

بررسی برخی از ویژگی‌های خاک در جنگل‌کاری‌های خالص و آمیخته بلندمازو

عین‌اله روحی مقدم^{۱*}، سید محسن حسینی، عزت‌اله ابراهیمی، احمد رحمانی،

مسعود طبری و رضا مهدوی

استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه زابل؛ rouhimoghaddam@yahoo.com

دانشیار، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس؛ hosseini@modares.ac.ir

مربی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران؛ ezzatebrahimi@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع؛ arahmani@rifr-ac.ir

دانشیار، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس؛ masoudtabari@yahoo.com

مربی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران؛ r.mahdavi@kkrm.ir

چکیده

برای این که یک جنگل کاری پایدار بماند، باید عناصر غذایی خاک کاهش معنی داری پیدا نکند و هیچ تغییر منفی قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های خاک به وجود نیاید. لذا این تحقیق در ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان صورت گرفته است. در این طرح کاملاً تصادفی، بلندمازو به صورت خالص و آمیخته به نسبت ۵۰ درصد به ۵۰ درصد با هر یک از گونه‌های آزاد، پلت، داغداغان و مرمرز جنگل کاری شده است. بعد از ۱۳ سال، با آزمایش ۱۲ ویژگی در دو لایه از خاک، تأثیر احتمالی این جنگل‌کاری‌ها و ترکیب درختی اشکوب برین بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون‌های تجزیه واریانس دوطرفه و یک‌طرفه و دانکن برای مقایسه ترکیب‌های مختلف آمیختگی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بعضی از تیمارهای جنگل کاری شده، موجب افزایش نسبت کربن به ازت و کاهش میزان آهک و مقادیر کلسیم و منیزیم قابل جذب و تا حدودی کاهش اسیدیته در مقایسه با تیمار شاهد است. بین تیمار بلوط خالص و تیمارهای آمیخته نیز برخی تفاوت‌های آماری معنی‌دار مشاهده شده است، به طوری که در لایه بالایی خاک تیمار بلوط خالص دارای کمترین مقدار ازت کل و بیشترین نسبت کربن به ازت و در لایه پایینی خاک دارای بالاترین مقدار هدایت الکتریکی در مقایسه با دیگر تیمارهای جنگل کاری شده می‌باشد. این تحقیق نشان می‌دهد که گونه‌های درختی کاشته شده در تپ‌های مختلف جنگل کاری می‌توانند تا حدودی خواص خاک را تحت تأثیر قرار دهند. لذا در مدیریت پایدار جنگل‌ها این موضوع باید مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بلندمازو، جنگل‌کاری خالص و آمیخته، ویژگی‌های خاک

مقدمه

پوشش گیاهی بوده‌اند و این کار را در مواردی به منظور ارزیابی توان رویشگاه انجام می‌دهند (شوئن هولز و همکاران، ۲۰۰۰). مطالعات فراوان و درخور توجهی در

گیاهان و عوامل زنده دیگر بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها تأثیر می‌گذارند. اکولوژیست‌ها همیشه به دنبال شناخت ارتباط ویژگی‌های خاک با

۱- نویسنده مسئول، آدرس: زابل، خیابان شهید مفتاح، دانشگاه زابل، دانشکده منابع طبیعی، صندوق پستی ۵۳۸-۹۸۶۱۵

* دریافت: بهمن ۱۳۸۶ و پذیرش: دی ۱۳۸۹

غذایی دارد (فارلی و کلی، ۲۰۰۴). پایداری و دوام جنگل کاری ها، به مفهوم تولید طولانی مدت و حفظ کیفیت رویشگاه، یکی از اهداف اصلی جنگل شناسی است. در جنگل هایی که به طور متمرکز مدیریت می شوند، نظیر جنگل کاری ها، اثراتی که بهره برداری و فنون آماده سازی متمرکز رویشگاه روی خاک دارند، نقش تعیین کننده ای در قدرت تولید جنگل ایجاد خواهند کرد (مرینو و همکاران، ۲۰۰۴). گونه هایی که یک جنگل کاری آمیخته را تشکیل می دهند، ممکن است به لحاظ حفظ و ذخیره مجدد عناصر غذایی خاک مکمل یکدیگر باشند (استنلی و مونتاگینی، ۱۹۹۹).

هدف از این تحقیق، بررسی اثرات احتمالی ترکیب درختان جنگل کاری شده بر ویژگی های خاک در ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان است تا نتایج آن در مدیریت و توسعه پایدار جنگل های خزری مد نظر قرار گیرد.

مواد و روش ها

توصیف رویشگاه

منطقه اجرای طرح اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان می باشد که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی (شکل ۱) در استان مازندران واقع است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا از ۷۰ تا ۱۵۰ متر و شیب آن از صفر تا ۳ درصد متغیر است. آب و هوای منطقه معتدل و مرطوب است. میانگین دمای سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی گراد، متوسط بارندگی سالانه ۸۴۰ میلی متر و متوسط تعداد روزهای بارندگی در طول سال ۸۴ روز می باشد. متوسط رطوبت نسبی ۷۸ درصد و تعداد روزهای یخبندان ۲۷ روز در سال است. با توجه به کاهش بارندگی و افزایش دما، فصل خشک منطقه (۷۵ روز) در خرداد ماه شروع و تا اواخر مرداد ادامه می یابد. خاک های ایستگاه چمستان به سه رده Entisols, Inceptisols و Alfisols تقسیم بندی می شود (ابراهیمی، ۱۳۸۵). طبق رده بندی USDA (۲۰۰۶) خاک عرصه این طرح متعلق به رده Entisols, زیر رده Udepts, گروه بزرگ Typic Eutrodepts و فامیلی Fine mixed mesic می باشد (روحی مقدم، ۱۳۸۵).

