

تأثیر انواع مختلف کاربری اراضی روی کیفیت خاک در جنگل الندان ساری

مریم اسدیان - کارشناس ارشد جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
سید محمد حجتی* - استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
محمدرضا پورمجیدیان - دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
اصغر فلاح - دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۳/۰۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی شاخص کیفیت خاک در پنج کاربری متفاوت اراضی (توده راش، توده مخروطه، جنگل کاری کاج، جنگل کاری ون و زمین کشاورزی) در محدوده طرح جنگلداری سری الندان، با مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران انجام شده است. برای این امر، نمونه برداری از خاک، به صورت تصادفی سیستماتیک و با استفاده از شبکه آماربرداری به ابعاد ۷۵×۵۰ متر (تعداد ۶ نقطه در هر کاربری) و از عمق ۱۰-۰ سانتی متری به وسیله استوانه فلزی (قطر ۸ سانتی متر) انجام گرفت. درصد رطوبت، چگالی ظاهری، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و کلسیم قابل جذب، آمونیوم و نیترات برای هر نمونه خاک در آزمایشگاه اندازه گیری و در نهایت با استفاده از مقادیر به دست آمده، شاخص کیفیت خاک در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج مقایسه خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در بین کاربری‌های مختلف، اختلاف معناداری را نشان داده است. همچنین در بین کاربری‌های مورد مطالعه جنگل کاری، کاج به طور معناداری کمترین کیفیت و جنگل مخروطه و جنگل کاری ون، بیشترین میزان این شاخص را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج این پژوهش مؤید تأثیر قابل توجه انواع کاربری‌ها روی شاخص کیفیت خاک است.

کلیدواژه‌ها: اراضی زراعی، الندان، جنگل کاری، خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کیفیت خاک.

مقدمه

خاک منبع اصلی استفاده از سرزمین و حلقه ارتباط بین اقلیم و سیستم‌های بیوژئوشیمیایی است که نقش مهمی در توانایی اکوسیستم‌های خشکی برای تأمین نیازهای متنوع بشری ایفا می‌کند (یانگ و همکاران، ۲۰۲۳). تخریب خاک

در نتیجه فعالیت انسان، یک معضل اقتصادی - اجتماعی بوده و نقش عامل انسانی در پیدایش و تسریع این روند در بسیاری از مناطق روشن شده است (معدنچی، ۱۳۸۴: ۲). مدیریت نادرست، بی‌توجهی و بهره‌برداری بی‌رویه، می‌تواند این منبع آسیب‌پذیر را به سوی نابودی کشانده و در نتیجه حیات بشر را مورد تهدید قرار دهد (حق‌نیا و کوچکی، ۱۳۷۵: ۶). امروزه تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و تبدیل آنها به کاربری‌های دیگر زمین، به مسئله‌ای جهانی تبدیل شده و در مجامع علمی مطرح است (استروسنیدر و بوکت، ۲۰۰۳: ۸۶). تغییر نامناسب کاربری اراضی، زمینه کاهش سطح مراتع و جنگل‌ها، آلودگی خاک‌ها و آبهای سطحی و زیرزمینی، کاهش کیفیت خاک و نابودی دائم باروری زمین را فراهم می‌آورد (عجمی، ۱۳۸۵: ۴؛ اسلام و همکاران، ۱۹۹۹: ۲۴۲) جنگل‌ها جزء مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند که نقش عمده‌ای در جریان انرژی، ماده، بین زمین و اتمسفر برعهده دارند (سان، ۲۰۰۴: ۷۳۳).

تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و همچنین احیای جنگل‌های مخروبه از طریق جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ، فراگیرترین اشکال تغییر کاربری اراضی جنگلی در مناطق کوهستانی شمال ایران است. با تخریب جنگل‌ها و کاهش مساحت آنها، افزون‌بر اینکه پوشش گیاهی و ساختار جنگل دستخوش تغییر می‌شود؛ خاک و بستر جنگل نیز تغییر یافته و در طول زمان فرسایش شدید خاک انجام گرفته و در نتیجه کیفیت خاک به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (اسداللهی، ۱۳۷۰: ۶).

کیفیت خاک، توانایی پایدار خاک به‌منزله یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و با کاربری‌های متفاوت است. از آنجایی که کیفیت خاک برآیندی از ترکیب خصوصیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آن است، ممکن است در واکنش به شرایط مختلف تغییر کند (بردا و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۱۲۶).

تأثیر انواع مختلف کاربری اراضی روی کیفیت خاک و تفسیر تغییرات مشاهده‌شده را می‌توان به‌واسطه اندازه‌گیری خصوصیت‌های خاک ارزیابی کرد. از سویی، درک سازوکار اثر کاربری‌های مختلف روی کیفیت خاک، می‌تواند راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت کاربری اراضی در مناطق مشابه باشد (مندال و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۶).

