشکیل می-دهد. منطقه تحقیق در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی قرار دارد. شیب عمومی آن رو به شمال و شمال‌شرق است. داده‌های هواشناسی (۱۳۴۹-۱۳۷۸) ایستگاه سینوپتیک فرودگاه رامسر، میزان متوسط بارندگی سالانه را ۱۰۳۷/۴۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه را ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد ثبت کرده

است. رطوبت نسبی به میزان ۸۳ درصد و دوره خشک به مدت یک ماه در تیرماه رخ می‌دهد (۳).

مطالعه پوشش گیاهی: برای بررسی پوشش گیاهی، در بخش‌های همگنی از تیپ‌های جنگلی موجود، ۵۳ قطعه نمونه به شیوهٔ تصادفی سیستماتیک در شبکه‌ای به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر برداشت‌شد. بدین منظور، با بررسی کتابچه طرح جنگلداری و جنگل‌گردشی با تکیه بر معیار فیزیونومیک (سیمای ظاهری)، تیپ‌های همگن تعیین شد. مساحت قطعه نمونه، مطابق با اندازه پیشنهادی برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق معتدله، ۴۰۰ مترمربع درنظرگرفته شد (۶). در هریک از واحدهای همگن تعدادی قطعهٔ نمونه پیاده و در هریک نوع گونه، تعداد و درصدپوشش درختان و درختچه‌ها (با اندازه‌گیری قطر بزرگ و کوچک تاج) یادداشت شد. در هریک از قطعه‌های نمونه بمنظور بررسی پوشش علفی در میکروپلات‌های یک مترمربعی، نوع گونه-های گیاهی و درصد پوشش هریک بر اساس معیار فراوانی- چیرگی بروان- بلانکه برآورد شد. لازم بذکر است، گونه‌های گیاهی که امکان شناسایی آن در طبیعت امکانپذیر نبود، نمونه برداری و در ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع نوشهر شناسایی‌گردید. برای تفکیک گروه‌های اکولوژیک از شیوه تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) استفاده شد.

شاخص‌های تنوع زیستی: در این تحقیق برای محاسبهٔ تنوع گونه‌ای، از شاخص‌های سیمپسون و شانون وینر استفاده شد. غنای گونه‌ای با شاخص‌های مارگالف و منهنیک، یکنواختی با شاخص پایلو و میزان چیرگی در هر قطعهٔ نمونه با استفاده از شاخص غلبه سیمپسون محاسبه شد.

شاخص‌های تنوع گونه‌ای: ۱. شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر (H)

$$H = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$$

که در آن H، شاخص تنوع شانون‌وینر و P_i، فراوانی نسبی افراد گونه i در نمونهٔ مورد نظر می‌باشد.

۲. شاخص سیمپسون $1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{s} P_i^2$

شاخص های غنای گونه‌ای

۱. شاخص مارگالف $R = \frac{S-1}{LnN}$

که در آن R، غنای گونه‌ای؛ S، تعداد گونه‌ها و LnN، لگاریتم طبیعی تعداد افراد است.

۲. شاخص منهنیک $R = \frac{S}{\sqrt{N}}$ که در آن R، غنای گونه-ای؛ S، تعداد گونه‌ها و N، تعداد افراد است.

شاخص یکنواختی

۱. شاخص یکنواختی پایلو (E1) $E1 = \frac{H}{\ln S}$

که در آن $E1$، یکنواختی؛ H، شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر و LnS، لگاریتم طبیعی تعداد گونه است.

شاخص چیرگی

۱. شاخص چیرگی سیمپسون $D_D = \sum_{i=1}^{s} (P_i)^2$

که در آن D_D، شاخص چیرگی و P_i، فراوانی نسبی افراد گونه i در نمونهٔ مورد نظر می‌باشد.

جداسازی و شمارش هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار: استخراج هاگ‌ها براساس روش الک مرطوب و گرادیان ساکارز ۶۰ درصد با استفاده از سانتریفیوژ انجام شد (۳۶). در این روش ابتدا نمونه‌های ۵۰ گرمی خاک با آب مقطر مخلوط و سوسپانسیون حاصل از یک سری الک (۴۲۵ تا ۴۵ میکرون) عبور داده شد. بعد از دو بار سانتریفیوژ، محلول رویی لولهٔ آزمایش که حاوی هاگ‌ها است، از الک ۴۵ میکرون عبور داده‌شد. هاگ‌ها با جریان آب بر روی کاغذ صافی منتقل و فراوانی آنها در ۵۰ گرم

خاک خشک با استفاده از استریومیکروسکوپ تعیین شد (۳۶).

