بررسی شاخص‌های میکروبی و تنوع زیستی ریز جانداران و بی‌مهرگان خاکزی در جنگل‌کاری‌های سوزنی برگ و پهن برگ در غرب استان گیلان

ندا قربان زاده[۱]، حسن پوربابایی[۲*]، علی صالحی[۳]، علی اشرف سلطانی طولارود[۴]، سید جلیل علوی[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر جنگل‌کاری‌های مختلف بر فعالیت جانداران خاکزی، شاخص‌های تنوع زیستی و رابطه آن‌ها با برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. نمونه‌برداری خاک و جانداران خاکزی و سنجش شاخص‌های میکروبی به صورت روش منظم– تصادفی در توده‌های صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*)، کاج تدا (*Pinus taeda*) و جنگل طبیعی انجام شد. در هر یک از توده‌های جنگلی بررسی شده ۴۰ نقطه انتخاب و نمونه برداری خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار تنفس میکروبی، کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی و جمعیت باکتری در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی دیده شد. دو شاخص سهم متابولیک و سهم میکروبی نیز تفاوت معنی‌دار و معکوس در میان توده‌ها نشان دادند. نتایج همبستگی پیرسون میان شاخص‌های میکروبی بررسی شده با ویژگی‌های مختلف خاک بیانگر آن است که میان این شاخص‌ها و کربن آلی و نیتروژن کل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بر پایه نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که تغییرات ویژگی‌های کیفیت خاک و شاخص‌های تنوع، با ویژگی‌های خاک و حاصلخیزی رویشگاه جنگلی متناسب است. جمعیت ماکروفون، نمایانگر توانایی تولید رویشگاه و در آینده معیار مناسبی برای ارزیابی عملکرد مدیریت جنگل از نظر حفاظت و پایداری اکوسیستم خواهد بود. همچنین می‌توان عنوان کرد توده صنوبر شرایط مناسب تری را برای تولید مواد آلی، تنفس میکروبی و فعالیت بی‌مهرگان خاکزی در توده‌های جنگلی فراهم کرده است.

واژه‌های کلیدی: تنفس میکروبی، جنگل‌کاری، زیست‌شناسی خاک، شاخص‌های تنوع، شاخص‌های زیستی

۱-دانشجوی دکتری گروه علوم جنگل ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
۲-استاد گروه علوم جنگل ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان (مکاتبه کننده)
۳-دانشیار گروه علوم جنگل ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
۴-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۵- استادیار گروه علوم جنگل ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
*پست الکترونیک: Hpourbabaei@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افزایش جمعیت از یک طرف و تقاضای انسان برای زندگی بهتر از طرفی دیگر لازمه توجه به طبیعت بوده و در این میان خاک از جایگاهی ویژه برخوردار است (Lal *et al.*, 2012). خاک از مهم‌ترین و متنوع‌ترین زیستگاه‌های دارای غنای گونه‌ای در زمین است. جانداران زنده خاک، عامل حفظ خصوصیات فیزیکی خاک، چرخه کوتاه مدت عناصر غذایی، نگهداری عناصر غذایی و مواد آلی در ساختار زیستی خاک هستند (Lavelle *et al.*, 2013).

جامعه میکروبی، بخش زنده ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهند. برآوردها نشان می‌دهد که نزدیک به ۵-۱ درصد ماده آلی خاک به بیوماس میکروبی تعلق دارد (Nsabimana *et al.*, 2004). ریز جانداران در فرآیندهای پیدایش خاک، تجزیه مواد آلی، معدنی شدن و چرخش عناصرغذایی کارکرد اکولوژیکی ویژه ای دارند. در غیاب تجزیه‌کنندگان میکروبی تغییر و تحولات شیمیایی متوقف می‌شود و بقایای گیاهی و جانوری به طور غیرقابل باوری در زیستگاه ها انباشته می‌شوند. پیامد این رخدادها به کاهش پایداری زیستگاه‌ها برای فراوری فراورده های گیاهی است. چنانچه کارکرد های بوم‌شناختی دیگری مانند افزایش زیست فراهمی عناصر غذایی نامحلول مانند فسفر، افزایش خاکدانه سازی و بهبود ساختمان خاک را برای ریزجانداران خاک در نظر گیریم، اهمیت مطالعه این اجزای نادیدنی زیستگاه بیش از پیش نمایان می‌شود (Nsabimana *et al.*, 2004).

