

The Effect of Forest Land Use Change on Soil Quality Characteristics and Carbon Dioxide Emission

SOMAYEH EHSANI¹, YAHYA KOOCH^{2*}, MOSLEM AKBARINIA³

1. M. Sc. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
 2. Assistant Professor, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
 3. Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
- (Received: Oct. 20, 2018- Revised: Jan. 3, 2019- Accepted: Jan. 14, 2019)

ABSTRACT

Changing land use is one of the most important human interactions in natural ecosystems that affect ecosystem processes, especially soils. In the present study, the effects of forest (natural forest and oak plantation) and non-forest (garden, rangeland and agriculture) land uses on the variability of soil quality indices and carbon dioxide emission dynamics have been considered. In each of the proposed land uses, 16 soil samples (0-10 cm depth) were collected and transferred to the laboratory. According to the results, the highest amounts of soil organic matter were allocated to forest habitats and the highest bulk density was belonged to rangeland and agricultural areas. However, the variation of soil particle density among the various land uses was not significant, but the highest soil porosity was found under oak plantation. The natural forest has the most stable aggregates, and following deforestation and the land use change, their stability was significantly reduced. The highest amount of sand was belonged to rangelands and the highest amount of clay was allocated to natural forest, while the content of silt did not show significant differences among different land uses. The highest amount of coarse root biomass was observed in the natural forest and oak plantation, while the fine root biomass in the natural forest was the highest amount. Greater amounts of soil moisture content were found in the forest habitats (especially in winter and autumn), while the highest soil temperature was assigned to agriculture and rangeland areas (especially in summer). The emission of carbon dioxide from the soil was highest during the summer, under the oak plantation. According to the PCA output, the amount of soil organic matter, moisture content and porosity in the oak plantation have had an important role in increasing carbon dioxide emission from the soil of this type of land use compared to other sites. The results of this study confirm the protection of natural forests in order to increase the soil quality characteristics and health.

Keywords: Porosity, aggregate stability, root biomass, moisture, temperature.

تأثیر تغییر کاربری جنگل بر ویژگی‌های کیفی خاک و تصاعد دی اکسید کربن

سمیه احسانی^۱، یحیی کوچ^{۲*}، مسلم اکبری نیا^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

۲. استادیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

۳. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۲۴)

چکیده

تغییر کاربری اراضی یکی از دخالت‌های مهم بشر در اکوسیستم‌های طبیعی است که بر روی فرآیندهای اکوسیستم به ویژه خاک اثرگذار است. در پژوهش حاضر، اثر کاربری‌های جنگلی (جنگل طبیعی و جنگل کاری بلندمازو) و غیرجنگلی (عرصه‌های باغی، مرتعی و زراعی) بر تغییرپذیری شاخص‌های کیفی خاک و پویایی تصاعد دی اکسید کربن مورد توجه قرار گرفته است. در هر یک از کاربری‌های مورد بررسی، تعداد ۱۶ نمونه خاک (عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری) جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. مطابق با نتایج، بیشترین مقدار ماده آلی خاک به رویشگاههای جنگلی و بالاترین مقدار جرم مخصوص ظاهری به عرصه‌های مرتعی و زراعی اختصاص داشت. هرچند تغییرات جرم مخصوص حقیقی خاک در بین کاربری‌های مختلف اراضی معنی‌دار نبود، اما خاک جنگل کاری بلندمازو دارای بالاترین مقدار تخلخل بود. جنگل طبیعی دارای پایدارترین خاکدانه‌ها بوده و به دنبال تخریب جنگل و تغییر نوع کاربری از پایداری آنها بطور معنی‌داری کاسته شد. بیشترین محتوای شن به عرصه مرتعی و بالاترین مقدار رس به جنگل طبیعی اختصاص داشته، در حالی که محتوای سیلت تفاوت آماری معنی‌داری در بین کاربری‌های مختلف اراضی نشان نداد. بالاترین مقدار زیتوده درشت‌ریشه در جنگل طبیعی و جنگل کاری بلندمازو مشاهده شد در حالی که زیتوده ریزریشه در جنگل طبیعی بالاترین مقدار بود. بیشترین مقادیر رطوبت خاک در رویشگاههای جنگلی (بویشه در فصول زمستان و پاییز) مشاهده شد، در حالی که بالاترین درجه حرارت خاک به عرصه‌های زراعی و مرتعی (بویشه در فصل تابستان) اختصاص داشت. تصاعد دی اکسید کربن از خاک در فصل تابستان تحت جنگل کاری بلندمازو بالاترین مقدار بوده است. مطابق با تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مقدار ماده آلی، محتوای رطوبت و همچنین میزان تخلخل خاک در جنگل کاری بلندمازو نقش مؤثری در افزایش تصاعد دی اکسید کربن از خاک این نوع از کاربری اراضی در مقایسه با سایر رویشگاهها داشته است. نتایج این پژوهش مؤید حفاظت از جنگل‌های طبیعی برای افزایش مشخصه‌های کیفی و سلامت خاک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تخلخل، پایداری خاکدانه، زیتوده ریشه، رطوبت، حرارت.

