



مقایسه عناصر غذایی پرمصرف خاک در توده‌های جنگل کاری در مرکز بذر جنگلی خزر، آمل

معصومه سلیمانی رحیم‌آبادی^۱، مسلم اکبری‌نیا^۲ و یحیی کوچ^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: m.soleimany69@yahoo.com)

۲ و ۳- دانشیار و استادیار، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۲۳

چکیده

با توجه به اهمیت جنگل‌ها اجرای مدیریتی اصولی و پایدار در خصوص آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا شناخت ویژگی‌های خاک یکی از مبانی مهم و اساسی محسوب می‌شود. با هدف مقایسه عناصر غذایی پرمصرف خاک در هر یک از توده‌های صنوبر دلتونیدس، توسکای ییلاقی، دارتالاب و اراضی رها شده‌ی اطراف (شاهد)، هشت نمونه خاک از هر یک از عمق‌های ۰-۱۵ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر برداشت شد. به عبارتی در هر یک از توده‌های مورد بررسی شانزده نمونه خاک مجموعاً از دو عمق مورد نظر برداشت گردید. نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری مقادیر عناصر پرمصرف خاک نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و همچنین برخی مشخصه‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک از جمله بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته و درصد کربن آلی به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که از بین عناصر غذایی پرمصرف، بیشترین مقادیر نیتروژن کل (%۳/۴۰) و کلسیم قابل جذب (۶۳۷۹/۳۷ پی پی ام) مربوط به توده‌ی دارتالاب، بیشترین مقادیر فسفر (۱۸/۵۹ پی پی ام) و منیزیم قابل جذب (۶۳۸/۷۵ پی پی ام) مربوط به توسکا و بیشترین مقدار پتاسیم قابل جذب (۲۹۳/۶۲ پی پی ام) به توده‌ی صنوبر اختصاص داشته است. مقادیر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در توده‌های دست کاشت بیشتر از اراضی رها شده بوده و همچنین بیشترین میزان عناصر غذایی پرمصرف به غیر از کلسیم قابل جذب در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری توده‌های مورد بررسی و منطقه شاهد مشاهده شد. نتایج این پژوهش حاکی از اثر مثبت جنگل کاری در افزایش عناصر غذایی پرمصرف، غنا و حاصل‌خیزی خاک می‌باشد که در مدیریت اکوسیستم‌ها می‌بایست مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: توسکای ییلاقی، حاصلخیزی، دارتالاب، صنوبر دلتونیدس، ویژگی‌های خاک

مقدمه

درخصوص تأثیر گونه‌های درختی مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مطالعات بسیاری صورت گرفته است (۴۰،۳۹،۲۵،۳) به منظور مقایسه خواص خاک جنگل کاری صنوبر (خالص و آمیخته با توسکای ییلاقی) پژوهشی توسط صیاد و همکاران (۳۳) صورت گرفت، نتایج حاکی از آن است که حضور توسکای ییلاقی در جنگل‌کاری‌های صنوبر اورامریکن در افزایش حاصل‌خیزی خاک و استمرار تولید مؤثر می‌باشد، بیشترین مقدار نیتروژن و ماده آلی نیز متعلق به عمق‌های ۰-۱۵ و ۳۰-۱۵ خاک صنوبر اورامریکن آمیخته با توسکای ییلاقی است. همچنین بررسی ویژگی‌های خاک در توده *Pinus halepensis* در سنین مختلف نشان می‌دهد که جنگل کاری با این گونه سبب افزایش کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و بهبود رطوبت خاک گردیده است (۲۰).

پژوهشی با هدف بررسی تأثیر گونه‌های جنگل کاری شده بر ویژگی‌های خاک توسط شیرینو و همکاران (۱۰) در نیوزیلند صورت گرفت و خصوصیات خاک در جنگل کاری با گونه‌های *Eucalyptus nitens*، *Pinus radiata* و *macrocarpa Cupressus* مورد مقایسه قرار گرفت، نتایج نشان داد که خاک مناطق جنگل کاری شده در عمق ۰-۵ سانتی‌متر نسبت به علفزارها سبب کاهش نیتروژن کل و کربن شده اما میزان فسفر قابل جذب و شکل آلی آن را افزایش می‌دهد.

با توجه به روند تخریب جنگل‌های طبیعی در جهان، رشد جمعیت و نیاز روزافزون به چوب و سایر خدمات جنگل، افزایش سطح جنگل‌ها از طریق جنگل کاری در حال و آینده امری اجتناب ناپذیر است (۲۶). در ایران نیز سرعت تخریب بوم‌سازگان جنگلی بیشتر از ترمیم و توسعه آن‌ها است (۴۱). به این ترتیب با توجه به مزیت‌هایی که جنگل به عنوان یک بوم‌سازگان طبیعی داراست، تلاش برای حفاظت و مدیریت صحیح این منابع ضروری است (۲۶) و می‌بایست طبق برنامه‌های اصولی و با سرعت زیاد اقدام به جنگل کاری در کلیه نقاط کرد (۱۸). به عبارتی دیگر ضرورت و اهمیت جنگل کاری امروزه بر کسی پوشیده نیست. آنچه در یک جنگل کاری به عنوان یک اصل مهم و اصولی مطرح است انتخاب یک گونه‌ی مناسب است. چرا که هر گونه‌ی درختی به عنوان یک موجود زنده بر محیط تأثیر گذاشته و از آن تأثیر می‌پذیرد. با توجه به اثر درخت بر خاک، انتخاب گونه مناسب حائز اهمیت است چرا که اگر این انتخاب به درستی صورت نگیرد گونه نامناسب، خود می‌تواند یک ابزار کاهنده در توان بخشی و کیفیت خاک محسوب شود (۲۷). در واقع جنگل کاری در طولانی مدت اثرات زیادی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد؛ در نتیجه حفظ تراکم عناصر غذایی خاک در یک مقدار متعادل در مناطق جنگل کاری شده به منظور رسیدن به توسعه پایدار، اصلی ضروری است (۲۶).