پژوهش پیش رو برای بررسی برخی از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در بخشی از جنگل‌های صنایع چوب و کاغذ مازندران - سری‌الندان با انواع کاربری‌های اراضی توده طبیعی مدیریت‌شده خالص راش شرقی، توده مخروبه با گونه‌های ممرز و انجیلی، توده دست‌کاشت ون، توده دست‌کاشت کاج سیاه و زمین کشاورزی انجام شد و در نهایت کیفیت خاک با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده در هر کدام از این کاربری‌ها، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه واقع در سری‌شش، بخش یک و حوزه دو آبخیز رود تجن، تحت مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران است که بین ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر و حداکثر آن ۱۷۸۳ متر است که سطحی افزون‌بر ۲۰۵۱ هکتار را شامل می‌شود. میانگین باران سالانه حدود ۸۵۸ میلی‌متر، خاک منطقه عمیق در حدود ۱۲۰ سانتی‌متر، نوع خاک قهوه‌ای جنگلی و بافت خاک متوسط تا کمی سنگین است.

در پژوهش پیش رو پنج نوع کاربری متداول توده طبیعی مدیریت شده خالص به شرح زیر در منطقه مطالعاتی موجود است.

۱. راش شرقی (*Fagus orientalis Lipsky*)؛
 ۲. توده مخروطه با گونه‌های ممرز و انجیلی (*Carpinus betulus L.*, *Parrotia persica*)؛
 ۳. توده دست کاشت ون (*Fraxinus excelsior L.*)؛
 ۴. توده دست کاشت کاج سیاه (*Pinus nigra Arnold.*)؛
 ۵. زمین کشاورزی (تحت کشت دیم گندم و جو).
- در این پژوهش بخش‌هایی از این کاربری‌ها انتخاب شده که به صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب، در آنها مشاهده شده است. گفتنی است که کاربری جنگل مخروطه، در واقع یک توده کاملاً مخروطه نیست؛ بلکه جنگلی است که در نتیجه فعالیت انسان از توده طبیعی راش به توده انجیلی - ممرز تغییر ساختار یافته است (بی‌نام، ۱۳۸۳: ۲۳). از آنجایی که در اصطلاح جنگلبانی به این نوع توده، جنگل مخروطه اطلاق می‌شود، در این پژوهش نیز از این واژه استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه با استفاده از روش تصادفی سیستماتیک با استفاده از شبکه آماری برداری به ابعاد ۱۰×۵۰ متر، شش نقطه در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه انتخاب و به نمونه برداری خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی متری به وسیله استوانه فلزی (قطر ۸ سانتی متر) اقدام شد. برای کاهش اثرات مرزی، حاشیه کاربری‌ها برای نمونه برداری در نظر گرفته نشد و برداشت نمونه‌ها متمایل به بخش مرکزی هر کاربری شد (لوسی و همکاران، ۲۰۰۳: ۳۵۷). پس از نمونه برداری در مجموع تعداد سی نمونه خاک (شش تکرار از پنج نوع کاربری اراضی) از پهنه برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، درصد رطوبت به روش توزین و خشک کردن، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، بافت خاک به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری یا استفاده از دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه مخصوص هدایت گر الکتریکی (EC متر)، کربن آلی به روش والکی بلاک، نیتروژن کل به روش کجلدال، پتاسیم و کلسیم قابل جذب نیز با محلول استات آمونیوم استخراج و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (غازان شاهی، ۱۳۷۶: ۳۷؛ جعفری حقیقی، ۱۳۸۲: ۱۳۱)، غلظت آمونیوم به روش کلریمتریک (دوریچ و نلسون، ۱۹۸۳: ۵) و غلظت نترات با استفاده از روش احیای کادمیوم (ای.پی.اچ.آ، ۱۹۹۸: ۷) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن (یکی از شاخص‌های بیولوژیکی خاک)، از روش کیسه مدفون^۱ استفاده شد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۶۸). بدین ترتیب که طی یک پروسه یک‌ماهه، در اولین زمان نمونه برداری (اول مردادماه)، در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه تعدادی نمونه خاک در مجاورت یکدیگر از خاک سطحی (عمق ۱۰-۰ سانتی متری) برداشت شد. سپس از مجموع نمونه خاک‌های برداشت شده (شصت نمونه)، سی نمونه به آزمایشگاه

منتقل و سی نمونه باقی‌مانده، در همان زمان در داخل نایلون فریزر قرار داده شد و در همان عمق مدفون شد. در نهایت پس از گذشت سی روز در دومین زمان نمونه‌برداری (اول شهریورماه)، این نمونه‌ها نیز به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ازت کل و معدنی (مجموع آمونیوم و نیترات) برای تمام نمونه‌های متعلق به هر دو سری زمانی اندازه‌گیری شد.

محاسبات

الف) نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن^۱

نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن طی بازه زمانی سی روز، با تفاضل ازت معدنی (مجموع آمونیوم و نیترات) در زمان دوم، از ازت معدنی در زمان اول محاسبه می‌شود (وانگ، ۲۰۱۰: ۳).

$$R_M = [(T_{m1} - T_{m0})/t] \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه؛ R_M : نرخ خالص معدنی شدن ازت؛ T_{m1} : ازت معدنی در شهریور؛ T_{m0} : ازت معدنی در مرداد و t : مدت زمان لازم (سی روز) برای تولید خالص ازت معدنی است.