طرح مورد مطالعه

در این طرح، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) به عنوان گونه اصلی و هدف به صورت خالص و آمیخته به نسبت ۵۰ به ۵۰ با هر یک از گونه های همراه (شامل آزاد *Zelkova carpinifolia* (Pall.) Dipp., افرا پلت *Acer velutinum*

مورد اثرات گونه های درختی متفاوت انجام شده است که نشان می دهند ترکیب اشکوب برین بر حاصلخیزی خاک مؤثر است (بولی و همکاران، ۲۰۰۹). به عنوان نمونه در سال ۲۰۰۴، فارلی و کلی اثرات جنگل کاری *Pinus radiata* را در غلفزار پارامو بر موجودی عناصر غذایی خاک در کوه های آند اکوادور مورد مطالعه قرار دادند. بیشترین تأثیر جنگل کاری ها در خاک های رویی (۱۰ cm-۱) مشاهده شد. غلظت ازت کل در عمق متوسط خاک کاهش پیدا کرد. در ۱۰ سانتی متر بالایی خاک، غلظت نیترات در زیر جنگل کاری کاج افزایش یافت و در فسفر خاک تغییری حاصل نشد. این درختان جنگل کاری شده، pH خاک را کاهش داده بود. محققین نتیجه گرفتند که تغییرات پوشش گیاهی می تواند خواص خاک را در طی دوره ۱۰ ساله تغییر دهد.

در آلمان، موهر و همکاران (۲۰۰۵)، در تحقیق خود نشان دادند که ترکیب گونه ای بر کیفیت خاک در توده های بلوط (*Q. robur* و *Q. petraea*) اثر می گذارد به طوری که pH خاک و مقدار کلسیم، منیزیم و فسفر در خاک توده های بلوط آمیخته با گونه های همراه (توس و فندق) بیشتر از جنگل کاری های خالص بلوط بوده است. در ایتالیا، چیتی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود نشان دادند که مقدار کربن آلی و ازت خاک روئین (زیر ۱۵ سانتی متر) در جنگل کاری های آمیخته بلوط (*Q. robur*) با توسکا (*Alnus cordata*) بیشتر از جنگل کاری های خالص بلوط بوده است. آنها دریافتند که توسکا به عنوان گونه همراه، نقش مؤثری در فرآیندهای تحول خاک و چرخه کربن داشته است.

قابلیت تولید جنگل کاری ها، وابستگی شدیدی به میزان موجودی عناصر غذایی خاک دارد که آن هم تحت تأثیر فعالیت های مدیریتی و گونه ها قرار دارد (بینکلی، ۱۹۹۷). به طور کلی، مقدار عناصر غذایی خاک در مراحل اولیه رشد توده به علت جذب کم به وسیله گیاهان، معدنی شدن عناصر و تجمع کم در زی توده (بیومس) گیاهی، زیاد است. اما با ادامه رشد درختان، به علت جریان به درون زی توده چوبی و کاهش معدنی شدن، قابلیت جذب عناصر غذایی کاهش می یابد (مونتاگینی، ۲۰۰۰).

به کرات اظهار شده که جنگل ها اثر مفیدی روی خاک ها دارند و درختان در غنی سازی خاک ها از نظر عناصر غذایی در بعضی مناطق معتدله که تبدیل به جنگل کاری شده اند، تأثیر دارند. برای مثال، تحقیقات صورت گرفته در جنگل کاری های سوزنی برگان در مناطق معتدله، نشان از بروز تغییرات در بعضی خواص شیمیایی خاک از جمله کاهش pH و افزایش قابلیت جذب عناصر

جنگل کاری و عمق خاک برای ارزیابی اثرات متقابل مورد بررسی قرار گرفتند. درون هر لایه از خاک، اثرات نوع جنگل کاری از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan استفاده گردید.

نتایج

جداول ۱ (در مورد خاک رویی) و ۲ (در مورد خاک زیرین) نتایج آزمایش های مورد نظر در این مطالعه را نشان می دهند. میزان رس در عمق ۰ - ۲۰ سانتی متر در این طرح در حدود ۲۶/۸ تا ۳۸/۱ درصد و در افق دوم (۶۰-۲۱ سانتی متر) در دامنه ۲۷/۰ تا ۴۰/۴ درصد اندازه گیری گردید. مقدار سیلت در خاک تیمارهای مورد مطالعه به میزان ۳۷/۵ تا ۴۷/۵ درصد در افق اول و ۳۷/۸ تا ۵۴/۳ درصد در افق زیرین به دست آمد. میزان شن در عمق ۰ - ۲۰ سانتی متر خاک در این طرح از ۲۰/۴ تا ۳۱/۰ درصد و در افق دوم از ۱۴/۰ تا ۲۹/۶ درصد متغیر بوده است (جداول ۱ و ۲).

در این تحقیق، واکنش خاک (pH) رویی در میان تیمارهای مورد بررسی تفاوت آماری معنی داری نداشته است (جدول ۱). اما در خاک زیرین، آمیختگی بلوط با آزاد واکنش خاک را به بالاترین و آمیختگی آن با افرا واکنش خاک را به پایین ترین مقدار رسانده است (جدول ۲). هدایت الکتریکی نیز همانند pH در خاک رویی این جنگل کاری‌ها تفاوت آماری معنی داری نداشته است (جدول ۱). در خاک زیرین این ویژگی در تیمار بلوط خالص بیشتر از تیمارهای بلوط - ممرز و شاهد اندازه گیری شده است (جدول ۲).

تیمار شاهد دارای بالاترین میزان آهک در میان تیمارهای مورد بررسی می‌باشد. به عبارت دیگر جنگل کاری‌ها موجب کاهش میزان آهک یا مواد خثی شونده در هر دو افق خاک شده‌اند. (جدول ۱ و ۲). مقدار درصد رطوبت گل اشباع، کربن آلی و پتاسیم قابل جذب در هر دو افق مورد بررسی تفاوت آماری معنی داری نداشته است. در میان تیمارهای جنگل کاری شده، تیمار بلوط خالص دارای درصد ازت بیشتری در افق اول نسبت به تمام تیمارهای آمیخته دارد و تیمار شاهد (بدون جنگل کاری) دارای حد واسطی نسبت به تیمارهای جنگل کاری شده می باشد. تفاوت آماری معنی داری در افق دوم از این نظر دیده نشد. تیمار بلوط خالص بالاترین مقدار نسبت C/N در افق اول را نسبت به بقیه تیمارها داشته و در افق زیرین تمامی تیمارهای جنگل کاری شده C/N بالاتری نسبت به تیمار جنگل کاری نشده شاهد دارند. به عبارت دیگر، جنگل کاری‌ها موجب کاهش C/N خاک زیرین در این طرح شده است.