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، جنگل‌کاری‌های صنوبر و مزارع ذرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده بیشتر بودن عناصر غذایی در خاک مزرعه ذرت است که به میزان زیادی به کودهای مصرفی بستگی دارد، همچنین افزایش قابل توجهی در میزان مواد آلی در لایه‌های عمیق تر خاک توده جنگل‌کاری شده مشاهده گردید که این امر را به عدم وجود شرایط مطلوب برای تشکیل خاک و یا نیاز به گذشت زمانی طولانی‌تر برای توسعه ماده آلی و بهبود وضعیت خاک نسبت دادند.

در مجموع می‌توان گفت که تحقیقات بسیاری در خصوص اثر جنگل‌کاری بر ویژگی‌های خاک صورت گرفته و اغلب آن‌ها نیز تأثیر جنگل‌کاری بر حاصل‌خیزی خاک را مثبت ارزیابی کردند (۳۴، ۴۲، ۴۶). در این تحقیق نیز تلاش شده تا با درک بر اینکه گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ اثرات متفاوتی بر ویژگی‌ها و خواص خاک می‌گذارند به بررسی چگونگی تغییرات میزان عناصر غذایی پر مصرف در خاک این توده‌ها پرداخته شود و موفقیت و پایداری جنگل‌کاری‌های مذکور مورد بررسی قرار گیرد.

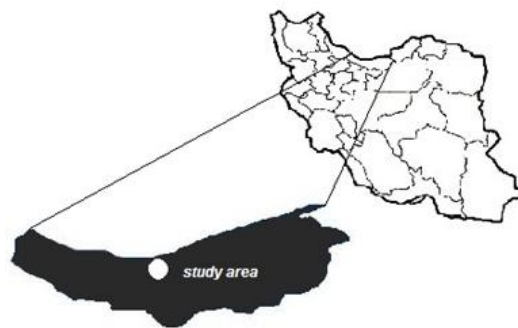
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (مرکز بذر جنگلی خزر واقع در کلوده‌ی آمل) به وسعت ۱۶۰ هکتار جنگل در فاصله‌ی ۷ کیلومتری در جنوب شهرستان محمودآباد واقع است و بین ۵۲ و ۱۶ طول جغرافیایی شرقی و ۳۶ و ۳۸ عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد، (شکل ۱). منطقه موردنظر در چند دهه قبل پوشیده از جنگل بوده و درختانی نظیر بلوط، ممرز و انجیلی در آن حضور داشتند این جنگل‌ها به‌مرور زمان تخریب و به اراضی زراعی تبدیل شدند، سپس در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲ با نهال گونه‌های صنوبر دلتوئیدس، سرو دارتالاب و توسکای بیلاقی بافاصله کاشت ۴×۴ متر جنگل‌کاری شدند (۴۶).

ارتفاع از سطح دریا منطقه مورد مطالعه ۱۰ متر، شیب کلی منطقه ۰-۳٪ و رو به شمال است متوسط بارندگی سالیانه ۸۲۳.۵ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی ۵۸/۶ درصد، حداقل دما ۲- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دما ۳۵/۲ سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط دمای سالیانه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد و منطقه دارای اقلیمی معتدل و مرطوب است (۴۷).

وانگ و همکاران (۴۲) تبدیل اراضی کشاورزی را به جنگل‌کاری با گونه کاج اروپایی (*Larix gmelini*) در مناطق نیمه گرمسیری مثبت ارزیابی کرده و بیان کردند جنگل‌کاری با این گونه می‌تواند ذخیره‌سازی کربن آلی خاک را افزایش داده و سبب بهبود خواص فیزیکی لایه‌های سطحی خاک شود. مایانی و همکاران (۲۶) خاک توده‌های کاج (*Pinus teada*) افرا (*Acer insigne*) توسکا (*Alnus sutrata*) و بلوط (*castaneifolia Quercus*) را در مناطق جنگلی شمال ایران در استان گیلان مورد بررسی قرار دادند، در این تحقیق بیشترین درصد رطوبت اشباع و فسفر و کمترین نسبت کربن به نیتروژن در توده‌های پهن برگ مشاهده شد. تغییرات خاک ناشی از جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ (*Populus nigra* - *Pinus brutia*) سوزنی‌برگ و پهن‌برگ (*Fraxinus excelsior* - *Acer velutinum*) در ایران توسط یوسفی و درویشی (۴۴) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان ماده آلی خاک در لایه‌های سطحی انواع جنگل‌های مورد مطالعه بیشتر از سایر لایه‌ها می‌باشد. مقادیر کلسیم و پتاسیم در توده‌های جنگل‌کاری شده به صورت معنی‌داری کمتر از جنگل طبیعی بوده اما میزان منیزیم در بین انواع توده‌های مورد بررسی دارای تفاوت اندکی است. در پژوهشی که توسط کوچ و ذوقی (۲۳) صورت گرفت به مقایسه حاصل‌خیزی خاک در سه توده‌ی *Acer insigne*، *Pinus brutia* و *Quercus castaneifolia* در جنگل‌های هیرکانی ایران پرداخته شد. در این پژوهش بیشترین کمترین میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب در خاک توده‌های جنگل‌کاری شده‌ی افرا و کاج مشاهده شد. نتایج نشان داد که میزان حاصل‌خیزی خاک با افزایش عمق کاهش می‌یابد. آدوگنا و ابگر (۵) به بررسی نقش جنگل‌کاری بر ویژگی‌های خاک در مقایسه با اراضی کشاورزی و مرتع پرداختند، نتایج این پژوهش که در شمال شرقی اتیوپی صورت گرفت نشان می‌دهد مقادیر شن و سیلت، مقدار ماده آلی خاک، مقدار نیتروژن کل، اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار کلسیم قابل تبادل در اراضی جنگلی بیشترین مقدار را دارا بودند. منیزیم قابل تبادل، بیشترین مقدار را در چراگاه داشت، در حالی که رس، فسفر قابل جذب و پتاسیم تبدلی بیشترین مقدار را در اراضی کشت شده دارا بودند. درصد تغییرات شن و رس، ماده آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و کلسیم و منیزیم قابل تبادل در اراضی کشت شده نسبت به چراگاه و اراضی جنگلی بیشتر بودند. وانگ و ژین (۴۳) به منظور بررسی تأثیر جنگل‌کاری بر

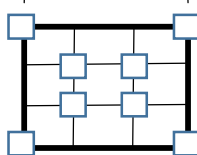


شکل ۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه واقع در شهرستان آمل
Figure 1. Site location of study in mazandaran province, Amol

در شبکه‌ای با ابعاد 200×200 متر پیاده شد. نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری مرکز و اطراف هر قطعه نمونه به صورت ترکیبی برداشت شد (۱۹).