جامعه ماکروفون خاک، بیشتر از بی‌مهرگان خاک است که بخش مهمی از چرخه زندگی خود را در خاک یا داخل بقایای سطحی می گذرانند. این بی‌مهرگان کارکردهای بوم‌شناختی ویژه ای دارند. با توجه به نقش مهم ماکروفون خاک در عملکرد اکوسیستم، تعیین فاکتورهای تأثیرگذار روی تنوع و توزیع این ارگانیسم‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. از آنجا که کاهش جانداران خاکزی می‌تواند پیامدهای زیانبار روی ساختار خاک، روند تجزیه، فرآیند نفوذ و تبادل گازها داشته باشد، می‌تواند رشد گیاهان را دچار اختلال کند. بنابراین، در اکولوژی و برنامه‌های حفاظت، مدیریت زیستگاه و ارزیابی اکوسیستم، تعیین شاخص‌های تنوع، غنا و فراوانی این جانداران سودمند و کمک کننده است. این شاخص‌ها برای کمی کردن الگوی تنوع زیستی ماکروفون خاک بسیار کاربردی می‌باشند (Gonglanski *et al.*, 2008). اندازه‌گیری تنوع میکروبی خاک از بخش های چالش‌انگیز تحقیقات تنوع زیستی به شمار می‌رود. روش‌های گوناگونی که تاکنون برای برر سی ریزجانداران پیشنهاد و بکار رفته‌اند هر یک کمبودهای ویژه خود را دارند. رهیافت مبتنی بر جداسازی و کشت میکروب‌ها از نخستین و ساده‌ترین روش‌ها به شمار می‌رود. اگرچه روش کشت می تواند برای ارزیابی ریز جانداران خاک استفاده شود ولی باید در نظر داشت که تنها بخش کوچکی از جوامع میکروبی خاک (۰/۱ تا ۱۰ درصد) کشت شدنی هستند. محدودیت روش‌های کشت با شناخت روش‌های مولکولی تا اندازه ای از میان رفت. اگرچه این روش‌ها اطلاعات ارزشمندی را در خصوص جامعه میکروبی خاک فراهم می‌نمایند ولی با دشواری هایی مانند چگونگی استخراج DNA ریز جانداران خاک روبرو هستند. روش‌های گوناگون جداسازی اسیدهای نوکلوئیک ممکن است منجر به نتایج متفاوتی در ارزیابی تنوع میکروبی شود. بنابراین روش‌هایی که تنوع میکروبی خاک را در سطح جامعه مطالعه می‌نمایند همانند روشی مکمل در کنار روش های مبتنی بر تعیین گونه مطرح شده‌اند (Nsabimana *et al.*, 2004). در این روش ها واکنش ریزجانداران خاک به ویژگی‌های خاک، آب و هوا بررسی می شود. بیوماس میکروبی، تنفس میکروبی و شاخص‌های اکوفیزیولوژیک از شناخته‌ترین روش‌ها به شمار می‌روند که در بسیاری از پژوهش‌های اکولوژی میکروبی برای ارزیابی پیامد عوامل محیطی بررسی شده‌اند. بر پایه نظریه اکولوژیکی اودوم (Odum, 1971)، همگام با افزایش در تنوع گیاهان در طول مراحل توالی اکوسیستم تا رسیدن به مرحله بلوغ کارایی بهره‌گیری از انرژی نیز افزایش می یابد. آندرسون و دومسک (Anderson & Domsch, 1990) با معرفی شاخص‌های اکوفیزیولوژیک مانند کسر متابولیک یا ضریب متابولیکی یا تنفس ویژه (qCO_2) و کسر میکروبی[1] نظریه ادوم را در ریزجانداران خاک بکار بردند. واکنش سریع ریزجانداران خاک به تغییرات محیطی سبب شده است تا در مطالعات کوتاه مدت ۲-۱ ساله از شاخص‌های میکروبی به گونه‌ای گسترده برای ارزیابی و

1. Microbial quotient

Archive of SID

www.SID.ir

سنجش تنوع زیستی در سطح زیستگاه‌ها و مناطق بهره-گیری شود. با وجود انجام پژوهش‌های زیاد در سطح جهان در زمینه جوامع میکروبی خاک شمار چنین پژوهش‌هایی در کشور نسبتاً کم می‌باشد. از طرفی، با توجه به شرایط آب و هوایی و روند نابودی و تخریب جنگل‌های شمال کشور، جنگل‌کاری برای حفاظت از خاک و آب و تأمین نیازهای بشر، یک امر ضروری است. این پژوهش تلاش دارد پیامد مهم‌ترین درختان سوزنی برگ و پهن برگ را که در شمال ایران و به ویژه در جنگل-کاری‌های استان گیلان به کار رفته است را بر جمعیت میکروبی و شاخص‌های تنوع زیستی خاک بررسی کرده و در پایان ارتباط این ویژگی‌ها را با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت پوشش آن‌ها ارزیابی و سنجش کند. نتایج این پژوهش می‌تواند برای همه پژوهشگران و مدیران خرد و کلان که می‌خواهند بدانند که در کنار رشد کمی و کیفی و فوائد اقتصادی درختان سریع الرشد مانند صنوبر، کشت آنها چه پیامدی بر ویژگی‌های خاک تحت پوشش دارد سودمند است. یافته‌های آن روند تولید این گونه زیستگاه‌ها را در سال‌های آینده با توجه به تحولات کیفی خاک را نشان خواهد داد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

با بازدید از طرح‌های جنگل‌کاری اداره کل منابع طبیعی و شهرستان‌های مختلف استان گیلان، جنگل‌های طبیعی پیلمبرا با گونه غالب توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) و جنگل‌های دست کاشت اطراف آن با گونه‌های صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) و کاج تدا (*Pinus taeda*) برای پژوهش انتخاب شدند. توده‌های بررسی شده به فاصله حدود یک کیلومتر از یکدیگر قرار داشتند. بر اساس سوابق موجود، پوشش گیاهی و شرایط عرصه‌ها قبل از جنگل‌کاری، همانند جنگل‌های طبیعی منطقه بوده است. منطقه جنگل‌کاری پیلمبرا واقع در شهرستان رضوانشهر در غرب استان گیلان، به فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان تالش و ۴۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان بندر انزلی قرار گرفته است. این عرصه‌ها در حد فاصل عرض جغرافیایی ″۳۰ ۳۴ ° ۳۷ شمالی و طول جغرافیایی″۴۹ ۴ ° ۵۰ شرقی و با ارتفاع متوسط ۵ تا ۵۰ متر از سطح دریا و شیب ۰ تا ۵ درصد قرار دارد. وسعت کل منطقه جنگل‌کاری ۱۳۵۹ هکتار و اقلیم منطقه خیلی مرطوب است. میانگین بارندگی منطقه با توجه به داده‌های هواشناسی ده سال اخیر منتهی به سال ۱۳۸۶ ایستگاه پیلمبرا (آخرین آمار هواشناسی موجود در ایستگاه)، ۱۲۴۲ میلی‌متر و میانگین دما ۱۶/۰۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی منطقه ۸۳/۵ درصد است. هم‌چنین رژیم رطوبتی خاک‌های بررسی شده بر پایه گزارش مؤسسه پژوهش‌های خاک و آب یودیک و رژیم حرارتی آن ترمیک است. تمامی مناطق نمونه‌برداری شده تحت عنوان مناطق جلگه‌ای محسوب می‌شوند. مناطق نمونه‌برداری شده تحت عنوان مناطق جلگه‌ای و بدون شیب محسوب می‌شوند. سطح آب زیر زمینی در این مناطق اکثر اوقات سال پایین است.