تعیین میزان همزیستی میکوریزی آربوسکولار: در بررسی میزان همزیستی، از ریشهٔ گونه‌های گیاهی همزیست با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار استفاده شد. پس از شستن خاک اطراف نمونهٔ ریشه، آن‌را به قطعه‌های یک-سانتی‌متری تقسیم و به مدت ۴۸ ساعت در محلول ده-درصد KOH قرار داده شد. برای اسیدی شدن، ریشه‌ها در محلول یک‌درصد HCl و سپس به مدت دو تا سه روز در محلول تثبیت‌کننده اسیدفوشین نگهداری شده (۱۳) و پس از رنگ‌آمیزی، درصدهمزیستی با استفاده از روش تقاطع شبکه محاسبه‌شد (۱۴).

تحلیل داده‌ها: برای بررسی تفاوت شاخص‌های تنوع-زیستی درهریک از تیپ‌های رویشی از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد. پس از احراز معنی‌دار بودن تفاوت-ها، درصورت تبعیت از پراکنش نرمال و همگنی واریانس، برای مقایسه‌های چندگانه از آزمون Duncan استفاده شد. تبعیت از فرض پراکنش نرمال و همگنی واریانس با استفاده از آزمون‌های Shapiro-Wilk's و Leven's در سطح پنج‌درصد ارزیابی شد. براین‌اساس، همهٔ داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کردند.

بمنظور بررسی همبستگی بین پارامترهایی همچون جمعیت قارچ‌های AM و شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای آزمون همبستگی پیرسون بکارگرفته‌شد. بمنظور محاسبه شاخص-های تنوع زیستی از نرم‌افزار Past و سایر محاسبه‌های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج

طبقه‌بندی رویشگاه: در این تحقیق هجده گونهٔ درختی، شش گونهٔ درختچه‌ای، شصت‌وسه گونهٔ علفی و درمجموع هشتادوهفت گونهٔ گیاهی شناسایی شد. با استفاده از روش تحلیل دوطرفهٔ گونه‌های شاخص (TWINSPAN)، ۵۳ قطعه نمونه به شش گروه اکولوژیک، بشرح زیر، تفکیک شد (جدول ۱).

جدول ۱- توصیف گروه‌های اکولوژیک

گروه‌های اکولوژیک	تعداد قطعهٔ نمونه	ویژگی‌های گروه‌های اکولوژیک			گونه‌های گیاهی شاخص
		ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین شیب	میانگین تاج پوشش	
۱	۴	۵۸۰-۶۲۰	۳۵	۹۰	*Buxus hyrcana* P. *Hedra pustuchovii* W.
۲	۶	۶۰۰-۶۵۰	۲۵	۸۰	*Alnus subcordata* (L.), *Pterocarya fraxinifolia* (L.), *Microstegium vimenium* (T.), *Carex sp.*
۳	۱۲	۱۴۰۰-۱۷۰۰	۵۵	۸۵	*Fagus orientalis* Lipsky, *Fraxinus excelsior*, *Solanum kieseritzkii* C. A. M., *Mercurialis prennis* L. *Asperola odorata*
۴	۹	۱۰۰۰-۱۲۰۰	۴۵	۷۵	*Fagus orientalis* Lipsky, *Carpinus betulus* L., *Acer velotinum*, *Ruscus hyrcanus* L.
۵	۶	۹۰۰-۱۱۰۰	۱۵	۶۰	*Alnus subcordata* (L.), *Robus hirsuta*, *Euphorbia amygdaloides* L.
۶	۱۶	۵۰۰-۹۰۰	۳۰	۴۵	*Diosppyrus lotus* L., *Alnus subcordata* (L.), *Asplenium adiantum* L., *Oplismenus undulatifolius* P., *Brachypodium pinnatum* (L.),

گروه اول با گونهٔ درختی شاخص *Buxux hyrcana* P. بهمراه گونهٔ *Carpinus betulus* L. و گونهٔ علفی *Hedra pustuchovii* W.، در عرصه‌های میان‌بند و در حاشیه دره‌ها رویش دارند. درختان میانسال و کهنسال ممرز در آشکوب فوقانی حضور یافته و بعنوان حامی درختان شمشاد محسوب می‌گردد. گونهٔ شمشاد عرصه محدودی را به‌خود اختصاص داده است. زادآوری گونه‌های جنگلی و سایر گونه‌های درختچه‌ای و علفی در توده شمشاد ممرز به‌سختی صورت می‌گیرد. حضور گونه ممرز در راستای حفظ و تداوم سایه و بقای گونه شمشاد الزامی است.

