Archive of SID

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

# مقایسه زیتوده ریزریشه، جمعیت کرم‌های خاکی و نماتدهای خاکزی در خاک سطحی توده‌های طبیعی و دست‌کاشت جنگلی

راضیه سنجی[۱]، *یحیی کوچ[۲] و مسعود طبری‌کوچکسرایی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، [۲]استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس،
[۳]استاد گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۲۵

## چکیده

**سابقه و هدف:** به‌دلیل تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها، جنگل‌کاری یک مسأله ضروری در حال و آینده بوده و ارزیابی جنگل‌کاری‌های انجام شده، نقش مهمی در ایجاد جنگل‌هایی با کیفیت و کمیت بهتر خواهد داشت. خاک بخش مهمی از اکوسیستم جنگل به حساب می‌آید که تحت شرایط عرصه‌ای یکسان، گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زیتوده روزمینی و زیرزمینی، اثرات مختلفی بر ویژگی‌های آن دارند. مطالعه و شناخت مشخصه‌های زیستی، شاخص‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک به‌شمار می‌روند. در پژوهش حاضر، اثر پوشش‌های جنگلی طبیعی، جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، بر تغییرپذیری زیتوده ریزریشه‌ها، تعداد و زیتوده گروه‌های اکولوژیک کرم‌خاکی و فراوانی نماتدهای خاکزی مورد توجه قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** در هر یک از پوشش‌های جنگلی موردنظر شامل توده طبیعی ممرز- انجیلی و جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ زبان‌گنجشک، افراپلت و سوزنی‌برگ کاج بروسیا و زربین، مستقر در حوزه چوب و کاغذ مازندران، تعداد ۱۶ نمونه خاک از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری (خاک سطحی) برداشت شد. محتوی رطوبت، pH، کربن‌آلی، نیتروژن کل و مشخصه‌های زیستی خاک (زیتوده ریزریشه، تعداد و زیتوده کرم‌های خاکی و فراوانی نماتدهای خاکزی) در آزمایشگاه مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفت.

**یافته‌ها:** تجزیه واریانس مقادیر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک حاکی از وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در ارتباط با پوشش‌های جنگلی مختلف می‌باشد. بیش‌ترین مقادیر مشخصه‌های رطوبت، کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک به جنگل‌کاری کاج بروسیا اختصاص داشته، در حالی‌که بالاترین مقادیر مشخصه‌های pH و نیتروژن در خاک تحت توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد. مقادیر حداکثر زیتوده ریزریشه‌ها (۸۹/۶۸ گرم بر مترمربع)، تعداد کرم‌های خاکی (۱/۸۱ تعداد بر مترمربع) و زیتوده کرم‌های خاکی (۲۴/۱۷ میلی‌گرم بر مترمربع) به توده طبیعی ممرز- انجیلی تعلق داشت. همچنین، بالاترین تعداد (۱/۴۳ تعداد بر مترمربع) و زیتوده (۱۹/۲۵ میلی‌گرم بر مترمربع) گروه اکولوژیک اپی‌ژئیک، در توده طبیعی ممرز- انجیلی و جنگل‌کاری زبان‌گنجشک مشاهده شد. در بین توده‌های

* مسئول مکاتبه: yahya.kooch@modares.ac.ir



www.SID.ir

Archive of SID



جنگلی مورد بررسی، توده طبیعی ممرز- انجیلی بیش‌ترین تعداد (۰/۳۷ تعداد بر مترمربع) و زیتوده (٤/۹۲ میلی‌گرم بر مترمربع) گروه اکولوژیک آنسئیک کرم‌های خاکی را به خود اختصاص داد. گروه اکولوژیک اندوژئیک در هیچ یک از توده‌های مورد بررسی یافت نشد. حداکثر تعداد نماتدهای خاکزی (٦۰۳/۳۷ تعداد بر مترمربع) در خاک توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد. نتایج همبستگی بیانگر آن است که محتوی رطوبت و مشخصه‌های شیمیایی خاک اثر قابل‌توجهی بر تغییرپذیری هر یک از مشخصه‌های زیستی در سطح تیپ‌های پوششی مختلف دارند.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش بیانگر اثر قابل‌توجه پوشش‌های جنگلی طبیعی بر مشخصه‌های زیستی و کیفیت خاک می‌باشد. همچنین در مناطق جنگلی تخریب‌یافته شمال کشور، استقرار گونه درختی زبان‌گنجشک می‌تواند به‌عنوان گونه منتخب جهت بهبود شاخص‌های زیستی، حفظ کیفیت و سلامت خاک مدنظر قرار گیرد.

***واژه‌های کلیدی:*** جنگل طبیعی، جنگل دست‌کاشت، خصوصیات شیمیایی خاک، کرم خاکی، نماتد

## مقدمه

شیوه‌های نادرست و نامناسب بهره‌برداری از منابع طبیعی در چند دهه اخیر موجب بروز لطمه‌های شدید به این عرصه‌ها به‌ویژه در جنگل‌ها شده است (۳). مطابق با گزارش‌ها، در طی ۵ دهه اخیر به‌طور متوسط سالانه ۱۰۰ هزار هکتار از جنگل‌های کشور تخریب شده یا کیفیت خود را از دست داده است و با کاهش سطح جنگل‌ها طی این دوره زمانی، از ۱۸ میلیون هکتار به ۱٤ میلیون هکتار، بیم آن می‌رود که در آینده‌ای نه چندان دور بخش عظیمی از اراضی کشور تبدیل به بیابان شوند. به این ترتیب، تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها نشان‌دهنده ضرورت جنگل‌کاری برای احیا و توسعه این منابع طبیعی تجدیدپذیر است (۱). بنابراین ارزیابی جنگل‌کاری‌های انجام شده، نقش مهمی در ایجاد جنگل‌هایی با کیفیت و کمیت بهتر، در آینده خواهد داشت (۲۳). جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) اثرات اکولوژیکی متعددی دارد و پایداری عرصه‌های جنگلی وابسته به تغییرپذیری مشخصه‌های خاک تحت‌تأثیر گونه‌های درختی می‌باشد (۵، ۱۵ و ۲۹). خاک در زمره مهم‌ترین و متنوع‌ترین زیستگاه‌های دارای غنای گونه‌ای در زمین و حاوی یکی از بهترین ترکیب از متنوع‌ترین موجودات زنده است (۱۹، ۲۷ و ٦۸). خواص فیزیکی خاک دارای اهمیت زیادی هستند، به‌طوری‌که خصوصیات زیستی و شیمیایی خاک از خصوصیات فیزیکی آن تأثیر می‌پذیرد (۲۸). محتویات کربن و نیتروژن خاک بسیار مرتبط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژی خاک می‌باشد و به‌طور گسترده به‌عنوان شاخص‌های کیفیت خاک محسوب می‌شوند (۳۱، ٤۵، ٦۳ و ۷۰).

ریشه‌های درختان، با قطر کم‌تر از ۲ میلی‌متر ساختار ریزریشه‌ها را تشکیل می‌دهند که متناسب با عمق نفوذ بر سایر مشخصه‌های خاک اثرگذار می‌باشند (۵۹). ریزریشه‌ها، ٤۰ تا ٦۰ درصد از کل تولید اولیه خالص در اکوسیستم جنگل را به خود اختصاص می‌دهند و به‌علت سرعت بالای تجزیه، نقش مهمی در جریان کربن و چرخه عناصر غذایی خاک دارند (۱۸)، بنابراین میزان تولید و نرخ بازگشت آن‌ها اثر مستقیم بر چرخه بیوژئوشیمیایی مواد در بوم‌سازگان خشکی دارد (۹) و به‌عنوان منبع اصلی کربن آلی زیرزمینی اثرات مهمی بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند (۹). با توجه به این‌که جنگل‌ها، سطحی حدود ۳۰ تا ٤۰ درصد از بوم‌سازگان خاکی را در بر می‌گیرند، ارزیابی



www.SID.ir

Archive of SID



زیتوده ریزریشه‌ها با توجه به این‌که ریزریشه‌ها دوره زیست کوتاهی دارند و نسبت به تغییرات محیطی حساس هستند، در تعیین وضعیت چرخه عناصر غذایی بسیار ارزشمند می‌باشد (٤٤).