مقدمه

آلی خاک نقش مهمی در تنظیم چرخه عناصر غذایی، فراهم کردن زیستگاه جانوران و موجودات میکروبی، ثبات خاکدانه، نگه‌داری و حفظ آب دارد. به همین دلایل به عنوان یک ویژگی مهم کیفیت (سلامت) خاک شناخته شده است (Haynes, 2005). تغییر در مقدار ماده آلی می‌تواند منجر به تغییرات اساسی در جرم مخصوص، پایداری خاکدانه، تخلخل، محتوای رطوبت، دما و فعالیت میکروبی خاک گردد (Ashagrie et al., 2005). همچنین گزارش شده است که تغییرات مقدار مواد آلی در خاک به واسطه تغییرات کاربری اراضی می‌تواند اثرات معنی‌داری در تغییرپذیری نسبت اجزای بافت و ساختمان خاک داشته باشد (Emadodin et al., 2009).

تغییر کاربری اراضی با اهدافی نظیر استفاده از معادن، ایجاد اراضی کشاورزی و بهره‌برداری بیش از توان تولید رویشگاه از عوامل تخریب جنگل‌ها محسوب می‌شوند که با توجه به رشد جمعیت و توسعه صنایع این روند رو به رشد می‌باشد (Meyfroidt et al., 2013). تغییر نوع کاربری اراضی، به‌طور عموم ویژگی‌های مختلف خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا باعث تغییراتی در عوامل غیر زنده (رطوبت، نور و دما) و زنده (پوشش گیاهی، تنوع زیستی و میکروارگانیسم‌ها) می‌شود (Beheshti et al., 2012). ماده آلی، طیف گسترده‌ای از اجزا زنده و غیر زنده و یکی از پیچیده‌ترین و ناهمگن‌ترین اجزای خاک محسوب می‌شود. مواد

نقش مهم کاربری های اراضی در تعادل اکوسیستم، شناخت روابط بین پوشش های مختلف و عوامل محیطی بویژه خاک برای ثبات پایداری آن امری اجتناب ناپذیر است. ارزیابی توان اکولوژیک کاربری ها بر پایه معیارها و شاخص های موجود در آن ها می تواند یکی از نکات مهم و ارزشمند برای مدیریت اکوسیستم به شمار رود. در این تحقیق اثر تبدیل کاربری جنگل به سایر کاربری ها (در بخشی از منطقه شمال کشور) از نظر مشخصه های فیزیکی شیمیایی، زیستی و پویایی تصاعد دی اکسید کربن از خاک (به عنوان مهمترین گاز از دیدگاه تغییر اقلیم) مورد توجه می- باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در حوزه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر، منابع طبیعی واحد خیرودکنار در حوزه آبخیز ۴۵ گلندرود، طرح جنگلداری نیرنگ، سری ۷ قرار دارد. این محدوده، با مختصات جغرافیایی "۴۰' ۳۰" ۳۶° تا "۳۷' ۳۰" ۳۶° عرض شمالی و "۲۸' ۲۵" ۵۱° تا "۳۰' ۲۶" ۵۱° طول شرقی در محدوده ۵ کیلومتری شهرستان نوشهر واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۵۴۴ هکتار با حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۱۴۲۰ متر می باشد. براساس گزارش نزدیکترین ایستگاه هواشناسی، ایستگاه کلیماتولوژی نوشهر، میزان بارندگی سالیانه در این محدوده ۱۳۰۰ میلی متر بوده که حداقل آن در تیر و حداکثر آن در مهرماه ثبت شده است. گرمترین ماه سال، مرداد با میانگین دمای ۲۹/۲ درجه سانتی گراد، سردترین ماه سال، بهمن با میانگین دمای ۲/۶ درجه سانتی گراد و همچنین میانگین دمای سالانه برابر با ۱۵/۹ درجه سانتی گراد می باشد. بطور کلی خاک های منطقه مورد بررسی دارای منشأ مادری آهکی و مارنی و در بعضی نقاط شیل های ذغالی است. سری مربوطه دارای خاکی تکامل یافته و نسبتاً عمیق تا عمیق و در نقاط مرتفع بعضاً کم عمق، بافت خاک عموماً نیمه سنگین تا سنگین با درصد رس بیش از ۳۰ تا ۳۵ درصد می باشد (Anonymous, 2000). بدنبال تخریب جنگل در بخش هایی از این طرح جنگلداری، در سال ۱۳۶۴ بخشی از این سطوح پاکتراشی شده (توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر) و عملیات جنگل- کاری در آنها صورت گرفت. در حالی که بخش هایی دیگر از این سطوح توسط کاربری های دیگر جایگزین شد (Anonymous, 2000). در پژوهش پیش رو پنج نوع کاربری اراضی متداول به شرح زیر در منطقه مورد مطالعاتی مورد توجه قرار گرفت: (۱)