در گروه دوم گونه‌های درختی لرگ *Pterocarya fraxinifolia* L. ، بعنوان گونه‌ای کمیاب و با پراکنش محدود، و توسکای ییلاقی *Alnus subcordata* L. در حاشیهٔ کم‌شیب رودخانه‌ها که سطح آب‌های زیرزمینی در آن بالاست، حضور دارند. شرایط نامطلوب چنین رویشگاهی از جمله آبگیر بودن، زمینه را برای رشد این دو گونه فراهم آورده است. حضور گونه‌هایی از *Carex* sp. و *Microstegium vimenium* چشمگیر است.

گروه سوم، معرف جامعهٔ راش خالص (*Fagetum orientalis*) در ارتفاع ۱۴۰۰تا ۱۷۰۰ از سطح دریا است. از جمله گونه‌های همراه راش می‌توان به گونهٔ ون (*Fraxinus excelsior*) اشاره کرد که در راشستان‌هایی با خاک کم‌عمق و در دامنه شمالی استقرار یافته و با تنه‌ای استوانه‌ای و ارتفاعی برتر از راش تا مراحل رویشی مسن و فرتوت پیش می‌رود. از جمله گونه‌های علفی شاخص می توان به *Solanum kiezeritzkii* اشاره کرد.

گروه چهارم، مبین جامعهٔ راش ممرزستان (*Carpino-Fagetum*) است که در ارتفاعی پایین‌تر از جامعهٔ راش خالص نمود می‌یابد. حضور افراپلت (*Acer velotinum*) بصورت انفرادی و گروه‌های کوچک و همچنین گونهٔ کوله‌خاس (*Ruscus hyrcanus*) شایان توجه است.

در گروه پنجم، گونهٔ شاخص توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* L.) در ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ متری از سطح دریا و در خاک‌عمیق و کاملاً مرطوب بارز است. بذر توسکای ییلاقی بدلیل سبکی با باد حمل شده و در مناطق دچار رانش مستقر شده است. در چنین مناطقی توسکای ییلاقی دارای تنه کاملاً استوانه‌ای و تاج متقارن است. با توجه به سرشت نورپسند این گونه، امکان استقرار گونه‌های علفی بویژه *Rubus hirtsuta* فراهم است.

گروه ششم با گونه‌های درختی خرمندی (*Diospyrus lotus* L.)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* L.) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) بهمراه تک‌پایه‌های لیلکی (*Gleditschia caspica*) در اطراف دامسراها، معرف عرصه‌های نیمه مخروبه جنگلی پایین‌بند است. این توده‌ها از تاج پوشش نیمه انبوه تا تنک برخوردارند.

شاخص‌های تنوع‌زیستی در گروه‌های اکولوژیک: مقدار شاخص‌های تنوع زیستی گروه‌های اکولوژیک در جدول ۳ آمده است. تحلیل واریانس یک‌طرفه میانگین شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی و چیرگی، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در گروه‌های مختلف اکولوژیک است. در این بین گروه‌های ۲ و ۶ بالاترین و گروه ۱ کمترین میزان مقدار شاخص‌های شانون وینر و سیمپسون را داراست. نتایج تحقیق نشان داد، میزان شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک نیز در جوامع مختلف متفاوت است. میزان غنای گونه‌ای در گروه‌های ۴ و ۶ در بالاترین سطح خود قرار دارد و کمترین مقدار این شاخص‌ها نیز به گروه‌های ۲ و ۵ تعلق داشت.

میزان شاخص یکنواختی در گروه اکولوژیک ۱ از پایین‌ترین مقدار برخوردار است؛ حال آنکه شاخص غلبهٔ سیمپسون در بالاترین سطح خود بوده و از این نظر، تفاوت قابل‌توجهی با سایر گروه‌های اکولوژیک دارد.

فراوانی هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در گروه‌های اکولوژیک: نتیجهٔ تحلیل واریانس یک‌طرفه، تفاوت بین مقادیر میانگین فراوانی هاگ قارچ‌های میکوریزی را در گروه‌های مختلف اکولوژیک معنی‌دار نشان داد (*P*-value = ۰/۰۰۱). گروه۱ بالاترین میزان (۱۳/۳۸± ۲۸۵) و گروه ۲ کمترین میزان (۸/۷۸ ± ۶۳/۶۷) جمعیت این قارچ‌ها را به‌خود اختصاص دادند. گروه‌های ۳، ۴ و ۶ نیز گروه بینابینی را تشکیل دادند. جمعیت قارچ-های میکوریزی آربوسکولار در گروه ۵ با گروه‌های ۲، ۳، ۴ و ۶ اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۱).

