مقایسه زیتوده درشت‌ریشه (*Coarse root*) و ریز ریشه (*Fine root*) خاک در توده‌های جنگلی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ

فاطمه روستایی [۱]، یحیی کوچ [۲]، سید محسن حسینی [۳]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور دانشگاه تربیت مدرس ، ۲-استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور دانشگاه تربیت مدرس، ۳-استاد گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور دانشگاه تربیت مدرس

چکیده
مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی تاثیر برخی ویژگی‌های روزمینی درختان و مشخصه‌های خاک بر زیتوده‌ی درشت‌ریشه و ریزریشه در توده‌های جنگل‌کاری توسکا، صنوبر، دارتالاب و توده‌ی آمیخته‌ی طبیعی در شهرستان محمودآباد انجام پذیرفت. بدین منظور، ۱۶ نمونه‌ی خاک (عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر) برداشت و ارتفاع کل (متر) و قطر برابر سینه (سانتی‌متر) درختان اندازه‌گیری شد. توده‌های آمیخته و دارتالاب به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر زیتوده درشت‌ریشه و ریزریشه‌ها را دارا بودند. نتایج تحلیل PCA نشان داد توزیع مکانی فاکتورهای محیطی pH، نیتروژن خاک، رطوبت، فاکتورهای رویشی قطر برابر سینه و ارتفاع کل همسو با زیتوده‌ی ریز ریشه‌ها و درشت‌ریشه‌های خاک می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: درشت‌ریشه، ریزریشه، زیتوده، جنگل‌کاری.

مقدمه
امروزه نقش جنگل‌ها در بهبود تغییرات جهانی اقلیم به واسطه‌ی عملکرد آنها به عنوان منبع و سینک کربن بر کسی پوشیده نیست. با توجه به نرخ بالای تخریب این اراضی طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۲ که بالغ بر ۱۳ میلیون هکتار در سال می‌باشد، جنگل‌کاری، شیوه‌ی کاربردی در کاهش و بهبود عواقب ناشی از این تخریب‌ها محسوب می‌شود (Bijak et al ۲۰۱۳,.). ریشه‌ها به عنوان فاکتور بیولوژیکی شکل‌گیری خاک با تفاوت در اندازه، ساختار، عمق نفوذ و فعالیت، اثرات متفاوتی بر محیط اطراف خود دارند (Leny,. ۲۰۱۱) تقریبا ۲۰ تا ۲۶ درصد از کل زیتوده‌ی سالانه مربوط به تولید این بخش درختان است (Mismir, ۲۰۱۲ and Mismir). ریشه‌های درختان از دو بخش، ریشه‌های درشت (*Coarse root*) با قطر بالای ۲ میلیمتر و ریز ریشه‌ها (*Fine root*) با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر تشکیل شدند که متناسب با عمق نفوذ بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موثر می باشند (Tufekcioghlu et al ۱۹۹۹,.). ریزریشه‌ها با تاثیر بر پویایی کربن، عامل کلیدی در پاسخ بوم‌سازگان به تغییر اقلیم محسوب می‌شوند (Fukuzawa et al ۲۰۱۳,.). درشت‌ریشه‌ها با اندازه‌ی بزرگ‌تر و نقش ساختاری، موجب پایداری بخش روزمینی درختان می‌شوند و پراکنش آنها در فاصله‌ی اندکی از ساقه‌ی درختان انجام می‌شود. میزان زیتوده‌ی تولیدی آنها در برخی بوم‌سازگان‌های خشکی بیش از ریزریشه‌ها است، هر چند برخی مطالعات نشان می‌دهد سهم ریز ریشه‌ها تا ۶۶ درصد کل تولید زیر زمینی است (Tamooh et al.,. ۲۰۰۸). با وجود اهمیت زیتوده‌ی زیرزمینی در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی از طریق تاثیر بر چرخه‌های کربن و نیتروژن، به علت مسائلی همچون اندازه‌گیری و محاسبه‌ی دشوار، مطالعات اندکی در ارتباط با این بخش انجام گرفته است. هدف تحقیق حاضر، تعیین تفاوت در زیتوده‌ی تولیدی توسط ریز ریشه‌ها و درشت‌ریشه‌های خاک در توده‌های جنگلی پهن‌برگ و سوزنی برگ و ارتباط آن با برخی فاکتورهای محیطی و زیستی می‌باشد.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه
نمونه‌برداری‌ها از ایستگاه تحقیقاتی مرکز بذر آمل واقع در روستای کلوده و شهرستان محمودآباد و در ارتفاع ۳۰ متری از سطح دریا انجام شد. در حدود ۵۰ سال پیش منطقه تحت پوشش جنگل طبیعی شامل گونه‌های بلوط (*Q. Castaneifolia* C. A. M.)، ممرز (*C. betulus* L.)، انجیلی (*P. persica* C. A. Meyer) و تک پایه‌های آزاد (*Z. carpinifolia* Dipp) (macranthera F. & M) بوده است. در سال ۱۳۷۷ گونه‌های درختی غالبی موجود در منطقه شامل توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C. A. M)، صنوبر دلتوییدس (*Poplus deltoids* L.) و سرو دارتالاب (*Taxadium distichum* L. Rich) بوده است که در فاصله ی ۴×۴ کاشته شدند و از نظر شرایط اقلیمی و شیوه‌ی مدیریتی بسیار مشابه هستند (Soleimany Rahimabady et al., ۲۰۱۵).

