

تأثیر انواع متفاوت کاربری زمین بر خصوصیات فیزیکی،

شیمیایی، و زیستی خاک در جنگل الندان ساری

- ❖ **مریم اسدیان:** کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **سیدمحمد حجتی*:** استادیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **محمدرضا پورمجیدیان:** دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **اصغر فلاح:** دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

امروزه، تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و تبدیل آن‌ها به کاربری‌های دیگر موجب تغییرات چشمگیری در خصوصیات خاک شده است. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک در بخشی از چشم‌اندازهای جنگل‌های صنایع چوب و کاغذ مازندران در سری الندان، که از تنوع کاربری اراضی (توده خالص راش، توده مخروبه، توده دست‌کاشت ون، توده دست‌کاشت کاج سیاه، و زمین کشاورزی) برخوردار است، انجام شد. به همین منظور، نمونه‌های خاک به صورت تصادفی (تعداد ۶ نقطه در هر کاربری) و از عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، و ۲۰-۳۰ سانتی‌متر به وسیله استوانه فلزی (قطر ۸ سانتی‌متر) برداشت شد. درصد رطوبت، چگالی ظاهری، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و کلسیم قابل جذب، آمونیوم، و نترات خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری و شاخص‌های نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن، تولید آمونیوم، و تولید نترات محاسبه شد. مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) را در بین کاربری‌های مختلف نشان داده است؛ به طوری که بیشترین مقدار مشخصه‌های واکنش خاک، ازت کل، کلسیم قابل جذب، و آمونیوم خاک در کاربری جنگل‌کاری ون، و کمترین میزان ازت کل، pH، و نرخ تجزیه‌پذیری بقایای گیاه (بیشترین میزان نسبت کربن به نیتروژن) در جنگل‌کاری کاج مشاهده شده است. معدنی شدن خالص نیتروژن و تولید خالص آمونیوم نیز فقط در جنگل‌کاری ون رخ داده است. نتایج این تحقیق مؤید تأثیر چشمگیر انواع کاربری‌ها بر خصوصیات خاک است.

واژگان کلیدی: جنگل‌کاری، خاک جنگل، کاج، معدنی شدن نیتروژن، ون.

مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشوری است که در مقیاس دوره زندگی انسان تجدیدناپذیر است [۱]. تخریب خاک در نتیجه فعالیت انسان معضلی محیطی بوده و نقش عامل انسانی در پیدایش و تسریع این روند در بسیاری از مناطق مشخص شده است [۲]. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تخریب محیط زیست و فشار بر منابع بوم‌شناختی افزایش سریع جمعیت همراه با بهره‌برداری ناپایدار از منابع است. امروزه، به سبب رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، پوشش‌های طبیعی سطح زمین در حال تخریب و تبدیل به اراضی زراعی‌اند.

تغییر نامناسب کاربری اراضی کاهش کیفیت خاک و نابودی دائم باروری زمین را در پی دارد [۳]. آلودگی خاک‌ها و آب‌های سطحی و زیرزمینی، کاهش حاصل‌خیزی، کاهش سطح مراتع و جنگل‌ها، بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی، و شور و سدیمی شدن خاک‌ها فقط نمونه‌هایی از خسارت‌های جبران‌ناپذیری است که به‌علت اتخاذ روش‌های نامعقول و ایجاد تغییرات حساب‌نشده از سوی انسان به منابع طبیعی وارد شده است [۴]. جنگل‌ها جزء مهم‌ترین بوم‌نظام‌های خشکی‌اند که نقش عمده‌ای در جریان انرژی، ماده، و تبدیل این دو، بین زمین و اتمسفر برعهده دارند [۵].

تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و احیای جنگل‌های مخروطه‌ای از طریق جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ متداول‌ترین اشکال تغییر کاربری اراضی جنگلی در مناطق کوهستانی شمال ایران است. در نتیجه تخریب جنگل‌ها و کاهش مساحت آن‌ها برخی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک دستخوش تغییر شده است که از آن جمله می‌توان به تخریب ساختمان خاک، افزایش چگالی ظاهری، کاهش هدایت هیدرولیکی،

کاهش مواد آلی، کاهش میزان عناصر مورد استفاده گیاهان، و کاهش فعالیت میکروبی خاک اشاره کرد [۶]. به طوری که بهرامی (۱۳۸۴) نیز در بررسی خود در مورد اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در چهار منطقه مختلف استان گیلان مشاهده کرد که پس از گذشت ۱۰ تا ۴۰ سال از تغییر کاربری جنگل به چای‌کاری، خاک‌ها در باغ چای در مقایسه با جنگل طبیعی دارای pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل دسترس، کلسیم و منیزیم تبادل، نسبت پوک، حجم ویژه، تخلخل کل، و درجه اشباع خاک کمتری بودند [۷]. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات خاک، راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت بهینه این عرصه‌هاست و این امر نیز صرفاً به‌واسطه اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک و درک مکانیسم اثر انواع مختلف کاربری‌ها بر خصوصیات خاک قابل دستیابی است.

این تحقیق به منظور بررسی برخی از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک در بخشی از جنگل‌های صنایع چوب و کاغذ مازندران-سری‌الندان با انواع کاربری‌های اراضی توده طبیعی مدیریت‌شده خالص راش شرقی، توده مخروطه با گونه‌های ممرز و انجیلی، توده دست‌کاشت ون، توده دست‌کاشت کاج سیاه، و زمین کشاورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه واقع در سری ۶، بخش ۱ حوزه ۲ آبخیز رود تجن، تحت مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران است که بین $24^{\circ} 35'$ تا $27^{\circ} 53'$ طول شرقی و $10^{\circ} 36'$ تا $13^{\circ} 36'$ عرض شمالی

توزین و خشک کردن، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، بافت خاک به روش هیدرومتری، و مشخصه‌های شیمیایی: اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری با 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، غلظت آمونیوم به روش کلریمتری و غلظت نترات با استفاده از روش احیای کادمیوم اندازه‌گیری شد [۱۰-۱۲].