در بسیاری از پژوهش‌ها، فون (میکرو، مزو و ماکرو) خاک به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه در ارزیابی کیفیت و سلامت خاک اکوسیستم‌های جنگلی مطرح بوده (۲، ۸، ۲۱ ، ۲۵، ۵۸ و ٦١) که فراوانی و زیتوده آن‌ها متأثر از نوع گونه درختی رویشگاه می‌باشد (۸ و ۵۳). کرم‌های خاکی، به‌عنوان مهم‌ترین ماکروفون خاک، در تجزیه اولیه دخالت نداشته ولی در مخلوط کردن مواد آلی و ذرات معدنی در خاک، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشند (۱۳ و ۲۰). عبور مکرر مواد از بدن این جانداران سبب خرد شدن آن‌ها گشته و بدین‌وسیله تجزیه و تبدیل آن‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها، آسان‌تر انجام می‌گیرد. بررسی‌ها بیانگر آنست که تجزیه مواد آلی با حضور کرم‌های خاکی، ۱/۵ تا ۱/٦ سریع‌تر از حالتی است که این جانداران در خاک وجود نداشته باشند (۳۸).

کرم‌های خاکی با توجه به محل زندگی‌شان در خاک، تغذیه، حفار بودن و رفتار آن‌ها به سه گروه اکولوژیک اپی‌ژئیک، آنسئیک و اندوژئیک دسته‌بندی می‌شوند (۳۳). اپی‌ژئیک در عمق ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر، در لایه‌های سطحی خاک زندگی کرده، به‌ندرت حفارند و تأثیر زیادی بر ساختمان خاک ندارند. آنسئیک با قطر ٤ تا ۸ میلی‌متر، در لایه‌های بالایی خاک زندگی کرده و از باقی‌مانده مواد آلی تغذیه می‌کند. این گروه کرم‌های خاکی لانه‌های نیمه‌دائمی در خاک ایجاد می‌کنند. اندوژئیک‌ها با قطر ۲ تا ٤/۵ میلی‌متر، در لایه‌های پایینی خاک زندگی می‌کنند و با حفاری زیاد در خاک، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و هوا در خاک و حرکت مواد و املاح به عمق‌های پایین‌تر و نفوذ ریشه در خاک را تسهیل می‌کند (٤٨). درختان با تغییر در ویژگی‌های خاک از طریق تغییر در کمیت و کیفیت شیمیایی لاشبرگ، مواد آلی، نسبت C/N، رطوبت و اسیدیته خاک، فراوانی و ساختار جمعیت کرم خاکی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۲۵). کرم‌های خاکی موجود در زیر درختان جنگلی نقش به‌سزایی در تجزیه لاشبرگ و بهبود مشخصه‌های خاک برای گیاه دارند (٦).

مزوفون‌ها به گروهی از موجودات خاکزی اطلاق می‌شوند که اندازه آن‌ها ۲ تا ۰/۲ میلی‌متر بوده و در منافذ پر از هوای خاک زندگی می‌کنند، نماتدها به این گروه از موجودات تعلق دارند (۵۵). نماتدها به‌عنوان فراوان‌ترین بی‌مهرگان از گروه مزوفون خاک، در منافذ پرآب خاک و نیز لایه‌های نازک آب اطراف ذرات خاک فعال بوده (١٦ و ٦٤) و فرآوانی آن‌ها در بعضی از رویشگاه‌ها به بیش‌تر از ۳ میلیون در هر مترمربع می‌رسد (٦٤). پژوهش‌ها بیانگر آنست که جمعیت نماتدها می‌تواند به‌عنوان شاخص ساختاری و عملکردی شبکه غذایی خاک مدنظر قرار گیرد (٤٧ و ٦٩). بسیاری از پارامترها مانند نوع گونه درختی، مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک، عمق لاشبرگ و مدیریت جنگل نقش تعیین‌کننده‌ای در توزیع و فراوانی نماتدهای خاکزی در اکوسیستم‌های جنگلی دارند (۱۱). در اکوسیستم‌های جنگلی، فراوانی نماتد خاک می‌تواند اطلاعات مهمی درباره نقش گونه‌های جنگلی در ساختار شبکه‌های غذایی رویشگاه در اختیار پژوهشگران قرار دهد (٦۵). با توجه به اهمیت مشخصه‌های زیستی در ارزیابی کیفی و سلامت خاک، در این پژوهش تأثیر پوشش‌های طبیعی و دست‌کاشت جنگلی بر برخی از مهم‌ترین این مشخصه‌ها (زیتوده ریزریشه، جمعیت کرم‌های خاکی و نماتدهای خاکزی) در خاک سطحی مدنظر قرار گرفت.



www.SID.ir

Archive of SID



## مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** پژوهش حاضر در عرصه‌های جنگل‌کاری‌شده محدوده جنگل‌های حوزه چوب و کاغذ مازندران انجام شد. این منطقه بین ″۳۰ ′۰۰ °۵۳ تا ″۳۰ ′۰٤ °۵۳ طول شرقی و ″۰۸ ′۲۱ °۳٦ تا ″۱۵ ′۲۷ °۳٦ عرض شمالی قرار دارد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰ متر و حداکثر ٤۲۰ متر می‌باشد. متوسط دمای سالیانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۸۰۸ میلی‌متر است. اقلیم منطقه با استفاده از روش‌های دومارتن و آمبرژه از نوع مرطوب به‌شمار می‌رود. تیپ خاک، قهوه‌ای شسته‌شده با افق کلسیک می‌باشد. در محدوده موردنظر جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ (بلندمازو، زبان‌گنجشک، پلت، زربین، توسکا ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و کاج بروسیا) از سنین مختلف (از یکساله تا ۲۵ ساله) با فاصله کاشت ۲ × ۲ متر موجود می‌باشد (۳۷).

**نمونه‌برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی:** در پژوهش حاضر، توده‌های ۲۵ ساله زبان‌گنجشک، افرا پلت، زربین، کاج بروسیا و همچنین توده جنگلی طبیعی ممرز- انجیلی (مجاور با جنگل‌کاری‌های دست‌کاشت مذکور) مورد مطالعه قرار گرفت. مطابق با گزارش زوزلولی (۱۳۹٤)، اثر توده‌های جنگلی مذکور بر مشخصه‌های جرم مخصوص ظاهری و بافت (شن، سیلت و رس) در لایه فوقانی خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری) تفاوت‌های آماری معنی‌داری نشان نداده است. مقادیر جرم مخصوص ظاهری برای هر یک از توده‌های فوق‌الذکر، به‌ترتیب، ۱/۲۸، ۱/۲٦، ۱/۱۹، ۱/۱٦ و ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب بوده و درصد اجزای شن (۲۰/۳۷، ۲٤/٦۲، ۲۷/۵۰، ۳۱/۸۷ و ۱۹/۰۰)، سیلت (٤۸/۵٦، ٤۵/۷۵، ٤۵/۵۰، ٤۳/۲۵ و ٤۳/۸۷) و رس (۳۱/۰٦، ۲۹/٦۲، ۲۷/۰۰، ۲٤/۸۷ و ۳۷/۱۲) نیز در لایه سطحی خاک متغیر بوده است (۷۱). مساحت ٤ هکتار (۲۰۰×۲۰۰ مترمربع) از توده‌های موردنظر [سطوح منتخب دارای شرایط فیزیوگرافی تقریباً مشابه (شیب کم‌تر از ۵ درصد شمالی و دامنه ارتفاعی ۲۱۵-۲۱۰ متر از سطح دریا) بوده‌اند] جهت انجام مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفت. در هر یک از توده‌های مورد بررسی، ٤ ترانسکت به طول ۲۰۰ متر و بر روی هر ترانسکت در فواصل مشخص، ٤ نمونه خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری و در سطح ۵۰ سانتی‌متر × ۵۰ سانتی‌متر) جمع‌آوری شد. در مجموع تعداد ۱٦ نمونه خاک از هر توده مورد بررسی قرار گرفت. رطوبت خاک به روش توزین، واکنش خاک به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، کربن آلی به روش والکلی‌بلاک، ازت کل به روش کجلدال در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (۲٦). جهت تعیین زیتوده ریزریشه‌ها، ریزریشه‌ها (قطر کم‌تر از ۲ میلی‌متر) از نمونه‌های خاک جداسازی و با استفاده از الک ۲ میلی‌متری شستشو داده شد. سپس این نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲٤ ساعت خشک گردید. در نهایت پس از توزین نمونه‌های خشک شده، مقدار زیتوده آن‌ها در مترمربع هر توده محاسبه شد (٤۰). همچنین، هم‌زمان با نمونه‌برداری خاک، کرم‌های خاکی به روش دستی جمع‌آوری و بر اساس ویژگی‌های ظاهری‌شان (گروه‌های اکولوژیک اپی‌ژئیک، آنسئیک و اندوژئیک) شناسایی شدند (٤). زیتوده کرم‌های خاکی به تفکیک هر گروه با توجه به وزن آن‌ها بعد از ٤۸ ساعت خشک شدن روی کاغذهای فیلتر در آزمایشگاه مشخص شد (۳۲). به‌منظور سنجش تعداد نماتدهای خاکزی، مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه خاک انتخاب و با استفاده از تکنیک قیف بیرمن و سانتریفیوژ، نماتدهای خاک جداسازی و شمارش گردید و بر اساس وزن خشک خاک تعداد آن‌ها در ۱۰۰ گرم خاک خشک محاسبه شد (٤۱).