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

در هر عرصه از توده‌های جنگلی اشاره شده، مساحتی به اندازه‌ی ۲۰۰ × ۲۰۰ متر مورد توجه قرار گرفت. در هر یک از توده‌های مورد بررسی ۴ ترانسکت به طول ۲۰۰ متر و بر روی هر ترانسکت ۴ قطعه نمونه با ابعاد ۲۰ ×۲۰ متر مربع پیاده شد. به منظور اندازه‌گیری مشخصه‌های رویشی درختان در هر قطعه نمونه، ارتفاع کل (متر) و قطر برابر سینه (سانتیمتر) هر درخت اندازه‌گیری شد (Salehi et al ۲۰۱۳,.). در تمامی قطعات نمونه هر توده جنگلی، تعداد سه پروفیل خاک (ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر تا عمق ۱۰ سانتی‌متری) بصورت تصادفی برداشته و از هر قطعه نمونه یک نمونه ترکیبی خاک جهت بررسی به آزمایشگاه منتقل شد. با همین روش از عرصه‌ی طبیعی مجاور منطقه‌ی جنگل‌کاری شده که شامل توده آمیخته طبیعی (بلوط، ممرز و انجیلی) بوده نمونه‌برداری خاک انجام گردید. مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک شامل درصد رطوبت، واکنش خاک، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از روشهای استاندارد (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵) در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. پس از برداشت نمونه‌های خاک و انتقال به آزمایشگاه، درشت‌ریشه‌ها و ریزریشه‌ها به روش دستی از نمونه‌ها جداسازی و با استفاده از الک ۲ میلی‌متری شستشو داده شدند. سپس این نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲۴ ساعت خشک گردیدند. در نهایت پس از توزین نمونه‌های خشک شده، مقدار زیتوده آنها در هکتار هر توده محاسبه شد (Neatrour et al ۲۰۰۵,.).