Bioss. et Buhse، ممرز *Carpinus betulus* L. و داغداغان (*Celtis australis* L.) شامل ۵ تیمار مختلف و هر یک در سه تکرار با فاصله کاشت ۱ × ۱ متر انجام شده است. هر یک از کرت ها، قطعه ای به ابعاد ۲۵ × ۲۵ متر می‌باشد و به طور تصادفی در هر یک از تکرارها در سال ۱۳۷۳ پیاده گردید. نحوه آمیختگی به صورت پایه ای بوده است. این جنگل کاری‌ها در عرصه‌ای استقرار یافته است که در گذشته پوشیده از جنگل‌های طبیعی بوده و در سال ۱۳۶۵ پاکتراشی شد. این تحقیق بعد از گذشت ۱۳ سال از کاشت درختان صورت گرفته است.

روش تحقیق

در این تحقیق، به منظور ارزیابی اثرات تیمارهای جنگل کاری بر حاصلخیزی خاک، مطالعه خاک در هر یک از تیمارها صورت پذیرفت. ابتدا با حفر و تشریح پروفیل‌های خاک دو افق تشخیص داده شد و به همین دلیل نمونه برداری خاک‌ها در دو عمق ۰-۲۰ cm (افق A) و ۶۰-۲۱ cm (افق B) در تمامی تیمارهای جنگل کاری شده و یک تیمار شاهد جنگل کاری نشده در مجاورت طرح (با ۳ تکرار) انجام یافت. در این رابطه، از یک اوگر به قطر ۷/۶ سانتی متر استفاده شد بدین صورت که تقریباً در مرکز هر تیمار، سه نمونه از خاک در هر افق برداشت شد. نمونه‌های ترکیبی در مجاورت هوا خشک گردید و بعد از جداسازی ناخالصی‌ها، از الک ۲ میلی متری عبور داده و آماده برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی گردید.

بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس مشخص گردید. اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر مدل ۹۰۱ با مخلوط خاک و آب مقطر به نسبت ۱ به ۲/۵ تعیین گردید. هدایت الکتریکی به روش عصاره گیری به دست آمد. کربن آلی خاک به روش Walkley-Black اندازه گیری شد. ازت خاک با استفاده از روش نیمه میکرو کج‌لداال تعیین شد. فسفر قابل جذب از روش اولسن با دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه گیری شد. پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب نیز با استفاده از روش طیف سنج اتمی به دست آمد. درصد رطوبت اشباع و درصد آهک یا T.N.V (Total Neutralizing Value) هر یک از نمونه‌ها نیز به روش تیتراسیون تعیین گردید (علی احوایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲).

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای خاک با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند به این صورت که فاکتورهای تیمار

خاک های جنگل کاری شده تخلیه می گردند (بوون و نامیبار، ۱۹۸۴). جذب سریع و تثبیت عناصر در زی توده درخت علت اصلی این کاهش می باشد (مونتاگینی، ۲۰۰۰). با این حال مونتاگینی (۲۰۰۰) تفاوت های معنی داری میان جنگل کاری های خالص و آمیخته از نظر عناصر غذایی خاک مشاهده نکرد. کاهش عناصر غذایی در اثر دخالت های بشری از قبیل بهره برداری های بی رویه نیز در رابطه میان کیفیت خاک و عرضه عناصر غذایی قابل جذب مؤثر است (شابراگ و همکاران، ۲۰۰۶). سنچز و همکاران (۱۹۸۵) بیشترین تأثیر جنگل کاری ها را در بهبود شرایط خاک در ۱۰ - ۵ سال بعد از فشردگی تاج پوشش ذکر کردند.

میزان ذرات رس و سیلت در خاک این جنگل کاری ها به نسبت زیاد می باشد. از این رو، این جنگل کاری ها دارای خاک با بافت ریز هستند و از این نظر نفوذ پذیری کم و ظرفیت نگهداری رطوبت مناسبی دارند و نسبت به خاک های سبک غنی از عناصر غذایی هستند. در زمستان ها مانع نفوذ پذیری خاک و در تابستان ها درز و ترک های متعددی در داخل آن حادث می شود (زرین کفش، ۱۳۸۰).

اسیدیته خاک یکی از ویژگی های مهم در قابلیت تولید رویشگاه است (جوباگی و جکسون، ۲۰۰۳) و تغییرات در pH خاک در فواصل زمانی ۱۰ ساله در پی تغییرات در کاربری اراضی نظیر جنگل کاری ها قابل انتظار است. خاک های مورد مطالعه همگی خنثی تا کمی قلیایی بوده و در میان این جنگل کاری ها در افق A تفاوت قابل ملاحظه ای نداشته است. البته با توجه به کم بودن سن جنگل کاری ها و خاصیت بافری خاک، این پدیده چندان دور از انتظار نیست و نتایج صیاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز تأیید کننده این مطلب است. به علت عمیق بودن خاک، سنگ آهک مادری بر روی pH خاک روین تأثیری ندارد (زرین کفش، ۱۳۸۰). از طرف دیگر بیشترین اثر اسیدیته خاک در قابلیت دسترسی عناصر غذایی در توده های مسن تر مشاهده می گردد (فارلی و کلی، ۲۰۰۴). در افق B، این ویژگی در تیمارهای شاهد و بلوط-آزاد بیشتر از تیمار بلوط-افرا بوده است. به عبارت دیگر در این افق، pH خاک در جنگل کاری ها (به استثناء بلوط-آزاد) نسبت به شاهد به طور معنی داری کاهش یافته که از این نظر با دیگر مطالعات انجام گرفته در این زمینه (رودس و بینکلی، ۱۹۹۶؛ پاروتا، ۱۹۹۹) همخوانی دارد.