ب) شاخص کیفیت خاک^۲

محاسبه این شاخص با استفاده از مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از سه گام اصلی به شرح زیر تشکیل شده است:

- تعیین مجموعه‌ای از حداقل داده‌ها^۳ با استفاده از نظر کارشناسان مجموعه حداقل داده‌ها، در واقع مجموعه‌ای از برخی مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی لایه سطحی خاک است که عده‌ای از کارشناسان مجرب علوم خاک آن را برای محاسبه شاخص کیفیت خاک تعیین می‌کنند (مازاییولی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۷؛ دوران و پارکین، ۱۹۹۴: ۱۰).
- در این مطالعه مشخصه‌های فیزیکی (درصد رطوبت و چگالی ظاهری) و مشخصه‌های شیمیایی (اسیدیت، شوری، درصد کربن آلی، درصد ازت کل، غلظت پتاسیم و کلسیم قابل جذب، غلظت آمونیوم و نیترات) با توجه به نظر کارشناسان برای محاسبه شاخص یادشده، در نظر گرفته شده است (مازاییولی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۷).
- امتیازدهی به هریک از داده‌های تعیین شده (مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) با استفاده از معادلات خطی

ریاضی

در این مرحله مشخصه‌های مربوط به مجموعه حداقل داده‌ها در دو گروه جداگانه با نام‌های زیر قرار داده می‌شوند:

الف) بیشتر بهتر است (more is better)^۴؛

ب) کمتر بهتر است (less is better)^۵.

1. Net N mineralization

2. Soil Quality Index (SQI)

3. Minimum Data Set (MDS)

4. The best soil functionality is associated with high values

5. The best soil functionality is associated with low values

گروه اول شامل آن دسته از مشخصاتی است که مقادیر بالای آنها اثر مطلوبی بر خاک برجای می‌گذارد (درصد رطوبت، کربن آلی، ازت کل، کلسیم و پتاسیم قابل جذب، آمونیوم و نترات). گروه دوم دربرگیرنده متغیرهایی است که کمترین میزان آنها تأثیر مثبتی روی خاک به همراه خواهد داشت (چگالی ظاهری).

در بین خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده این پژوهش، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک از جمله مشخصه‌هایی هستند که با توجه به مقدار و دامنه تعریف شده برای آنها (عدد ۷ برای اسیدیته خاک و محدوده ۰/۳ تا ۲ دسی زیمنس بر متر برای هدایت الکتریکی) گروه‌بندی می‌شوند؛ بدین ترتیب که اگر میزان این مشخصه‌ها مساوی یا کمتر از مقدار و اندازه تعیین شده باشد، مشخصه‌های مورد نظر در دسته اول و در صورت بیشتر بودن، متعلق به گروه دوم خواهند بود. در نهایت امتیاز مربوط به هر یک از متغیرهای قرار گرفته در این دو گروه به وسیله روابط (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند (اندروز و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۱).

رابطه ۲) بالاترین ارزش / ارزش (مقدار) هر تکرار = گروه اول

رابطه ۳) ارزش (مقدار) هر تکرار / پایین‌ترین ارزش = گروه دوم

• ادغام امتیازهای محاسبه شده، درون یک شاخص کلی با عنوان شاخص کیفیت خاک (مازایولی و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۰۷ و اندروز و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۱)

رابطه ۴) $SQ\ index = \left(\sum S_i/n \right) \times 10$

S_i : امتیاز داده شده به هر شاخص؛

n : تعداد کل شاخص‌ها.

محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه مشخصه‌های مورد نظر در کاربری‌های مختلف، پس از کسب اطمینان از نرمال بودن پراکنش داده‌ها (آزمون کولموگروف - اسمیرونوف) و همگنی واریانس (آزمون لون)، از طریق تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون SNK در محیط نرم افزار SPSS 16.0 انجام شد.

یافته‌های پژوهش

مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

مقایسه میانگین رطوبت خاک سطحی نشان داده است که میزان این مشخصه در دو کاربری جنگل راش و جنگل مخروطی، به طور معناداری ($P < 0.05$) بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است (جدول ۱). بالا بودن میزان رطوبت در کاربری جنگل راش را، می‌توان به دلیل زیاد بودن مقدار مواد آلی در خاک این پهنه دانست؛ زیرا مواد آلی با کاهش تبخیر و تعرق

و افزایش نرخ نفوذ آب در خاک، منجر به نگره‌داشت مقدار قابل توجهی رطوبت در خاک می‌شوند (اوزتاز و همکاران، ۲۰۰۳: ۹۷).

جدول ۱. مقایسه میانگین (\pm اشتباه معیار) مشخصه‌های خاک در بین کاربری‌های مورد مطالعه