www.SID.ir

Archive of SID



**تجزیه آماری داده‌ها:** داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعات ذخیره شد. به‌منظور تجزیه و مقایسه آماری داده‌ها، ابتدا نرمالیته آن‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک در ارتباط با تیپ‌های مختلف پوششی از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P<۰/۰۵$) انجام شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین مشخصه‌های زیستی با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی پیرسون مورد استفاده قرار گرفت. همه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

**محتوی رطوبت و شیمی خاک:** تجزیه واریانس مقادیر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در ارتباط با تیپ‌های مختلف پوششی می‌باشد (جدول ۱). بیش‌ترین محتوی رطوبت خاک در توده جنگل‌کاری کاج بروسیا و کم‌ترین مقدار آن در توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد (جدول ۲). بیش‌ترین درصد کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن به توده جنگل‌کاری کاج بروسیا اختصاص داشته است (جدول ۲). بالاترین مقادیر pH و درصد نیتروژن خاک در توده طبیعی ممرز- انجیلی و کم‌ترین مقادیر این دو مشخصه در جنگل‌کاری کاج بروسیا مشاهده شد (جدول ۲).

**جدول ۱- تجزیه واریانس محتوی رطوبت و شیمی خاک در ارتباط با پوشش‌های مختلف جنگلی.**

**Table 1. ANOVA for water content and soil chemistry in relation to different forest covers.**

| منابع تغییرات Variables sources | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean of square | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت Water content | pH soil pH | کربن Organic C | نیتروژن Total N | نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio |
| پوشش‌های جنگلی Forest covers | 4 | 698.25** | 4.15** | 3.47** | 0.12** | 694.06** |
| خطا Error | 75 | 95.99 | 0.08 | 0.15 | 0.00 | 6.49 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation | - | 19.21 | 8.28 | 13.81 | 12.78 | 18.07 |

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح یک درصد آماری بر اساس آزمون دانکن.

** is showing significant at level of one percent based Duncan test.



www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۲- میانگین ± اشتباه معیار محتوی رطوبت و شیمی خاک در ارتباط با پوشش‌های مختلف جنگلی.

**Table 2. Mean ±standard error of water content and soil chemistry in relation to different forest covers.**

| تیپ پوشش / خاک<br>Cover type/soil | رطوبت (درصد)<br>Water content (%) | pH<br>Soil pH | کربن (درصد)<br>Organic C (%) | نیتروژن (درصد)<br>Total N (%) | نسبت کربن به نیتروژن<br>C/N ratio |
|---|---|---|---|---|---|
| ممرز- انجیلی<br>Hornbeam-Iron wood | 28.01±0.85$^{d}$ | 7.09±0.01$^{a}$ | 1.38±0.00$^{e}$ | 0.34±0.00$^{a}$ | 4.03±0.15$^{d}$ |
| زبان‌گنجشک<br>Ash | 34.25±2.02$^{cd}$ | 6.86±0.01$^{b}$ | 1.63±0.09$^{e}$ | 0.28±0.01$^{b}$ | 5.79±0.25$^{cd}$ |
| افراپلت<br>Maple | 36.85±2.58$^{bc}$ | 6.67±0.4$^{b}$ | 1.66±0.08$^{e}$ | 0.23±0.01$^{c}$ | 7.30±0.53$^{c}$ |
| زربین<br>Cypress | 42.15±3.25$^{ab}$ | 6.16±0.08$^{c}$ | 2±0.10$^{b}$ | 0.16±0.00$^{d}$ | 12.69±0.89$^{b}$ |
| کاج بروسیا<br>Pine | 44.74±2.81$^{a}$ | 5.84±0.13$^{d}$ | 2.58±0.13$^{a}$ | 0.128±0.00$^{e}$ | 20.28±0.92$^{a}$ |

حروف انگلیسی در داخل جدول بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در تیپ‌های مختلف جنگلی می‌باشد.

The English letters within table are indicating of significant statistical differences in different forest types.

**مشخصه‌های زیستی خاک**

**زیتوده ریزریشه:** تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی خاک بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در ارتباط با تیپ‌های مختلف درختی می‌باشد (جدول‌های ۳ و ٤). مطابق با نتایج، بیش‌ترین مقادیر زیتوده ریزریشه در توده طبیعی ممرز- انجیلی و کم‌ترین مقدار آن در جنگل‌کاری کاج بروسیا مشاهده گردید (شکل ۱ الف). نتایج همبستگی بیانگر اثرات مثبت مشخصه‌های pH و نیتروژن خاک بر مشخصه‌های زیستی بوده در حالی‌که مقادیر رطوبت، کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک اثرات منفی بر فعالیت زیستی خاک در سطح پوشش‌های جنگلی مورد مطالعه داشته‌اند (جدول ۵). مطابق با نتایج این پژوهش، زیتوده ریزریشه خاک در جنگل طبیعی بیش‌تر از سایر توده‌های مورد بررسی بوده است. در همین راستا، یوشنگ و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که تنوع گونه‌های درختی در یک اکوسیستم جنگلی منجربه افزایش ریزریشه‌های خاک نسبت به توده‌های جنگلی خالص می‌گردد (٦۷). دلیل مشاهده زیتوده زیاد ریزریشه‌ها در لایه سطحی مورد بررسی خاک توده طبیعی ممکن است واکنش ریشه در پاسخ به وفور محتوی مواد آلی و عناصر معدنی در لایه بالایی خاک باشد، چرا که ریزریشه‌های درختان جهت دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی مورد نیاز خود در سطح بیش‌تری از خاک گسترش می‌یابند (۳۹ و ۵۰). حضور گونه‌های مختلف درختی در جنگل طبیعی منجربه افزایش توان جذب در این عرصه‌ها شده و در نهایت میزان زیتوده ریز ریشه نسبت به شرایط حضور تک‌گونه‌های درختی وضعیت مناسب‌تری خواهند داشت (۱۰). در تایید نتایج حاصل از این پژوهش، پژوهش‌های متعددی به افزایش زیتوده ریزریشه در خاک سطحی پهن‌برگان نسبت به سوزنی‌برگان اشاره داشته‌اند (۲٤ و ۳٤). دلیل این افزایش، نقش حاصل‌خیزی خاک عرصه‌های جنگل‌کاری پهن‌برگ نسبت به سوزنی‌برگان عنوان شده است (۵، ٤٤ و ٤٦). مقادیر پایین زیتوده ریزریشه در توده کاج بروسیا



www.SID.ir

Archive of SID



و زربین ممکن است در ارتباط با شرایط اسیدی‌تر خاک تحت گونه‌های مذکور باشد. در همین راستا، هلمیساری و همکاران (۲۰۰۹) و لئوشنر و هرتل (۲۰۰۳) گزارش نمودند که زیتوده ریزریشه در عرصه‌های اسیدی کم‌تر از محیط‌های متعادل‌تر می‌باشد (۲٤ و ۳۵). معمولاً خاک‌های اسیدی فعالیت‌های میکروبی را مهار می‌کنند، در حالی‌که خاک‌هایی با pH بالاتر نرخ تولید و رشد ریشه بهتری دارند (٦٦).