به منظور اندازه‌گیری نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن (به عنوان یکی از شاخص‌های زیستی خاک) از روش کیسه مدفون^۵ استفاده شد [۵]. بدین ترتیب که در طی یک دوره یک‌ماهه، در اولین زمان نمونه برداری (اول مرداد ماه)، در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه تعدادی نمونه خاک در مجاورت یکدیگر از خاک سطحی (عمق ۵۰ سانتی متر) برداشت شد. سپس از مجموع نمونه خاک‌های برداشت شده (n=۶۰ نمونه)، ۳۰ نمونه به آزمایشگاه منتقل و بقیه نمونه‌ها (n=۳۰) در همان زمان در داخل نایلون فریزر قرار داده و در همان عمق مدفون شد. در نهایت، پس از گذشت ۳۰ روز در دومین زمان نمونه برداری (اول شهریور ماه) این نمونه‌ها نیز به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ازت کل و معدنی (مجموع آمونیوم و نترات) برای تمام نمونه‌های متعلق به هر دو دوره زمانی اندازه‌گیری شد.

محاسبات

۱. نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن: نرخ خالص

قرار گرفته است. حداقل ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۰۰۰ متر و حداکثر آن ۱۷۸۳ متر است.

در این بررسی، پنج نوع کاربری متداول توده طبیعی مدیریت شده خالص راش شرقی^۱، توده مخروطه با گونه‌های ممرز و انجیلی^۲، توده دست کاشت ون^۳، توده دست کاشت کاج سیاه^۴، و زمین کشاورزی (تحت کشت دیم گندم و جو) در منطقه مورد مطالعه موجود است. شایان ذکر است که توده‌های دست کاشت کاج سیاه و زبان گنجشک در بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ نهال‌کاری شده و در توده مدیریت شده راش نیز یک دوره طرح جنگل‌داری (به مدت زمان ۳۰ سال) اجرا شده است. طبق نظر افراد محلی و کارشناسان طرح جنگل‌داری منطقه، مدت زمان ۳۰ سال (تقریباً از اوایل انقلاب) از ایجاد تخریب و شکل‌گیری توده مخروطه سپری شده است. در این تحقیق، بخش‌هایی از این کاربری‌ها، که به صورت پیوسته با هم بوده‌اند و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد، و جهت شیب در آن‌ها مشاهده شده بود، انتخاب شد [۸].

روش جمع‌آوری اطلاعات

پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه، با استفاده از روش تصادفی، تعداد ۶ نقطه در هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه انتخاب شد و نمونه برداری خاک از اعماق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، و ۲۰-۳۰ سانتی متر به وسیله استوانه فلزی (قطر ۸ سانتی متر) صورت گرفت. به منظور کاهش آثار مرزی، حاشیه کاربری‌ها برای نمونه برداری در نظر گرفته نشد و برداشت نمونه‌ها متمایل به بخش مرکزی هر کاربری شد [۹]. پس از نمونه برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، مشخصه‌های فیزیکی خاک: درصد رطوبت به روش

1. *Fagus orientalis* Lipsky
2. *Carpinus betulus* L., *Parrotia persica*
3. *Fraxinus excelsior* L
4. *Pinus nigra* Arnold

نتایج و بحث

مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه

درصد رطوبت، چگالی ظاهری، و بافت خاک

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مشخصه رطوبت خاک در بین کاربری‌های مختلف به تفکیک هر عمق دارای تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) بوده است؛ به طوری که کاربری جنگل راش و جنگل مخروطه در مقایسه با سایر کاربری‌ها، تقریباً در تمام اعماق از میزان رطوبت بیشتری برخوردار بوده‌اند (جدول ۱). بالابودن میزان رطوبت در کاربری جنگل راش را می‌توان به دلیل زیاد بودن مقدار مواد آلی در خاک این عرصه دانست، زیرا مواد آلی از طریق کاهش تبخیر و تعرق و افزایش نرخ نفوذ آب در خاک منجر به نگه‌داشت مقدار چشمگیر رطوبت در خاک می‌شود [۱۴]. همچنین زیادبودن میزان این مشخصه در جنگل مخروطه به دلیل آشفستگی و اختلال در خاک و به هم خوردن ساختمان خاک صورت گرفته و میزان نفوذپذیری آب در خاک کاهش و تجمع آب در لایه‌های سطحی افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های نیل و همکاران (۱۹۹۷) که در مطالعه خود افزایش میزان رطوبت در خاک اراضی مخروطه جنگلی را ناشی از تبدیل و تخریب جنگل گزارش کرده‌اند همخوانی دارد [۱۵].

مشخصه چگالی ظاهری خاک در بین کاربری‌های مختلف به تفکیک هر عمق اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است (جدول ۱). نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد مشخصه درصد رس و شن خاک در هر یک از اعماق مورد بررسی در بین کاربری‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری نبوده است. (اطلاعات این دو مشخصه از بافت خاک به دلیل نبودن فضای کافی در جدول نتایج قید نشده است).

معدنی‌شدن نیتروژن طی بازه زمانی ۳۰ روز، از تفاضل ازت معدنی (مجموع آمونیوم و نیترات) در زمان دوم از ازت معدنی در زمان اول محاسبه می‌شود [۱۳].