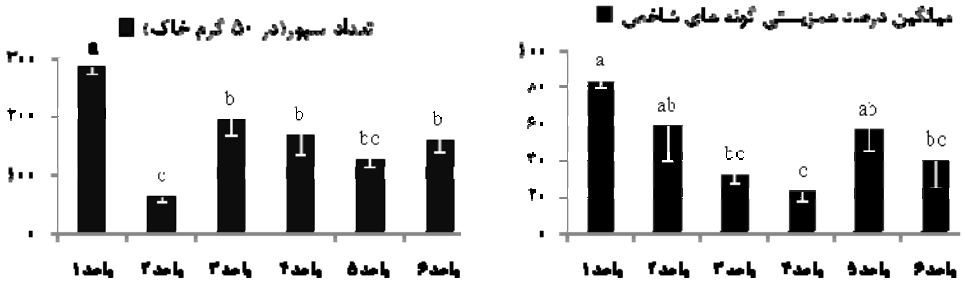
جدول۲- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی در گروه‌های اکولوژیک

گروه‌های اکولوژیک	شاخص‌های تنوع زیستی					
	شاخص‌های غنا		شاخص‌های تنوع گونه‌ای		شاخص یکنواختی	شاخص چیرگی
	مارگالف	منهنیک	سیمپسون	شانون وینر	پایلو	غلبه سیمپسون
۱	۳/۳۱ ±۰/۸۴ (bc)	۱/۵۹ ±۰/۳۶ (ab)	۰/۴ ±۰/۰۹(c)	۰/۸۷±۰/۱۵ (c)	۰/۱۵ ±۰/۰۱ (d)	۰/۶ ±۰/۰۹ (a)
۲	۳/۱۱ ±۰/۸۲ (c)	۱/۳۵ ±۰/۳۵ (b)	۰/۸ ±۰/۰۴ (a)	۱/۹ ±۰/۲۳ (ab)	۰/۴۲ ±۰/۰۷(ab)	۰/۲ ±۰/۰۴ (c)
۳	۳/۳۲ ±۰/۷۱ (bc)	۱/۴۷ ±۰/۳۴ (ab)	۰/۶۶ ±۰/۱۸ (b)	۱/۵۸ ±۰/۶۶ (b)	۰/۳۰۲ ±۰/۱۱ (c)	۰/۳۴ ±۰/۱۸ (b)
۴	۴/۲ ±۰/۶۷ (ab)	۱/۸ ±۰/۲۹ (ab)	۰/۷۶ ±۰/۰۸ (ab)	۱/۸۹ ±۰/۲۴ (ab)	۰/۳۰۷ ±۰/۰۵ (c)	۰/۲۴ ±۰/۰۸ (ab)
۵	۳/۰۴ ±۱/۳۱(c)	۱/۳۴ ±۰/۶۲ (b)	۰/۷۵ ±۰/۰۹ (ab)	۱/۸ ±۰/۴۵ (ab)	۰/۴۳ ±۰/۱۲ (a)	۰/۲۵ ±۰/۰۹ (ab)
۶	۴/۴۳ ±۰/۸۷(a)	۱/۹۲ ±۰/۴۷ (a)	۰/۷۸ ±۰/۰۷ (ab)	۱/۹۸ ±۰/۲۷ (a)	۰/۳۳ ±۰/۰۸ (bc)	۰/۲۲ ±۰/۰۷ (ab)

جدول۳- مقدار ضریب‌های همبستگی پیرسون (*r*) بین شاخص‌های تنوع زیستی و همزیستی میکوریزی.

	مارگالف	منهنیک	سیمپسون	شانون وینر	پایلو	غلبه سیمپسون	جمعیت هاگ	همزیستی (درصد)
جمعیت هاگ	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۹۲ ns	−۰/۵۱۵**	−۰/۴۷۵**	−۰/۴۵**	۰/۵۱۵**	۱	۰/۲۶۴*
همزیستی(درصد)	−۰/۳۰۵*	−۰/۲۶ ns	−۰/۳۱۷*	−۰/۳۶۲*	۰/۱۰۹ ns	۰/۳۱۷*	۰/۲۶۴*	۱

**: معنی‌دار در سطح یک درصد، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد، ns: غیرمعنی‌دار.



شکل ۱- میانگین شاخص‌های همزیستی میکوریزی گونه‌های شاخص گیاهی و تعداد هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در گروه‌های اکولوژیک (حروف مشترک نشان‌دهنده تفاوت غیرمعنی‌دار آماری است.)