تحقیقات زیادی در مورد اثر گونه های درختی بر اسیدیته خاک شده که یافته های آنها بر اساس سن درختان و شرایط منطقه مورد مطالعه متفاوت بوده است (آگوستو و

آزمون های آماری وجود تفاوت معنی دار میان تیمارهای مورد بررسی را از نظر مقدار فسفر قابل جذب در افق A تأیید نمی کند. اما در افق B، تیمار جنگل کاری بلوط - آزاد دارای کمترین مقدار این عنصر غذایی می باشد. در این تحقیق تفاوت های آماری معنی داری میان تیمارهای مختلف از نظر مقدار کلسیم قابل جذب مشخص شده است، به طوری که این عنصر در افق بالایی در تیمار شاهد، بیشتر از تیمار بلوط - آزاد و در افق زیرین در تیمارهای شاهد و بلوط - افرا بیشترین بوده است. همانند کلسیم، منیزیم قابل جذب نیز در افق بالایی در تیمار شاهد بیشتر از تیمار بلوط - آزاد بوده است. اما در افق پایینی تفاوت معنی داری از این نظر ثابت نشده است.

بحث

تأثیر گونه های درختی روی حاصلخیزی خاک نتیجه اثرات متقابل میان درختان و تمامی اجزاء اکوسیستم است و تنها اثر درختان روی خاک معدنی نیست. مثلاً تأثیر تاج یک گونه بر حاصلخیزی خاک بر روی سنگ بسترهای متفاوت فرق می کند (آگوستو و همکاران، ۲۰۰۲). بیشتر مفاهیم تولید پایدار در جنگل کاری ها به کاهش یا افزایش میزان عناصر غذایی رویشگاه به ویژه در چرخش های بهره برداری ثانویه متمرکز می گردد. از این رو، برای این که یک جنگل کاری پایدار بماند، باید عناصر غذایی کاهش معنی داری پیدا نکند و نسبت C/N در حد ثابتی باقی بماند. به عبارت دیگر، هیچ تغییر منفی قابل ملاحظه ای در شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به وجود نیاید (اونیکولو و همکاران، ۲۰۰۶). انتخاب نمونه های شاهد همانند مطالعه اونیکولو و همکاران (۲۰۰۶) به این دلیل بوده است که اطلاعات خاک شناسی در موقع کاشت در تیمارهای مختلف در دسترس نمی باشد.

کاشت توده های جنگلی موجب بروز تغییرات در خواص خاک می گردد و علاوه بر نوع گونه، شدت این تغییرات تحت تأثیر سن توده و رویش زی توده قرار می گیرد. بلافاصله بعد از جنگل کاری، تغییرات کم اما تدریجی در پارامترهای مهم فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک روی می دهد. در تحقیقاتی که چرخه عناصر غذایی در سالهای مختلف بعد از جنگل کاری مورد مطالعه قرار گرفته (مونتاگینی و پوراس، ۱۹۹۸؛ مونتاگینی، ۲۰۰۰) مشخص شده است که میزان عناصر غذایی خاک با گذشت زمان تغییراتی پیدا می کند. مثلاً میزان K، Mg و P کاهش، اما افزایش پیدا می کند. این موضوع در تحقیق حاضر تنها برای منیزیم مطابقت داشته است. اما در مورد کلسیم تا حدودی معکوس بوده است. ثابت شده است که K و P دو عنصری هستند که بیش از دیگر عناصر غذایی در

تحت تأثیر بافت خاک است و کاربرد آن در جذب آب به وسیله گیاه می‌باشد. بدین معنی که خاک‌های رسی آب بیشتری را در خود نگه می‌دارند.

به طور کلی تحقیقات انجام گرفته توسط آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) نشان داده است که مقدار کربن و مواد آلی خاک بستگی به نوع گونه‌های موجود در اشکوب فوقانی جنگل دارد. علی‌عرب و همکاران (۱۳۸۴) نیز به همین نتیجه دست یافتند. اما در تحقیق حاضر مشخص شد که ترکیب‌های مختلف جنگل کاری تا به این سن بر میزان کربن آلی تأثیری نداشته‌اند. با توجه به این که خاک منطقه مورد مطالعه از لحاظ اسیدیته تقریباً خنثی بوده، از این نظر هیچ مشکلی در جذب نیتروژن به وسیله گیاهان وجود ندارد. در این تحقیق مشخص شده است که مقدار ازت کل در تیمار بلوط خالص کمتر از تیمارهای آمیخته بلوط در خاک روئین بوده است و در افق B در میان تیمارهای اصلی تفاوتی نداشته است. گزارش‌های متفاوتی در مورد اثر گونه‌های درختی بر میزان ازت کل خاک وجود دارد (آگوستو و همکاران، ۲۰۰۲). گارسیا مونتیل و بینکلی در سال ۱۹۹۸ دریافتند که گونه *Albizia* بیشتر از *Eucalyptus* موجب افزایش ازت کل خاک شده بود. همچنین جوگ و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی جنگل کاری‌های صنوبر لرزان، توسکا و بید در آلمان دریافتند که بعد از ۱۰ سال از جنگل کاری میزان ازت کل در تمام رویشگاه‌ها افزایش چشمگیری در لایه روئین خاک داشت. پاروتا (۱۹۹۹) و مونتاکینی (۲۰۰۰) تفاوت‌های معنی‌داری میان جنگل کاری‌های خالص و آمیخته در ازت خاک مشاهده نکردند. در حالی‌که هانسن و داوسون (۱۹۸۲) متوجه شدند که جنگل کاری‌های آمیخته صنوبر و توسکا موجب افزایش ازت خاک در مقایسه با جنگل کاری‌های خالص این دو گونه شده بودند.

جنگل کاری‌های خالص و آمیخته بلندمازو تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر C/N خاک داشته‌اند. به طوری که در افق A این نسبت در تیمار بلوط خالص بیشتر از بقیه جنگل کاری‌ها و تیمار شاهد و در افق B در تیمار بلوط-آزاد بیشترین و در تیمار شاهد کمترین بوده است. به دلیل فقدان لاشبرگ، کرت‌های شاهد پایین‌ترین مقدار C/N را در میان تیمارهای مورد مطالعه داشتند. تأثیر گونه‌های اشکوب بالا بر خاک به واسطه عواملی نظیر اقلیم، ژئولوژی و مدیریت‌های جنگل‌شناسی به طور معنی‌داری فرق می‌کند. از این رو، اگرچه بعضی از ویژگی‌های خاک نظیر میزان کربن و نسبت C/N وابسته به گونه‌های بالا اشکوب است، ولیکن آنها قویاً بستگی به تیپ خاک و نوع اقلیم نیز دارند (مین تمیر و برگ، ۱۹۸۶). در مجموع می‌توان