ارزیابی ساختمان خاک معمولاً بر اساس پایداری خاکدانه ها بیان می شود و به عنوان شاخص مهمی برای سنجش خصوصیات فیزیکی خاک در نظر گرفته می شوند. خاکدانه ها ذرات ثانویه هستند که از اجتماع ذرات معدنی با مواد آلی و غیر آلی تشکیل می شوند (Emadodin et al., 2009). به توانایی خاکدانه ها در حفظ ساختار و اندازه خود در رویارویی با تنش های مکانیکی، پایداری خاکدانه می گویند (Bronick and Lal, 2005). خاکدانه ها اثر مهمی در گسترش سیستم ریشه ای، چرخه کربن و آب و نیز مقاومت در برابر فرسایش ایفا می کنند (Barthès et al., 2008). در واقع پوشش گیاهی، ساختمان خاک را به خاطر توزیع مواد آلی از طریق لاشبرگ، تجزیه و ترشحات ریشه گیاهان تحت تأثیر قرار می دهد. به این ترتیب افزایش پوشش گیاهی و مواد آلی خاک یکی از مهم ترین فاکتورهای تعیین کننده پایداری خاکدانه ها می باشد (Fattet et al., 2011). همچنین، ریشه ها به عنوان فاکتور زیستی شکل گیری خاک با تفاوت در اندازه، ساختار، عمق نفوذ و فعالیت، اثرات متفاوتی بر محیط اطراف خود دارند. ریشه های موجود در خاک از دو بخش، ریشه های درشت با قطر بالای ۲ میلی متر و ریز ریشه ها با قطر کمتر از ۲ میلی متر تشکیل شدند که متناسب با عمق نفوذ بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مؤثر می باشند (Tufekcioglu, 1999). در هر حال با توجه به نوع کاربری اراضی، سهم هر یک از این اجزای ریشه ها می تواند متفاوت باشد (Tamooh et al., 2008).

خصوصیات میکروبی، به عنوان یکی از شاخص های بسیار حساس کیفیت خاک بوده که پاسخ قطعی به تغییرات نوع کاربری اراضی در کوتاه مدت ارائه می دهند (Raiesi, 2007). تنفس پایه (شاخص تصاعد دی اکسید کربن) خاک یکی از شاخص های بسیار پویا بوده و کمیت و کیفیت تغییرات آن در خاک های مختلف متفاوت می باشد. این مشخصه بیانگر فعالیت زیستی خاک و یکی از فرآیندهای اصلی در کنترل کربن بوم سازگان های زمینی است (Raiesi and Asadi, 2006). تنفس پایه خاک ناشی از تنفس اتوتروف توسط ریشه زنده و قارچ های میکوریز همراه آنها، تنفس هتروتروف توسط اکسیدکننده بقایای آلی و ترشحات ریشه می باشد (Saiz et al., 2006). کاربری ها با پوشش های مختلف با تأثیر بر کمیت و کیفیت لاشه ریزه تولیدی بر تنفس خاک اثرگذار می باشند (Weand et al., 2010). همچنین مطابق با گزارش Parmar et al. (2015)، میزان تنفس پایه خاک در فصول مختلف سال (وابسته به درجه حرارت و رطوبت خاک) مقادیر متفاوتی را نشان می دهد. استفاده از مشخصه های مختلف خاک یکی از بهترین راهکارهای ارزیابی کاربری های جنگلی و غیرجنگلی از نظر پتانسیل سلامت، پویایی و کیفیت خاک است. با توجه به