کاربری	جنگل راش	جنگل کاری ون	جنگل کاری کاج	جنگل مخروطه	زمین کشاورزی
رطوبت (%)	۲۱/۲ \pm ۱/۷۸a	۱۵/۹ \pm ۰/۷۲b	۱۳/۱۳ \pm ۰/۸۶b	۲۲/۱ \pm ۲/۳a	۱۲/۶۶ \pm ۰/۷۷b
چگالی ظاهری (g/cm ³)	۱/۵۱ \pm ۰/۰۷	۱/۴۹ \pm ۰/۱۲	۱/۵۱ \pm ۰/۰۸	۱/۶ \pm ۰/۱۲	۷/۱۸ \pm ۰/۰۵ab
رس (%)	۱۸/۴ \pm ۱/۵	۱۹/۱ \pm ۱/۶	۲۲/۶ \pm ۱/۱	۲۰/۹ \pm ۱/۷	۲۵/۵ \pm ۱/۴
شن (%)	۴۷/۹ \pm ۳/۱	۵۲/۹ \pm ۱/۹	۴۵/۱ \pm ۲/۸	۵۳/۷ \pm ۶/۶	۴۴/۶ \pm ۳/۹
سیلت (%)	۳۳/۶ \pm ۳/۱	۲۸/۰۱ \pm ۲/۵	۳۲/۳ \pm ۳/۱	۲۵/۴ \pm ۴/۶	۲۹/۹ \pm ۳/۳
نوع بافت	لومی	لومی شنی	لومی	لومی شنی رسی	لومی
واکنش خاک	۶/۶۲ \pm ۰/۰۸ c	۷/۳۴ \pm ۰/۰۶ a	۶/۸۷ \pm ۰/۰۸abc	۶/۷۲ \pm ۰/۲۷ bc	۷/۱۸ \pm ۰/۰۵ab
هدایت الکتریکی (ds/m)	۰/۲۴ \pm ۰/۰۲	۰/۳۳ \pm ۰/۰۵	۰/۳۳ \pm ۰/۰۲	۰/۳۴ \pm ۰/۰۵	۰/۲۴ \pm ۰/۰۱
کربن آلی (%)	۳/۰۵ \pm ۰/۲۳	۲/۶ \pm ۰/۴۳	۲/۷۴ \pm ۰/۲۶	۳/۴ \pm ۰/۱۸	۲/۵۷ \pm ۰/۰۶
ازت کل (%)	۰/۳۲ \pm ۰/۰۵b	۰/۵ \pm ۰/۰۴ a	۰/۱۵ \pm ۰/۰۴c	۰/۴ \pm ۰/۰۴ab	۰/۳ \pm ۰/۰۵ b
پتاسیم (ppm)	۲۳۴ \pm ۱۴/۱۱bc	۲۹۷ \pm ۳۰/۱۹b	۲۰۳ \pm ۹/۳۰ c	۲۸۵ \pm ۲۸/۴۴b	۵۲۹ \pm ۱۱/۰۳a
کلسیم (ppm)	۱۲۸۰ \pm ۱۲۱b	۲۵۰۰ \pm ۱۸۰a	۱۵۵۰ \pm ۱۶۸b	۱۵۶۰ \pm ۲۳۹b	۱۳۱۰ \pm ۱۲۷b
آمونیم (ppm)	۱۵/۰۳ \pm ۶۰/۶۸a	۳/۶۱ \pm ۳۰/۱۲b	۴/۷۱ \pm ۴۱/۷۸b	۱۳/۲ \pm ۵۳/۱a	۶/۱۸ \pm ۲۱/۷۷b
نیترات (ppm)	۲۴/۴۷ \pm ۴/۷۱	۲۸/۶۸ \pm ۲/۰۱	۲۲/۷۳ \pm ۲/۷۱	۳۰/۷۳ \pm ۵/۲۱	۲۸/۷۳ \pm ۲/۷۷
نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم خاک در روز)	۰/۲۵ \pm ۲/۳۴	۲/۰۳ \pm ۲/۳۹	۱/۰۲ \pm ۲/۱۳	۱/۷۶ \pm ۲/۲۷	۱/۳۸ \pm ۱/۹۷

حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنادار ($p < 0.05$) در بین کاربری‌های مختلف است.

همچنین زیاد بودن مقدار این مشخصه در جنگل مخروطه، به دلیل آشفستگی و اختلال در خاک و به هم خوردن ساختمان خاک است که در نتیجه آن، میزان نفوذپذیری آب در خاک کاهش و تجمع آب در لایه‌های سطحی افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های نیل و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد. آنها در مطالعه خود افزایش میزان رطوبت در خاک اراضی مخروطه جنگلی را ناشی از تبدیل و تغییر ساختار جنگل گزارش کرده‌اند.

مقایسه میانگین واکنش خاک، تنها در بین دو کاربری جنگل راش و جنگل کاری ون اختلاف معناداری ($P < 0.05$) را نشان داده است؛ به طوری که بیشترین میزان این مشخصه در جنگل کاری ون و کمترین مقدار آن در جنگل راش مشاهده شده است (جدول ۱). در رابطه با افزایش اسیدیته خاک در جنگل کاری ون، باید به تجزیه سریع لاشبرگ ون و در نتیجه غنی‌سازی محتوای مواد مغذی خاک اشاره کرد که خود منجر به بازگشت مقادیر زیادی از کاتیون‌های بازی به خاک می‌شود (نردن، ۱۹۹۴a: ۱۴). کاهش میزان اسیدیته خاک در جنگل راش، به واسطه تجزیه کند لاشبرگ و به دنبال

آن، تولید اسید آلی و تأخیر در بازگشت کاتیون‌های بازی به خاک، توجیه می‌شود (هاگن - تورن، ۲۰۰۴a: ۳۸۱). این نتیجه با یافته‌های نردن (۱۹۹۴a) مطابقت دارد؛ وی در بررسی خود کمتر بودن میزان این مشخصه را در خاک زیر توده‌های راش در مقایسه با توده‌های بلوط، در جنوب سوئد گزارش کرده است.