همکاران، ۲۰۰۲). به عنوان مثال مشخص شده است که درختان خانواده بقولات باعث کاهش و سوزنی برگان باعث افزایش شدت اسیدیته خاک می‌شوند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). جوگ و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی جنگل کاری‌های صنوبر لرزان، توسکا و بید در آلمان متوجه شدند که pH خاک روئین (۰-۳۰ cm) بعد از ۱۰ سال از جنگل کاری‌ها در تمامی تیمارها کاهش یافت. آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نموده‌اند که برخی از گونه‌های درختی اروپا موجب کاهش pH و اسیدی شدن خاک می‌گردند. همچنین آنها مطرح کرده‌اند که در جنگل‌های اروپا *Quercus spp.* به عنوان گونه‌های درختی ثانویه (در جنگل کاری‌ها) pH خاک روئین را کاهش دادند. مونتاکینی (۲۰۰۰) تفاوتی از نظر pH در خاک تیمارهای تحت مطالعه خود نیافت. بینکلی (۱۹۹۶) و پاروتا (۱۹۹۹) به این نتیجه رسیدند که جنگل کاری‌های آمیخته دارای pH کمتری هستند.

از نظر هدایت الکتریکی، خاک‌های مورد مطالعه در گروه خاک‌های با شوری خیلی کم قرار دارند که از اینرو، میزان آن در خاک‌های این عرصه مسئله ساز نیست. در این مطالعه، عدم تغییر زیاد EC در خاک روئین را می‌توان به بالا بودن میزان بارندگی در منطقه و در نتیجه آبشویی فراوان در خاک نسبت داد. وجود تغییرات جزئی این ویژگی در خاک زیرین نیز ممکن است به دلیل رسیدن این کاتیون‌ها و آنیون‌ها به عمق خاک باشد.

با توجه به این که سنگهای مادری در منطقه مورد مطالعه غالباً آهکی می‌باشد، لذا در مطالعات خاک‌شناسی، پارامتر T.N.V (Total Neutralizing Value) مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی نتایج نشان می‌دهد هر چند که مقدار آهک در خاک این جنگل کاری‌ها کم می‌باشد، ولیکن از این نظر تفاوت‌های معنی‌داری میان تیمارهای مختلف دیده می‌شود. به طوری که این ویژگی چه در خاک روئین و چه در خاک زیرین در تمام تیمارهای جنگل کاری شده کمتر از تیمار شاهد (بدون جنگل کاری) بوده است. به دلیل شرایط توپوگرافی صاف و شیب ملایم و آبشویی و نفوذ آب از سطح به عمق خاک می‌توان گفت که میزان آهک از سطح به عمق خاک زیاد شده است. به عبارت دیگر، با توجه به میزان بارندگی منطقه (۸۴۰ میلی‌متر) احتمالاً آهک از سطح شسته شده و به سمت عمق خاک حرکت می‌نماید. البته نمی‌توان تفاوت‌های موجود در آهک خاک میان تیمارهای مختلف را لزوماً به خاطر تأثیر گونه‌ها دانست و احتمال دارد به شرایط قبلی خاک مربوط باشد. در این تحقیق، کلیه تیمارهای مورد بررسی از نظر میزان درصد رطوبت گل اشباع تفاوت آماری معنی‌داری نداشته‌اند. به طور کلی S.P

سنگ های مادری و مواد مادری وابسته است که چقدر دارای کانی و کاتیون پتاسیم دار باشند و در دراز مدت تحت تأثیر فرآیندهایی نظیر فرسایش فیزیکی و شیمیایی جذب گیاه می شود. به طور کلی، سه عنصر N ، P و K به عنوان عناصر اصلی رشد گیاه مطرح بوده و در این میان بیشترین مصرف درختان از ازت بوده و فسفر و پتاسیم در مرحله دوم رشد حائز اهمیت می باشند. بین این سه عنصر، ازت تحت تأثیر آبشویی و فرآیندهای بیولوژیکی قرار می گیرد و ماده اصلی رشد گیاه و فون و فلور خاک است.

کلسیم از عناصر اصلی برای رشد گیاهان است که در استحکام سلول های گیاهی با تولید پکتات کلسیم نقش مؤثری دارد. بالا بودن غلظت های کلسیم و منیزیم در پلات های شاهد به دلیل عدم جذب به وسیله درختان و پایین بودن آنها در جنگل کاری ها به دلیل جذب به وسیله درختان می باشد. زیاد بودن این عناصر در خاک زیرین احتمالاً به دلیل شرایط سنگ مادری آهکی منطقه بوده و پایین بودن غلظت آنها در خاک سطحی علاوه بر جذب به وسیله درختان، ممکن است به دلیل آبشویی باشد. صیاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز مقدار کلسیم کمتری را در جنگل کاری ها نسبت به تیمار شاهد گزارش داده اند. در مطالعه جوگ و همکاران (۱۹۹۹) بعد از جنگل کاری مقدار کلسیم محلول کاهش، اما منیزیم محلول به طور معنی داری افزایش پیدا نمود. آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) ابراز داشتند که برخی از گونه های درختی اروپا مواد غذایی خاک نظیر کلسیم و منیزیم را کاهش می دهند. اگر غلظت عناصر در جنگل کاری ها نسبت به شاهد کمتر شود، ممکن است به دلیل تخلیه این عناصر در جنگل کاری ها باشد (اونیکولو و همکاران، ۲۰۰۶). همانند این تحقیق در مورد عناصر منیزیم و تا حدودی کلسیم، اونیکولو و همکاران در سال ۲۰۰۶ در نیجریه نیز دریافتند که میزان غلظت عناصر غذایی در جنگل کاری های جوان و میان سال *Gmelina arborea* تا حدودی کمتر از شاهد بوده است. صیاد و همکاران (۲۰۰۶) تفاوت معنی داری در میزان غلظت عناصر غذایی همچون فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب در جنگل کاری های خالص و آمیخته صنوبر دلتوئیدس و توسکا مشاهده نکردند.