خاک تحت پوشش گونه زبان‌گنجشک و افراپلت حاصل‌خیزتر و حاوی نیتروژن بیش‌تری بوده و بنابراین شرایط مناسبی برای رشد ریشه‌ها فراهم آورده است. بسیاری از پژوهش‌ها به تأثیرپذیری ریزریشه از مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک اشاره داشته‌اند (١٤ و ٦٢). در یک بررسی، وانگ و همکاران (٢٠١٤) بیان نمودند که عرصه‌های غنی از عناصر غذایی شرایط مطلوب رشد ریشه‌ها را فراهم می‌کند (٦٠). مطابق با گزارش نوگوچی و همکاران (۲۰۰۷)، به‌کارگیری کود ازته بر تولید ریزریشه در توده *Cuprresus japonica*، پس از دو سال، منجربه افزایش تولید ریزریشه‌ها تا ۱۰ برابر نسبت به توده شاهد گردید (٤۳). نتیجه مشابهی نیز توسط کیو و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص افزایش زیتوده ریزریشه به‌دنبال افزایش نیتروژن خاک گزارش شده است (٤٦). در پژوهش حاضر نیز بین زیتوده ریزریشه و نیتروژن خاک همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده گردید و کم بودن میزان زیتوده ریزریشه در توده‌های جنگل‌کاری کاج بروسیا و زربین می‌تواند به‌دلیل مقادیر پایین نیتروژن و نسبت بالای کربن به نیتروژن خاک قابل توجیه باشد.

**گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی:** بیش‌ترین جمعیت (تعداد کل) کرم‌های خاکی به‌طور معنی‌دار به توده‌های طبیعی ممرز- انجیلی و جنگل‌کاری زبان‌گنجشک تعلق داشت (شکل ۱ ب) و بالاترین زیتوده آن‌ها در توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد (شکل ۱ ج). بررسی گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی بیانگر آنست که بیش‌ترین تعداد کرم‌های خاکی گروه اکولوژیک اپی‌ژئیک در توده طبیعی ممرز- انجیلی و جنگل‌کاری زبان‌گنجشک وجود داشته (شکل ۲ الف) و بالاترین زیتوده آن‌ها نیز به توده طبیعی ممرز- انجیلی تعلق داشت (شکل ۲ ب). بیش‌ترین تعداد و زیتوده کرم‌های آنسئیک به توده طبیعی ممرز- انجیلی اختصاص داشته (شکل ۲ ج- د) و گروه اکولوژیک کرم‌های اندوژئیک در هیچ‌یک از توده‌های جنگلی مورد بررسی مشاهده نشد. نتایج این پژوهش بیانگر تغییرپذیری معنی‌دار تراکم و زیتوده کرم‌های خاکی در بین پوشش‌های جنگلی مختلف می‌باشد که می‌تواند در نتیجه واکنش این موجودات خاکزی به تغییرپذیری مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و خاک باشد (٦). بالاترین مقادیر وفور و زیتوده کرم‌های خاکی در توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد. مطابق با پژوهش‌های پیشین (٦ و ٣٦)، تنوع، غنا و یکنواختی در عرصه‌های طبیعی به مراتب بیش‌تر از عرصه‌های جنگل‌کاری شده می‌باشد. در مطالعه حاضر تعداد و زیتوده کل کرم‌های خاکی در توده‌های جنگلی پهن‌برگ بیش‌تر از توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ ثبت گردید. در همین راستا، اسمیت و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که تعداد کل کرم‌های خاکی در اراضی جنگلی پهن‌برگ بیش‌تر از اراضی جنگلی سوزنی‌برگ می‌باشد (٥٦). مصلحی و نظری (۱۳۹۱) بیان داشتند که کرم‌های خاکی در جنگل‌های سوزنی‌برگ به‌دلیل اسیدی بودن خاک شمار اندکی دارند (۳۸). همچنین شمار آن‌ها در جنگل‌های پهن‌برگ و همچنین علفزارهای غنی بسیار فراوان بوده و ممکن است به ۱۰۰۰ عدد در هر مترمربع برسد.



www.SID.ir

Archive of SID



فعالیت بیش‌تر کرم‌های خاکی در توده طبیعی ممرز انجیلی می‌تواند در ارتباط با شرایط قلیایی‌تر و همچنین نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن خاک (۱۷، ۲۹ و ۵۲) قابل توجیه باشد. در یک بررسی، نیرینگ و همکاران (۲۰۰۰) بیان نمودند که نسبت‌های پایین کربن به نیتروژن در زیر تاج‌پوشش گونه‌های افرا باعث تجمع کرم‌های خاکی در لایه سطحی خاک شده است (٤۲). همچنین، اسچارز (۲۰۱۵) نیز کم‌بودن میزان زیتوده کرم‌های خاکی در بین گونه‌های لاریکس و کاج را بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن و نرخ لیگنین بیان نمودند (٥٤). در پژوهش حاضر نیز بیش‌ترین نسبت کربن به نیتروژن خاک در توده جنگل‌کاری کاج بروسیا مشاهده شد؛ در حالی‌که کم‌ترین زیتوده و جمعیت کرم‌های خاکی نیز در این توده ثبت گردید. حداکثر تعداد و زیتوده کرم‌های خاکی گروه اکولوژیک اپی‌ژئیک و آنسئیک را توده طبیعی ممرز- انجیلی به خود اختصاص داد. مطابق با پژوهش اسمیت و همکاران (۲۰۰۸)، کرم‌های با گروه اکولوژیک اپی‌ژئیک و آنسئیک دارای فراوانی و غنای بیش‌تری در اراضی جنگلی پهن‌برگ نسبت به اراضی جنگلی سوزنی‌برگ می‌باشند (٥٦). همچنین این دو گروه اکولوژیک، برگ‌های درختان جنگلی با نیتروژن بالا و تانن پایین را دوست دارند (٦ و ٤٨). مرور منابع بیانگر آن است که فعالیت انواع کرم‌های خاکی تا حد زیادی به مواد آلی و کیفیت لاشبرگ عرصه بستگی دارد و در خاک‌های اسیدی و هوموس خام مستقر نمی‌شوند و خاک‌های خنثی، مواد آلی با C/N پایین، لاشبرگ‌های با تانن و اسانس کم را ترجیح می‌دهند (۲۲، ۳۸ و ۵۱). بنابرین فعالیت بیش‌تر گروه‌های اپی‌ژئیک و آنسئیک در توده‌های پهن‌برگ در مقایسه با توده‌های سوزنی‌برگ می‌تواند احتمالاً به‌دلیل کیفیت بالاتر لاشبرگ و pH بالای خاک باشد. عدم حضور گروه اکولوژیک کرم‌های اندوژئیک در پژوهش حاضر می‌تواند در خصوص قدرت بالای حفاری این گونه از کرم‌ها باشد که عموماً به لایه‌های عمیق‌تر خاک مهاجرت می‌کنند (٦).

**نماتدهای خاکزی:** بیش‌ترین فعالیت نماتدها نیز در توده طبیعی ممرز- انجیلی بوده، در حالی‌که جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ زربین و کاج بروسیا اثرات منفی بر روی جمعیت این موجودات خاکزی داشته است (شکل ۱ د). نتیجه پژوهش حاضر بیانگر تغییرپذیری فعالیت نماتدهای خاکزی بدنبال تغییر در مشخصه‌های خاک تحت پوشش‌های جنگلی مختلف می‌باشد. خصوصیات خاک شامل کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن و pH، جوامع نماتد خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۵۷ و ٦۹). در پژوهش نحر و همکاران (۲۰۰۵) به نقش مثبت pH خاک بر فعالیت نماتدهای خاکزی تأکید شده است (٤۱). در همین راستا، می‌توان بیان داشت که جمعیت بیش‌تر نماتدها در توده طبیعی ممرز- انجیلی به‌دلیل بالا بودن میزان pH خاک می‌باشد. همچنین، میزان پایین کربن و مقادیر بالای نیتروژن خاک (۳۰ و ٤۹) فعالیت این موجودات خاکزی را در توده طبیعی ممرز- انجیلی تقویت نموده است. یافته‌های زنگ و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که فراوانی بیش‌تر نماتدها در توده مخلوط پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به‌دلیل حاصل‌خیزی خاک و مواد غذایی بیش‌تر است (۵۷). همچنین در مطالعه آن‌ها تعداد نماندها در توده پهن‌برگ توس بیش‌تر از توده سوزنی‌برگ نوئل بود. آن‌ها بیان نمودند که لاشبرگ پهن‌برگان مثل توس مواد مغذی بیش‌تری دارد که برای نماتدهای خاک مفید بوده و سوزن‌های مخروطیان به‌دلیل غلظت بالای پلی‌فنل‌ها منبع نامطلوبی برای نماتدهای خاک به‌شمار می‌آیند. بر همین اساس می‌توان بیان نمود که تعداد کم‌تر نماندها در خاک گونه‌های سوزنی‌برگ مورد مطالعه احتمالاً به‌دلیل کیفیت پایین لاشبرگ می‌باشد (۷ و ۱۲).