بیشترین میزان ازت کل در جنگل کاری ون و کمترین آن در جنگل کاری کاج اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). زیاد بودن میزان ازت کل در توده ون در ارتباط با مقدار مواد آلی غنی از ازت است که به دلیل لاشهریزی به خاک این توده اضافه می‌شود. مواد آلی که منجر به افزایش محتوای مواد مغذی خاک شده، از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده ازت خاک حمایت کرده و در نتیجه، سبب افزایش مقدار این مشخصه در خاک این پهنه می‌شود (فرید و همکاران، ۱۹۸۷: ۲۶۳). کم بودن میزان ازت کل در جنگل کاری کاج را می‌توان به کندی سرعت تجزیه لاشبرگ به دلیل اسیدی بودن خاک در این توده نسبت داد (نایرینک، ۲۰۰۰: ۲۸۳).

پتاسیم جذب‌شدنی خاک در کاربری زمین کشاورزی در مقایسه با کاربری‌های دیگر، به‌طور معناداری بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص داده است (جدول ۱). بالا بودن میزان پتاسیم در کاربری زمین کشاورزی، به‌استفاده از کودهای شیمیایی پتاسه مربوط می‌شود (باکر و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۰۵).

مشخصه کلسیم جذب‌شدنی خاک در جنگل کاری ون در مقایسه با کاربری‌های دیگر، از بیشترین میزان خود برخوردار بوده است (جدول ۱). بالا بودن مقدار کلسیم در خاک زیر تاج پوشش ون، به‌دلیل تجزیه سریع لاشبرگ آن است؛ بدین‌گونه که در نتیجه تجزیه سریع لاشبرگ، غلظت کاتیون‌های بازی وارد شده به خاک افزایش می‌یابد (نردن، ۱۹۹۴b: ۱۵). همچنین غلظت بالای کاتیون‌های بازی در شاخ و برگ گونه‌ای مانند ون و آبشویی آن، منجر به افزایش ورودی این کاتیون‌ها از طریق تاج بارش به خاک می‌شود (هاگن - تورن و همکاران ۲۰۰۴b: ۳۸۱). این نتیجه با یافته‌های هاگن - تورن و همکاران (۲۰۰۴a) همخوانی دارد. آنها در بررسی تأثیر شش‌گونه درختی جنگل کاری شده بلوط قرمز، نمدر، زبان گنجشک، توس، راش و نوئل بر خصوصیت‌های شیمیایی خاک در دانمارک به این نتیجه رسیدند که میزان کلسیم، به‌همراه سایر عناصر شیمیایی در لایه سطحی خاک در توده ون، بیشتر از توده‌های راش و نوئل بوده است.

بیشترین میزان آمونیوم خاک در دو کاربری جنگل راش و جنگل مخروطه اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). غلظت زیاد آمونیوم در این کاربری‌ها به بالا بودن نرخ خالص معدنی‌شدن ازت برمی‌گردد (گارتن، ۱۹۹۳: ۲۱۱۰). افزایش نرخ معدنی‌شدن ازت و فعالیت میکروبی، به‌شدت تحت تأثیر افزایش متغیرهایی چون درجه حرارت، رطوبت خاک، اسیدیته و منابع موقت کربن و ازت در این کاربری‌ها است (روتیگلیانو و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۷۸).

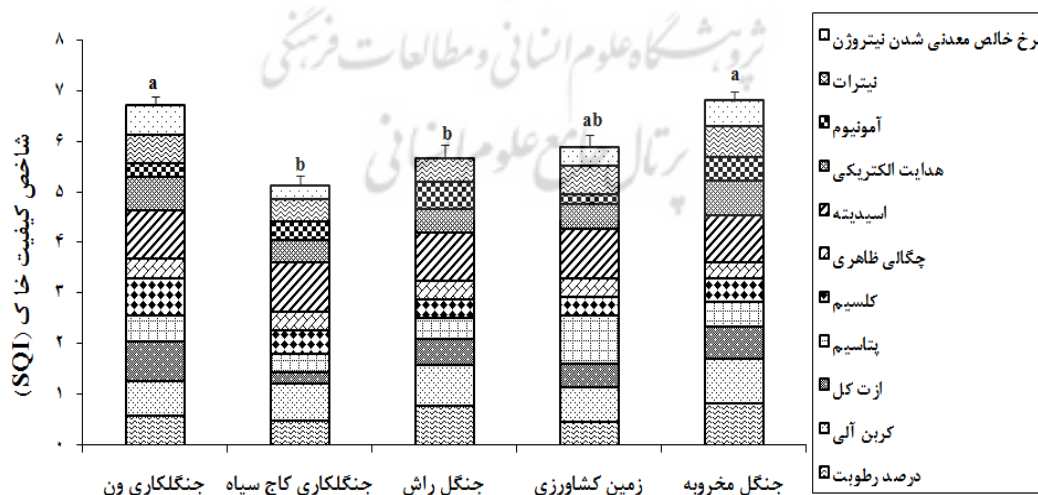
نتایج تحلیل واریانس مشخصه درصد رس، شن و سیلت خاک در بین کاربری‌های مختلف، تفاوت معناداری را نشان نداده است و نوع بافت خاک نیز در کاربری‌های مورد مطالعه، کمابیش مشابه بوده است (جدول ۱). همچنین نتایج نشان می‌دهد که مشخصه‌های چگالی ظاهری، هدایت الکتریکی، کربن آلی و نیترات خاک نیز در بین کاربری‌های مختلف، اختلاف معناداری نداشته است (جدول ۱).