روش تحقیق

پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه، با استفاده از شبکه آماربرداری به ابعاد ۴۰ × ۴۰ متر (روش منظم تصادفی)، ۴۰ نقطه در هر یک از پوشش‌های جنگلی بررسی شده و جمعا ۱۲۰ نمونه انتخاب و به نمونه‌برداری خاک از لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری اقدام شد (Asadian *et al.*, 2013). به طور کلی سعی شد که به منظور کاهش اثرات مرزی، حاشیه کاربری‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشود و نمونه‌برداری‌ها متمایل به بخش مرکزی هر توده باشد (Kooch *et al.*, 2012). دو نمونه خاک پس از کنار زدن لاشبرگ ها، از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری یکی از این نمونه‌های خاک به وزن حدوداً ۵۰۰ گرم برای آزمایش‌های زیستی و نمونه دیگر به وزن نزدیک یک کیلوگرم برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تهیه شد. نمونه‌های زیستی پس از استریل کردن الک‌های دو میلی متری از این الک‌ها عبور داده شد و سپس در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و درداخل فلاسک یخ‌دار به آزمایشگاه منتقل و در دمای چهار درجه سلسیوس و در تاریکی نگه‌داری شد. نمونه دوم خاک در دمای آزمایشگاه هوا خشک شده، سپس کوبیده و پس از عبور دادن از الک دو میلی متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نگهداری شدند.

آزمایش های فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، رطوبت خاک به روش توزین

Archive of SID

www.SID.ir

(Scharenbroch & Bockheim, 2007)، اسیدیته به روش پتانسیومتری به کمک دستگاه pH متر الکتریکی (McLean, 1982)، کربن آلی به روش والکلی بلاک (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner, 1996) در محیط آزمایشگاه اندازه-گیری شد.

آزمایش های میکروبی: تعداد باکتری‌ها و قارچ‌های قابل کشت به روش شمارش بر روی پلیت[1] و با استفاده از تهیه سری‌های رقّت تعیین شد. اندازه‌گیری تنفس میکروبی پایه (BR۲[2]) از روش بطری بسته (Anderson, 1982)، کربن زیست توده میکروبی و نیتروژن زیست توده میکروبی به‌روش تدخین- استخراج در محیط آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت (Jenkinson & Powlson, 1976). برای برآورد سهم متابولیکی[3] (qCO_2) از رابطه ۱ استفاده شد (Cheng *et al.*, 1993).

$$qCO_2 = \frac{BR}{MBC} \qquad (۱)$$

که در آن qCO_2 سهم متابولیکی (بر پایه mg CO2 -C mg^{-1} MBC day^{-1})، BR تنفس میکروبی پایه و MBC۴ کربن زیست توده میکروبی است. کسرمیکروبی نیز با تقسیم کربن زیست توده میکروبی بر مقدار کربن آلی تخمین زده شد (Anderson, 2003).

تعیین فراوانی بی‌مهرگان خاکزی

برای تعیین فراوانی بی‌مهرگان خاکزی، در فصل پاییز در هر یک از توده‌های بررسی شده، نیمرخی از خاک به مساحت ۵۰ سانتی‌متر مربع و به عمق ۲۰ سانتی‌متر کنده ۴۰ نمونه خاک از هر یک از تیمارهای بررسی شده و جمعا" ۱۲۰ نمونه جدا و بی‌مهرگان خاکزی با آب مقطر شسته شده و جمع آوری شدند. شناسایی و شمارش آن‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی و لوپ های معمولی و دو چشمی انجام گرفت (Sileshi & Mafongoya, 2006).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت یا تفاوت نداشتن مقادیر ویژگی‌های خاک و تعداد ماکروفون خاک آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها، از روش تبدیل داده‌ها استفاده شد و این تبدیل به وسیله محاسبه ریشه دوم داده‌ها انجام پذیرفت. آزمون توکی نیز برای مقایسه چندگانه میانگین به کار گرفته شد. برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های زیستی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS ۲۲ انجام پذیرفت. اندازه‌گیری معیارهای غنا، یکنواختی و تنوع توسط شاخص‌هایی صورت می‌گیرد که در این پژوهش از غنای منهینیک (Menhinick)، شاخص تنوع شانون- وینر (Shannon-Weiner) و یکنواختی اسمیت- ویلسون (Smit –Wilson) استفاده شد، این شاخص‌ها از طریق روابط زیر محاسبه شد (Mesdaghi, 2005).

$$\text{Minhinick} = \left(\frac{S}{\sqrt{n}}\right) \qquad (۲)$$

که در آن n تعداد افراد، S تعداد گونه‌هاست.

$$\text{Shannon } H' = \sum_{i=1}^{s}(p_i)(\log_2 pi) \qquad (۳)$$

که در آن pi نسبت افراد یا وفور گونه i ام به کل گونه-هاست.

$$\text{Smith-Wilson} = \left[\frac{2}{\pi}\right]\left[arctan\left\{\frac{\sum_{i=1}^{s}[\log\sum_{e}^{(ni)} - \sum_{j=1}^{s}\log_e nj/s]^2}{s}\right\}\right] \qquad (۴)$$

که در آن ni فراوانی گونه i ام و nj فراوانی گونه j ام و تعداد گونه‌هاست. این شاخص‌ها، توسط نرم‌افزار Ecological Methodology محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در جدول ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که ویژگی‌های مربوط به خاک صرفاً برای بررسی همبستگی میان ویژگی‌های خاک و فعالیت‌های زیستی ذکر شده است.

1. Plate count method
2. Basal respiration (BR)
3. Metabolic quotient (qCO2)
4. Microbial biomass carbon (MBC)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین برخی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک توده‌های مورد بررسی

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied stands soil

Soil properties	Natural forest	*Populus deltoids*	*Pinus taeda*
Moisture (%)	40.2	45.3	38.4
pH	5.71	6.40	5.88
OC(٪)	2.04	2.27	1.61
N(٪)	0.301	0.395	0.138
Sand(٪)	39.9	27.9	33.9
Clay(٪)	31.4	39.8	23.3
Silt(٪)	28.5	32.2	42.7

pH: Soil reaction

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تفاوت توده‌های بررسی شده از نظر شاخص‌های میکروبی معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین مقادیر تنفس میکروبی، کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی و جمعیت باکتری در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی دیده شد و تفاوت معنی‌داری را با توده کاج در سطح ۹۵ درصد نشان دادند (جدول ۳). دو شاخص کسرمتابولیک و کسر میکروبی نیز تفاوت معنی‌دار و معکوس در بین توده‌ها نشان دادند، بطوریکه سهم متابولیک با میانگین ۴۴/۵ در توده کاج به ۳۰/۱میکروگرم دی اکسید کربن در هر میلی‌گرم کربن بیوماس در روز در توده صنوبر کاهش یافت. همچنین سهم میکروبی با میانگین ۹/۴۱ در کاج به ۲۲/۲ گرم کربن بیوماس در کیلوگرم کربن آلی در توده صنوبر افزایش یافته است (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص های میکروبی خاک در توده‌های بررسی شده