همزیستی میکوریزی آربوسکولار گونه‌های شاخص در گروه‌های اکولوژیک: تحلیل واریانس، تفاوت بین میانگین مشارکت گونه‌های گیاهی شاخص گروه‌های اکولوژیک و قارچ‌های میکوریزی را معنی‌دار نشان داد (*P*-value = ۰/۰۰۱). میزان همزیستی در گروه اکولوژیک ۱ در بالاترین و در گروه ۴ در پایین‌ترین سطح خود قرار دارد. تفاوت مقادیر میانگین همزیستی بین گروه‌های ۲،۵ و ۱ از یک‌سو و گروه‌های ۶،۳ و ۴ از سوی دیگر معنی‌دار نیست (شکل ۱).

ارتباط بین شاخص‌های تنوع زیستی و همزیستی میکوریزی: مقادیر ضریب‌های همبستگی پیرسون (*r*) بین شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی و همزیستی میکوریزی در جدول ۳ ذکرشده است. جمعیت هاگ قارچ‌های میکوریزی با شاخص‌های تنوع و یکنواختی همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد؛ درحالی‌که افزایش جمعیت هاگ سبب افزایش شاخص چیرگی شده و این همبستگی مثبت و معنی‌دار ارزیابی شد. از سوی دیگر بین جمعیت هاگ و شاخص‌های غنای گونه‌ای ارتباط معنی‌دار مشاهده نشد.

میزان مشارکت گونه‌های گیاهی در همزیستی با جمعیت هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و شاخص چیرگی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. با افزایش میزان همزیستی از میزان شاخص‌های تنوع گونه‌ای و همچنین شاخص مارگالف، به‌عنوان یکی از شاخص‌های غنای گونه‌ای، به‌صورت معنی‌داری کاسته شده است. درعین‌حال ارتباطی بین این متغیر و شاخص یکنواختی پایلو و همچنین شاخص غنای گونه‌ای منهنیک وجود نداشت.

بحث

نتیجهٔ تحقیق حاکی از تغییر قابل ملاحظه جمعیت قارچ-های میکوریزی آربوسکولار در گروه‌های اکولوژیک جنگل‌های هیرکانی است. جمعیت و الگوی پراکنش قارچ های میکوریزی آربوسکولار تحت تأثیر ویژگی‌های خاک و سایر عامل‌های محیطی (۲۹) و همچنین تغییر ترکیب گونه‌های گیاهی (۱۹) قرار دارد. محققین با مطالعه اکوسیستم مدیترانه‌ای (۱۸)، مناطق بیابانی (۱۷)، استپ (۲۲) و جنگل‌های بارانی (۳۳) نشان دادند، جمعیت قارچ-های میکوریزی در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی متفاوت است؛ بعبارت‌دیگر قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار سطح‌های متفاوتی از ترجیح میزبان (Host specificity) را نشان داده و بصورت تصادفی پراکنش نیافته‌اند (۱۹). در واحد اکوسیستمی ۱، شمشاد (*Buxux hyrcana* P.) بعنوان گونه غالب با همزیستی میکوریزی آربوسکولار (۴) محسوب می‌شود و بالاترین جمعیت قارچ‌های میکوریزی در این جامعه حضور دارند. ارتباط مثبت بین غنای گونه‌های علفی و فراوانی درختانی که قادرند با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار همزیست شوند، گزارش شده است (۲۱). نتیجه تحقیق Benjamin و همکاران (۱۹۸۸) نیز نشان داد، میزان همزیستی AM گونه-های علفی در توده‌هایی که درختان آشکوب فوقانی دارای همزیستی اکتومیکوریزی (Ectomycorrhiza) بودند، کمتر از سایر توده‌ها است. گونه‌های شاخص گیاهی گروه‌های اکولوژیک ۳ و ۴ با گونه‌های غالب درختی راش و ممرز نسبت به سایر گروه‌های اکولوژیک، کمتر در این همزیستی مشارکت کرده‌اند. Benjamin و همکاران (۱۹۸۸) دلیل این پدیده را کاهش عملکرد قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار، بدلیل حضور قارچ‌های اکتومیکوریزی همزیست با گونه‌های غالب درختی آشکوب فوقانی می دانند. هرچند Fisher و Fule (۲۰۰۴) با بررسی و مقایسه توده *Populus tremuloides*، که با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولارهمزیست است، با سایر توده‌های سوزنی‌برگ، تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند. واحد اکوسیستمی ۶ که معرف عرصه‌های مخروبه و نیمه‌مخروبه است، از بالاترین میزان غنا و تنوع زیستی گیاهی برخوردار است. تاج‌پوشش نیمه‌انبوه تا تنک، وجود فضای باز فراوان، زمینه حضور گونه‌های مهاجم را فراهم آورده است. این

شرایط می‌تواند توضیحی برای غنا و تنوع گونه‌ای بالا در این رویشگاه باشد. تخریب در این واحد اکوسیستمی بیش از سایر واحدهاست. مطالعه Boddington و Dodd (۲۰۰۰) نیز بر تراکم پایین‌تر و تنوع کمتر گونه‌های قارچ AM در توده‌های تخریب‌شده در مقایسه با سایر توده‌های کمترتخریب‌شده و بکر تأکید دارند. امیری (۱۳۸۹) نیز از تخریب بعنوان عامل کاهش فراوانی قارچ‌های میکوریزی رویشگاه گونه آزاد نام می‌برد.