شاخص بیولوژیکی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

نتایج نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن، نشان داده است که با وجود عدم تفاوت معناداری برای این مشخصه در بین کاربری‌های مختلف، بیشترین مقدار این شاخص در جنگل کاری ون و کمترین میزان آن در جنگل راش و جنگل کاری کاج اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). معدنی شدن ازت، همواره در متابولیسم میکروبی خاک روی می‌دهد (سالاردینی، ۱۳۸۴: ۵۶). انجام این فرایند بستگی کامل به فراهم‌شدن برخی شرایط مساعد برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک دارد که از آن دسته می‌توان به pH نسبتاً زیاد و مقدار زیاد ازت اشاره کرد که منجر به تجزیه سریع لاشبرگ ون و در نهایت افزایش ورودی مواد آلی به خاک این پهنه می‌شود (بردی و وایل، ۲۰۰۸: ۱۱۵). به دلیل وجود تاج پوشش بسته در کاربری‌های جنگل راش و جنگل کاری کاج که به ایجاد شرایط نامناسب برای فعالیت میکروبی در این عرصه‌ها منجر شده است، سرعت تجزیه لاشبرگ این گونه‌ها کاهش یافته و در نهایت میزان نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن نیز در این عرصه‌ها کاهش می‌یابد (دوران و همکاران، ۲۰۰۹: ۷۸۰).

شاخص کیفیت خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

ارزیابی شاخص کیفیت خاک، راه‌کاری مناسب برای مدیریت بهینه اراضی است (دوران و پارکین، ۱۹۹۴: ۴). در بررسی این شاخص از خصوصیت‌های خاک با نام معرف^۱ یاد می‌شود. معرف‌های کیفیت خاک مجموعه‌ای از خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک هستند که در محاسبه شاخص یاد شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک نشان داد که جنگل کاری کاج، کمترین مقدار و کاربری‌های جنگل مخروطه و جنگل کاری ون، بیشترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱).



حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معناداری ($P < 0.05$) در بین کاربری‌های مختلف است.

شکل ۱. مقایسه میانگین شاخص کیفیت خاک در بین کاربری‌های مورد مطالعه

کمبود میزان شاخص کیفیت در جنگل کاری کاج را می‌توان به کمتر بودن مقادیر بسیاری از مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده در این شاخص از جمله، محتوای مواد مغذی، ازت کل، کربن آلی و محتوای رطوبت خاک نسبت داد (ژائو و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۸۳). مازایبولی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه خود در زمینه بررسی کیفیت خاک در نواحی مدیترانه‌ای جنوب ایتالیا، در ارتباط با انواع مختلف کاربری اراضی به این نتیجه رسیدند که در بین کاربری‌های مختلف مورد مطالعه، خاک تحت پوشش جنگل کاری سوزنی‌برگ از کیفیت کمتری در مقایسه با خاک جنگل آمیخته پهن‌برگ و سوزنی‌برگ برخوردار بوده است.

در رابطه با بالابودن کیفیت خاک در جنگل مخروطه، می‌توان به ساختار این توده جنگلی اشاره کرد. در واقع همان‌طور که پیش از این هم اشاره شد، این کاربری یک جنگل کاملاً مخروطه نبوده، بلکه توده‌ای تغییر ساختاریافته از تیپ راش به انجیلی - ممرز بوده که در آن تاج پوشش کاملاً حفظ شده و به دلیل سرعت بالای تجزیه‌پذیری لاشبرگ گونه‌های انجیلی و ممرز نسبت به لاشبرگ راش (صالحی، ۲۰۰۴: ۱۷۸)، بسیاری از خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کیفیت مناسبی را نشان داده است.

بیشتر بودن مقدار کیفیت خاک در جنگل کاری ون را می‌توان به تولید لاشبرگ غنی از نیتروژن و کاتیون‌های مغذی و همچنین حضور پوشش علفی کف در سطح خاک این پهنه نسبت داد؛ زیرا پوشش گیاهی منجر به بهبود و تقویت برخی خصوصیت‌های خاک مانند، محتوای مواد آلی، ساختمان خاک، نرخ نفوذ آب در خاک و حفاظت خاک از فرایندهای فرسایشی می‌شود (تریمبل، ۱۹۹۰: ۶۱ و کوزماس و همکاران، ۲۰۰۰: ۱۶). در واقع پوشش گیاهی از طریق احیای خوب ظرفیت خاک، تأثیر بسزایی در افزایش کیفیت خاک برجای می‌گذارد (مازایبولی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۷) است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش پیش رو، در رابطه با کمبود کیفیت خاک در توده دست‌کاشت کاج و بیشتر بودن میزان آن در توده ون، پیشنهاد می‌شود جنگل کاری به صورت ترکیب گونه‌های سوزنی‌برگ (کاج) و پهن‌برگ (مانند ون) که نتایج مطلوبی را بر خصوصیت‌های خاک به همراه داشته، به‌منزله نوعی تغییر کاربری در مناطق جنگل‌تراشی شده (در شرایط مشابه با منطقه مورد مطالعه) انجام شود که به بهبود وضعیت خاک و توده جنگلی منجر می‌شود. همچنین با توجه به نتایج حاصل از بررسی خصوصیت‌های خاک در پهنه‌هایی مشابه جنگل مخروطه در منطقه مورد مطالعه و پی بردن به قابلیت بازسازی چنین توده‌هایی، می‌توان با انجام حصارکشی در این مکان‌ها، در ایجاد زادآوری و در نتیجه احیای ساختار طبیعی جنگلی گام مؤثری برداشت.