Table 2. Analyses of variance for the measured soil microbial indices for the studied stands

		Mean Square					
Source of variation	df	BR	MBC	MBN	Bacteria	q_{mic}	qCO_2
Treatment	2	502*	1153*	3990*	169**	42.0*	75.8**
Replication	39	608ns	1340 ns	4521 ns	230 ns	56.0 ns	89.51 ns
Error	78	0.671	267	68.2	0.342	3.11	8.23
CV	-	0.961	0.803	0.756	0.584	0.442	1.02

BR: Basal Respiration, MBC: Microbial Biomass Carbon, MBN: Microbial Biomass Nitrogen, qmic: Microbial quotients, qco_2: Metabolic quotient, **: Significant at P<0.01, *: Significant at P<0.05, ns: Not significant

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های میکروبی خاک در توده‌های بررسی شده

Table 3. Characteristics mean comparison of soil microbial indices for the studied stands

variable	Natural forest	*Populus deltoides*	*Pinus taeda*
BR (mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1})	5.83b	9.74a	1.47c
MBC (mg g^{-1} soil)	319b	469a	105c
MBN (mg g^{-1} soil)	266a	379a	185b
Bacteria No (CFU)	5.03×10^5 b	6.18×105a	2.56×10^3c
q_{mic} (mg C_{mic} g^{-1}Corg)	12.1a	22.1a	9.41b
qCO_2 (mgC-CO_2 g^{-1}Corg.hr)	32.2a	30.0a	44.4b

BR: Basal Respiration, MBC: Microbial Biomass Carbon, MBN: Microbial Biomass Nitrogen, qmic: Microbial quotients, qco_2: Metabolic quotient, Bacteria No: Bacteria number,* Values followed by the same letter are not significantly different among the treatments.

بر پایه نتایج این تحقیق، میان شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک در توده‌های گوناگون سوزنی برگ و پهن برگ اختلاف معنی‌دار یافت شد و مقدار تنفس میکروبی پایه، کربن زیست توده میکروبی و نیتروژن زیست توده میکروبی در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی بیشتر از کاج تدا می‌باشد. در تفسیر نتایج ارزیابی ویژگی‌های کیفیت خاک، غالباً تنفس میکروبی بیشتر را معرف خاک با کیفیت بالا می‌دانند، زیرا هر چقدر تنفس میکروبی بیشتر باشد، فعالیت بالقوه میکروبی بیشتر خواهد بود (Yadav *et al*., 2010). علت وجود تنفس