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

در این رابطه R_M نرخ خالص معدنی‌شدن ازت، T_{m1} ازت معدنی در شهریور، T_{m0} ازت معدنی در مرداد، و t مدت‌زمان لازم (۳۰ روز) برای تولید خالص ازت معدنی است.

۲. نرخ خالص تولید آمونیوم^۱ و نرخ خالص

تولید نیترات^۲: نرخ خالص تولید آمونیوم^۳ در بازه زمانی ۳۰ روز، از تفاضل مقدار آمونیوم در شهریور ماه از مقدار آمونیوم اندازه‌گیری‌شده در مرداد ماه به دست می‌آید. میزان تولید خالص نیترات نیز با همین روش محاسبه می‌شود؛ با این تفاوت که در فرمول زیر به جای آمونیوم باید از نیترات استفاده شود [۱۳].

$$R_A = [(T_{a1} - T_{a0}) / t] \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، R_A نرخ خالص تولید آمونیوم، T_{a1} مقدار آمونیوم در شهریور ماه، T_{a0} مقدار آمونیوم در مرداد ماه، و t مدت‌زمان لازم برای تولید خالص آمونیوم است.

بررسی و تحلیل داده‌ها

بررسی آماری و مقایسه مشخصه‌های موردنظر در کاربری‌های مختلف پس از حصول اطمینان از نرمال‌بودن پراکنش داده‌ها (آزمون کولوموگروف-اسمیرنوف) و همگنی واریانس (آزمون لون) از طریق آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون SNK در محیط نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام شد.

1. Net ammonification
2. Net nitrification
3. Ammonification

واکنش خاک، هدایت الکتریکی

مقایسه میانگین واکنش خاک در لایه سطحی خاک اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) را در بین کاربری‌های مختلف نشان داده است. به طوری که بیشترین میزان این مشخصه در جنگل کاری ون، و کمترین مقدار آن در جنگل راش و جنگل کاری کاج مشاهده شده است (جدول ۱). دربارهٔ بالا بودن میزان مشخصه واکنش خاک در جنگل کاری ون باید به تجزیه سریع لاشبرگ ون و در نتیجه غنی‌سازی محتوای مواد مغذی که خود بازگشت مقادیر زیادی از کاتیون‌های بازی به خاک را به همراه دارد اشاره کرد [۱۶]. کاهش میزان اسیدیته خاک در کاربری‌های جنگل کاری کاج و جنگل راش، به واسطه تجزیه کند لاشبرگ و متعاقباً تولید اسید آلی و تأخیر در بازگشت کاتیون‌های بازی به خاک، توجیه‌پذیر است [۱۷]. این نتیجه با یافته‌های آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) که در مطالعه خود اسیدی بودن خاک در زیر تاج پوشش سوزنی‌برگان را به دلیل تخلیه کاتیون‌های مغذی مطرح کرده‌اند و نیز با نتایج نوردن (۱۹۹۴)، که 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، مطابقت دارد [۱۶-۱۸].

نتایج نشان می‌دهد که مشخصه شوری خاک در اعماق ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری در زمین کشاورزی به طور معنی داری ($P < 0/05$) بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است (جدول ۱). تغییر کاربری زمین و اعمال عملیات کشت و کار و کودده سبب افزایش در مقدار هدایت الکتریکی خاک در زمین‌های کشاورزی شده است [۱۹]. بولان و همکاران (۱۹۹۱) نیز در مطالعات خود به افزایش هدایت الکتریکی و واکنش خاک بر اثر جنگل‌تراشی و تخریب اراضی

مرتعی و سپس کشت و کار روی این اراضی اشاره کرده‌اند [۲۰].

کربن آلی، ازت کل، و نسبت کربن به نیتروژن

نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که مشخصه درصد کربن آلی خاک در اعماق ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری در جنگل راش کمتر از زمین کشاورزی بوده است (جدول ۱).

تغییرات کربن آلی خاک، مشخصه‌ای مناسب برای ارزیابی تأثیر عملیات مدیریتی در اراضی کشاورزی و جنگلی است [۲۱]. اعمال عملیات خاک‌ورزی (شخم) در اراضی کشاورزی به برهم خوردن ساختمان خاک (شکسته شدن و خرد شدن خاک‌دانه‌ها) منجر می‌شود و در نتیجه منجر به جابه‌جایی و تجمع مواد آلی از لایه سطحی به لایه‌های زیرین می‌گردد [۲۲]. نتایج آنالیز نشان می‌دهد مشخصه نیتروژن کل فقط در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری در بین کاربری‌های مختلف دارای تفاوت معنی داری ($P < 0/05$) است؛ به طوری که حداقل مقدار این مشخصه در جنگل کاری کاج، و بیشترین مقدار آن در جنگل کاری ون، 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 واسطه لاشه‌ریزی به خاک این توده اضافه می‌شود. مواد آلی که منجر به افزایش محتوای مواد مغذی خاک شده‌اند از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده ازت خاک حمایت می‌کنند و در نتیجه باعث افزایش مقدار این مشخصه در خاک این عرصه می‌شوند [۲۳]. کم بودن ازت کل در جنگل کاری کاج را می‌توان به کند بودن سرعت تجزیه لاشبرگ به واسطه اسیدی بودن خاک در این توده نسبت داد [۲۴].