www.SID.ir

Archive of SID



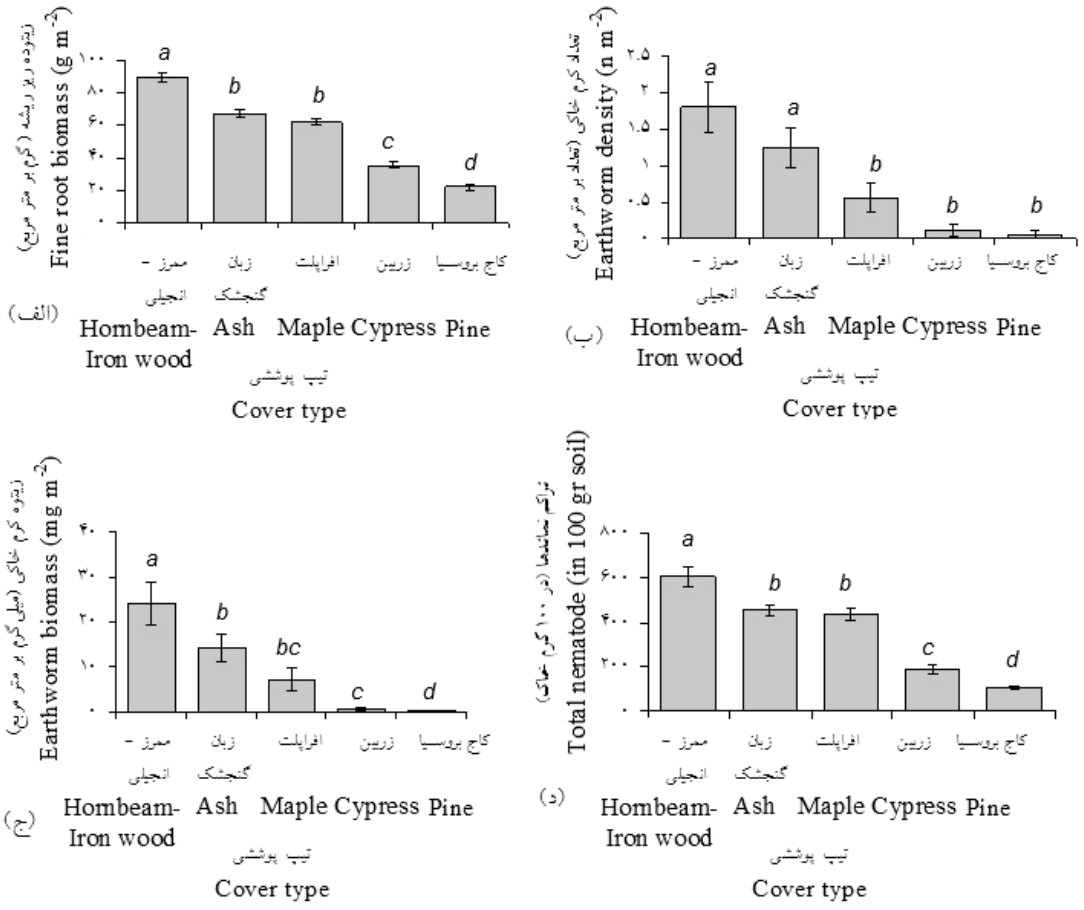
جدول ۳- تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی خاک در ارتباط با پوشش‌های جنگلی.

**Table 3. ANOVA for soil biological properties in relation to forest covers.**

| منابع تغییرات Variables sources | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean of square | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | زیتوده ریزریشه Fine root biomass | تعداد کرم‌های خاکی Earthworm density | زیتوده کرم‌های خاکی Earthworm biomass | تراکم نماتدها Total nematode |
| پوشش‌های جنگلی Forest covers | 4 | 11431.89** | 9.10** | 1635.20** | 666474.33** |
| خطا Error | 75 | 107.88 | 0.77 | 118.84 | 11576.62 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation | - | 15.06 | 20.42 | 22.94 | 24.13 |

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح یک درصد آماری بر اساس آزمون دانکن.

** is showing significant at level of one percent based Duncan test.




شکل ۱- میانگین ± اشتباه معیار مشخصه‌های زیستی خاک در ارتباط با پوشش‌های جنگلی.

**Figure 1. Mean ± standard error of soil biological properties in relation to forest covers.**



www.SID.ir

Archive of SID



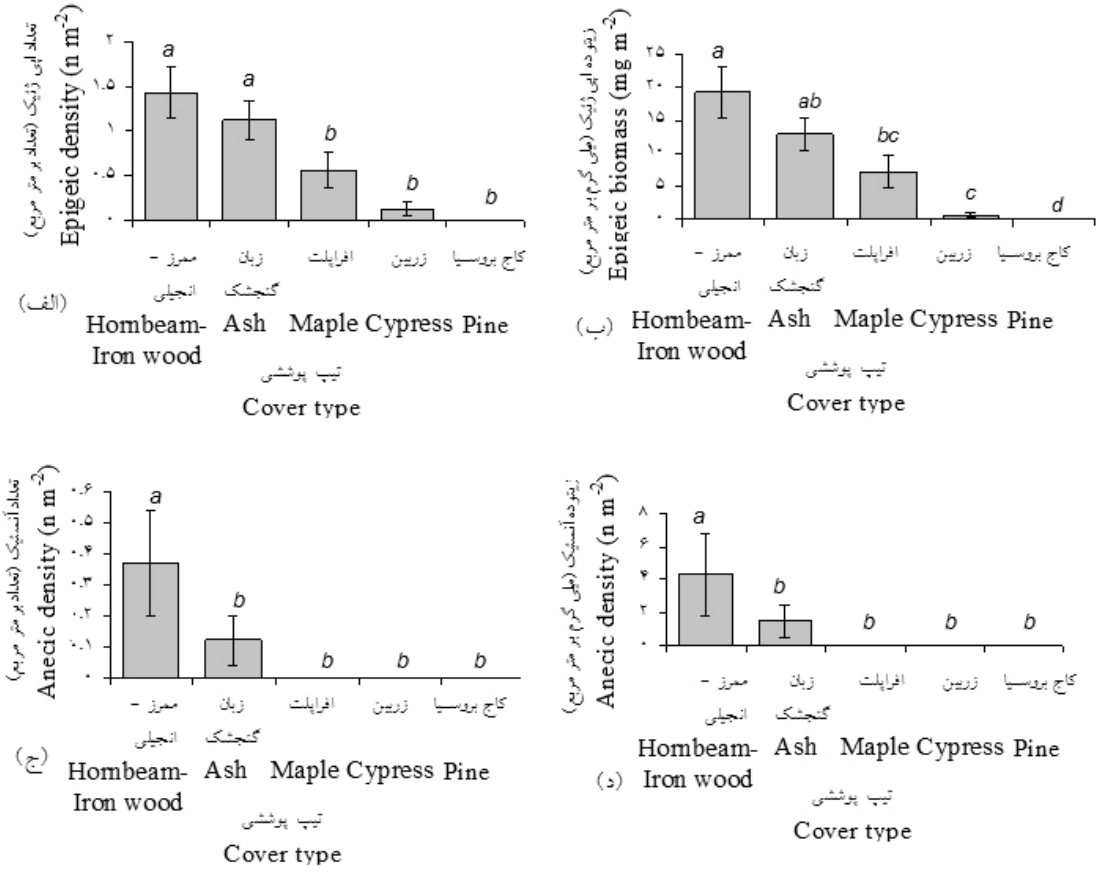
جدول ٤- تجزیه واریانس تعداد و زیتوده گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی در ارتباط با پوشش‌های جنگلی.