Archive of SID

www.SID.ir

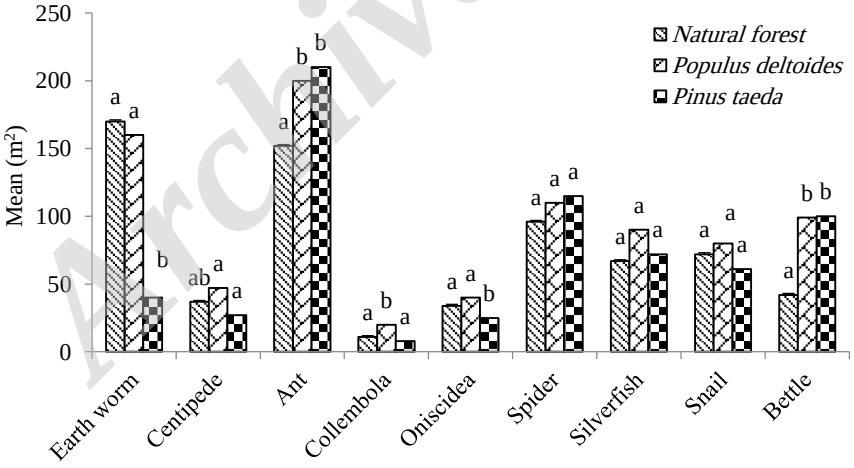
میکروبی بالا در توده صنوبر و سپس در جنگل طبیعی را می‌توان مناسب بودن شرایط برای فعالیت میکروبی از جمله عرضه کافی کربن‌آلی، که همانند سوبسترا مورد استفاده میکروارگانیسم‌های خاک قرار می‌گیرد، دانست. وجود همبستگی بالا میان میزان کربن آلی و تنفس میکروبی نیز مبین این مطلب است. به نظر می‌رسد که کربن‌آلی خاک نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان تنفس میکروبی دارد، به‌طوری که نتایج مشابهی با نائل (Nael, 2011) بدست آمده است. محتویات کربن خاک و وزن مواد آلی خاک به تاج پوشش گونه وابسته است (Shahuyi, 2006). احتمالاً تاج پوشش درختان همانند یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های خاک، سبب بروز اختلاف معنی دار میان تیمارها شده است. رطوبت خاک با تأثیر بر مقدار ترشحات ریشه به گونه غیر مستقیم نیز بر ترکیب جامعه میکروبی خاک موثر است (Chen *et al.*, 2006). بالا بودن نسبی میزان رس در توده صنوبر منجر به نگهداشت بیشتر رطوبت خاک در این توده شده که همین موضوع منجر به فعالیت بیشتر میکروارگانیسم ها در توده شده و مقدار تنفس میکروبی خاک را افزایش داده است. در پژوهش حاضر نیز کم‌ترین میزان تنفس در توده کاج تدا دیده شد که دارای کم‌ترین مقدار رطوبت خاک است.در پژوهش حاضر بیشترین مقدار کربن زیست توده میکروبی، در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی دیده شد. مطابق با نتایج فروغی‌فر و همکاران (*et al.*, 2011 Forugi Far)، در خاک‌های محتوی رس بیشتر، میزان زیتوده میکروبی کربن بیشتر است، که در پژوهش حاضر این شرایط در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی دیده شد، لذا بالاترین مقدار زیتوده میکروبی کربن را نیز شامل شده‌است. اجزا گوناگون بافت خاک بر رشد میکروبی و مصرف مواد زمینه‌ای در خاک موثر هستند. بخش شن خاک سطح ویژه کمتری دارد و بنابراین قادر به حمایت کمتر از جوامع میکروبی در خاک است. اما بخش رس خاک سطح ویژه بیش‌تری دارد و در زمره مهم‌ترین عوامل موثر بر فعالیت میکروبی و زیست توده است (Frouz *et al.*, 2013). در توده کاج تدا بنظر می‌رسد تنش‌های ایجاد شده از جمله چرای دام، رفت و آمد جنگل‌نشینان و تخریب جنگل سبب کاهش فعالیت میکروبی و کربن زیست توده میکروبی از طریق کاهش ورود بقایای گیاهی به سطح خاک شده است. مواد آلی منبع انرژی برای میکروفلورا و فون خاک هستند، ظرفیت جذب عناصر غذایی و آب را در خاک افزایش می‌دهند و تشکیل خاکدانه ها و ساختمان خاک را نیز تقویت می‌کنند (Frouz *et al.*, 2013). شکل آبادی و همکاران (2007 Shekl Abadi *et al.*,) بیان کردند که همبستگی میزان کربن آلی، نیتروژن کل خاک و کربن زیست توده میکروبی خاک نشان می‌دهد که تغییرات این ویژگی‌ها به همدیگر وابسته می‌باشد و از یک روند تبعیت می‌کند، لذا تغییر هر یک می‌تواند در تغییرپذیری سایر ویژگی‌ها تأثیرگذار باشد که در پژوهش فوق نیز این وضعیت دیده شد.بررسی میزان نیتروژن زیست توده میکروبی نیز نشان می‌دهد که خاک توده صنوبر و جنگل طبیعی نسبت به کاج از میانگین بالاتری برخوردار است. نوربخش و همکاران (Norbakhsh *et al.*, 2002) گزارش کردند که میزان نیتروژن زیست توده میکروبی به نیتروژن آلی خاک وابسته است و با توجه به اینکه نیتروژن آلی خاک از نیتروژن کل خاک (آلی و معدنی) برگرفته می‌شود، ارتباط معنی‌داری میان نیتروژن کل خاک و کربن زیست توده میکروبی وجود دارد؛ بنابراین علت افزایش نیتروژن زیست توده میکروبی در توده صنوبر و جنگل طبیعی می‌تواند به علت جمع شدن کربن و نیتروژن آلی در سطح خاک و عدم محدودیت این دو عنصر باشد. سهم متابولیکی (سوخت و سازی) نشان‌دهنده مقدار کربن متصاعد شده (تنفس پایه) از هر واحد کربن زیست توده میکروبی در واحد زمان است و معمولا" از این نسبت همانند شاخص مناسب برای تعیین تنش در اکوسیستم خاک استفاده می‌شود (Raiesi & Asadi, 2006). تحت شرایط تنش (مانند تخریب جنگل، چرای دام و تغییر کاربری) این ضریب افزایش می‌یابد، زیرا ریز جانداران خاک برای حفظ توده زنده خود به صرف انرژی بیشتری نیازمند هستند (Zeng *et al.*, 2009). بالا بودن این ضریب در خاک توده کاج حاکی از آنست که کربن خاک بیشتر صرف تولید انرژی شده است، همچنین با توجه به مشاهدات میدانی، تخریب جنگل و چرای دام در توده مذکور دیده شد، در حالی که پایین بودن این ضریب در توده صنوبر و جنگل طبیعی نشان می‌دهد که کربن خاک بیشتر صرف رشد میکروبی شده است (Moscatteli *et al.*, 2007). مطابق با یافته‌های ژنگ و همکاران (Zeng *et al.*, 2009)، سهم متابولیکی با غلظت کربن آلی و نیتروژن کل رابطه منفی

Archive of SID

www.SID.ir

دارد که با نتایج بدست آمده در این مطالعه هماهنگی دارد. بر همین اساس توده کاج تدا با کم‌ترین میزان کربن آلی و نیتروژن کل دارای بالاترین ضریب متابولیکی بوده است. سهم میکروبی شاخص مناسبی از وضعیت توزیع کربن فعال خاک میان بخش زنده و غیرزنده بوده و کیفیت کربن خاک را بیان می‌کند. بالاترین مقدار سهم میکروبی در صنوبر و جنگل طبیعی دیده شد. رابطه منفی میان سهم متابولیکی و سهم میکروبی گزارش شده است و نشان می‌دهد که هر چه میزان سهم متابولیکی کاهش می‌یابد، میزان کربن حاصل از تجزیه بیشتر در توده زنده میکروبی تجمع یافته و کمتر به گونه تنفس به هدر می‌رود و راندمان میکروارگانیسم‌های خاک روی کربن سوبسترای موجود بیشتر می‌گردد. برخی محققان گزارش کردند که افزایش نسبت Cmic/Corg رابطه مستقیمی با کیفیت مواد افزوده شده به خاک دارد و نشان دادند که این نسبت در مناطقی که مواد آلی تازه به مقدار کم افزوده شده باشد، کاهش می‌یابد و با بزرگ شدن نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی، فراوانی مواد آلی سخت تجزیه شونده در خاک کاهش می‌یابد (Anderson, 2003).

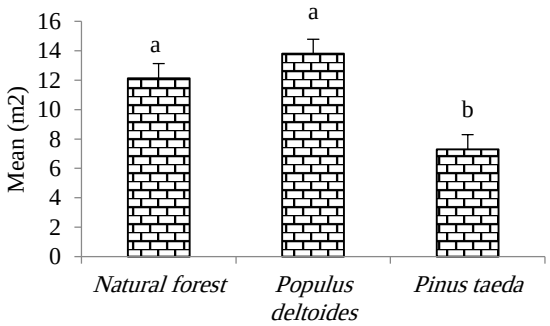
نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جمعیت باکتری در سه توده دارای تفاوت معنی‌دار است و بیشترین جمعیت باکتری در توده صنوبر و جنگل طبیعی یافت شد. بیشترین مقدار جمعیت باکتری در توده صنوبر را می‌توان این گونه بیان نمود که تحمل میکروبی نسبت به اسیدیته متفاوت است. اغلب میکروارگانیسم‌ها در pH نزدیک خنثی معمولاً بیش‌ترین و گوناگونی‌ترین جمعیت باکتری را سبب می‌شود (Gazanshahi, 2006). pH صنوبر نزدیک ۶/۴۰ است، باکتری‌ها که نسبت به pH پایین حساسیت بیشتری دارند، در این توده بیشترین بیوماس را دارا هستند در نتایج همبستگی مثبت میان بیوماس باکتری با pH در همان سطح دیده شد. نتایج شناسایی و شمارش بی‌مهرگان خاک در منطقه مورد مطالعه، در غالب نه نوع جانور خاکزی مشاهده شد (شکل ۱). مقایسه جمعیت بی‌مهرگان خاکزی نشان داد که میان میانگین جمعیت ماکروفون در میان توده‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$). مورچه، کرم‌خاکی، سوسک‌زمینی و عنکبوت فراوان‌ترین خانواده‌ها بودند. تراکم (تعداد در متر مربع) بی‌مهرگان در توده صنوبر با میانگین ۱۳/۸ واحد نسبت به دو توده دیگر به طور معنی‌داری بیشتر است (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه تراکم گونه‌های مختلف بی‌مهرگان خاکزی در تیمارهای مختلف