تحلیل آماری داده‌ها

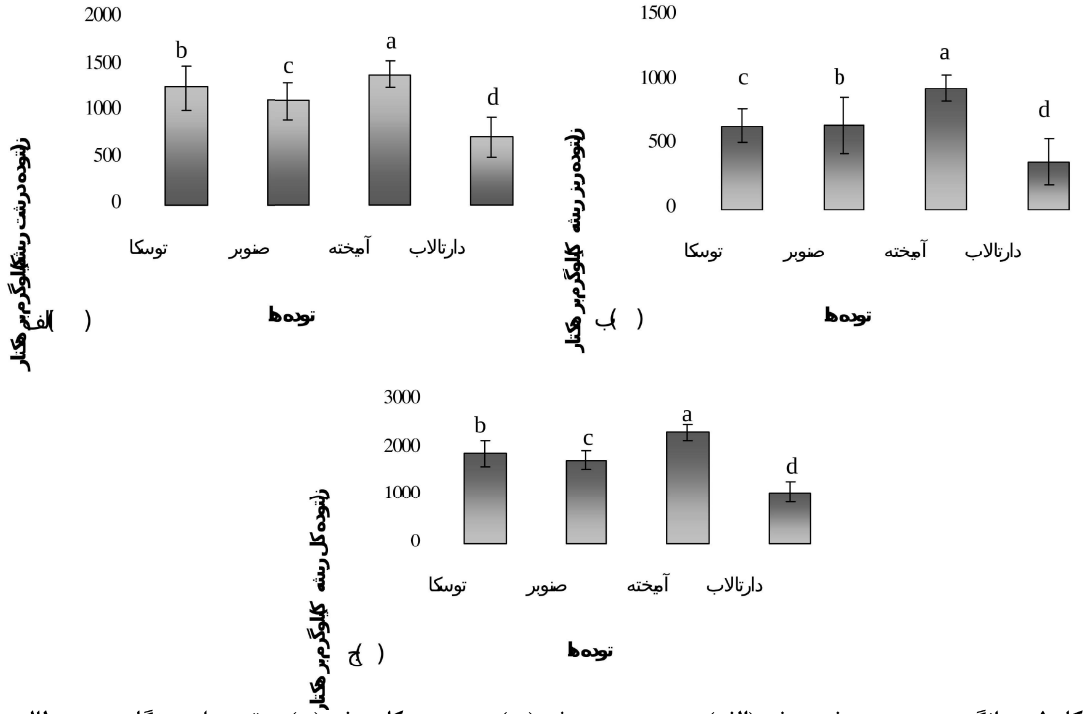
در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت زیتوده درشت‌ریشه و ریز ریشه‌ها در توده‌های مورد مطالعه از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین بکار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۶ صورت پذیرفت. همچنین به منظور انجام آنالیز چند متغیره و تعیین ارتباط مقادیر مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاك، زیتوده روزمینی با زیتوده درشت‌ریشه و ریز ریشه‌ها در توده‌ه ای جنگلی مورد مط العه، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (*PCA*) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه *PC- ORD* تحت *Windows* بکار گرفته شد.

نتایج و بحث

مطابق با نتایج بدست آمده، مقادیر زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها، ریزریشه‌ها و زیتوده‌ی کل ریشه‌ها در توده‌های مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را به نمایش گذاشته‌اند (جدول ۱). زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها در توده‌ی آمیخته بیشترین و در توده‌ی دارتالاب کمترین مقدار را دارا بود (شکل ۱ الف). بیشترین و کمترین زیتوده‌ی ریزریشه‌ها به ترتیب به توده‌های آمیخته و دارتالاب اختصاص داشته است (شکل ۱ ب). بیشترین و کمترین زیتوده‌ی کل ریشه‌ها نیز به ترتیب در توده‌ی آمیخته و دارتالاب مشاهده شد (شکل ۱ ج). مطابق با نتایج بدست آمده، زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها بیشتر از ریز ریشه‌ها بوده است (شکل ۱الف و ب).