**Table 4. ANOVA for earthworm ecological group's density/biomass in relation to forest covers.**

| منابع تغییرات Variables sources | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean of square | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد اپی‌ژئیک Epigeic density | زیتوده اپی‌ژئیک Epigeic biomass | تعداد آنسئیک Anecic density | زیتوده آنسئیک Anecic biomass |
| پوشش‌های جنگلی Forest covers | 4 | 6.20** | 1077.43** | 0.42* | 72.80** |
| خطا Error | 75 | 0.57 | 87.56 | 0.12 | 22.89 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation | - | 19.53 | 21.99 | 24.45 | 24.93 |

** و * نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد آماری بر اساس آزمون دانکن.

** and * is showing significant at level of one percent based Duncan test.




شکل ۲- میانگین ± اشتباه معیار تعداد و زیتوده گروه‌های اکولوژیک کرم‌های خاکی در ارتباط با پوشش‌های جنگلی.

**Figure 2. Mean ± standard error of earthworm ecological group's density/biomass in relation to forest cover.**



www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۵- همبستگی مشخصه‌های زیستی در ارتباط با محتوی رطوبت و شیمی خاک در پوشش‌های جنگلی.

**Table 5. Pearson correlation between biological properties with water content and soil chemistry in forest covers.**

| مشخصه زیستی / فیزیکوشیمیایی خاک<br>Biological character/ soil physic-chemical | رطوبت (درصد)<br>Water content (%) | pH<br>Soil pH | کربن آلی (درصد)<br>Organic C (%) | نیتروژن کل (درصد)<br>Total N (%) | نسبت کربن به نیتروژن<br>C/N ratio |
|---|---|---|---|---|---|
| زیتوده ریزریشه (گرم بر مترمربع)<br>Fine root biomass (g $m^{-2}$) | -0.44(0.00) | 0.79(0.00) | -0.59(0.00) | 0.78(0.00) | -0.78(0.00) |
| تعداد اپی‌ژئیک (تعداد بر مترمربع)<br>Epigeic density (n $m^{-2}$) | -0.32(0.00) | 0.52(0.00) | -0.31(0.00) | 0.52(0.00) | -0.46(0.00) |
| زیتوده اپی‌ژئیک (میلی‌گرم بر مترمربع)<br>Epigeic biomass (mg $m^{-2}$) | -0.34(0.00) | 0.53(0.00) | -0.34(0.00) | 0.54(0.00) | -0.48(0.00) |
| تعداد آنسیئک (تعداد بر مترمربع)<br>Anecic density (n $m^{-2}$) | -0.16(0.14) | 0.24(0.02) | -0.18(0.09) | 0.30(0.00) | -0.23(0.03) |
| زیتوده آنسیئک (میلی‌گرم بر مترمربع)<br>Anecic biomass (mg $m^{-2}$) | -0.15(018) | 0.23(0.03) | -0.16(0.15) | 0.30(0.00) | -0.21(0.05) |
| تعداد کرم‌خاکی(تعداد بر مترمربع)<br>Earthworm density (n $m^{-2}$) | -0.31(0.00) | 0.54(0.00) | -0.32(0.00) | 0.53(0.00) | -0.44(0.00) |
| زیتوده کرم‌خاکی (میلی‌گرم بر مترمربع)<br>Earthworm biomass (mg $m^{-2}$) | -0.34(0.00) | 0.53(0.00) | -0.34(0.00) | 0.56(0.00) | -0.47(0.00) |
| تراکم نماتدها (در ۱۰۰ گرم خاک خشک)<br>Total nematode (in 100 gr soil) | -0.43(0.00) | 0.71(0.00) | -0.61(0.00) | 0.78(0.00) | -0.77(0.00) |

اعداد داخل پرانتز سطح معنی‌داری را نشان می‌دهد.

The values in parenthesis are showing significant level.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش بیانگر آنست که پوشش‌های درختی مختلف اثرات متفاوتی بر مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک داشته که همین موضوع منجر به تغییرپذیری فعالیت‌های زیستی خاک می‌شود. بالاترین مقادیر زیتوده ریزریشه، تعداد و زیتوده کرم‌های خاکی (اپی‌ژئیک و آنسئیک) و جمعیت نماتدها در خاک بخش تحتانی توده طبیعی ممرز- انجیلی مشاهده شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان‌دهنده نقش بسیار مهم پوشش‌های جنگلی طبیعی موجود بر کیفیت و سلامت خاک می‌باشد. با توجه به ارزیابی صورت گرفته در بین توده‌های جنگل‌کاری‌شده دست‌کاشت، گونه درختی زبان‌گنجشک می‌تواند به‌عنوان گونه مناسب جهت جنگل‌کاری در عرصه‌های تخریب‌یافته مورد استفاده قرار گیرد.

## منابع

1.Ahmadi Malakut, E., Soltani, A., and Hasanzad Navrodi, I. 2011. A comparison between understory phytodiversity of a natural forest and forest plantations (Case study: Langerud – Guilan). Iran. J. For. 20: 2. 157-167. (In Persian)

2.Angst, S., Mueller, C.W., Cajtham, T., Angst, G., Lhotáková, Z., Bartuška, M., Špaldoňová, A., and Frouz, J. 2017. Stabilization of soil organic matter by earthworms is connected with physical protection rather than with chemical changes of organic matter. Geoderma. 289: 4. 29-35.



www.SID.ir

Archive of SID



3.Ansari, N., and Seiyed Akhlaghi, S.J. 2009. Comparison of the opinion of rangeland user and expert about factors influencing natural resources degradation in Iran. Rangeland. 3: 3. 519-532. (In Persian)
4.Asshoff, R., Scheu, S., and Eisenhauer, N. 2010. Different earthworm ecological group interactively impact seedling establishment. Europ. J. Soil Biol. 46: 5. 330-334.
5.Augusto, L., De Schrijver, A., Vesterdal, L., Smolander, A., Prescott, C., and Ranger, J. 2015. Influences of evergreen gymnosperm and deciduous angiosperm tree species on the functioning of temperate and boreal forests. Biological Reviews. 90: 3. 444-466.
6.Beyranvand, M., and Kooch, Y. 2016. Effect of broadleaf tree species on abundance and diversity of earthworms in forest ecosystems plain. J. Soil Biol. 4: 1. 15-26. (In Persian)
7.Bjørnlund, L., and Christensen, S. 2005. How does litter quality and site heterogeneity interact on decomposer food webs of a semi-natural forest? Soil Biology and Biochemistry. 37: 2. 203-213.
8.Blouina, M., Hodsonb, M.E., Delgadoc, E.A., Bakerd, G., Brussaarde, L., Buttf, K.R., Daig, J., Dendoovenh, L., Peresi, G., Tondohj, J.E., Cluzeauk, D., and Brunl, J. 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. Europ. J. Soil Sci. 64: 1. 161-182.
9.Brassard, B.W., Chen, H.Y., Bergeron, Y., and Paré, D. 2011. Coarse root biomass allometric equations for *Abies balsamea*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana* and *Populus tremuloides* in the boreal forest of Ontario, Canada. Biomass and Bioenergy. 35: 10. 4189-4196.
10.Cardinale, B.J., Wright, J.P., Cadotte, M.W., Carroll, I.T., Hector, A., Srivastava, D.S., and Weis, J.J. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. Proceedings of the National Academy of Sciences. 104: 46. 18123-18128.
11.Cesarz, S., Ruess, L., Jacob, M., Jacob, A., Schaefer, M., and Scheu, S. 2013. Tree species diversity versus tree species identity: driving forces in structuring forest food webs as indicated by soil nematodes. Soil Biology and Biochemistry. 62: 2. 36-45.
12.Chen, H., Li, B., Fang, C., Chen, J., and Wu, J. 2007. Exotic plant influences soil nematode communities through litter input. Soil Biology and Biochemistry. 39: 7. 1782-1793.
13.Cristhy Buch, A., Gardner Brown, G., Fernandes Correia, M.E., Fábio Lourençato, L., and Vieira Silva-Filho, E. 2017. Ecotoxicology of mercury in tropical forest soils: Impact on earthworms. Science of the Total Environment, In Press.
14.Eissenstat, D.M., Wells, C.E., Yanai, R.D., and Whitbeck, J.L. 2000. Building roots in a changing environment: implications for root longevity. New Phytologist. 147: 1. 33-42.
15.Fan, S., Guan, F., Xu, X., Forrester, D.I., Ma, W., and Tang, X. 2016. Ecosystem carbon stock loss after land use change in subtropical forests in China. Forests. 7: 7. 142; doi: 10.3390/f7070142.
16.Franco, A., Knox, M.A., Sandriuzzi, W., De Tomasel, C.M., Sala, O.E., and Wall, D.H. 2017. Nematode exclusion and recovery in experimental soil microcosms. Soil Biology and Biochemistry. 108: 4. 78-83.
17.Frouz, J., Livečková, M., Albrechtová, J., Chroňáková, A., Cajthaml, T., Pižl, V., and Cepáková, Š. 2013. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites. Forest Ecology and Management. 309: 4. 87-95.
18.Fukuzawa, K., Shibata Takagi, K., Satoh, F., Koike, T., and Sasa, K. 2013. Temporal variation in fine-root biomass، production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. Forest Ecology and Management. 310: 4. 700-710.
19.Gorobtsova, O.N., Gedgafova, F.V., Uligova, T.S., and Tembotov, R.K. 2016. Eco physiological indicators of microbial biomass status in chernozem soils of the Central Caucasus (in the territory of Kabardino-Balkaria with the Terek variant of altitudinal zonation). Russ. J. Ecol. 47: 4. 19-25.
20.Groffman, P.M., Fahey, T.J., Fisk, M.C., Yavitt, J.B., Sherman, R.E., Bohlen, P.J., and Maerz, J.C. 2015. Earthworms increase soil microbial biomass carrying capacity and nitrogen retention in northern hardwood forests, Soil Biology and Biochemistry, 87: 2. 51-58.