Figure 1. Comparison of soil invertebrates' distribution among the different treatments

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- مقایسه میانگین تراکم بی‌مهرگان خاکزی در تیمارهای مختلف

Figure 2. Mean comparison of soil invertebrates' distribution among the different treatments

با توجه به رابطه متقابل درختان و خاک، با تجمع و افزایش عناصر در خاک تحت پوشش صنوبر، جمعیت ماکروفون نیز در خاک توده مذکور افزایش می‌یابد. مورچه، کرم‌خاکی، سوسک‌زمینی و عنکبوت فراوان‌ترین خانواده‌ها بودند. ورود مواد آلی به خاک از طریق بقایای گیاهان (چه در سطح و چه در زیر خاک)، رطوبت و درجه حرارت، بی‌مهرگان خاکزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک علاوه بر تأمین غذای بی‌مهرگان خاکزی، سبب تغییرات میکروکلیمایی نیز می‌شود، زیرا سبب کاهش برخورد اشعه خورشید به سطح خاک شده، درجه حرارت خاک را کاهش داده و به‌گونه غیر مستقیم مقدار آب خاک را افزایش خواهد داد که این شرایط برای رشد و نمو بی‌مهرگان خاکزی مناسب است. از طرف دیگر تجمع مواد آلی در خاک سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شده و از این طریق نیز جمعیت بی‌مهرگان خاکزی، به‌ویژه کرم‌های خاکی تأثیر می‌گذارد (Sileshi & Mafongoya, 2006). در توده کاج به‌دلیل پایین بودن مواد آلی در خاک و نیز شرایط رطوبتی نامناسب، بی‌مهرگان خاکزی کم‌تری دیده شدند. فراوانی مورچه در تیمارها را باید به تمایل آن‌ها برای زندگی اجتماعی نسبت داد. آن‌ها غالباً به شکل کلنی ظاهر می‌شوند و بنابراین در بیشتر زیستگاه‌ها بخش قابل توجهی از ماکروفون های جمع‌آوری شده را تشکیل می‌دهند که با پژوهش فرویز و همکاران (Frouz *et al.*, 2013) مبنی بر حضور غالب مورچه در جنگل نسبت به سایر جانداران خاکزی هم‌خوانی دارد. تراکم کرم‌خاکی در نقاطی که میزان لای بیشتر و میزان رس و شن کم‌تر باشد افزایش می‌یابد (Fonte & six, 2011). افزایش بیش از حد ذرات رس، به دلیل زیاد بودن چسبندگی و ظرفیت نگهداری آب سبب کاهش نفوذپذیری کرم خاکی در خاک می‌شود، درحالیکه افزایش نسبی میزان شن موجب تسهیل در حرکت کرم خاکی در خاک، بهبود کیفیت خاک و تهویه بهتر آن می‌شود Iordache & Borza, (2010) که با زیاد بودن کرم‌خاکی در توده جنگل طبیعی و صنوبر مطابقت دارد. شاخص‌های تنوع شانون-وینر، غنای منهینیک و یکنواختی اسمیت-ویلسون ماکروفون خاک در میان توده‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد (جدول ۴)، تنوع شانون-وینر و غنای منهینیک به ترتیب با میانگین ۳/۴۳ و ۲/۱۲ در توده صنوبر و سپس جنگل طبیعی بیش‌ترین مقدار و یکنواختی در توده کاج تدا با میانگین ۰/۹۹ بیش‌ترین مقدار را دارا است (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاکزی در توده‌های بررسی شده

Table 4. Analyses of variance for the soil invertebrate diversity indices for the studied stands

Source of variation	df	Mean Square		
		Shannon	Menhinick	Smith –Wilson
Treatment	2	8.80*	0.299*	0.028*
Replication	39	9.90*	0.451*	0.039*
Error	78	0.270	0.034	0.209
CV (%)	-	0.431	0.478	0.175

**: Significant at P<0.01, *: Significant at P<0.05, ns: Not significant

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاکزی در توده‌های بررسی شده

Table 5. Characteristics mean comparison of soil invertebrate's diversity indices for the studied stands

	Shannon	Menhinick	Smith –Wilson
Natural forest	2.35b	2.64a	0.691b
Populus deltoides	2.61a	3.43b	0.943a
Pinus taeda	2.01b	1.12c	0.992a

* Values followed by the same letter are not significant differ among the treatments