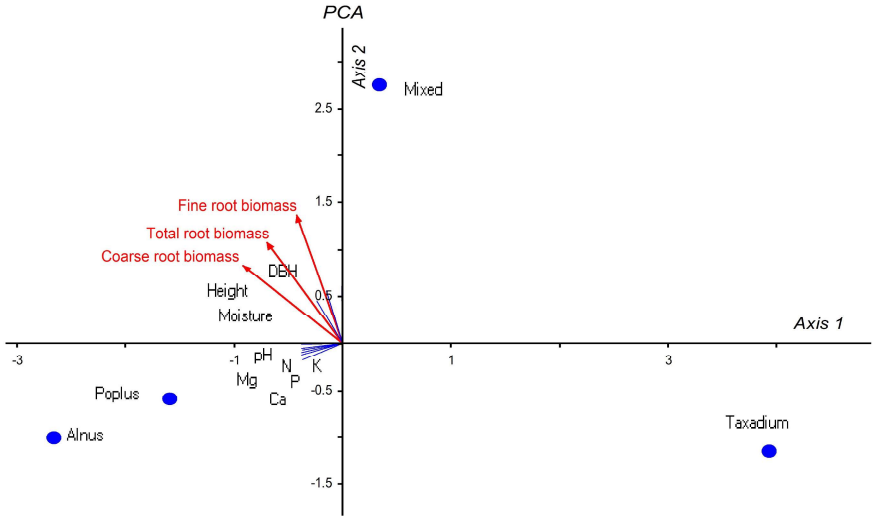
جدول ۱- تجزیه واریانس زیتوده‌ی درشت‌ریشه، ریز ریشه و زیتوده‌ی کل ریشه در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

مشخصه‌ی اماری/ زیتوده ی ریشه	زیتوده درشت ریشه	زیتوده ریز ریشه	زیتوده کل ریشه
مقدار F	۳۷/۲۵۰	۹۹/۲۹۲	۷۹/۷۸۷
میزان معنی‌داری	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰



شکل ۱ - میانگین زیتوده‌ی درشت‌ریشه (الف)، زیتوده‌ی ریز ریشه (ب) و زیتوده‌ی کل ریشه (ج) در توده‌های جنگلی مورد مطالعه

نتایج حاصل از تحلیل *PCA* نشان داد توزیع مکانی فاکتورهای محیطی *pH*، نیتروژن، رطوبت، فاکتورهای رویشی قطر برابر سینه و ارتفاع کل همسو با زیتوده‌ی ریزریشه‌ها و درشت ریشه‌ها هستند (شکل ۲). زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها در تمام توده‌های مورد بررسی بیش از ریز ریشه‌ها بوده است که طبق مطالعه‌ی Zhang et al. (۲۰۱۳)، افزایش قطر موجب افزایش زیتوده‌ی تولیدی درشت‌ریشه‌ها می‌شود. با توجه به بررسی‌های انجام شده زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها را با توجه به قطر برابر سینه و ارتفاع درختان می‌توان پیش‌بینی کرد (Ottorini and Legoff, ۲۰۰۱). طبق یافته‌ی Brassard et al (۲۰۱۱) قطر برابر سینه نسبت به ارتفاع فاکتور مناسب‌تری در تعیین زیتوده‌ی درشت‌ریشه می‌باشد، به شکلی که افزایش قطر برابر سینه‌ی درختان موجب افزایش زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها می‌شود (Bolte et al., ۲۰۰۸). با توجه به قطر بیشتر و ارتفاع بالاتر درختان توده‌ی آمیخته به منظور استحکام و پایداری توده‌ی مذکور نیاز است که زیتوده‌ی درشت‌ریشه بیشتر باشد (Kuznetsova et al., ۲۰۱۴). سن توده‌ی آمیخته نسبت به توده‌های جنگل‌کاری بیشتر است و به گفته‌ی Mismir and Mismir (۲۰۱۳) افزایش سن توده موجب افزایش زیتوده‌ی درشت‌ریشه‌ها می‌شود. کمترین زیتوده‌ی درشت‌ریشه در توده‌ی دارتالاب مشاهده شده است. مطالعات مختلف تاثیر حاصلخیزی و اسیدیته را در تراکم درشت‌ریشه‌ها نشان داده است. یافته‌های Blue et al. (۲۰۱۱) نشان داد افزایش نیتروژن موجب افزایش زیتوده‌ی درشت‌ریشه می‌شود. Jentschke et al. (۲۰۰۱) تاثیر منفی افزایش اسیدیته در تراکم و توسعه‌ی افقی درشت‌ریشه‌ها، همچنین کاهش عناصر غذایی منیزیم و کلسیم که موجب کمبود ترکیبات کربوهیدراته‌ی زیتوده ریشه می‌شود را بیان کردند. این محققین به افزایش زیتوده‌ی درشت‌ریشه تحت تاثیر افزایش نیتروژن خاک نیز اشاره کردند و شاید بتوان حضور بیشتر درشت‌ریشه در توده‌های توسکا و صنوبر نسبت به دارتالاب را به غلظت بیشتر نیتروژن و اسیدیته‌ی پایین‌تر آنها نسبت داد (شکل ۲).