نمونه‌برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی
در هر توده با توجه به همگن بودن عرصه هشت قطعه نمونه 20×20 مترمربعی به روش تصادفی سیستماتیک

۲۰۰ متر



شکل ۲- الگوی نمونه‌برداری خاک
Figure 2. Pattern of soil sampling

ترتیب به کمک آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و لون) به منظور پی بردن به وجود یا عدم وجود اختلاف میان توده‌ها و عمق‌های مورد بررسی به لحاظ پارامترهای مورد نظر از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. مقایسه میانگین فاکتورهای مورد بررسی نیز به کمک آزمون دانکن صورت گرفت. رسم نمودارها در نرم‌افزار اکسل انجام شد.

سیس نمونه‌های خاک به منظور بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از خشک کردن نمونه‌های خاک و عبور از الک دو میلی‌متری، نیتروژن کل به روش کج‌لدال محاسبه گردید (۸)، برای به دست آوردن فسفر قابل جذب از روش اولسن استفاده شد و قرائت اعداد به کمک دستگاه اسپکتوفتومتری صورت گرفت (۱۶)، اندازه‌گیری عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از روش جذب اتمی صورت پذیرفت (۶). اندازه‌گیری کربن خاک به روش والکی بلاک (۱) صورت پذیرفت، بافت خاک به روش هیدرومتری (۷) محاسبه گردید. میزان اسیدیته خاک در گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر الکترونی صورت گرفت (۱۵،۲)

نتایج و بحث

تغییرپذیری میزان نیتروژن کل در توده‌های مورد بررسی و منطقه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد، به صورتی که بیشترین میزان نیتروژن در خاک توده‌ی دارتالاب و کمترین آن مربوط به اراضی رهاشده است. عمق‌های مورد بررسی به لحاظ درصد نیتروژن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. میزان این عنصر در عمق اول بیشتر است (شکل ۳ الف). بیشترین میزان فسفر قابل جذب به صورت معنی‌داری متعلق به توده‌ی توسکا می‌باشد، و کمترین مقدار این عنصر مربوط به اراضی رهاشده است. عمق‌های مورد بررسی به لحاظ فسفر قابل جذب اختلاف آماری معنی‌داری را نشان ندادند، و مقدار این عنصر در عمق اول بیشتر از عمق دوم می‌باشد (شکل ۳ ب). توده‌های مورد بررسی به لحاظ مقدار پتاسیم قابل جذب دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند. بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم قابل جذب به ترتیب مربوط به توده‌ی پهن برگ صنوبر و منطقه شاهد است. میزان این عنصر در عمق اول نیز به صورت معنی‌داری از عمق دوم بیشتر است (شکل ۳ ج).

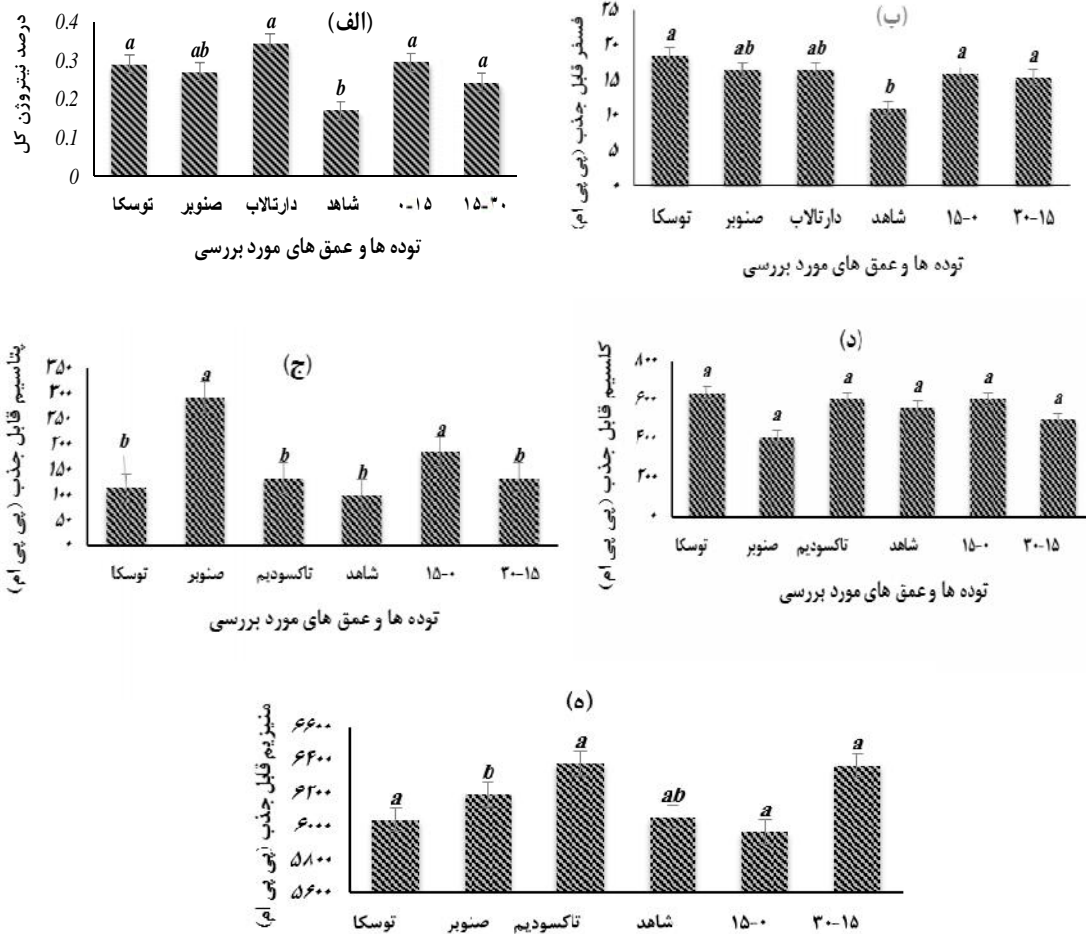
همچنین به منظور بررسی تأثیر جنگل کاری بر عناصر غذایی خاک، یک منطقه رهاشده در مجاورت توده‌های جنگل کاری که سابقاً تحت کاربری جنگل بوده به عنوان منطقه شاهد در نظر گرفته شد. گیاهانی نظیر گزنه (*Urtica dioica*)، آفتی (*Sambucus ebulus*)، النا (*Oplismenus undulatifolium*)، گرامینه (*Graminae*) و تمشک (*Ruscus sp*) از جمله پوشش‌های علفی در اراضی شاهد محسوب می‌شوند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های عناصر پرمصرف و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک در نرم‌افزار SPSS ۱۶ انجام شد. پس از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها و همگنی واریانس آن‌ها (به

مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. میزان این عنصر در توده‌ی توسکا بیشتر از سایر توده‌های مورد بررسی و منطقه شاهد است. و عمق اول نیز از میزان منیزیم قابل جذب بیشتری نسبت به عمق دوم برخوردار است (شکل ۳). آنالیز آماری فاکتورهای فیریکو شیمیایی نظیر بافت خاک، رطوبت، وزن مخصوص ظاهری، pH و درصد کربن آلی در توده‌ها و عمق‌های مورد بررسی به همراه میانگین و اشتباه معیار فاکتورهای یادشده در جدول ۱ ارائه شده است.

توده‌ها و عمق‌های مورد بررسی به لحاظ میزان کلسیم قابل جذب فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند، مقایسات میانگین نشان می‌دهد که بیشترین میزان این عنصر مربوط به توده‌ی دارتالاب بوده و کمترین آن به توده‌ی توسکا تعلق دارد. همچنین مقدار کلسیم قابل جذب در عمق دوم از عمق اول بیشتر می‌باشد و عمق‌های مورد بررسی به لحاظ کلسیم قابل جذب فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند (شکل ۳). به لحاظ میزان منیزیم قابل جذب نیز توده‌ها و عمق‌های



توده‌ها و عمق‌های مورد بررسی

شکل ۳- میانگین درصد نیتروژن کل (الف)، فسفر قابل جذب (ب)، پتاسیم قابل جذب (ج)، کلسیم قابل جذب (د) و منیزیم قابل جذب (ه) در توده‌ها و عمق‌های مورد بررسی

مقادیر P برای عناصر غذایی پر مصرف به صورت ذیل می‌باشد. (الف) (A): توده: 0.018، عمق: 0.0182، اثر متقابل: -0.311. (ب) (B): توده: 0.05، عمق: 0.0889، اثر متقابل: -0.591. (ج) (C): توده: 0.000، عمق: 0.013، اثر متقابل: -0.961. (د) (D): توده: 0.858، عمق: 0.203، اثر متقابل: -0.354. (ه) (E): توده: 0.08، عمق: 0.115، اثر متقابل: -0.971.

Figure 3. Mean of total N percentage (A), available P (B), available K (C), available Ca (D) and available Mg (E) in stands and depths of study

The "P" values for macro elements are shown as follows: A- stand: 0.018, depth: 0.0182, in tract: -0.311. B- stand: 0.05, depth: 0.889, in tract: -0.591. C- stand: 0.000, depth: 0.013, in tract: -0.961. D- stand: 0.858, depth: 0.203, in tract: -0.354. E- stand: 0.08, depth: 0.115, in tract: -0.971.

ویژگی‌های خاک جنگل شامل کمیت و کیفیت ذخایر مواد آلی خاک، به واکنش‌های پیچیده‌ی اقلیمی، نوع خاک، مدیریت و گونه‌ی درختی وابسته است (۲۱). در واقع می‌توان با در نظر گرفتن نقش درختان در چرخه بیولوژیکی خاک به تأثیر متقابل جنگل بر خاک و خاک بر جنگل در محدوده‌ی اقلیم منطقه‌ای پی برد (۴۰). درختان سالیانه چندین تن لاشبرگ به خاک تحت کشت خود اضافه می‌کنند و باعث بروز تغییراتی در خواص و ویژگی‌های خاک می‌شوند. چراکه با تجزیه‌ی لاشبرگ، کربن و اکسیژن به اتمسفر و عناصر غذایی به خاک برمی‌گردند (۲۵). در واقع می‌توان گفت که گونه‌های مختلف با لاشبرگ‌هایی که به خاک اضافه می‌کنند سبب می‌شوند که در شرایط برابر اقلیمی، توپوگرافی و مدیریتی، خاک‌ها دارای ویژگی‌های متفاوتی باشند، چنانکه در تحقیق حاضر نیز این امر به سهولت قابل رویت است.

نیترژن ماده اصلی و ضروری در رشد گیاه محسوب می‌شود. این عنصر از عوامل مؤثر اکوسیستم بوده و به‌این ترتیب در مطالعات اکولوژی و خاکشناسی بسیار حائز اهمیت است (۴۲). همچنین رابطه‌ی میزان عناصر کربن و

نیترژن در خاک یک توده رابطه‌ی مستقیم است (۳۳) و این امر سبب شده تا توده تاکسودیم که دارای بیشترین مقدار کربن آلی است، از میزان نیترژن بیشتری نسبت به سایر توده‌ها و اراضی شاهد برخوردار باشد.

اسیدیتته‌ی خاک نیز نقش مهمی در مقدار درصد نیترژن قابل جذب داراست. در واقع مقدار جذب مواد غذایی توسط درختان، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تغییر در جذب نیترژن و مقدار کربن به تغییرات pH وابسته است (۳). معمولاً هرچه مقدار میزان اسیدی بودن خاک افزایش می‌یابد از مقدار عناصر غذایی پرمصرف کاسته می‌شود (۲۰). با توجه به اینکه میزان اسیدیتته توده‌ی دارتالاب از این مقدار در توده توسکا بیشتر است، این امر توانسته در کاهش مقدار نیترژن در خاک گونه‌ی توسکا که یک‌گونه تثبیت‌کننده ازت است مؤثر واقع شود. توجه به این نکته ضروری است که بیشترین اثر اسیدیتته خاک در قابلیت دسترسی عناصر غذایی، و در نتیجه میزان این عناصر در خاک، در توده‌های مسن‌تر مشاهده می‌شود (۱۴). به‌این ترتیب با افزایش سن توده تأثیر اسیدیتته خاک بر افزایش یا کاهش میزان عناصر غذایی خاک مشهودتر می‌باشد.