در این بررسی دامنه تغییرات شاخص شانون-وینر در میان توده‌ها از ۳/۴۳ در صنوبر تا ۲/۳۵ در توده کاج بود که بیانگر بالا بودن میزان تنوع‌زیستی در صنوبر است. دامنه تغییرات شانون—وینر از ۰/۵ و معمولاً میان ۳/۵- ۱/۵ متغیر است (Southwood & Henderson, 2000). - مقادیر کم‌تر از این محدوده بیانگر وجود تنش در محیط و عدم پایداری و مقادیر بیشتر از آن بیانگر فزونی تنوع زیستی در منطقه است. دلیل احتمالی بالا بودن این شاخص در توده صنوبر نسبت به دیگر توده‌ها، می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که شرایط زیستی از جمله رطوبت و منابع غذایی در آن توده بیشتر است که با مطالعه محمد نژاد کیاسری (Mohammad Nezhad Kiasari, 2007) که آن هم به روابط تنوع ماکروفون و ویژگی‌های غذایی لاشبرگها اشاره دارد، مطابقت دارد. افزایش میزان شاخص اسمیت- ویلسون در توده کاج، حاکی از آن است که فراوانی بعضی گونه‌های غالب در منطقه نمونه برداری زیاد است.کاهش میزان این شاخص بیانگر توزیع مناسب افراد و بالا بودن تنوع‌گونه‌ای می‌باشد. با توجه به اینکه غنای جانداران خاکزی نیز به شرایط و منابع متعددی مربوط است، تغییرات تاج پوشش بر روی زنده‌مانی جانداران خاکزی مؤثراست (Negrete-Yankelevich *et al*., 2008). بالاترین غنا در توده صنوبر و جنگل طبیعی مبین این مطلب است. می‌توان بیان نمود در یک جنگل یا زیست بوم، دو عامل ثبات و تنوع لازم و ملزوم یکدیگر هستند و اثرات مکملی دارند. در واقع یک زیست بوم ابتدا باید برخوردار از یک ثبات نسبی (تعادل) باشد تا در آن تنوع افزایش یابد. در چنین شرایطی با وجود ثبات نسبی، افزایش تنوع سبب حفظ و تداوم ثبات (پایداری) می‌شود، لذا بالا بودن شاخص‌هایی مانند شانون—وینر در یک توده در درجه اول نشان‌دهنده ثبات آن منطقه است که در توده صنوبر و جنگل طبیعی مشاهده شد. بررسی همبستگی میان شاخص‌های میکروبی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان می‌دهد که تنفس میکربی با درصد رس، کربن آلی و نیتروژن کل خاک همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. همچنین شاخص کربن زیست توده میکروبی همبستگی منفی عنی‌داری را با pH و همبستگی مثبت معنی‌داری را با کربن آلی و نیتروژن کل نشان دادند. میان نیتروژن زیست توده میکروبی با مقدار درصد شن و pH همبستگی منفی و معنی‌دار و با درصد رس، درصد رطوبت، کربن آلی و نیتروژن کل همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶)

جدول ۶- ضریب همبستگی پیرسون (r) میان شاخص‌های میکروبی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک n=۴۰

Table 6. Pearson correlation (*r*) between soil physical and chemical properties and soil microbial indices

	q_{mic}	qCO_2	Bacteria	MBN	MBC	BR
Moisture	0.123*	0.518ns	0.215ns	0.412ns	0.137ns	0.225**
pH	0.129ns	0.288ns	0.011*	0.234*	0.038ns	0.012ns
OC	0.238**	0.102**	0.678**	0.625**	0.654**	0.912**
N	0.301*	0.315*	0.681**	0.625**	0.669**	0.715**
Sand	0.125ns	0.601ns	-0.356ns	-0.256**	0.365**	-0.318**
Clay	0.328ns	0.032*	0.203*	0.213**	0.174*	0.158*

BR: Basal Respiration, MBC: Microbial Biomass Carbon, MBN: Microbial Biomass Nitrogen, qmic: Microbial quotients, qco_2: Metabolic quotient, the symbols and parameters are the same as described for Table 2.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به رابطه متقابلی که بین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شاخص‌های میکروبی وجود دارد می‌توان عنوان کرد توده صنوبر شرایط مناسب‌تری را برای تولید مواد آلی، تنفس میکروبی و فعالیت بی‌مهرگان خاکزی فراهم کرده است. نوع گونه‌های درختی از طریق کمیت و کیفیت متفاوت لاشبرگ‌ها و بخش‌های زیرزمینی خود می‌توانند اثرات مثبت و منفی بر فعالیت

Archive of SID

www.SID.ir

جمعیت ماکروفون خاک، شاخص‌های تنوع زیستی و جمعیت میکروبی خاک داشته باشند. بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان گونه صنوبر را به‌عنوان یکی از گونه-های مناسب برای جنگل کاری معرفی نمود که هم از نظر تولید چوب مطلوب بوده و هم اینکه خصوصیات خاک تحت پوشش خود را بهبود می‌بخشد. از آنجا که در سال-های اخیر صنوبرکاری به خصوص در شمال کشور با اهداف کاهش فشار بر منابع جنگلی با توجه به محدود بودن منابع تولید چوب و تأمین نیاز چوبی جامعه صورت می گیرد و همچنین به دلیل اهمیت و ارزش اقتصادی صنوبرکاری‌ها و تأثیرات متقابلی که بین آن‌ها و خاک وجود دارد، توجه به اصول مدیریتی برای تولید و بازدهی بالا امری ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، که تمامی هزینه های مربوط به اجرای این تحقیق را متحمل شدند و به پاس مساعدت‌های بی دریغشان در تمام مراحل انجام این تحقیق صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

References

AliAsgarzad N. 2010. Laboratory Methods on Soil Biology. Tabriz University Press, 522p.

Anderson J.P.E. 1982. Soil respiration in: Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, Edited by Page, AL., R.H. Miller, and D.R. Keeney, *Agronomy Monograph*, pp. 831-871.

Anderson T.H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture Ecosystem Environment*, 98(5): 285–293.

Anderson T.H. and Domsch K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(2): 251-255.

Asadian M., Hojati M., Pour Majidian M. and Falah A. 2013. Effects of different land use types on soil quality in forests Sari Alandan. *Journal of Study Physical Geography*,45(3): 65-76. (In Persian)

Bremner J.M. 1996. Nitrogen-total. *In*: Sparks D.L. Methods of Soil Analysis (Ed.), pp. 1085-1122. *Soil Science Society of America*, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Chen M., Su Y., Chen B.J. and Marschner P. 2006. Effects of soil moisture and plant interactions on the soil microbial community structure. *European Journal of Soil Biology*, 43(1): 31-38.

Cheng C., Coleman D.C., Carroll C.R. and Hoffman C.A. 1993. In situ measurement of root respiration and soluble C concentrations in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(9): 1189-1196.

Fonte S.J., and Six J. 2011. Earthworm populations in relation to soil organic dynamics and management in California cropping systems. *Journal of Soil Ecology*, 4(6): 206-214.