فاکتور اول: مقدار ویژه = ۲۹/۶، درصد) PCAشکل۲- توزیع مکانی زیتوده ریشه‌ها، مشخصه‌های خاک و توده‌های جنگلی مورد مطالعه در تحلیل واریانس متناظر با عامل = ۹۳/۶۹، درصد واریانس تجمعی = ۹۳/۶۹ و فاکتور دوم: مقدار ویژه = ۵۵/۲، درصد واریانس متناظر با عامل = ۳۲/۲۸، درصد واریانس تجمعی = ۲۶/۹۸).

مطابق با نتایج Lee and Jose (۲۰۰۳)، زیتوده‌ی ریزریشه‌ها در توده‌های پهن‌برگان بیش از سوزنی‌برگان می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که تولید ریزریشه در توده‌های پهن‌برگ مورد مطالعه نسبت به دارتالاب بیشتر می‌باشد. زیتوده‌ی ریشه ارتباط مثبتی با رطوبت خاک دارد (Dipesh, ۲۰۱۳ and Schulder)، چرا که وجود آب موجب جذب بهتر عناصر غذایی توسط زیتوده‌ی زیرزمینی می‌شود (Quan et al., ۲۰۱۰) و شاید غلظت کمتر عناصر غذایی در توده‌ی طبیعی نسبت به جنگل‌کاری توسکا و صنوبر جذب بیشتر توسط پایه‌های درختی است. مانند آنچه در ارتباط با درشت ریشه‌ها بیان شد زیتوده‌ی ریزریشه هم مرتبط با زیتوده رو زمینی است و قطر برابر سینه و ارتفاع درختان از فاکتورهای مهم در تعیین زیتوده‌ی ریز ریشه محسوب می‌شوند (Hertel et al., ۲۰۰۹). هرچند به گفته‌ی Jentschke et al. (۲۰۰۱)، زیتوده‌ی ریزریشه در توده‌هایی با تاج پوشش بسته مستقل از اندازه‌ی درختان است و تحت تاثیر وضعیت عناصر غذایی است. توده‌ی آمیخته با توجه به دارا بودن تنوع گونه‌ای نسبت به توده‌های خالص جنگل‌کاری، سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌تری دارد و متناسب با گونه ساختار ریشه‌دوانی متفاوتی دارند که تولید را نسبت به توده‌ی خالص افزایش می‌دهند (Cordinal et al., ۲۰۰۷). تولید ریزریشه‌ها نسبت به شرایط محیطی حساس می‌باشند و افزایش عناصر غذایی و حاصل‌خیزی توده موجب افزایش زیتوده‌ی ریزریشه می‌شود (Wang et al., ۲۰۱۴)، به طوری که مطالعه‌ی Noguchi et al. (۲۰۰۷) نشان داد، استفاده از کودهای نیتروژنه در جنگل‌کاری بالغ *C .japonica* تولید ریزریشه را تا ۱۰ برابر بیشتر از توده‌های شاهد افزایش داده است. Helmissari et al. (۲۰۰۹) در بررسی عوامل موثر بر تولید ریز ریشه‌ها به رابطه‌ی منفی اسیدیته‌ی خاک و ریز ریشه اشاره کردند. همانطور که نتایج نشان می‌دهد می‌توان کمتر بودن تولید ریزریشه تحت جنگل‌کاری دارتالاب را به اسیدی بودن خاک آن ارتباط داد (Yuan et al. ۲۰۱۰). به طور کلی در ارتباط با درشت‌ریشه‌ها زیتوده‌ی تولیدی همبستگی مثبت با زیتوده روزمینی دارد و عملکرد آن بیشتر جنبه‌ی ساختاری و استحکام پایه‌های درختی را دارد، در مقابل زیتوده‌ی ریزریشه موثر بر چرخه‌های عناصر غذایی بوده و سهم بالایی در تولید اولیه بوم‌سازگان جنگل دارد (Fukuzava et al., ۲۰۱۳).