میزان همزیستی گونه‌های شاخص گیاهی نیز در گروه‌های اکولوژیک متفاوت و با میزان جمعیت این قارچ‌ها ارتباطی مثبت و مستقیم دارد. فرایند تولید هاگ تحت تأثیر عامل-های محیطی، نوع گونه گیاهی میزبان و گونه قارچ AM قرار دارد (۱۵). بطورکلی، فراوانی هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار، بعنوان شاخصی که نشان‌دهنده شیوع این نوع همزیستی است، محسوب می‌شود (۱۶). در بیشتر موارد همبستگی مثبت بین تعداد هاگ این نوع قارچ‌ها و میزان مشارکت گونه‌های گیاهی در همزیستی مشاهده شده است (۲۰ و ۳۳). کریمی و همکاران (۱۳۸۳) طی مطالعه در ذخیره‌گاه بیوسفر خاراتون نشان دادند بین میزان جمعیت هاگ‌ها و درصد همزیستی میکوریزی ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت؛ هرچند یافته Brundrett و همکاران (۱۹۹۰) خلاف این مطلب را نشان می‌دهد.

نتیجه تحقیق حاضر نشان داد، ارتباط معنی‌داری بین فراوانی هاگ قارچ‌های میکوریزی و غنای گونه‌های گیاهی وجود ندارد، اما تنوع و یکنواختی با افزایش جمعیت هاگ قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و میزان همزیستی گونه های گیاهی کاهش یافته است؛ بعبارت دیگر قارچ-های میکوریزی آربوسکولار بدون ارتباط معنی‌دار با غنای گونه‌ای، با شاخص یکنواختی همبستگی منفی نشان داده و بدین‌ترتیب کاهش شاخص‌های تنوع را به‌دنبال داشت. به-عبارت‌دیگر گونه یا گونه‌های گیاهی شاخص، مقادیر بالایی از همزیستی میکوریزی آربوسکولار را نشان داده و در گروه‌های اکولوژیک از غلبه نسبی بالایی برخوردار بودند. نتیجه این بررسی نیز حاکی از ارتباط مثبت و معنی دار شاخص چیرگی با جمعیت هاگ و میزان همزیستی است. ممکن است تنوع گونه‌های گیاهی بصورت مثبت (۲۵) یا منفی (۳۵) با جمعیت قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار مرتبط باشد. در تحقیق O'Connor و همکاران (۲۰۰۳) حذف همزیستی میکوریزی، با استفاده از قارچ‌کش بنومیل، تنها میزان یکنواختی را تغییر داد و بر شاخص تنوع تأثیری نگذاشت. بر اساس مدل ارائه‌شده توسط Bever و همکاران (۱۹۹۷)، مبنی بر تأثیر متقابل جوامع خاکزی و گیاهی، وی دو روند کاملاً متفاوت توالی را ارائه کرده است که کاهش یا حفظ تنوع جوامع گیاهی را بدنبال دارد. بنظر می‌رسد نتایج این مطالعه با بخش اول مدل Bever و همکاران (۱۹۹۷) که بر کاهش تنوع گونه‌ای جوامع گیاهی تأکید دارد، همسو است.

قدردانی

لازم می‌دانیم از کمک‌های بی‌دریغ آقایان علی شهردمی و جهانسوز فروغی، کارشناسان محترم واحد نظارت بر تهیه طرح‌های جنگلداری اداره کل منابع طبیعی غرب مازندران- نوشهر، آقایان حسن باهری و نیما اذعانی، کارشناسان محترم در بخش تهیه طرح‌های جنگلداری و همچنین جناب آقای دکتر حبیب زارع که در شناسایی گونه‌های گیاهی کمک شایان توجهی نمودند، کمال تشکر را را ابراز نماییم.

منابع

۱- اسدالهی، ف.، ۱۳۷۹. مطالعهٔ جوامع گیاهی مناطق رویشی هیرکانی، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعهٔ پایدار، انتشارات گستره، ۳۲۳- ۳۴۵.