جدول ۱- میانگین (اشتباه معیار) ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک در توده‌ها و عمق‌های موردبررسی
Table 1. Mean (SE) of soil physicochemical properties in stands and depths of study

توصیف آماری	شاهد	دارتالاب	صنوبر	توسکا
صنوبر > دارتالاب > توسکا) P=۰/۳۲۱ F=۱/۱۹۱: توده (شاهد)	۲۴(±۲/۶)	۳۲.۵(±۵/۲۳)	۲۶(±۵.۱۴)	۳۲.۲۵(±۴.۷۷)
(عمق دوم > عمق اول) F=۰/۳۵۳ P=۰/۵۵۵: عمق	۲۱.۷۵(±۲/۸)	۲۵.۵(±۴/۷۴)	۲۵/۷۵(±۶/۹۵)	۳۲/۷۵(±۶/۱۶)
>ab دارتالاب > a شاهد) F=۳/۶۴۳ P=۰/۰۱۸: توده (b توسکا > ab صنوبر	۴۲.۷۵(±۲/۹)	۴۱(±۴/۵)	۳۸/۲۵(±۴/۱۴)	۳۴/۲۵(±۱/۸۲)
(عمق اول > عمق دوم) F=۱/۸۶۳ P=۰/۱۷۸: عمق	۵۰.۷۵(±۲/۶)	۴۳.۷۵(±۲/۲۵)	۴۱/۲۵(±۴/۳)	۳۵(±۵/۶۹)
(دارتالاب > شاهد > توسکا > صنوبر) F=۱/۰۰۳ P=۰/۳۹۸: توده	۳۳.۲۵(±۲/۱۶)	۲۶.۵(±۱/۷۶)	۲۵/۷۵(±۳/۵)	۳۳/۵(±۴/۰۳)
(عمق دوم > عمق اول) F=۰/۵۹۳ P=۰/۲۸۹: عمق	۲۷.۵(±۲/۱۶)	۳۰.۷۵(±۳/۰۲۲)	۳۳(±۴/۷)	۳۲/۲۵(±۵/۶)
(دارتالاب > دارتالاب > شاهد) F=۰/۶۷۲ P=۰/۱۶۹: توده	۷.۷۱(±۰/۲۸۷)	۷.۳۵(±۰/۰۴۱)	۷/۳۲(±۰/۰۸۳)	۷/۲۸(±۰/۱۳)
(b توسکا > b صنوبر) F=۶/۸۶۵ P=۰/۰۰۱: توده	۸.۰۸(±۰/۱۷۶)	۷.۴۶(±۰/۰۸۴)	۷/۴۹(±۰/۰۳۷)	۷/۴۲(±۰/۰۴)
(عمق اول > عمق دوم) F=۴/۲۷۹ P=۰/۰۴۳: عمق	۲/۰۲(±۰/۲۱)	۲/۱۰(±۰/۰۲۰)	۱/۶۱(±۰/۰۱۴)	۱/۳۰(±۰/۰۲۸)
>a دارتالاب) F=۶/۶۵ P=۰/۰۰۱: توده (b توسکا > bc صنوبر > ab شاهد	۱/۴۹(±۰/۰۷۳)	۱/۴۹(±۰/۰۱۳)	۱/۳۷(±۰/۰۲۵)	۱/۲۵(±۰/۰۷۴)
(b عمق دوم > عمق اول) F=۱۴.۴۲۷ P=۰/۰۰۰: عمق	۲.۹(±۱/۰۹)	۲.۳۱(±۲/۸)	۲.۴۹(±۰/۰۹)	۲.۵۴(±۱/۶۳)
>دارتالاب > صنوبر > شاهد) F=۲/۷۲۱ P=۰/۰۵۳: توده (توسکا	۲.۵(±۱/۱)	۲.۴۵(±۱/۵)	۲.۴۸(±۱/۲۵)	۲.۱۵(±۱/۰۰)
(عمق دوم > عمق اول) F=۱/۹۱۹ P=۰/۱۷۱: عمق	۱.۲۳(±۰/۰۷)	۱.۲۸(±۰/۱۰)	۱.۴۷(±۰/۰۸۵)	۱.۶۱(±۰/۰۹)
>ab صنوبر > a توسکا) F=۱/۳۹۴ P=۰/۲۵۴: عمق (b شاهد > b دارتالاب	۱.۲۳(±۰/۰۷)	۱.۴۲(±۰/۱۱)	۱.۴۱(±۰/۰۸)	۱.۵۸(±۰/۰۷)
(عمق دوم > عمق اول) F=۰/۵۰۰ P=۰/۴۸۲: عمق	۱.۲۳(±۰/۰۷)	۱.۲۸(±۰/۱۰)	۱.۴۷(±۰/۰۸۵)	۱.۶۱(±۰/۰۹)
F=۰/۴۴۸ P=۰/۵۸۷: عمق				

وزن مخصوص ظاهری (gr/cm³)

که بتواند فعالیت میکروارگانسیم‌های خاک را افزایش دهد در افزایش میزان فسفر قابل‌جذب خاک نیز مؤثر است. چراکه هر قدر درصد اشباع بازی خاک بالاتر باشد پتانسیل جذب عناصر بازی در گیاه بیشتر بوده و در نهایت در فعال کردن چرخه عناصر غذایی کاملاً مؤثر می‌باشد (۱۷). به بیشتر بودن میزان فسفر در اراضی جنگل‌کاری شده نسبت به اراضی رهاشده (چراگاه) در پژوهش Abegaz و Aduigna (۴۴)، نیز اشاره شده است، در این پژوهش افزایش میزان فسفر اراضی جنگلی را به دو علت نسبت داده‌اند، نخست، بیشتر بودن احتمال بازگشت فسفر به صورت لاشبرگ به سطح خاک در اراضی جنگل‌کاری شده و دیگری، وجود میکروبا که به وفور در لایه لاشبرگ جنگل دیده می‌شوند، و به سرعت می‌توانند فسفر قابل‌جذب را درون پوشش جنگلی اضافه کنند.