جدول ۱. نتایج آنالیز مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (انتهای معیار ± میانگین) در مناطق مورد مطالعه

کلسیم (خاک)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم خاک)	نیترژن / کربن	نیترژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی بر زیمنس بر متر (دسی متر)	واکنش خاک	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت (درصد)	کاربری	عمق خاک (سانتی متر)
۱۶۸۰±۱۲۱a	۲۳۴±۱۴/۱۱ab	۱۲/۳۷±۴/۱۱a	۰/۳۳±۰/۰۵a	۳/۰۶±۰/۲۳a	۰/۴۴±۰/۰۲a	۶/۶۶±۰/۰۸a	۱/۵۱±۰/۰۷a	۲۱/۲۴±۱/۸۸b	جنگل راش	
۲۵۰۰±۱۸۰b	۲۹۷±۳۰/۱۹b	۵/۴۱±۱/۰۷a	۰/۵۵±۰/۰۴b	۲/۶۱±۰/۴۳a	۰/۳۳±۰/۰۵a	۷/۳۳±۰/۰۶c	۱/۵۱±۰/۰۸a	۱۵/۹۹±۰/۷۲a	جنگل کاری ون	
۱۵۵۰±۱۶۸a	۲۰۳±۹/۳۰a	۲۹/۴±۱/۰۵۳b	۰/۱۵±۰/۰۲c	۲/۷۴±۰/۲۶a	۰/۳۳±۰/۰۲a	۶/۸۷±۰/۰۸ab	۱/۴۹±۰/۱۲a	۱۳/۸۳±۰/۸۶a	جنگل کاری کاج	۱۰-۱۰
۱۵۶۰±۳۳۹a	۲۸۵±۲۸/۴۴b	۸/۷۶±۰/۷۴a	۰/۰۴±۰/۰۴ab	۳/۳±۰/۱۸a	۰/۳۳±۰/۰۵a	۶/۷۲±۰/۳۷ab	۱/۶±۰/۱۲a	۲۲/۱۱±۲/۳b	جنگل مخروطیه	
۱۳۱۰±۱۲۷a	۵۲±۱۱/۰۳c	۹/۶۹±۱/۰۹a	۰/۰۳±۰/۰۵a	۲/۵۷±۰/۰۶a	۰/۲۴±۰/۰۱a	۷/۱۸±۰/۰۵bc	۱/۷۸±۰/۱۵a	۱۲/۶۶±۰/۷۷a	زیمنس کشاورزی	
۱۲۰۰±۹۸۳۵a	۱۸۹±۳۳/۰۴a	۱۳/۵۷±۲/۴۹a	۰/۰۸±۰/۰۱a	۱/۰۶±۰/۲۲a	۰/۱±۰/۰۱a	۶/۸۷±۰/۰۹a	۱/۶۹±۰/۱۳a	۱۶/۵۲±۰/۶۱b	جنگل راش	
۱۶۰۰±۳۶۳a	۲۲۹±۳۲/۱۲a	۲۰/۰۳±۱/۵۸a	۰/۱۳±۰/۰۴a	۱/۷۷±۰/۴۶ab	۰/۱۵±۰/۰۲a	۷/۳۸±۰/۰۴a	۱/۸۳±۰/۰۸a	۱۲/۱۳±۰/۹۲a	جنگل کاری ون	
۱۵۰۰±۲۴۰a	۲۰۴±۱۷/۹۹a	۱۰/۳۸±۱/۳۳a	۰/۱۶±۰/۰۵a	۱/۴۵±۰/۳ab	۰/۱۳±۰/۰۱a	۶/۹۷±۰/۱a	۱/۶۶±۰/۱a	۱۲/۷۶±۰/۴a	جنگل کاری کاج	۲۰-۱۰
۱۴۰۰±۳۷۲a	۲۵۴±۲۲/۳۳a	۱۲/۳۷±۱/۷۴a	۰/۱۸±۰/۰۵a	۱/۸۲±۰/۷ab	۰/۰۶±۰/۰۳b	۷/۱۵±۰/۳a	۱/۷۶±۰/۱۳a	۲۲/۳۹±۱/۸c	جنگل مخروطیه	
۱۳۰۰±۱۶/۵۵a	۵۳۲±۱۴/۰۱b	۱۳/۲۲±۲/۲۲a	۰/۱۹±۰/۰۲a	۲/۲۴±۰/۱۱b	۰/۳۳±۰/۰۲b	۷/۲۴±۰/۰۴a	۱/۶۴±۰/۰۷a	۱۷/۹۶±۰/۸۸b	زیمنس کشاورزی	
۱۶۹۰±۵۰۴a	۱۷۹±۳۰/۸۹a	۳/۱۲±۵/۷۸c	۰/۰۲±۰/۰۱a	۰/۶۲±۰/۱۱a	۰/۰۸±۰/۰۱a	۶/۹۷±۰/۰۲a	۱/۸۵±۰/۱۸a	۱۶/۹۹±۰/۸۸a	جنگل راش	
۱۷۲۰±۳۵۶a	۲۳۳±۳۸/۴۸a	۱۲/۴۴±۱/۰۵ab	۰/۰۸±۰/۰۱a	۱/۰۴±۰/۱۱abc	۰/۱±۰/۰۱a	۷/۵۴±۰/۸a	۱/۸۶±۰/۰۹a	۱۰/۴۸±۱/۷۱c	جنگل کاری ون	
۲۷۸۰±۱۱۸۰a	۲۰۷±۲۸/۱۱a	۷/۲۹±۱/۳۲a	۰/۱۴±۰/۰۴a	۰/۷۴±۰/۱۵ab	۰/۰۹±۰/۰۱a	۷/۱۸±۰/۰۸a	۱/۷±۰/۰۵a	۱۵/۰۲±۰/۸۷a	جنگل کاری کاج	۳۰-۲۰
۱۵۰۰±۳۷۰a	۲۵۲±۱۸/۰۳a	۲۰/۳±۵/۰۶bc	۰/۰۸±۰/۰۲a	۱/۱۳±۰/۱۳bc	۰/۱۵±۰/۰۲b	۷/۲۲±۰/۲۴a	۱/۶±۰/۰۶a	۲۰/۹۷±۱/۳۳b	جنگل مخروطیه	
۱۲۲۰±۵۰/۶a	۵۲۲±۱۸/۱۹b	۱۱/۸۲±۱/۹۳ab	۰/۱۶±۰/۰۶a	۱/۳۳±۰/۱۱c	۰/۱۷±۰/۰۱b	۷/۴۷±۰/۱۲a	۱/۴۹±۰/۱۲a	۲۱/۰۹±۰/۳۸b	زیمنس کشاورزی	

حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی داری (p < ۰/۰۵) در بین کاربری‌های مختلف به تفکیک عمق است.

در خاک زیر تاج پوشش ون به سبب تجزیه سریع لاشبرگ آن است. بدین صورت که در نتیجه تجزیه سریع لاشبرگ غلظت کاتیون‌های بازی وارد شده به خاک افزایش می‌یابد [۱۶]. 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 [۱۷]. این نتیجه با یافته‌های هاگن-تورن و همکاران (۲۰۰۴) که به بررسی تأثیر شش گونه درختی جنگل کاری شده بلوط قرمز، نمدار، زبان گنجشک، توس، راش، و نوئل بر خصوصیات شیمیایی خاک در دانمارک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میزان کلسیم به همراه سایر عناصر شیمیایی در لایه سطحی خاک در توده ون بیشتر از توده‌های راش و نوئل بوده است، مطابقت دارد [۲۶].

نیترات و آمونیوم

مقایسه میانگین آمونیوم خاک در دو زمان نمونه‌برداری (مرداد و شهریور) حاکی از آن است که دو کاربری جنگل راش و جنگل کاری ون بیشترین مقدار این مشخصه را به ترتیب در اولین (مرداد) و دومین (شهریور) زمان نمونه‌برداری، و کاربری زمین کشاورزی کمترین مقدار را در هر دو زمان نمونه‌برداری به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲). غلظت زیاد آمونیوم در این کاربری‌ها به نرخ بالای معدنی شدن ازت برمی‌گردد. افزایش نرخ معدنی شدن ازت و فعالیت میکروبی به شدت تحت تأثیر افزایش متغیرهایی از قبیل درجه حرارت، رطوبت خاک، pH، و منابع موقت کربن و ازت در این کاربری‌هاست [۲۷]. این در حالی است که این مشخصه‌ها در کاربری زمین کشاورزی از کمترین مقدار خود در مقایسه با سایر کاربری‌ها برخوردار بوده‌اند. به طوری که در نتیجه آن غلظت آمونیوم در این کاربری به شدت کاهش یافته است.

نتایج حاکی از آن است که نسبت کربن به نیتروژن فقط در اعماق ۰-۱۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری در بین کاربری‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری ($P < 0/05$) با یکدیگر است. از آنجا که معمولاً لایه سطحی خاک تغییرات موجود در خاک را به خوبی نشان می‌دهد، بنابراین، توجه به میزان تغییرات نسبت کربن به نیتروژن در لایه سطحی (۰-۱۰ سانتی‌متری) در این مطالعه اهمیت ویژه‌ای دارد. کمترین میزان مشخصه موردنظر در عمق اول در جنگل کاری ون، و بیشترین مقدار آن در جنگل کاری کاج مشاهده شده است (جدول ۱). بیشتر بودن نسبت کربن به نیتروژن (کمتر بودن میزان تجزیه‌پذیری بقایای گیاه) در لایه سطحی خاک در جنگل کاری کاج به دلیل تجمع زیاد مواد آلی در این لایه از خاک و تجزیه‌ناپذیری سریع بقایای گیاه است [۲۵]. همچنین نرخ کم نسبت کربن به نیتروژن در زیر تاج پوشش ون، منعکس‌کننده تفاوت‌ها در محتوای ازت (بالا بودن میزان ورودی سالیانه ازت در لاشبرگ ون) یا نرخ‌های بالای تجزیه لاشبرگ ون است. بدین صورت که در طی چرخش سریع تجزیه لاشبرگ ون، نیتروژن به میزان کمتری در فلور جنگل نگه‌داری و سریع‌تر به خاک معدنی منتقل می‌شود [۲۶].

پتاسیم و کلسیم قابل جذب

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که پتاسیم قابل جذب خاک در عمق اول به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) در زمین کشاورزی بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است (جدول ۱). بالا بودن میزان پتاسیم در کاربری زمین کشاورزی به استفاده از کودهای شیمیایی پتاسه مربوط می‌شود [۷]. مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که بیشترین میزان کلسیم قابل جذب در لایه سطحی خاک در جنگل کاری ون مشاهده شده است (جدول ۱). بالا بودن مقدار کلسیم

جدول ۲. نتایج آنالیز مشخصه‌های نیترات و آمونیوم خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در مناطق مورد مطالعه

مشخصات	زمان نمونه‌برداری	جنگل راش	جنگل کاری ون	جنگل کاری کاج	جنگل مخروطه	زمین کشاورزی
آمونیم	مرداد	۱۵/۰۳±۶۰/۶۸b	۳/۶۱±۳۰/۱۲a	۴/۷۱±۴۱/۷۸a	۱۳/۲±۵۳/۱b	۶/۱۸±۲۱/۷۷a
	شهریور	۲/۲۳±۲۲b	۱۲/۷±۴۵/۴a	۲/۹۲±۲۴/۱۹b	۶/۶±۵۱/۵۳a	۱/۲۵±۱۶/۲۳b
نیترات	مرداد	۲۴/۴۷±۴/۷۱	۲۸/۶۸±۲/۰۱	۲۲/۷۳±۲/۷۱	۳۰/۷۳±۵/۲۱	۲۸/۷۳±۲/۷۷
	شهریور	۱۷/۴۳±۲/۷۵	۲۱/۰۹±۳/۱۷	۱۷/۷۲±۲/۸۰	۳۱/۹۹±۸/۳۴	۲۲/۴۹±۳/۱۷

حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) در هر یک از زمان‌های نمونه‌برداری در بین کاربری‌های مختلف است.