نتیجه گیری

اگرچه مدت زمان طولانی تری نیاز است تا یک گونه درختی تأثیری در بهبود خاک معدنی داشته باشد (وستردال و همکاران، ۲۰۰۲)، اما نتایج این تحقیق وجود تفاوت هایی را میان ترکیب های مختلف آمیختگی بلندمازو با گونه های همراه از نظر تأثیر بر بعضی از ویژگی های خاک نشان داده است. لذا در مدیریت پایدار جنگل ها این

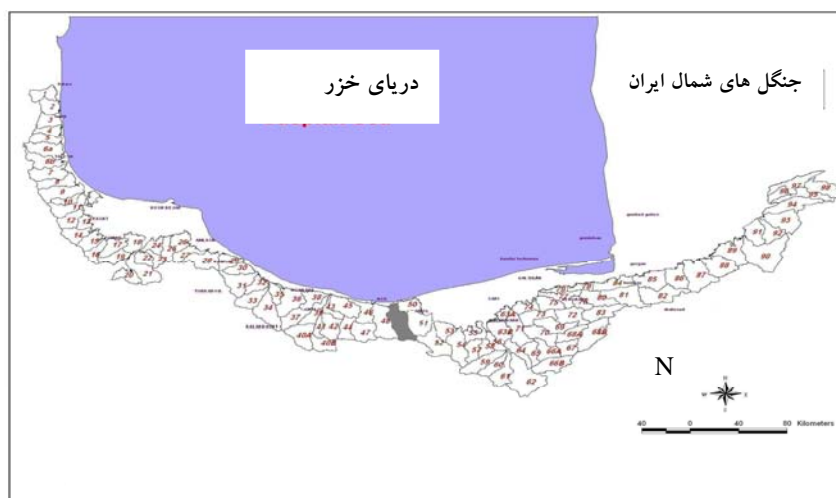
نتیجه گیری نمود که جنگل کاری ها موجب افزایش C/N خاک گردیده اند و جنگل کاری های خالص بلندمازو نسبت به جنگل کاری های آمیخته سهم بیشتری در این زمینه داشته اند. میزان C/N خاک و متعادل بودن آن بستگی به مواد آلی رسیده و شرایط حیاتی میکروارگانیسم ها دارد. از آنجایی که تنوع غذایی در توده های آمیخته بیشتر و فعالیت میکروارگانیسم ها نیز بیشتر است، به همین علت، مقدار C/N در خاک جنگل کاری های خالص بلندمازو بیشتر بوده است چرا که فعالیت بیولوژیک خاک در آنجا کمتر می باشد. علاوه بر این، مقدار ازت نیز در این تیمارها کمتر از تمامی جنگل کاری های آمیخته بوده است. جوگ و همکاران (۱۹۹۹) افزایش C/N خاک را بعد از جنگل کاری مربوط به تولید لاشبرگ ها (با C/N برابر ۲۰) و لاشه ریشه ها (با C/N برابر ۶۰-۳۵) دانستند. هاگن تورن و همکاران (۲۰۰۴) تفاوتی در میزان C ، N و C/N مشاهده نکردند. صیاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز تفاوتی در میزان نسبت کربن با ازت خاک در زیر جنگل کاری های خالص و آمیخته مورد مطالعه خود گزارش ندادند.

بیشترین تأثیر این جنگل کاری ها بر میزان فسفر قابل جذب در خاک زیرین دیده می شود. در میان ترکیب های اصلی این تحقیق خاکهای رویین از نظر میزان این عنصر تفاوت آماری معنی داری از خود نشان ندادند. اما در خاک زیرین در ترکیب بلوط - آزاد مقدار این عنصر حداقل می باشد. متحرک بودن عناصر در خاک تحت تأثیر میزان حلالیت آنها قرار دارد. از آنجایی که این عنصر کمتر دچار آبشویی می شود و از طرفی فسفر مورد نیاز گیاهان از خاک های زیر سطحی تأمین می شود، لذا در این تحقیق در سطح خاک اختلاف قابل ملاحظه ای از نظر میزان فسفر مشاهده نمی شود. ولیکن اختلاف در میزان این عنصر در عمق خاک ممکن است به دلیل وجود فسفر در کانی های سنگ های متفاوت باشد. بدین معنی که میزان فسفر در سنگ های زیر سطحی خاک متفاوت بوده و در طول زمان مقدار فسفر رسیده به خاک نیز تفاوت کمی را نشان می دهد. البته شرایط جذبی گیاه و نوع گیاهان نیز مؤثر هستند. مونتاگینی در کاستاریکا در سال ۲۰۰۰ به این نتیجه رسید که در جنگل کاری های آمیخته نسبت به خالص، خاک دیرتر مواد غذایی خود را از دست می دهد و وضعیت فسفر خاک بهبود می یابد. افزایش فسفر قابل جذب در خاک رویین در زیر جنگل کاری ها در تحقیقات متعددی گزارش شده است (بولتن و همکاران، ۱۹۹۵، کاولیر و توبلر، ۱۹۹۸).

پتاسیم نیز مانند فسفر عنصری است که دارای حرکت زیادی تحت تأثیر آب نبوده و بیشتر به نوع

بازگشت عناصر غذایی دانست. تفاوت گونه‌ها در میزان برگشت دهی عناصر در مراحل اولیه رشد توده‌ها حائز اهمیت می‌باشد و وجود تفاوت‌ها در کیفیت لاشبرگ، تجزیه پذیری لاشبرگ و فعالیت میکروبی مهمترین دلایل وجود تفاوت‌ها در شیمی خاک میان گونه‌ها می‌باشد. در یک سیستم بسته تفاوت میان گونه‌ها از نقطه نظر تأثیرشان بر خواص خاک، منعکس کننده بازگشت عناصر به خاک در ارتباط با تقاضا و جذب عناصر غذایی توسط هر گونه می‌باشد.