منابع

غازان‌شاهی ج.، ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات هما، ۲۷۲ص.

Bijak S., Zasada M., Bronisz A., Bronisz K., Czajkowski M., Ludwisiak ., Tomusiak R. and Wojtan R. ۲۰۱۳. Estimating coarse roots biomass in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. Silva Fennica, ۴۲: ۱۲۳-۱۴۵.

Blue J. D., Souza L., Classen A. T., Schweitzer J.A. and Sanders N.S. ۲۰۱۱. The variable effects of soil nitrogen availability and insect herbivory on aboveground and belowground plant biomass in an old Weld ecosystem. Oecologia, ۳۴: ۲۷۸-۲۸۱.

Bolte A., Rahmann T., Kuhr M., Pogoda P., Murach D and Gadow K.V. ۲۰۰۴. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech and Norway spruce. Plant and Soil, ۲۶۴:۱-۱۱.

Brassard B. W., Chen H. Y. H., Bergeron Y. and David P. ۲۰۱۱. Coarse root biomass allometric equations for Abies balsamea, Picea mariana, Pinus banksiana, and Populus tremuloides in the boreal forest of Ontario, Canada. Biomass and Bio energy, ۳۵: ۴۱۸۹-۴۱۹۶.

Cardinale B. J., Wright J.P., Cadotte M. W., Carroll I.T., Hector A., Srivastava, D.S., Loreau M. and Weis J. J. ۲۰۰۷. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA ۱۰۴, ۱۸۱۲۳-۱۸۱۲۸.

Dipesh K. C. and Schuler J. L. ۲۰۱۳. Estimating fine-root production and mortality in the biomass plantations. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۴۴: ۲۵۱۴-۲۵۲۳.

Fukuzawa K., Shibata Takagi K., Satoh F., Koike T. and Sasa, K. ۲۰۱۳. 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, ۳۱۰: ۷۰۰-۷۱۰.

Helmisaari H. S., Saarsalmi A. and Kukkola M. ۲۰۰۹. Effects of wood ash and nitrogen fertilization on ne root biomass and soil and foliage nutrients in a Norway spruce stand in Finland. Plant and Soil, ۳۱۴: ۱۲۱-۱۳۲.

Hertel D., Harteveld M, A. and Leuschne Ch. ۲۰۰۹. Conversion of a tropical forest into agroforestry alters the fine root-related carbon flux to the soil. Soil Biology and Biochemistry, ۴۱: ۴۸۱-۴۹۰.

Jentschke G., Drexhage M., Fritz H.W., Fritz E., Schella B., Lee D.H, Gruber F., Heimann J., Kuhr M., Schmidt J., Schmidt S., Zimmermann R. and Douglas L. Godbold D. L. ۲۰۰۱. Does soil acidity reduce subsoil rooting in Norway spruce (Picea abies)? Plant and Soil, ۲۳۷: ۹۱-۱۰۸.

Kuznetsova T., Lukjanova A., Mandre M. and L hmus K. ۲۰۱۱. Aboveground biomass and nutrient accumulation dynamics in young black alder, silver birch and Scots pine plantations on reclaimed oil shale mining areas in Estonia. Forest Ecology and Management, ۲۶۲: ۵۶-۶۴.