آورند. معدنی‌شدن ازت به‌طور دائم در متابولیسم میکروبی خاک اتفاق می‌افتد [۲۸]. انجام این فرایند کاملاً به فراهم‌شدن برخی شرایط مساعد برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک بستگی دارد. از این شرایط، که در کاربری جنگل‌کاری ون مهیا بوده است، می‌توان به محتوای بالای رطوبت، pH نسبتاً زیاد، مقدار زیاد ازت، و میزان کم نسبت کربن به نیتروژن خاک اشاره کرد که خود به تجزیه سریع لاشبرگ ون و در نهایت افزایش ورودی مواد آلی به خاک این عرصه منجر می‌شود [۲۹].

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد مشخصه نرخ خالص تولید آمونیوم در بین کاربری‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) است. تولید خالص آمونیوم نیز فقط در جنگل‌کاری ون شکل گرفته است (شکل ۲).

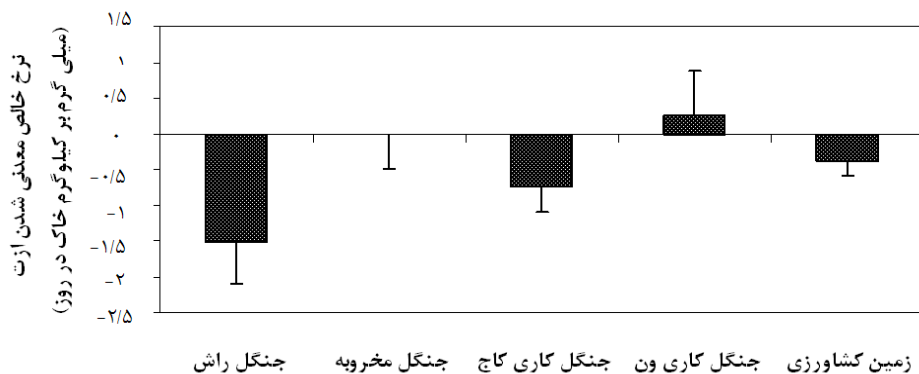
تولید آمونیوم به مرحله‌ای از تحولات بیوشیمیایی خاک اطلاق می‌شود که در آن مواد آلی به ترکیبات ساده‌تری تجزیه می‌شوند. در این فرایند ابتدا ترکیبات پروتیدی مواد آلی از طریق هیدرولیز به ترکیبات ساده‌تر و پایدارتر مانند پروتئوزها، پپتون‌ها، و اسیدهای آمینه تجزیه می‌شوند. ترکیبات اخیر به‌نوبه خود گاه هیدرولیز و گاه اکسیده می‌شوند و در نهایت به تولید یون آمونیوم منجر می‌شوند [۳۰]. تأثیر گونه‌های گیاه بر فعالیت چرخه نیتروژن و در نتیجه بر روند تولید آمونیوم مسئله‌ای است که در بسیاری از مطالعات به آن اشاره شده است [۳۱].

نتایج نشان می‌دهد که مقدار نیترات موجود در خاک در بین کاربری‌های مختلف در هر یک از دو زمان نمونه‌برداری (مرداد و شهریور) دارای اختلاف معنی‌داری نبوده است (جدول ۲).

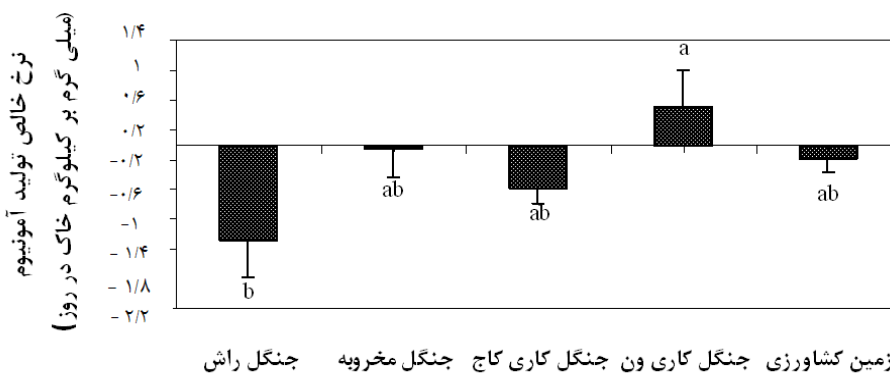
شاخص‌های زیستی خاک در عرصه‌های مورد مطالعه

نتایج نرخ خالص معدنی‌شدن نیتروژن نشان داده است که این شاخص در بین کاربری‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌داری نبوده است. همچنین معدنی‌شدن خالص نیتروژن فقط در جنگل‌کاری ون رخ داده است (شکل ۱).