Forugi Far H., Jafarzadeh A.A., Torabi Golsefidi H. and Ali Asgarzad N. 2011. The impact of landform units on distribution and spatial variability of soil biological indices in Tabriz Plain. *Journal of Water and Soil*, 21(4): 1-18. (In Persian)

Frouz J., Elhottova D., Kuraz V. and Sourkova M. 2013. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaim post mining sites: results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*, 33(3): 308-320.

Gee, G.H. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: Klute A. Methods of Soil Analysis. Physical Properties, *Soil Science Society of America, Madison*, WI, pp. 383-411.

Gongalsky K.B., Gorshkova I.A., Karpov A.I. and Pokarzhevskii A.D. 2008. Do boundaries of soil animal and plant communities coincide? A case study of a Mediterranean forest in Russia. *European Journal of Soil Biology*, 44(4): 355-363

Iordache M. and Borza I. 2010. Relation between chemical indices of soil and earthworm abundance under chemical fertilization. *Plant Soil Environment*, 56(9): 401-407.

Jenkinson D.S. and Powlson D.S. 1976. The effect of biotical treatments on metabolism in soil, V. A method for measuring soil biomass, *Soil Biology and Biochemistry*, 8:189-202.

Archive of SID

www.SID.ir

Kooch Y., Hosseini S.M., Zaccone C., Jalilvand H. and Hojjati S.M. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola forest (North of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(9): 2438-2446. (In Persian)

Lal R., Mokma D. and Lowery B. 2012. Relation between Soil quality and erosion. *Soil quality and Soil Erosion*, 12: 232-237.

Lavelle P., Decaens T., Aubert M., Barot S., Margerie P., Mora P. and Rossi J.P. 2013. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1): 3-15.

Mclean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. *In*: Methods of Soil Analysis, Edited by Page, A. L., Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Madison, Wisconsin, USA, pp. 199-224.

Mesdaghi M. 2005. Plant Ecology, Jahad press. Mashhad, Iran, 187p.

Mohammad Nezhad Kiasari Sh. 2007. Investigation on some biodiversitical characteristics of natural and planted forests (hardwoods and softwoods) in Darab Kola forests. Final report of research project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 87p.

Moscatelli M.C., Di Tizio A., Marinari S. and Grego S. 2007. Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97(1): 51-59.

Nael M. 2011. Studying lands destruction using soil quality indices and theirs spatial changes in forest and rangelands, Central Iran. M.Sc. Thesis of forestry, Isfahan University, 135p. (In Persian)

Negrete-Yankelevich S., Fragoso C., Newton A.C., Russell G. and Heal O.W. 2008. Species-specific characteristics of trees can determine the litter macro invertebrate community and decomposition process below their canopies. *Plant and Soil*, 307(1-2): 83-97.

Nourbakhsh F., Monreal C.M., Emtiazy G. and Dinel H. 2002. L-asparaginase activity in some soils of central Iran. *Arid Land Research and Management*, 16(4): 377-384.

Nsabimana D., Haynes R.J. and Wallis F. M. 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology*, 26(2): 81-92.

Odum E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. Saunders, Philadelphia Press, 221p.

Ouedraogo E., MandoA. and Brussaard L. 2006. Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology*, 42: 275-277.

Raiesi F. and Asadi E. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and unglazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 43(1): 76-82.

Scahrenbroch B.C. and Bockheim J.G. 2007. Impacts of forest gaps on soil properties and processes in old growth northern hardwood-hemlock forests. *Plant and Soil*, 294: 219-233.

Shahuyi S. 2006. Soil Properties. Kordestan Press, 880p.

Shekl Abadi M., Khademi H., Karimian M., and Nourbakhsh F. 2007. Effects of climate on soil quality some biological indices in central Zagros. *Journal of Natural Resources*, 41:103-116. (In Persian)

Sileshi G. and Mafongoya P.L. 2006. Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115(1): 69-78.

Southwood N. and Henderson J. 2000. Spatial scales of soil bacterial diversity-the size of a clone. *Microbiology Ecology*, 48: 119-127.

Walkley A.J. and Black C.A. 1934. Estimation of organic carbon by chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29–38.

Yadav R.S., Yadav B.L., Chhipa B.R., Dhyani S.K. and Ram M. 2010. Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi-arid region of Rajasthan, India. *Agroforestry Systems*, 81(3): 195-202.

Zeng D.H., Hu Y.L., Chang S.X. and Fan Z.P. 2009. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (Pinus sylvestris var. mongolica) in sandy lands in Keerqin, northeastern China. *Plant and Soil*, 317(1-2): 121-133.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation of Microbial Diversity and Soil Microorganisms in Softwood and Hardwood Plantations in the West of Guilan Province

Neda Ghorbanzadeh[1], Hassan Pourbabaei[2*], Ali Salehi[3], Ali Ashraf Soltani Tolarood[4], Seyed Jalil Alavi[5]

(Received: December 2016 Accepted: April 2017)

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of different plantations on the activity of soil organisms, biodiversity indices and their relationships with the measured soil physical and chemical characteristics. Sampling of soil, soil organisms and microbial indicates were done in plantation of *Populus deltoides*, *Pinus taeda* and natural forest stand by random systematic method. In each mentioned tree stands, 40 places were selected and soil samples were taken from a depth of 0-20 cm. The results showed that the highest microbial respiration, microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen and bacteria were observed in *Populus deltoides* and natural forests. Two indicators of metabolic and microbial also showed significant differences among the stands. The result of Pearson correlation between microbial indicators and different soil properties showed that there is a positive and significant correlation between these indicators and organic carbon and total nitrogen. On the base of this study, it is declared that the variations of soil qualities properties and the diversity indices are proportional to the properties and the forest site productivity. Population of macrofauna, as an indicator of the site productivity, will be suitable indicators for evaluation of the forest management roles related to ecosystem conservation and permanency. Based on the results, *Populus deltoides* compared to the other forest stands showed favorable conditions to produce more organic matter and microbial respiration.

Keywords: Biodiversity indices, Biological indices, Microbial respiration, Soil biology

Archive of SID

1 - Ph.D Student in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan
2 - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan
3 - Associate professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan
4 - Assistant professor, Faculty of agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardebili
5 - Assistant professor, Faculty of agriculture and Natural Resources, University of Tarbiat modares
* Corresponding Author Email: Hpourbabaei@gmail.com

www.SID.ir