۲-امیری، ع.، آزادفر، د.، محمدی گل‌تپه، ا. و میرزایی، ج. ۱۳۸۹. مقایسه فراوانی قارچ‌های میکوریزی خاک در توده‌های طبیعی و تخریب‌شده گونه آزاد و بررسی اثر آن در جذب فسفر خاک توسط ریشه. مجموعه خلاصه مقالات اولین همایش ملی تحقیقات منابع طبیعی ایران. صفحه ۱۱۸.

۳- بی‌نام، ۱۳۷۹. طرح جنگلداری سری یک بینشکی. اداره کل منابع طبیعی استان مازندران_ نوشهر، ۳۴۶ صفحه.

۴- اکبرلو، ش. و زارع مایوان، ح. ۱۳۸۲. معرفی برخی میکوریزای گونه‌های گیاهی در جنگل خیرودکنار. مجله تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران. جلد ۱، شماره ۲: ۱۴۳-۱۵۷.

۵- سهرابی، ه.، اکبری‌نیا، م. و حسینی، س. م. ۱۳۸۶. بررسی تنوع گونه‌های گیاهی در واحدهای اکوسیستمی در منطقه جنگلی ده-سرخ، جوانرود. مجله محیط‌شناسی. جلد ۴۱: ۶۹-۷۶.

۶-عصری، ی. ۱۳۷۴. جامعه شناسی گیاهی (فیتوسوسیولوژی). انتشارات معاونت آموزش و تحقیقات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، ۲۸۵ ص.

۷- کریمی، ف.، زنگنه، س.، یوسف زاده، م. و زارع مایوان، ح. ۱۳۸۳. شناسایی قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا و تعیین درصد همزیستی در ذخیره‌گاه بیوسفر خاراتون. مجله علوم محیطی، جلد ۱۰، شماره ۴ : ۸۳-۸۸.

۸- کوچ، ی.، جلیلوند، ح.، پورمجیدیان، م. ر. و فلاح، ا. ۱۳۸۹. تنوع گونه‌های گیاهی در جهت‌های مختلف جغرافیایی جنگل پایین‌بند خانیکان، چالوس مازندران. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۳، شماره ۵: ۶۹۷-۷۰۶.

۹- میرزایی، ج. اکبری‌نیا، م.، حسینی، س. م.، سهرابی، ه. و حسین‌زاده، ج. ۱۳۸۶. تنوع گونه‌ای گیاهان علفی در رابطه با عوامل فیزیوگرافیک در اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس میانی. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۰، شماره ۴: ۳۷۵-۳۸۲.

10. Allen, E. B. and Allen M. F. 1986. Water relations of xeric grasses in the field: interactions of mycorrhizas and competition. New phytologist. 104: 559-571.

11. Boddington, C. L. and Dodd, J. C. 2000. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I: field studies in an Indonesian ultisol. Plant and Soil. 218: 137-144.

12. Benjamin, P. K., Anderson, R. C. and Liberta, A. E. 1989. Vesicular arbuscular mycorrhizal ecology of little bluestem across a prairir-forest gradient. Canadian Journal of Botany. 67: 2678-2685.

13. Bever, J. D., Westover, K. M. and Antonovics, J. 1997. Incorporating the soil community into plant population dynamics: the utility of the feedback approach. Journal of Ecology. 84: 71-82.

14. Brundrett, M. C., Piche, Y. and Peterson, R. L., 1990. A new method for observing the morphology of vesicular arbuscular mycorrhizae. Canadian Journal of Botany. 68:551-557.

15. Brundrett, M. C. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. Advanced Ecological Reseaech. 21: 171-313.

16. Cardoso, I. M., Boddington, C., Janssen, B. H., Oenema, O. and Kuyper T. W. 2003. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. Agroforestry System. 58: 33-43.

17. Chaudhry, M. S., Batool, Z. and Khan, A. G., 2005. Preliminary assessment of plant community structure and arbuscular mycorrhizas in rangeland habitats of Cholistan desert, Pakistan. Mycorrhiza. 15: 606-611.

18. Cakan, H. and Karatas, C. 2006. Interactions between mycorrhizal colonization and plant life forms along the successional gradient of coastal sand dunes in the eastern Mediterranean, Turkey. Ecological Research. 21: 301-310.

19. Eom, A. H., Hartnett, D. C. and Wilson, G. W. T. 2000. Host plants species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. Oecologia. 122: 435-444.

20. Fischer, C. R., Janos D. P., Perry D. A., Linderman, R. G. and Sollins, P. 1994. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondry succession. Biotropica. 26: 369-377.