فعالیت‌های زیستی خاک توسط تک‌سلولی‌های هوازی صورت می‌گیرد. به‌دنبال فراهم‌شدن شرایط مساعد برای فعالیت این میکروارگانیسم‌ها، تشدید فعالیت‌های میکروبی مشاهده می‌شود که با معدنی‌شدن (تجزیه و تبدیل مواد آلی به ترکیبات ساده معدنی) شدید مواد آلی همراه است. مواد آلی که به خاک اضافه می‌شود از سوی موجودات ذره‌بینی خاک مورد حمله قرار می‌گیرند و به واحدهای یونی و مولکولی کوچک‌تری تجزیه می‌شوند. این واحدها همراه ترکیبات آلی و معدنی موجود در خاک تشکیل مجموعه غذایی را می‌دهند که به‌واسطه آن موجودات خاک می‌توانند قدرت لازم برای متابولیسم و مواد اولیه را برای ساختمان نسوج سلولی خود فراهم



شکل ۱. مقایسه میانگین نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن در بین کاربری‌های مورد مطالعه

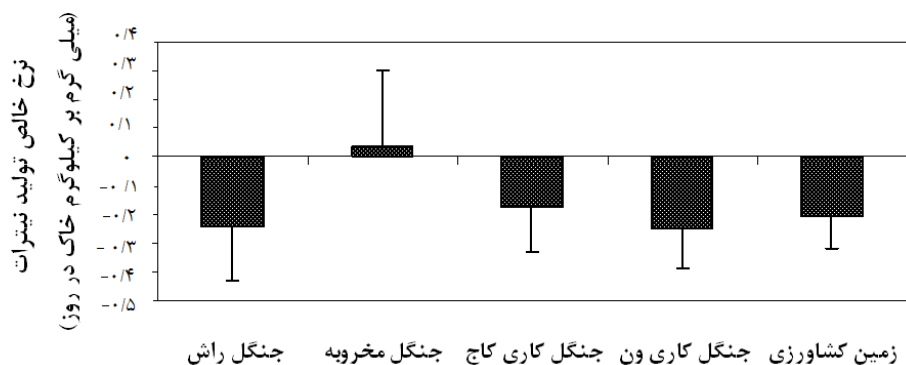


شکل ۲. مقایسه میانگین نرخ خالص تولید آمونیوم در بین کاربری‌های مورد مطالعه

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

نتیجه افزایش نرخ معدنی شدن می‌شود. این نتیجه با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد [۳۲]. در این تحقیق، مشخصه نرخ خالص تولید نیترات^۱ در بین مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است. تولید خالص نیترات نیز فقط در کاربری جنگل مخروطیه صورت گرفته است (شکل ۳). نیتراتی شدن (تولید نیترات) فرایندی است که در نتیجه آن یون‌های آمونیوم به وسیله باکتری‌های نیتروزوموناس و نیتروباکتر اکسید می‌شوند و در نتیجه این اکسیداسیون ابتدا به نیتريت و سپس به نیترات تبدیل می‌شود [۳۳].

گونه ون گونه‌ای است که برگ‌های آن حاوی مقدار زیادی ازت است. این گونه به سبب تجزیه پذیری سریع لاشبرگ آن و در نتیجه مهیاشدن میزان زیاد مواد آلی در خاک (که خود مؤلفه اصلی چرخه نیتروژن است). نقش اساسی در شکل‌گیری مرحله اول فرایند معدنی شدن (تولید آمونیوم) در این کاربری دارد. هوبی (۱۹۹۲) در مطالعه خود در رابطه با بررسی تأثیر گونه‌های گیاه بر چرخه مواد مغذی خاک مشاهده کرد که بیشترین میزان معدنی شدن ازت در جوامع گیاه با لاشبرگ‌هایی که از بیشترین مقدار ازت برخوردار بوده‌اند رخ داده است، زیرا غلظت بالای ازت منجر به تجزیه سریع‌تر لاشبرگ و در



شکل ۳. مقایسه میانگین نرخ خالص تولید نیترات در بین کاربری‌های مورد مطالعه

محافظت از کربن و مواد آلی خاک می‌شود توصیه می‌گردد. همچنین در مورد کم بودن میزان بسیاری از مشخصات خاک اندازه‌گیری شده در توده دست‌کاشت کاج و بیشتر بودن میزان آن‌ها در توده ون، جنگل کاری به صورت ترکیب گونه‌های سوزنی‌برگ (کاج) و پهن‌برگ (مانند ون که نتایج مطلوبی را بر خصوصیات خاک به همراه داشته)، به عنوان نوعی تغییر کاربری در مناطق جنگل‌تراشی شده (در شرایط مشابه با منطقه مورد مطالعه)، که منجر به بهبود وضعیت خاک و توده جنگلی می‌شود، پیشنهاد می‌گردد.

درباره تولید خالص نیترات در جنگل مخروطه باید به این مورد اشاره کرد که خاک در این کاربری به دلیل حضور دام از کودهای دامی غنی شده بود. زیاد شدن جمعیت نیترات‌سازها از عواملی است که در افزایش تولید نیترات تأثیر بسزایی دارد. کودهای آلی، به خصوص کودهای دامی، موجب افزایش جمعیت این موجودات ذره‌بینی می‌شوند [۳۴].