حقیقی به روش پیکنومتری و بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد (Jafari Haghighi, 2003). پایداری خاکدانه بر اساس روش الک تر پیشنهادی Pojasok and Kay (1990) اندازه‌گیری شده و مقدار پایداری خاکدانه‌های تر از رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه ۱
$$\%WAS = (R - S) / (T - S) \times 100$$
 که در این رابطه، R = جرم ذرات باقی‌مانده روی الک ۰/۲۵ میلی‌متر، S = جرم ذرات شن مانده روی الک ۰/۲۵ میلی‌متر و T = جرم کل نمونه خاک می‌باشد.

به منظور بررسی میزان تغییرات رطوبت، حرارت و تصاعد دی اکسید کربن از خاک، نمونه‌برداری در ماههای میانی هر فصل (اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن ۱۳۹۶) انجام شد. رطوبت خاک به روش توزین در محیط آزمایشگاه (Jafari Haghighi, 2003) و دمای خاک با استفاده از دماسنج دیجیتال در عرصه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری میزان تصاعد گاز دی اکسید کربن، از نمونه‌های تازه خاک استفاده شد. میزان گاز متصاعد شده با استفاده از روش بطری بسته در محیط آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت (Alef, 1995).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. بدنبال حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، به‌منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک در ارتباط با نوع کاربری‌های اراضی از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و برای مشخصه‌های رطوبت، حرارت و تصاعد دی اکسید کربن از خاک در ارتباط با نوع کاربری‌های اراضی و فصول سال از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. آزمون دانکن ($p < 0/05$) نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها بکار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. همچنین به منظور انجام آنالیز چند متغیره و تعیین ارتباط بین مشخصه‌های مختلف خاک در کاربری‌های اراضی مورد مطالعه، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه ORD - PC تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

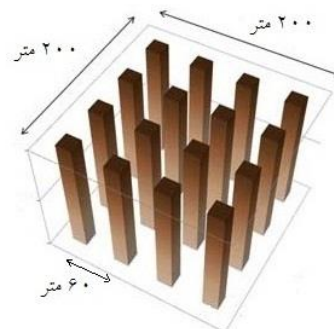
مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک

نتایج حاکی از اثرات معنی‌دار نوع کاربری اراضی بر بسیاری از مشخصه‌های مورد مطالعه خاک می‌باشد. بیشترین مقدار ماده آلی

جنگل طبیعی کمتر دست‌خورده ممرز- انجیلی، (۲) جنگل کاری ۳۲ ساله بلوط (~ ۸ هکتار با فاصله کاشت اولیه ۲ × ۲ متر)، (۳) عرصه باغی تحت کشت پرتقال و نارنگی، (۴) عرصه مرتعی همراه با پوشش‌های علفی (چمن جارو، جگن و ارزن) تنک، (۵) زمین زراعتی تحت کشت برنج. در این تحقیق، برای سهولت بیان، هر یک از این کاربری‌های اراضی به ترتیب با عناوین جنگل طبیعی، جنگل کاری بلندمازو، عرصه‌های باغی، مرتعی و زراعی اشاره خواهند شد. در این مطالعه، بخش‌هایی از این کاربری‌های انتخاب شد که به صورت پیوسته با هم بوده و حداقل اختلاف ارتفاع از سطح دریا، حداقل تغییر درصد و جهت شیب در آنها مشاهده می‌شود.

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

در هر یک از کاربری‌های مورد بررسی، ۴ ترانسکت به طول ۲۰۰ متر پیاده و بر روی هر ترانسکت ۴ نمونه خاک (Kooch and Parsapour, 2017) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری و در سطح ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر جمع‌آوری گردید. در مجموع تعداد ۱۶ نمونه خاک از هر کاربری (شکل ۱) به آزمایشگاه انتقال داده شد.



شکل ۱- طرح شماتیکی از نحوه نمونه‌برداری خاک در هر کاربری مورد مطالعه.