www.SID.ir

Archive of SID



21.Guei, A.M., Baidai, Y., Tondoh, J.E., and Huising, J. 2012. Functional attributes:compacting vs. decomposing earthworms and influence on soil structure. Current Zoology. 58: 2. 556-565.
22.Haghparast, T., and Khakzyan, M.R. 1994. Arable soils. Islamic Azad University of Rasht Publication, 341p. (In Persian)
23.Hashemi, S.F., Hojjati, S.M., Hosseini Nasr, S.M., and Jalilvand, H. 2012. Comparison of nutrient elements and elements retranslocation of *Acer velutinum*, *Zelkova carpinifolia* and *Pinus brutia* in Darabkla-Mazindaran. Iran. J. For. 4: 2. 175-185. (In Persian)
24.Helmisaari, H.S., Saarsalmi, A., and Kukkola, M. 2009. Effects of wood ash and nitrogen fertilization on fine root biomass and soil and foliage nutrients in a Norway spruce stand in Finland. Plant and Soil. 314: 1-2. 121-132.
25.Holdsworth, A.R., Frelich, L.E., and Reich, P.B. 2012. Leaf litter disappearance in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of tree species and the chemistry and diversity of litter. Ecosystems. 15: 6. 913-926.
26.Jafari Haghighi, M. 2003. Soil analysis methods. Nedaye Zohi Publication, 236p. (In Persian)
27.Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Lakzian, A. 2012. Evaluation of structural biodiversity in natural systems of arid and semiarid regions. J. Natur. Environ. Iran. J. Natur. Resour. 65: 2. 163-179. (In Persian)
28.Kooch, Y., and Zoghi, Z. 2014. Comparison of soil fertility of *Acer insigne*, *Quercus castaneifolia* and *Pinus brutia* stands in the hyrcanian forests of Iran. Chine. J. Appl. Environ. Biol. 20: 5. 899-905.
29.Kooch, Y., Hosseini, S.M., Scharenbroch, B.C., Hojjati, S.M., and Mohammadi, J. 2015. Pedodiversity analysis in the Caspian Forests of Iran. Geoderma Regional. 5: 1. 4-14.
30.Kooch, Y., Samadzadeh, B., and Hosseini, S.M. 2017a. The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena. 150: 1-3. 223-229.
31.Kooch, Y., Tarighat, F.S., and Hosseini, S.M. 2017b. Tree species effects on soil chemical, biochemical and biological features in mixed Caspian lowland forests. Trees. In Press, Doi: 10.1007/s00468-016-1511-5.
32.Kooch, Y., Zaccone, C., Lamersdorf, N.P., and Tonon, G. 2014. Pit and mound influence on soil features in an Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest. Europ. J. For. Res. 133: 2. 347-354.
33.Lamande´, M., Hallaire, V., Curmi, P., Peres, G., and Cluzeau, D. 2003. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. Forest Ecology and Management. 54: 3. 637-649.
34.Lee, K.H., and Jose, S. 2003. Soil respiration, fine root production and microbial biomass in cottonwood and loblolly pine plantations along a nitrogen fertilization gradient. Forest Ecology and Management. 185: 3. 263-273.
35.Leuschner, C., and Hertel, D. 2003. Fine root biomass of temperate forests in relation to soil acidity and fertility, climate, age and species. In Progress in botany. 64: 3. 405-438.
36.Mohammad Nezhad Kiasari, Sh., Saqib Talibi, KH., Rahmani, R., and Amozad, M. 2011. Comparison diversity of soil invertebrates in natural forests and plantations in Sari Region. J. Natur. Resour. Sci. Technol. 6: 3. 118-125. (In Persian)
37.Mojarabi, M., Moftakhar Joibary, M., Kooch, Y., and Jalilvand, H. 2011. Comparison of regeneration density and biodiversity of afforestations of *Populus deltoides* Marsh. and *Acer velutinum* Boiss. in Dallak Khil of Mazandaran. Iran. J. Biol. 24: 4. 614-622. (In Persian)
38.Moslehi, M., and Nazari, J. 2012. Relations between earthworms and trees and its effects on forest soils. Human and Environmental. 20: 1. 108-113. (In Persian)
39.Munoz, F., and Beer, J. 2001. Fine root dynamics of shaded cacao plantations in Costa Rica. Agro forestry System. 51: 2. 119-130.
40.Neatrour, M.A., Jones, R.H., and Golladay, S.W. 2005. Correlations between soil nutrient availability and fine- root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes. NRC Research Press. 35: 12. 2934-2941.