میزان عنصر فسفر در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر از عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر است که این امر دور از انتظار نیست چراکه در خاک‌های جنگلی قسمت عمده فسفر قابل‌جذب در افق‌های سطحی می‌باشد (۴۰). خاک‌های رسی به سبب دارا بودن خاصیت تبادل و تثبیت بیشتر کانی‌های رس خاک‌هایی غنی محسوب می‌شوند به‌این ترتیب در این خاک‌ها پتاسیم به صورت قابل‌تبادل و تثبیت شده ذخیره می‌شود، و این اشکال پتاسیم در برابر آب شویی مقاومت بیشتری دارند (۳۲). به‌این ترتیب وجود این ویژگی در اجزای سه‌گانه بافت خاک در توده صنوبر سبب شده تا خاک این توده قابلیت بیشتری در افزایش و حفظ پتاسیم در مقایسه با سایر توده‌ها دارا باشد. با توجه به ناسازگاری عنصر کلسیم با عناصری چون فسفر و پتاسیم (۲۰)، افزایش مقدار کلسیم در ارتباط با افزایش عمق در تحقیق حاضر قابل‌انتظار بوده چراکه با افزایش عمق از میزان عناصری چون فسفر و پتاسیم کاسته می‌شود و شرایط برای افزایش میزان کلسیم قابل‌جذب در خاک فراهم می‌شود. بیشترین مقادیر عناصر غذایی پرمصرف به‌غیر از کلسیم قابل‌جذب در لایه‌ی سطحی خاک (۰-۱۵ سانتی‌متری) مشاهده شد. بیشتر بودن میزان عناصر قابل‌جذب در عمق اول کاملاً قابل‌انتظار است. چراکه تجمع و حضور لاشبرگ‌ها که مهم‌ترین منابع ورود عناصر تغذیه‌ای خاک و ماده آلی آن هستند در لایه‌های سطحی خاک بیشتر است (۲۶، ۳۹، ۹) و در واقع عناصر غذایی موجود در خاک با مواد تغذیه‌ای آزاد شده توسط گیاهان و چرخه‌ی فعال در لایه‌های سطحی خاک ارتباط مستقیمی دارند (۱۲، ۱۱).

به‌طور کلی در تحقیق حاضر به‌جز توده‌ی صنوبر که از نظر منبذیم قابل‌جذب نسبت به منطقه شاهد ضعیف‌تر عمل کرده است، عناصر غذایی پرمصرف در خاک سایر توده‌های جنگل‌کاری شده بیشتر از اراضی شاهد است، که این خود مؤید تأثیر مثبت جنگل‌کاری بر حاصلخیزی خاک منطقه و همسو بودن با نتایج بسیاری از پژوهش‌ها می‌باشد که جنگل‌کاری را باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌دانند. با توجه به اینکه در این تحقیق گونه‌ی غیربومی دارتالاب در مورد اکثر عناصر غذایی پرمصرف در مقایسه با هردو یا یکی از پهن برگان بهتر عمل کرده است، نمی‌توان در انتخاب یک‌گونه برای جنگل‌کاری تنها سوزنی‌برگ یا پهن‌برگ بودن

در توده‌ی توسکا قدرت تثبیت ازت به علت وجود گره‌های ریشه‌ای (میکوریزا) است. یعنی درختانی همچون توسکا با داشتن قارچ‌های کمتر تحول‌یافته (آکتینومیست‌ها) در اطراف ریشه‌های خود قادرند ازت مولکولی را به ازت آمونیاکی تبدیل کرده و به‌این ترتیب باعث افزایش ازت قابل‌جذب شوند (۴۰) با توجه به اینکه اندازه‌گیری نیتروژن در توده‌های موردنظر در عمق‌های سطحی خاک (۳۰-۰ سانتی‌متری) صورت گرفته است انتظار می‌رود که تجمع و حضور ریشه‌ی درخت توسکا و در نتیجه قارچ‌هایی که به تثبیت و افزایش ازت خاک کمک می‌کنند در بخش‌های عمیق‌تر (بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر) بیشتر بوده و اثر مثبت حضور گونه‌ی تثبیت‌کننده‌ی ازت در عمق‌های پایین‌تر ملموس‌تر باشد.

گونه‌هایی نظیر صنوبر، همچنین گونه‌های توسکا و زبان‌گنجشک متقاضی نیتروژن زیاد می‌باشند (۴۰) و در اغلب تحقیقات این عنصر به‌عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی در رشد گونه‌هایی مانند صنوبر معرفی می‌شود (۲۸، ۳۴). به‌این ترتیب می‌توان نیاز خود گیاه را به‌عنوان یک عامل کاهنده در میزان نیتروژن خاک توده‌های توسکا و صنوبر در نظر گرفت. رضوی (۲۷) نیز در پژوهش خود بین مقدار نیتروژن موجود در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری توده‌های تاکسودیم و توسکا اختلافی گزارش نداد این در حالی است که میزان نیتروژن موجود در خاک توسکا در عمق ۳۰-۵۰ سانتی‌متری به صورت معنی‌داری بیشتر از توده‌ی سوزنی‌برگ عنوان شد. وی در تحقیق خود علت افزایش نیتروژن در خاک توده‌ی توسکا در عمق ۳۰-۵۰ سانتی‌متری را حضور قارچ‌های ریشه‌ای عنوان کرد. در خصوص کاهش میزان نیتروژن در اراضی شاهد می‌توان گفت که، به علت به هم خوردن خاک جنگل مخروبه پدیده معدنی شدن مواد آلی به سرعت صورت گرفته و ازت زودتر از دسترس خارج شده است (۳۱)، زیرا اراضی شاهد موردبررسی قبلاً تحت کاربری جنگل بوده و پس از قطع درختان، عرصه به حال خود رها گردیده است و شرایط برای تخریب و فرسایش خاک فراهم شده است. در واقع زمین‌هایی که در گذشته به‌عنوان جنگل محسوب می‌شده‌اند بسیار مستعد آبشویی و فرسایش‌اند (۱۳). تغییرات فسفر در خاک بسیار کند بوده و به مدت‌زمان طولانی نیازمند است (۵). به‌این ترتیب تجزیه و تحلیل تأثیر گونه‌های مختلف بر روی میزان فسفر خاک امری دشوار است (۳). چراکه درختان تأثیرات متفاوت و گاه متناقضی را بر روی ترکیبات فسفر خاک، تجمع و چرخه آن دارند (۲۳). با توجه به موارد گفته‌شده، بیشتر بودن میزان فسفر در توده‌ی توسکا به کمتر بودن عنصر کلسیم در خاک این توده در مقایسه با سایر توده‌ها بی‌ارتباط نیست. چراکه بین عناصر یادشده پدیده‌ی ناسازگاری وجود دارد (۲۰). شکل آلی فسفر برای گیاهان قابل‌جذب نیست و گیاهان می‌توانند فسفر معدنی شده را که در اثر فعالیت میکروارگانسیم‌ها ایجاد می‌شود جذب نمایند (۲۳) به‌این ترتیب تغییر ازت فسفر آلی به معدنی تحت تأثیر فعالیت‌های بیولوژیکی است و خاک‌هایی که دارای فعالیت‌های بیولوژیکی قوی‌تری هستند فسفر قابل‌جذب بیشتری خواهند داشت (۵). به‌این ترتیب هر عاملی