Le Goff N. and Ottorini J. M. ۲۰۰۱. Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in northeast France. Annual Forest Science, ۵۸: ۱-۱۳.

Lee K. H. and Jose S. ۲۰۰۳. Soil respiration, fine root production, and microbial biomass in cottonwood and loblolly pine plantations along a nitrogen fertilization gradient. Forest Ecology and Management, ۱۸۵: ۲۶۳-۲۷۳.

Leny S. M. ۲۰۱۱. Construction Calculations Manual. Elsevier, ۶۹۲ pages.

Mismir N. and Mismir M. ۲۰۱۲. Root biomass and carbon storage in Abies nordmanniana Stands. Journal of Forestry Faculty, ۶: ۲۲۵-۲۲۷.

Neatrour, M. A., Jones, R. H. and Golladay, S.W. ۲۰۰۵. Correlations between soil nutrients availability and fine-root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes, NRC Research Press, ۳۵: ۲۹۳۴-۲۹۴۱.

Noguchi K., Konôpka B., Satomura T., Kaneko S. and Takahashi M. ۲۰۰۷. Biomass and production of fine roots in Japanese forests. Journal of Forest Research, ۱۲: ۸۳-۹۵.

Quan X., Wang Ch., Zhang Q.,Wang X., Luo Y. and Lamberty B. B. ۲۰۱۰. Dynamics of ne roots in ve Chinese temperate forests. Journal of Plant Research, ۱۲۳: ۴۹۷-۵۰۷.

Salehi A., Ghorbanzadeh N. and Salehi M. ۲۰۱۳. Soil nutrient status، nutrient return and retranslocation in poplar species and clones in northern Iran. IForest Journal, ۶:۳۳۶-۳۴۱.

Soleimany Rahimabady M., Akbarinia M. and Kooch Y. ۲۰۱۵. The effect of land covers on soil quality properties in the Hyrcanian regions of Iran. Journal of Biosciences and Biotechnology, ۳۲: ۱۲۸- ۱۳۶.

Tamooh F., Huxhamd M., Karachi M., Mencuccini M., Kairo J. G. and Kirui B. ۲۰۰۸. Below-ground root yield and distribution in natural and replanted mangrove forests at Gazi bay, Kenya. Forest Ecology and Management, ۲۵۶:۱۲۹۰-۱۲۹۷.

Tufekcioglu A., Raich J.W., Isenhart T. M. and Schultz R.C. ۱۹۹۹. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. Agroforestry Systems, ۴۴: ۱۶۳-۱۷۴.

Wang X., Ma L., and Jia Z. ۲۰۱۴. Root inclusion net method: novel approach to determine fine root production and turnover in Larix principis - rupprechtii Mayr plantation in North China. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, ۳۸: ۳۸۸-۳۹۸.

Yuan Z.Y. and Chen H. Y. H. ۲۰۱۰. 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, ۲۹: ۲۰۴-۲۲۱.

Zhang CH., Chen L., and Jiang J. ۲۰۱۳. Vertical root distribution and root cohesion of typical tree species on the Loess Plateau. China Journal Arid Land, ۶: ۶۰۱-۶۱۱.

Abstract

This study was carried out to examine the effect of tree above ground parameters and soil features on fine and coarse root biomass in Cypress, Poplar, Alder plantation and Mixed Natural forest in Mahmudabad region, northern Iran. Sixteen samples (۰-۱۰cm) were taken per stand. The vegetation structure (diameter at breast height and total height) were determined. There were significant differences in coarse and fine root biomass between the plantations and mixed forest. Coarse and fine root biomasses were highest under mixed forest and lowest under Cypress plantation. The PCA results suggest that the coarse and fine root biomass were positively correlated with soil nitrogen, pH and moisture. Diameter at the breast height and total height of trees had significant effect on coarse and fine root biomass.