موضوع را باید مورد توجه قرار داد. نمی‌توان به طور یقین و قطعی دلایل این تفاوت‌های مشاهده شده میان گونه‌ها را تشریح کرد. بلکه باید سهم و نقش کلیه عوامل مورد بررسی قرار گیرد. از آنجایی که در این تحقیق تفاوت میان اثر ترکیب گونه‌های جنگل کاری شده بر خواص خاک در هر دو لایه خاک دیده می‌شود، می‌توان علت این تفاوت‌ها را بیشتر به خاطر وجود تفاوت‌ها در خواص شاخ و برگ، کمیت و کیفیت لاشبرگ، فرآیندهایی که در کف جنگل روی می‌دهد و همچنین تفاوت در عملکرد ریشه‌ای و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در میان حوضه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور

جدول ۱- خواص خاک در جنگل کاری‌های خالص و آمیخته بلند مازو و پلاتهای شاهد در افق اول (۲۰-۰ سانتی متر)

ANOVA	شاهد	بلوط- ممرز	بلوط- داغداغان	بلوط-افرا	بلوط-آزاد	بلوط خالص	تیمار ویژگی
*	۳۱/۵۰ab	۲۶/۷۵b	۳۲/۱۳ab	۳۸/۱۳ a	۳۳/۲۵ ab	۳۸/۰۰a	درصد رس
ns	۳۷/۵۰	۴۳/۵۰	۴۷/۵۰	۳۹/۵۰	۴۶/۲۵	۳۸/۲۵	درصد سیلت
ns	۳۱/۰۰	۳۰/۷۵	۲۰/۳۷	۲۲/۳۷	۲۰/۵۰	۲۳/۷۵	درصد شن
ns	۷/۱۱	۷/۰۳	۶/۵۸	۶/۶۴	۶/۷۵	۶/۸۴	pH
ns	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۰	۰/۵۸	۰/۴۵	EC (dS/m)
**	۶/۲۵a	۱/۶۸b	۱/۱۹b	۰/۸۱b	۳/۴۴ab	۲/۳۸b	T.N.V (%)
ns	۶۱/۰۰	۶۶/۷۵	۷۳/۵۰	۷۴/۲۵	۷۱/۳۸	۶۲/۵۰	(%) S.P
ns	۲/۲۱	۲/۸۳	۲/۷۸	۲/۹۸	۲/۸۶	۲/۹۰	کربن آلی (%)
*	۰/۲۴ab	۰/۳۰a	۰/۲۹a	۰/۳۱a	۰/۲۸a	۰/۲۰b	ازت کل (%)
**	۹/۲۰b	۹/۶۲b	۹/۴۰b	۹/۵۸b	۱۰/۱۴b	۱۵/۳۳a	نسبت کربن به ازت
ns	۲۹/۷۵	۲۵/۹۴	۲۳/۷۸	۲۷/۶۶	۲۱/۰۳	۲۳/۳۸	فسفر قابل جذب (ppm)
ns	۴۱۷/۵۰	۳۹۲/۵۰	۴۲۰/۰۰	۳۷۵/۰۰	۴۰۱/۲۵	۳۲۰/۰۰	پتاسیم قابل جذب (ppm)
*	۲۱۵/۰۰a	۱۵۲/۵۰ab	۱۵۷/۵۰ab	۱۴۳/۷۵ab	۱۳۷/۵۰b	۲۰۰/۰۰ab	کلسیم قابل جذب (ppm)
*	۵۸/۵۰a	۳۳/۰۰ab	۳۷/۵۰ab	۳۳/۰۰ab	۳۱/۵۰b	۴۲/۰۰ab	منیزیم قابل جذب (ppm)

ns، معنی دار نبودن اثر تیمارها؛ *، $p < 0.05$ ؛ **، $p < 0.01$ ؛ حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می‌باشد.

جدول ۲- خواص خاک در جنگل کاری های خالص و آمیخته بلند مازو و پلاتهای شاهد در افق دوم (۶۰-۲۱ سانتی متر)

ANOVA	شاهد	بلوط- ممرز	بلوط- داغداغان	بلوط- افرا	بلوط- آزاد	بلوط خالص	تیمار ویژگی
ns	۲۹/۵۰	۲۷/۰۰	۳۶/۰۰	۴۰/۳۸	۳۱/۷۵	۳۵/۵۰	درصد رس
ns	۴۸/۵۰	۴۳/۳۸	۴۶/۳۸	۳۷/۷۵	۵۴/۲۵	۴۲/۲۵	درصد لای
ns	۲۲/۰۰	۲۹/۶۲	۱۷/۶۲	۲۱/۸۷	۱۴/۰۰	۲۲/۲۵	درصد شن
*	۷/۰۲ a	۶/۷۰ ab	۶/۷۱ ab	۶/۴۷ b	۶/۹۷ a	۶/۸۸ ab	pH
*	۰/۴۰ b	۰/۴۴ b	۰/۵۲ ab	۰/۴۵ ab	۰/۵۵ ab	۰/۶۰ a	EC (dS/m)
***	۸/۱۳ a	۱/۵۶ b	۲/۹۴ ab	۰/۴۴ b	۲/۲۵ ab	۵/۲۵ ab	T.N.V (%)
ns	۶۲/۷۵	۵۹/۱۳	۷۰/۷۵	۶۸/۲۵	۷۲/۵۰	۵۸/۲۵	(%) S.P
ns	۱/۶۰	۱/۶۴	۱/۹۱	۱/۸۰	۱/۹۰	۱/۹۷	کربن آلی (%)
ns	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۸	ازت کل (%)
*	۷/۶۴ c	۱۰/۳۲ b	۱۰/۵۳ b	۱۰/۷۴ ab	۱۲/۲۷ a	۱۰/۷۴ ab	نسبت کربن به ازت
*	۲۹/۷۵ a	۲۸/۳۵ a	۲۱/۱۸ ab	۲۷/۷۵ a	۱۶/۸۱ b	۲۸/۳۱ a	فسفر قابل جذب (ppm)
ns	۳۱۷/۵۰	۳۳۸/۷۵	۳۳۰/۰۰	۳۲۷/۵۰	۳۴۸/۷۵	۳۱۵/۰۰	پتاسیم قابل جذب (ppm)
*	۱۸۰/۰۰ a	۱۳۲/۵۰ b	۱۳۳/۷۵ b	۱۷۸/۷۵ a	۱۳۵/۰۰ b	۱۶۵/۰۰ ab	کلسیم قابل جذب (ppm)
ns	۴۰/۵	۲۸/۵۰	۲۷/۰۰	۴۴/۲۵	۲۸/۵۰	۳۹/۰۰	منیزیم قابل جذب (ppm)

ns، معنی دار نبودن اثر تیمارها؛ *، $p < 0.05$ ؛ **، $p < 0.01$ ؛ ***، $p < 0.001$ ؛ حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می باشد.