مقاومتی که هرگونه نسبت به شرایط توپوگرافی و اقلیمی منطقه دارد، میزان نیاز گونه و نوع هدفی که از جنگل کاری داریم در خصوص انتخاب گونه‌ی مورد نظر تصمیم‌گیری کرد.

را ملاک تأیید یا رد یک گونه قرارداد، چراکه سوزنی‌برگان نیز به‌نوبه‌ی خود در بهبود شرایط خاک و حاصل‌خیزتر کردن آن نقش دارند. و همواره به دلیل تولید بالای چوب در واحد سطح مورد توجه بوده‌اند. به‌این‌ترتیب می‌توان با توجه به میزان

منابع

- Allison, L.E. 1975. Organic carbon In: Black, C. A. (Ed.), Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Part 2, Madison, WI, pp: 1367-1378.
- Augusto, L., R. Jacques, D. Binkley and A. Roth. 2002. Impacts of several common tree species of European temperate forests on Soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59: 233-253.
- Antunesa, S.C., R. Pereiraa, J.P. Sousab, M.C. Santosa and F. Gonçaves. 2008. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, 44: 45-56.
- Ardakani, M.R. 2009. Ecology. Tehran University Press. 340 pp.
- Adugna A. and A. Abegaz. 2016. Effect of Land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. *Journal of Soil* 2, 2: 63-70.
- Bower, C.A., R.F. Reitemeier, M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sciences*, 73: 251-261.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 56: 464-465.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen - total. In: page, A.L., Miller, R.H., Keeney, R.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp: 595-624.
- Buresh, R.L. and G. Tian. 1998. Soil improvement by tree in sub-saharan Africa. *Agro forestry Systems*. 38: 51-76.
- Chirino, I., L. Condron, R. McLenaghan and M. Davis. 2010. Effects of plantation forest species on soil properties. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 1-7.
- Dijkstra, F.A., C. Geibe, M.S. Holmstro, U.S. Lundstrom and N. Van Bree man. 2001. The effect of organic acids on base cation leaching from the forest floor under six North American tree species. *European Journal of Soil Science*, 52: 1-10.
- Dijkstra, F.A. and M.M. Smits. 2002. Trees species effects on calcium cycling: the role of calcium uptake in deep soils, *Ecosystems*, 5: 385-398.
- Dehnavi, S., S.H. Matinkhah and F. Nourbakhsh. 2014. The role of Hackberry "*Celtis caucasica*" as nitrogen fixing trees on understory's soil properties in reserved area in Ardasteh-Dehaghan in Isfahan. *Journal of Forest and Poplar Research*, 21: 644-653.
- Ehyaei, A. and M. Bebahanizadeh. 1993. Description of soil chemical methods, Soil and Water Research Institute. Tehran, 128 pp.
- Farley, K.A. and E.F. Kelly. 2004. Effects of Eucalyptus saligna and Albizia falcataria on soil processes and nitrogensupply in Hawaii. *Oecologia*, 113: 547-556.
- Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Aeyzh press, Tehran. Iran.
- Homer, C.D. and P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. Agricultural Sciences Publications. Berkeley. CA. 309 pp.
- Hosseini, S.S. and V. Hosseini. 2014. Effect of Reforestation with Pinus nigra Arnold, Pinus eldarica Medw and Cupressus arizonica Greene Spices on Some Properties of Soil (Case Study: Garan region, Marivan). *Journal of Iranian Forest Ecology*, 2(4): 37-44.
- Jafari, M. and F. Sarmadian. 2003. Basics of soil and soil classification. First Edition. Tehran University Press
- Jeddi, K. and M. Chaieb. 2010. Soil properties and plant community in different aged *Pinus halepensis* Mill. Plantations in Arid Mediterranean Areas: The case of Southern Tunisia. *Land Degradation and Development*, 21: 32-39.
- Kooch, Y., S. M. Hosseini, C. Zaccone, H. Jalilvand and S.M. Hojjati. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola forest (North of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14: 2438-2446.
- Kooch, Y., S.M. Hosseini and J. Mohammadi. 2013. The Effect of Pit and Mound Landscape on Variability of Cation Exchange Capacity and Soil Nutrients. *Journal of Iranian Forest Ecology*, 1(1): 46-59.
- Kooch, Y. and Z. Zoghi. 2014. Comparison of soil fertility of Acer insigne, Quercus castaneifolia, and Pinus brutia in the Hyrcanian Forest of Iran, *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 20(4): 10-25.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220: 242-258.
- Luan, J., C. Xiang, S. L.Z. Liu, Y. Gong and X. Zhu. 2010. Assessments of the impacts of Chinese fir plantation and natural regenerated forest on soil organic matter quality at Longmen Mountain. Sichuan, China. *Geoderma*, 156: 228-236.
- Mayani, N. and H. Payam. 2013. Afforestation effects with conifer and hardwood species on some physical and chemical soil characteristics. *Journal of Social Sciences*, 3: 467-471.
- Neiryck, J. 2000. Impact of *Tillia plutyhyllus Scop*, *Fraxinus excelsor L.*, *Acer Pseudoplatanus L.*, *Quercus ruber L.* and *Fagus sylvatica L.* on earthworm biomass and physico-chemical properties of loamy top soil. *Forest Ecology and Management*, 133: 275-286.
- Onyekwelu, J.C. 2006. Biomass yield and biomass functions for plantation grown *Nauclea diderrichii* in the humid tropical rainforest zone of South-Western Nigeria. *Ghana Journal of Forestry*, 15: 30-39.