www.SID.ir

Archive of SID



41.Neher, D.A., Wu, J., Barbercheck, M.E., and Anas, O. 2005. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. Applied Soil Ecology. 30: 1. 47-64.
42.Neirynck, J., Mirtcheva, S., Sioen, G., and Lust, N. 2000. Impact of *Tilia platyphyllos* Scop. *Fraxinus exceslsior* L., *Acer pseudoplatanu*s L., *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico – chemical properties of loamy topsoil. Forest Ecology and Management. 133: 3. 275-286.
43.Noguchi, K., Konôpka, B., Satomura, T., Kaneko, S., and Takahashi, M. 2007. Biomass and production of fine roots in Japanese forests. J. For. Res. 12: 2. 83-95.
44.Noguchi, K., Sakata, T., Mizoguchi, T., and Takahashi, M. 2005. Estimating the production and mortality of fine roots in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation using a minirhizotron technique. J. For. Res. 10: 6. 435-441.
45.Paolo, A.G., Raffaella, B., Danio, A., Attilio, D.R., and Ettore, C. 2010. Assessment of soil-quality index based on micro arthropods in corn cultivation in Northern Italy. Ecological Indicators. 10: 2. 129-135.
46.Qiu, Q., Li, J.Y., Wang, J.H., He, Q., Su, Y., and Ma, J.W. 2015. Interactions between soil water and fertilizer application on fine root biomass yield and morphology of Catalpa bungei seedlings. In Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publications. 700: 323-333.
47.Reneo, M., and Eerevkova, A. 2017. Windstorms as mediator of soil nematode community changes: evidence from European spruce forest. Helminthologia. 54: 2. 36-47.
48.Römbke, J., Jänsch, S., and Didden, W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. Ecotoxicology and Environmental Safety. 62: 2. 249-265.
49.Salamon, J.A., Schaefer, M., Alphei, J., Schmid, B., and Scheu, S. 2004. Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. Oikos. 106: 4. 51-60.
50.Sayer, E.J., Tanner, E.V.J., and Cheesman, A.W. 2006. Increased litter fall changes fine root distribution in a moist tropical forest. Plant and Soil. 281: 1. 5-13.
51.Sayyad, E., Hosseini, S.M., Hosseini, V., and Salehe-Shooshtari, M.H. 2012. Soil macrofauna in relation to soil and leaf litter properties in tree plantations. J. For. Sci. 58: 3. 170-180.
52.Scharenbroch, B.C., and Johnston, D.P. 2011. A microcosm study of the common night crawler earthworm (Lumbricus terrestris) and physical, chemical and biological properties of a designed urban soil. Urban ecosystems. 14: 1. 119-134.
53.Schelfhout, S., Mertens, J., Verheyen, K., Vesterdal, L., Baeten, L., Muys, B., and De Schrijver, A. 2017.Tree species identity shapes earthworm communities. Forests. 8: 85. doi:10.3390/f8030085.
54.Schwarz, B. 2015. Non-significant tree diversity but significant identity effects on earthworm communities in three tree diversity experiments. Europ. J. Soil Biol. 67: 4. 17-26.
55.Sileshi, G., and Mafongoya, P.L. 2006. Long-term effect of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 115: 1-4. 69-78.
56.Smith, R.G., McSwiney, C.P., Grandy, A.S., Suwanwaree, P., Snider, R.M., and Robertson, G.P. 2008. Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. Soil and Tillage Research. 100: 1. 83-88.
57.Sun, X., Zhang, X., Zhang, S., Dai, G., Han, S., and Liang, W. 2013. Soil nematode responses to increases in nitrogen deposition and precipitation in a temperate forest. Plos One. 8: 12. e82468.
58.Tolfa, I., Velki, M., Vukovic, R., Ecimovic, S., Katanic, Z., and Loncaric, Z. 2017. Effect of different forms of selenium on the plant–soil–earthworm system. J. Plant Nutr. Soil Sci. 1-10. DOI: 10.1002/jpln.201600492.
59.Tufekcioglu, A., Raich, J.W., Isenhart, T.M., and Schultz, R.C. 1998. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. Agroforestry Systems. 44: 2-3. 163-174.



www.SID.ir

Archive of SID



60. Wang, X., Ma, L., Jia, Z., and Jia, L. 2014. Root inclusion net method: novel approach to determine fine root production and turnover in Larix principis-rupprechtii Mayr plantation in North China. Turk. J. Agric. Forest. 38: 3. 388-398.
61. Wu, L., Ouyang, Z., Li, B., and Xu, Y. 2016. Effects of different forms of plant-derived organic matter on nitrous oxide emissions. Environmental Science: Processes and Impacts.
62. Xu, W., Liu, J., Liu, X., Li, K., Zhang, D., and Yan, J. 2013. Fine root production, turnover and decomposition in a fast-growth Eucalyptus urophylla plantation in southern China. J. Soil Sed. 13: 7. 1150-1160.
63. Yan, S., Singh, A., Shenglei, N., Chonghui, F., Silong, L., Yuanliang, W., Cui, Y., and Hu, L. 2012. A soil fauna index for assessing soil quality. Soil Biology and Biochemistry. 47: 3. 158-165.
64. Yeates, G.W. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. Biology and Fertility of Soils. 37: 4. 199-210.
65. Yeates, G.W. 2007. Abundance, diversity and resilience of nematode assemblages in forest soils. Can. J. For. Res. 37: 2. 216-225.
66. Yuan, Z.Y., and Chen, H.Y. 2010. Fine root biomass, production, turnover rates and nutrient contents in boreal forest ecosystems in relation to species, climate, fertility and stand age: literature review and meta-analyses. Critical Reviews in Plant Sciences. 29: 4. 204-221.
67. Yusheng, Y., Jianfen, G., Guangshui, C., Zongming, H., and Jinsheng, X. 2003. Effect of slash burning on nutrient removal and soil fertility in Chinese Fir and evergreen broadleaved forests of Mid-Subtropical China. Pedosphere. 13: 1. 87-96.
68. Zhang, K., Zheng, H., Chen, F.L., Ouyang, Z.Y., Wang, Y., Wu, Y.F., Lan, J., Fu, M., and Xiang, X.W. 2015. Changes in soil quality after converting Pinus to Eucalyptus plantations in southern China. Solid Earth. 6: 2: 115-123.
69. Zhang, M., Liang, W.J., and Zhang, X.K. 2012. Soil nematode abundance and diversity in different forest types at Changbai Mountain, China. Zoological Studies. 51: 5. 619-626.
70. Zushi, K. 2006. Spatial distribution of soil carbon and nitrogen storage and forest productivity in a watershed planted to Japanese cedar (*Cryptomeria Japonica* D. Don). J. For. Res. 11: 5. 351-358.
71. Zuzloli, A. 2015. The effect of natural forest and plantations on plant biodiversity, litter quality and soil physical characters in Sari region. M.Sc. Thesis of Forestry, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, 86p.



www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(3), 2017*
*http://jwsc.gau.ac.ir*

# Comparison of fine root biomass, earthworm's and nematodes populations in topsoil of natural forest and plantations

**R. Sanji[1], *Y. Kooch[2] and M. Tabari Kouchaksaraei[3]**
[1]M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University, [2]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University, [3]Professor, Dept. of Forestry, Tarbiat Modares University
Received: 12/20/2016; Accepted: 08/16/2017

**Abstract**

**Background and Objectives:** Because of deforestation and reduction of forest areas, plantation is a vital issue for now and the future. The evaluation of planted species is very important to creation of forests with better quality and quantity in the future. Soils, as an important part of the ecosystems, are affected by tree species with differences aboveground and below ground biomass, under same field condition .Biological properties are good indices to assessment of soil quality and health. In this study the effects of different forest covers including natural forest, hardwoods and softwoods plantations, on variability of fine roots biomass, ecological group's earthworm's density/biomass and nematodes abundance were considered.

**Materials and Methods:** Soil samples were excavated in sixteen points from 0-15 cm (top soil) depth, for each forest covers including *Carpinus betulus* (hornbeam) - *Parrotia persica* (iron wood) as a natural stand, *Fraxinus excelsior* (ash), *Acer velutinum* (maple) hardwoods and *Pinus brutia* (pine), *Cupressus sempervirens* (cypress) softwoods plantations, located in Wood and Paper Company of Mazandaran. Soil moisture, pH, organic carbon, total nitrogen and biological indices (fine roots biomass, earthworm's density/biomass and nematodes abundance) were measured and recorded at the laboratory.

**Results:** ANOVA results for soil physico-chemical properties showed significant statistical differences related to forest covers. So that the highest values of soil moisture, organic carbon and C/N ratio were found under pine plantation. Also the higher values of soil pH and total nitrogen were detected in *Carpinus betulus - Parrotia persica* natural stand. Greater amounts of fine root biomass (89.68 g $m^{-2}$), earthworm's density (1.81 n $m^{-2}$)/biomass (24.17 mg $m^{-2}$) and nematodes abundance (603.37 n $m^{-2}$) were found in *Carpinus betulus - Parrotia persica* natural stand. Also maximum epigeic density (1.43 n $m^{-2}$)/biomass (19.25 mg $m^{-2}$), were found under *Carpinus betulus - Parrotia persica* natural stand and ash plantation. Higher anecic earthworm's density (0.37 n $m^{-2}$)/biomass (4.92 mg $m^{-2}$) recorded in *Carpinus betulus - Parrotia persica* natural stand. The endogeic species were not observed under different forest covers. Greater amounts of nematodes abundance (603.37 n $m^{-2}$) were recorded in *Carpinus betulus - Parrotia persica* natural stand. The finding of correlation between biological indices and other studied properties indicating that biological characters are influenced by soil water content and chemistry under different forest covers.

**Conclusion:** The findings of this study are showing the considerable effect of natural forest covers on soil biological properties and quality. In addition, in degraded areas of northern Iran, planting of *Fraxinus excelsior* species can be considered due to improvement and conservation of soil biological indices, quality and health.

***Keywords:*** Natural forest, Plantation, Soil chemical characters, Earthworm, nematode

* Corresponding Author; Email: yahya.kooch@modares.ac.ir



www.SID.ir