فهرست منابع:

۱. ابراهیمی، ع. ۱۳۸۵. بررسی کشت خالص و آمیخته بلوط بلند مازو با گونه های بومی جنگل های شمال. گزارش نهایی ده ساله طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۷۰ صفحه.
۲. روحی مقدم، ع.، ۱۳۸۵. پویایی رشد و تغذیه جنگل کاری های خالص و آمیخته بلندمازو. رساله دکترای جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۵ صفحه.
۳. زرین کفش، م. ۱۳۸۰. خاک شناسی جنگل. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره انتشار: ۲۹۲. ۳۶۱ صفحه.
۴. علی احمادی، م و بهبهانی زاده، ع. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۹۳. ۱۲۹ صفحه.
۵. علی عرب، ع.، حسینی، س.م.، جلالی، س.غ. ۱۳۸۴. اثر گونه های افرا پلت، افاقیا، صنوبر آمریکایی و زرین بر برخی ویژگی های فیزیکی شیمیایی خاک در جنگل کاری شرق هراز. علوم خاک و آب ۱۹(۱): ۹۷-۱۰۶.
6. Augusto, L., J., Ranger, D., Binkley, and A., Rothe. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Ann. For. Sci. 59: 233-253.
7. Belton, M.C., K.F., O'Connor, and A.B., Robson. 1995. Phosphorus levels in topsoils under conifer plantations in Canterbury high country grasslands. NZ J. For. Sci. 25 (3): 265-282.

8. Binkley, D. 1996. Factors influencing decline in soil pH in Hawaiian Eucalyptus and Albizia plantations. *Forest Ecology and Management* 80(1-3): 47-56.
9. Binkley, D., 1997. Bioassays of the influence of Eucalyptus saligna and Albizia falcataria on soil nutrient supply and limitation. *Forest Ecology and Management* 91(2-3): 229-234.
10. Boley, J.D., P., Allan, A.P., Drew, E., Richard, and R.E., Andrus. 2009. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 257 (11): 2254-2261.
11. Bowen, G.D., and E.K.S., Nambiar. 1984. Nutrition of plantation forests. Academic Press, New York, p. 516.
12. Cavelier, J., and A., Tobler. 1998. The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupresses lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. *Biodivers. Conserv.* 7: 335-347.
13. Chiti, T., A., Certini, A., Puglisi, A., Sanesi, C., Capperucci, and C., Forte. 2007. Effects of associating a N-fixer species to monotypic oak plantations on the quantity and quality of organic matter in minesoils. *Geoderma* 138: 162-169.
14. Farley, K.A., and E.F., Kelly. 2004. Effects of afforestation of a Paramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management* 195: 281-290.
15. Garcia-Montiel, D.C., and D., Binkley. 1998. Effect of Eucalyptus saligna and Albizia falcataria on soil processes and nitrogen supply in Hawaii. *Oecologia* 113(4): 547-556.
16. Hagen-Thorn, A., I., Callesen, K., Armolaitis, and B., Nihlgard. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management* 195: 373-384.
17. Hansen, E.A., and J.O., Dawson. 1982. Effect of *Alnus glutinosa* on hybrid poplar height growth in a short-rotation intensively cultured plantations. *Forest Science* 28(1): 49-59.
18. Jobbagy, E.G., and R.B., Jackson. 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. *Biogeochemistry* 64: 205-229.
19. Jug, A., F., Makeschin, K.E., Rehfuess, and C., Hofmann-Schielle. 1999. Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. *For. Ecol. Man.* 121: 85-99.
20. Meentemeyer, V., and B., Berg. 1986. Regional variation in rate of mass loss of *Pinus sylvestris* needle litter in Swedish pine forests as influenced by climate and litter quality. *Scand. J. For. Res.* (1): 167-180.
21. Merino, A., A., Fernandez-Lopez, F., Solla-Gullon, and J.M., Hedeos. 2004. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiata* in northern Spain. *Forest Ecology and Management* 196: 393-404.
22. Mohr, D., M., Simon, and W., Topp. 2005. Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma* 129: 45-53.
23. Montagnini, F. 2000. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management* 134(1-3): 257-270.
24. Montagnini, F., and C., Porras. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. *Environmental Management*, 22: 459-470.
25. Onyekwelu, J.C., R., Mosandl, and B., Stimm. 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves, Nigeria. *Forest Ecology and Management* 229: 214-227.
26. Parrotta, J.A. 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 124(1): 45-77.

27. Rhoades, C., and D., Binkley. 1996. Factors influencing decline in soil pH in Hawaiian *Eucalyptus* and *Albizia* plantations. *Forest Ecology and Management*, 80: 47-56.
28. Sánchez, P.A., C.A. Palm, C.B., Davey, L.T., Szott, and E.C., Russell. 1985. Tree crops as soil improvers in the humid tropics? In: Cannell, M.G.R., Jackson, J.E. (Eds.), *Attributes of Trees as Crop Plants*. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, England, pp. 327-350.
29. Sayyad, E., S.M., Hosseini, J., Mokhtari, R., Mahdavi, S.G., Jalali, M., Akbarinia, and M., Tabari. 2006. Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure and mixed stands of *Populus deltoids* and *Alnus subcordata*. *Silva Fennica*. 40(1): 27-35.
30. Schaberg, P., J.W., Tilley, G.J., Hawley, D.H., DeHayes, and S.W., Bailey., 2006. Associations of calcium and aluminum with the growth and health of sugar maple trees in Vermont. *Forest Ecology and Management* 223: 159–169.
31. Schoenholtz, S.H., H., Van Miegroer, and J.A., Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 138: 335-356.
32. Stanley, W.G., and F., Montagnini. 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 113: 91-103.
33. USDA. 2006. Key to soil taxonomy. Tenth edition. NRCS.
34. Van Breemen, N. 1993. Soils as biotic contracts favouring net primary productivity. *Geoderma* 57: 183-211.
35. Vesterdal, L., E., Ritter, and P., Gundersen. 2002. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management* 169: 137-147.
36. Zhang, K., H., Dang, S., Tan, Z., Wang, and Q., Zhang. 2010. Vegetation community and soil characteristics of abandoned agricultural land and pine plantation in the Qinling Mountains, China. *Forest Ecology and Management* 259: 2036–2047.

Archive of SID