29. Rice, C.W. 2000. Soil organic C and N rangeland soils under elevation CO₂ and land management, advances in terrestrial ecosystem carbon inventory, measurements and monitoring conference in Raleigh, North Carolina, October 3-5. 15-24.
30. Razavi, S.A. 2010. Comparison of Soil Characteristics and Biodiversity in Plantations of Bald Cypress and Caucasian Alder (Case Study: Kludeh-Mazandaran Province), 17: 41-56.
31. Rostamabadi, A., M. Tabari and H. Jalilvand. 2013. Influence of Planting distance on growth, species biodiversity and soil properties in the *Alnus subcordata* and *Taxodium distichum* plantation forest in Kolude region, 4(1): 19-31
32. Stanturf, J.A., C. Van Oosten, D.A. Netzer, M.D. Coleman and C.J. Portwood. 2001. Ecology and silviculture of poplar plantations. In: D.I. Dickmann, J.G. Isebrands (Eds), *Poplar Culture in North America*. Part A, Chapter, 5: 420-1976.
33. Sayyad E., S.M. Hosseini, M. Akbarinia and Sh. Gholami. 2007. Comparison of soil properties in pure Poplar plantation and mixed with *Alnus Subcordata*. *Jurnal of Environmental Studies*, 46: 69-76.
34. Schulp, C.J., G.J. Nabuurs, P.H. Verburg and R.W. De Waal. 2008. Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(3): 482-490.
35. Sardabi, H., A. Rahmani, B. Hamze, M.H. Assareh and M. Ghorany. 2010. Impact of different Eucalypt species on forest soil properties in Guilan province. *Journal of Forest and Poplar Research*, 18: 117-131.
36. Salardini, A.A. 2011. Soil fertility. Tehran University Press, 434 pp.
37. Sadat Ariapak, S., V. Bayram zadeh and A. Moeini. 2012. Estimation of carbon sequestration in biomass and soil in Taleghani and Chitgar forest parks with elder Pine (*Pinus eldarica*) as main species, 1: 15-28.
38. Van den Driessche, R. 2000. Phosphorus, copper and zinc supply levels influence growth and nutrition of a young *Populus trichocarpa* (Torr & Gray) × *P. deltoides* (Bartr. Ex Marsh.) Hybrid. *New Forest*. 19: 143-157.
39. Vesterdal, L., I.K. Schmidt, I. Callesen, L.O. Nilsson and P. Gundersen. 2008. Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. *Forest Ecology and Management*, 255: 35-48.
40. Vesterdal, L., N. Clarke, B.D. Sigurdsson and P. Gundersen. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.
41. World Bank. 2000. *World resources 2000-2001: People and ecosystems, the fraying web of life*. Washington D.C. World Resources Institute, 389 pp.
42. Wang, W.J., L. Qiu, Y.G. Zu, D.X. Su, J. An, H.Y. Wang, G.Y. Zheng, W. Sun and X.Q. Chen. 2011. Changes in soil organic carbon, nitrogen, PH and bulk density with the development of larch (*Larix gmelinii*) plantations in China. *Journal of Global Change Biology*, 17: 2657-2676.
43. Wang, J. and L. Xin. 2016. Effect of poplar Plantation on the Physical and Chemical Properties of soil: A Case Study in the North China Plain. *Journal of Resource and Ecology*, 7(5): 352-359.
44. Yousefi, A. and L. Darvishi. 2013. Soil change induced by Harwood and coniferous tree plantations establishment comparison with natural forest at Berenjestanak lowland forest in north of Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1: 432-449.
45. Zarrinkafsh, M. 2001. *Forest Soil Science, interaction of soil and plant in connection with the environmental factors*, Forest ecosystems of Agriculture Ministry, 361 P.
46. Zhang, X.Q., M.U.F. Kirschbaum, Z. Hou and Z. Gue. 2004. Carbon stock changes in successiverotations of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook) plantations. *Forest Ecology and Management*, 202: 131-147.
47. Zhao, J. and J. Zhang. 2011. Spatial variability of soil total nitrogen in a natural broad-leaved Korean pine mixed forest. In *Water Resource and Environmental Protection (ISWREP), 2011 International Symposium on IEEE Conference Publications*, 3: 1682-1685.

Comparison of Soil Macroelements in the Plantation of Forest Stand in Khazar Forest Seed Center, Amol

Masomeh Soleimani Rahim Abadi¹, Moslem Akbarinia² and Yahya Kouch³

1- Graduated M.Sc. Student, Tarbiat Modares University,
(Corresponding author: M.soleimany69@yahoo.com)

2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, Tarbiat Modares University
Received: Jan 8, 2016 Accepted: April 10, 2017

Abstract

According to importance of forests, enforcement of accurate and systematic management about them is necessary; in this regard recognition of soil quality is essential principles. With the aim of studying soil macroelement in each of *Populus deltooides*, *Alnus subcordata*, *Taxodium distichum* stands and around uncultivated area (control), 8 samples taken from each of 0-15cm and 15-30cm depth. Soil sample for measuring the amount of soil macroelements such as nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca) and some physicochemical characters were transferred to the laboratory. The result showed most amounts of total nitrogen (0.34%) and available Calcium (6379.37 ppm) observed in the *Taxodium* stand, the highest amount of available phosphorus (18.59 ppm) and magnesium (638.75 ppm) found in *Alnus* stand, and the maximum amount of available potassium observed in the *Populus* stand. The most of soil macro element except available calcium (293.62 ppm), observed in 0-15cm depth of all study stands and control area. This study suggests that plantation in uncultivated and disturbed area can be positive step towards increasing the soil richness and fertility; which in Ecosystem management should be considered.

Keywords: *Alnus subcordata*, Fertility, *Populus subcordata*, Soil features, *Taxodium distichum*