منابع

اسدالهی، ف. (۱۳۷۰). جنگل کاری و نهالستان‌های جنگلی، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران: جنگل کاری و پارک‌ها.

بی‌نام، (۱۳۸۳). کتابچه تجدید نظر طرح جنگلداری تجن سری ۶ الندان، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.

جعفری حقیقی، م. (۱۳۸۲). روش‌های تجزیه خاک نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی، مشهد: انتشارات ندای ضحی.

سالاردینی، ع.ا. (۱۳۸۴). حاصلخیزی خاک. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

صالحی، ا. (۱۳۷۸). بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با گونه‌های درختی و فاکتورهای توپوگرافی در بخش نم خانه جنگل خیرود کنار، پایان‌نامه دکترای جنگلداری، دانشگاه تهران.

عجمی، م. (۱۳۸۵). تأثیر تغییر کاربری اراضی و موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک بر پارامترهای کیفیت خاک، میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی رس در اراضی لسی شرق استان گلستان، حوزه آبخیز آق سو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

معدنچی، پ. (۱۳۸۴). اثرات تغییر کاربری اراضی بر رسوبدهی در حوزه‌های آبخیز گرگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

Ajami, M., 2006, **Effect of Land – use Change and Various Position of Geomorphic on Soil Quality Parameters, Micromorphology and Clay Mineralogy in the Loessy Lands of East Golestan Province**, Watershed Aq Su, Master's Thesis, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University.

Andrews, S.S., Flora, C.B., and Mitchell, J.P., 2002, **A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California**, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 90, PP. 25-45.

Andrews, S.S., Flora, C.B., Mitchell, J.P., and Karlen, D.L., 2003, **Growers Perceptions and Acceptance of Soil Quality Indices**, Geoderma, Vol. 114, No. 3-4, PP. 187-213.

APHA, 1998, **Cadmium reduction method**. In: Franson, M.A.H (Ed), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washington, DC.

Asadollahi, F., 1990, **Afforestation and Forest Nursery**, Forest and Rangeland Organization, Afforestation and Parks.

Baker, M.R., Nys, C., and Picard, J.F., 1997, **The Effect of Liming and Gypsum Applications on a Sessile Oak (Quercus Petraea) Stand at Larcroix-Scaille (French Ardennes) I. Site Characteristics**, Soil Chemistry and Aerial Biomass, Plant Soil, Vol. 150, PP. 99-108.

Bewket, W., and Stroosnijder, L., 2003, **Effects of Agro-ecological Land Use Succession on Soil Properties in Chemoga Watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia**. Geoderma, Vol. 111, No. 1-2, PP. 85-98.

Anonymus, 2004, **Booklet of Tajan Forestry Plan-6 Alandan District**, Forest and Rangeland Organization.

Brady, N.C. & Weil, R.R., 2008, **The Nature and Properties of Soils**, 14th Edition. Pearson Prentice Hall, Inc.

Brejda, J.J., Karlen, D.L., Smith, J.L. & Allan, D.L., 2000, **Identification of Regional Soil Quality Factors and Indications in Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie**, Soil Science Society of America, Vol. 64, No. 6, PP. 2125-2135.

- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994, **Defining and Assessing Soil Quality**, In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, SSSA Special Publication No. 35, ASA and SSSA, Madison, WI, PP. 3-21.
- Dorich, R.A., Nelson, D.W., 1983, **Direct Colorimetric Measurement of Ammonium in Potassium Chloride Extracts of Soils**, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 47, No. 4, PP. 833-836.
- Duran, J., Rodriguez, A., Palacios, J.M.F. & Gallardo, A., 2009, **Changes in Net N Mineralization Rates and Soil N and P Pools in Pine Forest Wildfire Chronosequence**, *Biology and Fertility of Soils*, Vol. 45, No. 7, PP. 781-788.
- Fried, J.S., Boyle, J.R., Tappeiner, J.C., Cromack, K., 1989, **Effects of Bigleaf Maple on Soils in Douglas-fir Forests**, *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 20, No. 3, PP. 259-266.
- Garten, T. Ch., 1993, **Variation in Foliar 15N Abundance and the Availability of Soil Nitrogen on Walker Branch Watershed**, *Ecology*, Vol. 74, No. 7, PP. 2098-2113.
- Ghazanshahi, J., 1997, **Plant & Soil analysis**, Publications of Homa, Tehran.
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., and Nihlgard, B., 2004a, **The Impact of six European Tree Species on the Chemistry of Mineral Topsoil in Forest Plantations on Former Agricultural Land**, *Forest Ecology and Management*, Vol. 195, No. 3, PP. 373-384.
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., and Stjernquist, I., 2004b, **Comparative Studies of Macronutrients in Foliar and Stem Wood Biomass of Six Temperate Tree Species Planted on the Same Sites**, *Am. Sci. For.* 6, In Press.
- Haghnia, G. H., and Kochaki, A., 1996, **Sustainable Management of Soil**, Publications of Jdm Press, Mashhad.
- Islam, K. R., Kamaluddin, M., Bhuiyan, M. K. & Badruddin, A., 1999, **Comparative Performance of Exotic and Indigenous Forest Species for Tropical Semi-Evergreen Degraded Forest Land Reforestation in Bangladesh**, *Land Degradation & Development*, Vol. 10, No. 3, PP. 241-249.
- Jafari Haghighi, M., 2003, **Methods of Soil Analysis**, Publications of Nedaye Zoha, Mashhad.
- Kosmas, C., Danalatos, N.G., Gerontidis, S.T., 2000, **The Effect of Land Parameters on Vegetation Performance and Degree of Erosion under Mediterranean Conditions**, *Catena*, Vol. 40, No. 1, PP. 3-17.
- Losi, C.J., Siccama, T.G., Juan, R. C. & Morales, E., 2003, **Analysis of Alternate Methods for Estimating Carbon Stock in Young Tropical Plantations**, *Forest Ecology and Management*, Vol. 184, No. 1-3, PP. 355-368.
- Madanchi, P., 2005, **Effect of Land – use Change on Deposition in Watershed Gorgan**, Master's Thesis, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University.
- Mandal, D., Singh, R., Dhyani, S.K., and Dhyani, B.L., 2010, **Landscape and Land Use Effects on Soil Resources In A Himalayan Watershed**, *Catena*, Vol. 81, No. 3, PP. 203–208.

- Marzaioli, R., Ascoli, R.D., De Pascale, R.A., and Rutigliano, F.A., 2010, **Soil Quality in a Mediterranean Area of Southern Italy as Related to Different Land Use Types**, Applied Soil Ecology, Vol. 44, No. 3, PP. 205-212.
- Neill, C., Piccolo, M.C., Steudler, P.A., Melillo, J.M., Feigi, B.J. and Cerri, C.C., 1997, Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. *Oecologia* 110: PP. 243-252.
- Neirynek, J., Mitcheva, S., Sioen, G., and Lust, N., 2000, Impact of *tilia phtyphulus scop.*, *fraxinus excesior*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus robur L.* and *Fagus sylvatica L.* on earthworm biomass and Physicochemical Properties of Loamy Topsoil, *Frest Ecology and Management*, 133: PP. 277-286.
- Norden, U., 1994a, **The Influence of Broad-leaved Tree Species on pH and Organic Matter Content of Forest Topsoils in Scania, South Sweden**, Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 9, No. 1, PP. 1-8.
- Rutigliano, F.A., De Marco, A., D., Ascoli, C.S., Gentile, A., Virzo De Santo, A., 2007, **Impact of Fire on Fungal Abundance and Microbial Efficiency in C Assimilation and Mineralization in a Mediterranean Maquis Soil**, *Biol Fertil Soils*, Vol. 44: PP. 377-381.
- Salardini, A., 2005. **Soil Fertility**, Publications of Tehran University, Iran.
- Salehi, A., 2004, **Investigation Variability of Soil Physico - chemical Characters in Relation to Tree Species and Topographic Factors in Nam – Khane section of Kheirood – Kenar Forest**, Ph.D. Thesis of Forestry, Tehran University.
- Sing, R.S., Tripathi, N., Singh, S.K., 2007, **Impact of Degradation on Nitrogen Transformation in a Forest Ecosystem of India**, *Environ Monit Assess*, Vol. 125, No.1-3, PP. 165-173.
- Sun, R., Chen, J.M. and Zhaou, Y.Y., 2004, **Spatial Distribution of Net Primary Productivity and Evapotranspiration in Changbaishan Natural Reserve. China, Using Landsat ETM⁺ Data**, *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, No. 5, PP. 731-742.
- Trimble, S.W., 1990, **Geomorphic Effects of Vegetation Cover and Management: Some Time and Space Considerations in Prediction of Erosion and Sediment Yield**, In: Thornes, J. (Ed). *Vegetation and Erosion. Processes and Environments*, Wiley, London.
- Wang, C., Han, X., and Xing, X., 2010, **Effects of Grazing Exclusion on Soil Net Nitrogen Mineralization and Nitrogen Availability in a Temperate Steppe in Northern China**, *Journal of Arid Environments*, Vol. 74, No. 10, PP. 1287-1293.
- Yang, K., Jun Zhua, J., Yana, Q. and Sunc, O., 2004, **Changes in Soil P Chemistry as Affected by Conversion of Natural Secondary Forests to Larch Plantations**, *Forest Ecology an Management*, V. 260, No. 3, PP. 422-428.
- Zhao, W.Z., Xiao, H.L., Liu, M.Z. and Li, J., 2005, **Soil Degradation and Restoration as Affected by Land Use Change in the Semiarid Bashang Area, Northern China**, *Catena*, Vol. 59, No. 2, PP. 173-186.