همزمان با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ریشه‌های موجود در داخل نمونه‌ها به روش دستی جدا و سپس به منظور تفکیک این ریشه‌ها به درشت‌ریشه (قطر بالای ۲ میلی‌متر) و ریزریشه (قطر کمتر از ۲ میلی‌متر) با استفاده از الک ۲ میلی‌متری شستشو داده شدند. سپس این نمونه‌های ریشه در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲۴ ساعت خشک گردیدند. در نهایت پس از توزین نمونه‌های خشک شده، مقدار زیتوده آنها در هر کاربری محاسبه شد (Neatrou et al., 2005).

نمونه‌های خاک برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از خشک شدن در هوا از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. کربن آلی به روش والکلی‌بلاک و سپس محاسبه ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، جرم مخصوص

اراضی (پس از گذشت ۳۲ سال) از پایداری آنها بطور معنی داری کاسته شد. بیشترین مقدار شن به عرصه مرتعی و بالاترین مقدار رس به جنگل طبیعی اختصاص داشته، در حالی که سیلت خاک تفاوت آماری معنی داری در بین کاربری های اراضی مختلف نشان نداد. بالاترین مقدار زیتوده درشت ریشه در جنگل طبیعی و جنگل کاری بلندمازو مشاهده شد در حالی که زیتوده ریزریشه در جنگل طبیعی بالاترین مقدار بود (جدول ۱).

خاک در رویشگاههای جنگلی (جنگل کاری بلندمازو و جنگل طبیعی) مشاهده شد. عرصه های مرتعی و زراعی دارای بالاترین مقدار جرم مخصوص ظاهری بوده، در حالی که کمترین مقدار این مشخصه به جنگل کاری بلندمازو اختصاص داشت. هرچند تغییرات جرم مخصوص حقیقی خاک در بین کاربری های مختلف اراضی معنی دار نبوده، اما جنگل کاری بلندمازو دارای بالاترین مقدار تخلخل خاک بوده است. جنگل طبیعی دارای پایداری خاكدانه ها بوده و به دنبال تخریب جنگل و تغییر نوع کاربری

جدول ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه های خاک در ارتباط با کاربری های اراضی

| مشخصه / رویشگاه | جنگل طبیعی | | جنگل کاری بلندمازو | | عرصه باغی | | عرصه مرتعی | | عرصه زراعی | | مقدار F | معنی داری |
|------------------|------------|--------------|--------------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|---------|-----------|
| | میانگین | اشتباه معیار | میانگین | اشتباه معیار | میانگین | اشتباه معیار | میانگین | اشتباه معیار | میانگین | اشتباه معیار | | |
| ماده آلی | ۷/۶۲ a | ۰/۳۴ | ۷/۸۹ a | ۰/۶۹ | ۵/۸۴ b | ۰/۲۷ | ۵/۲۹ b | ۰/۲۷ | ۵/۵۸ b | ۰/۲۶ | ۸/۹۴۳ | ۰/۰۰۰ |
| جرم مخصوص ظاهری | ۱/۲۷ bc | ۰/۰۲ | ۱/۱۹ c | ۰/۰۲ | ۱/۳۵ b | ۰/۰۳ | ۱/۵۸ a | ۰/۰۳ | ۱/۵۱ a | ۰/۰۳ | ۲۸/۰۴۴ | ۰/۰۰۰ |
| جرم مخصوص حقیقی | ۲/۳۷ | ۰/۰۶ | ۲/۵۳ | ۰/۰۹ | ۲/۴۶ | ۰/۱۱ | ۲/۴۰ | ۰/۰۶ | ۲/۳۹ | ۰/۰۴ | ۰/۶۴۰ | ۰/۶۳۶ |
| تخلخل | ۰/۴۵ b | ۰/۰۱ | ۰/۵۲ a | ۰/۰۱ | ۰/۳۷ c | ۰/۰۱ | ۰/۳۳ c | ۰/۰۲ | ۰/۳۶ c | ۰/۰۱ | ۱۶/۰۳۶ | ۰/۰۰۰ |
| پایداری خاكدانه | ۷۲/۲۹ a | ۲/۴۹ | ۵۹/۱۹ b | ۲/۳۰ | ۴۶/۳۷ c | ۱/۷۵ | ۳۷/۲۸ d | ۱/۵۶ | ۳۳/۷۱ d | ۱/۲۹ | ۶۸/۱۲۹ | ۰/۰۰۰ |
| شن | ۲۵/۸۱ c | ۲/۰۵ | ۳۰/۲۵ bc | ۱/۷۹ | ۳۳/۸۷ ab | ۲/۹۱ | ۳۸/۵۰ a | ۱/۲۹ | ۳۴/۳۷ ab | ۱/۵۹ | ۵/۶۳۱ | ۰/۰۰۱ |
| سیلت | ۳۴/۲۵ | ۲/۶۱ | ۳۷/۳۷ | ۲/۱۱ | ۳۸/۱۲ | ۱/۹۶ | ۳۸/۵۰ | ۱/۴۰ | ۳۸/۶۸ | ۱/۹۱ | ۰/۸۰۰ | ۰/۵۲۹ |
| رس | ۳۹/۹۳ a | ۱/۵۴ | ۳۲/۳۷ b | ۰/۸۰ | ۲۸/۰۰ c | ۱/۶۸ | ۲۳/۰۰ d | ۰/۵۷ | ۲۶/۹۳ c | ۱/۰۹ | ۲۸/۲۷۱ | ۰/۰۰۰ |
| زیتوده درشت ریشه | ۱۴۶۵/۳۷ a | ۳۸/۳۲ | ۱۳۷۳/۱۲ a | ۴۲/۷۷ | ۶۲۳/۱۸ b | ۵۰/۵۵ | ۴۶/۲۵ c | ۵/۵۱ | ۵/۳۱ c | ۱/۳۱ | ۴۱۵/۰۶ | ۰/۰۰۰ |
| زیتوده ریزریشه | ۵۸/۹۴ a | ۳/۸۲ | ۴۲/۷۲ b | ۳/۵۸ | ۳۱/۹۳ c | ۲/۲۱ | ۲۱/۹۵ d | ۰/۸۱ | ۲۴/۶۸ cd | ۲/۰۸ | ۳۰/۴۸۴ | ۰/۰۰۰ |