21. Fisher, M. A. and Fule, Z. P. 2004. Changes in forest vegetation and arbuscular mycorrhizal

along a steep elevation gradient in Arizona. Forest Ecology and Management, 200: 293-311.

22. Gai, J. P., Christie, P., Cai, X. B., Fan, J. Q., Zhang, J. L., Feng, G. and Li, X. L. 2009. Occurance and distribution of arbuscular mycorrhizal fungal species in three types of grassland community of the Tibetan Plateau. Ecological Research. 24: 1345-1350.

23. Grime, J. P. 2001. Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. Chichester, UK: John Wiley and Sons.

24. Hartnett, D. C. and Wilson, G. W. T. 2002. The role of mycorrhizas in plant community structure and dynamics: lessons from grassland. Plant and Soil. 244: 319-331.

25. van der Heijden, M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller T., Wiemken, A., and Sanders, I. R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature. 396: 69-72.

26. van der Heijden, M. G. A. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi as a determinant of plant diversity: in search for underlying mechanisms and general principles. In van der Heijden, M. G. A. Sanders I. R., eds Mycorrhizal ecology. Ecological studies. 157. Berlin, Germany: Springer Verlag.

27. van der Heijden, M. G. A., Wiekman, A. and Sanders, I. R. 2003. Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistance and resource distribution between co-occurring plant. New Phytologist. 157: 569-578.

28. Kennedy, N., Edvards, S. and Clipson, N. 2005. Soil bacterial and fungal community structure across a range of unimproved and semiimproved upland grasslands. Microbial Ecology. 50: 463-473.

29. Kernaghan, G. 2004. Mycorrhizal diversity: cause and effect? Pedobiologia (Jena). 49: 511-520.

30. Klironomus, J. N. 2003. variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. Ecology. 84: 2292-2301.

31. Lapointe, L. and Moland, J. 1997. Costs and benefits of mycorrhizal infection in a spring ephemeral, *Erythronium americanum.* New phytologist. 135: 491-500.

32. Muthukumar, T., Sha, L., Yang, X., Cao, M., Tang, J. and Zheng, Z. 2003. Distributiom of roots and arbuscular mycorrhizal association in tropical forest types of Xishuangbanna, southwest China. Applied Soil Ecology. 22: 241-253.

33. Newmann, E. I. and Reddel, P. 1987. The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. New phytologist. 106: 745-751.

34. O'Connor, P. J., Smith, S. E. and Smith, A. 2002. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. New Phytologist. 154: 209-218.

35. Smith, S. and Dickson, S. 1997. VA mycorrhizas: Basic research techniques. Cooperative research centre for soil and land management, Glen Osmond. Australia.

36. Smilauer, P. and Smilauerova, M. 2000. Effects of AM symbiosis exclusion on grassland community. Folia Geobot. 35:13-25.

37. Smith, S.E. and Read, D.J., 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition .Academic Press, Amsterdam, 787 pp.

38. Schussler, A., Scharzott, D. and Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phenology and evolution. Mycological Research. 105: 1413-1421.

39. Trappe, J. M. 1987. Phylogenic and ecological aspects of mycotrophy in angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir GR (ed) Ecophsiology of VA mycorrhizal plants. CRC Press, Boca Raton. Pp 5-26.

40. Wardle, D. A. 2002. Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components. Princeton. NJ, USA : Princeton University Press. 408 pp.

Change in abundace of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and it's relation to plant biodiversity in different forest types (Case study: Bineshki district; Mazandaran)

Saeidi H.R.[1], Akbarinia M.[1], Goltapeh E.M.[2], Hosseiny S.M.[1] and Danesh Y.R.[3]

[1] Forestry Dept., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, I.R. of Iran

[2] Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, I.R. of Iran

[3] Faculty of Agriculture, University of Urmieh, Urmieh, I.R. of Iran

Abstract

In this study, abundance change of Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and root colonization of indicator species were investigated in relation to plant biodiversity indices in different ecological groups. Plant species composition was assessed on 53 sampling plots with area of 400 m^2 located systematically on a 150 m × 200 m grid that extended at 400 m to 1700 m above sea level. TWINSPAN (Two Way Indicators Species Analysis) method was employed to classify sampling plots into six different ecological groups. Species richness, diversity, evenness and dominance indices were calculated in each sampling plot. The phytosociological data revealed obvious differences in the plant species biodiversity among ecological groups. AM colonization and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spore densities were also differed in ecological groups and were significantly related to some of biodiversity indices. There was no relationship between spore numbers and plant species richness, but diversity and evenness reduced with increasing spore densities. In contrast, evenness indices showed significant positive correlation to spore densities and AM colonization.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), Plant biodiversity, Arbuscular mycorrhizas, indicator species, Ecological groups