نتیجه‌گیری

امروزه، در نتیجه تخریب ذخایر طبیعی، کاهش سطح عرصه‌های جنگلی و تبدیل آن‌ها به کاربری‌های ناپایدار، و پوشش‌های دیگر زمین، بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج این تحقیق مبنی بر کاهش میزان بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک در اراضی کشاورزی (درصد رطوبت، شدت واکنش خاک، منابع موقت کربن و ازت در لایه سطحی، و مقدار آمونیوم خاک) به واسطه برداشت سالانه زیست‌توده به همراه انجام عملیات شدید خاک‌ورزی، استفاده از انواع کودهای آلی و اجرای مدیریت کشت بدون یا با حداقل خاک‌ورزی (در مقایسه با عملیات متداول کشاورزی) که باعث

References

- [1]. Jenny, H. (1980). *The Soil Resource: Origin and Behavior*. Ecological Studies, 37. Springer-Verlage, New York.
- [2]. 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*, 44: 205-212.
- [3]. Andrews S.S., Karlen, D.L., and Cambardella, C.A. (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of American Journal*, 68: 1942–1962.
- [4]. Mahmoodi, S.H., and Hakimian, M. F., (2005). *Undamentals of Soil Science*, Publications of Tehran University, 700 pp.
- [5]. Singh, R.S., Tripathi, N., and Singh, S.K. (2007). Impact of degradation on nitrogen transformation in a forest ecosystem of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125: 165-173.
- [6]. Kiese, F., Papen, h., Zumbusch, E., and Butterbach-Bahl, L. (2002). Nitrification activity in tropical rainforest soils of the coastal lowlands and Atherton Tablelands, Queensland, Australia. *Journal of Plant Nutrition*, 165: 682-685.
- [7]. Bahrami, A. (2005). *Impact of land-use change on soil physical and chemical properties*. M.Sc.Thesis of Forestry, Gilan University, 110p.
- [8]. Anonymous, 2004. *Booklet of Tajan Forestry Plan-6 Alandan District*, Forest and Rangeland Organization, 298 pp.
- [9]. Losi, C.J., Siccama, T.G., Juan, R.C., and Morales, E. (2003). Analysis of alternate methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 184: 355-368.
- [10]. Jafari-Haghigh, M., (2003). *Methods of Soil Analysis*. Publications of Nedaye Zoha, 195 pp.
- [11]. Dorich, R.A., Nelson, and D.W. 1983. Direct colorimetric measurement of ammounium in potassium chloride extracts of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 47: 833-836.
- [12]. APHA, (1998). Cadmium reduction method. In: Franson, M.A.H(Ed), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington, DC, 556 pp.
- [13]. 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*, 74(10): 1287-1293.
- [14]. Oztas, T., Koc, A., and Comakli, B. (2003). Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *Journal of Arid Environments*, 55: 93-100.
- [15]. 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: 243-252.
- [16]. Norden, U. 1994b. Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements by deciduous tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(1): 9-16.
- [17]. Norden, U. (1994). 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*, 9(1): 1-8.
- [18]. Augusto, L., Jacques, R., Binkely, D., and Roth, A. (2002). Impacts of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59:233-253.
- [19]. Haj Abasi, M.A., Besalatpour, A., and Melali, A.R. (2007). Impact of pastures conversion to

- agricultural land on soil physical and chemical properties in south and southwest Esfahan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 22: 525-534.
- [20]. Bolan, N.S., Hedley, M.J., and White, R.E. (1991). Process of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pasture. *Plant and Soil*, 134: 53-63.
- [21] Pathak, P.K.L., Sahrawat, T.J., and Wani, S.P. (2004). Measurable Biophysical Indicators for Impact Assessment: Changes in Soil Quality. In: Shiferaw, B., H. A. Freeman and S. M. Swinton (Eds), *Natural resource and management in agriculture. Methods for assessing economic and environmental impacts*. ICRISAT, Patancheru, India.
- [22]. Yousefifard, M., Khademi, H., and Jalalian, A. (2007). Decline in soil quality as a result of land use change in Cheshmeh Ali region, Chaharmahal Bakhtiari Province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1): 21-31.
- [23]. Fried, J.S., Boyle, J.R., Tappeiner, J.C., and Cromack, K. (1989). Effects of bigleaf maple on soils in Douglas-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 259-266.
- [24]. 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. *Forest Ecology and Management*, 133:277-286.
- [25]. Barbier, S., Gosslin, F., and Balandier, P. (2008). Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254: 1-15.
- [26]. Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., and Stjernquist, I. (2004). Comparative studies of macronutrients in foliar and stem wood biomass of six temperate tree species planted on the same sites, *Annals of Forest Science*, 61 (489-498).
- [27]. Rutigliano, F.A., De Marco, A.D., Ascoli, C.S., Gentile, A., Virzo, De., and Santo, A. (2007). Impact of fire on fungal abundance and microbial efficiency in C assimilation and mineralization in a Mediterranean maquis soil. *Biology and Fertility of Soils*, 44: 377-381.
- [28]. Salardini, A. (2005). *Soil Fertility*, Publications of University of Tehran, 434 pp.
- [29]. Brady, N.C., and Well, R.R. 2008. *The Nature and properties of soils*, Pearson Prentice Hall, 965 pp.
- [30]. Varavipour, M. (2004). *The principal of Soil Science*, Publications of Pyame Nor University, 366 pp.
- [31]. Knops, J.M.H., and Tilman, D. (2000). Dynamics of soil nitrogen and carbon accumulation for 61 years after agriculture abandonment. *Ecology*, 81: 88-98.
- [32]. Hobbie, S.E. 1992. Effects of plant species on nutrient cycling. *Trends in Ecology & Evolution*, 7: 336-339.
- [33]. Addiscot, T.M. 2005. *Nitrate, agriculture and the environment*, Wallingford, CABI publishing, UK 279 pp.
- [34]. Mulder, E.G., and Van Veen, W.L. (1960). Effect of pH and organic compounds on nitrogen fixation by red clover. *Plant and Soil*, 13: 91-113.