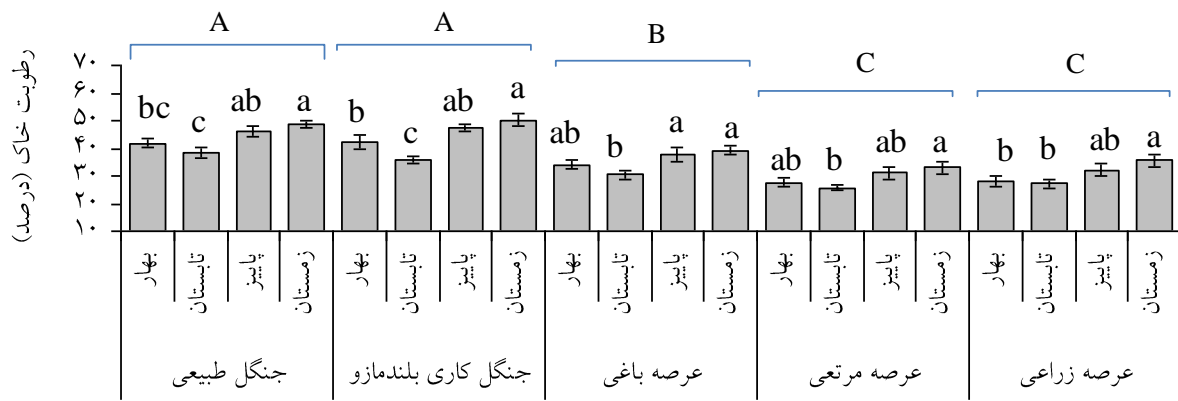
واحدها: ماده آلی (درصد)، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)، تخلخل، پایداری خاكدانه، شن، سیلت و رس (درصد)، زیتوده درشت ریشه (کیلوگرم در هکتار) و زیتوده ریزریشه (گرم بر متر مربع). حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود تفاوت آماری معنی دار در کاربری های اراضی مورد مطالعه می باشد.

داشت (شکل ۲-ب). تصاعد دی اکسید کربن از خاک نیز در فصل تابستان و جنگل کاری بلندمازو بیشتر از سایر فصول و کاربری های اراضی بوده است (شکل ۲-ج). مطابق با تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)، مقدار ماده آلی، رطوبت و همچنین میزان تخلخل خاک در جنگل کاری بلندمازو نقش مؤثری در افزایش تصاعد دی اکسید کربن از خاک این نوع از کاربری اراضی در مقایسه با سایر کاربری ها داشته است (شکل ۳).

تغییرات فصلی رطوبت، حرارت و تصاعد دی اکسید کربن خاک مشخصه های رطوبت، حرارت و انتشار دی اکسید کربن از خاک تفاوت های آماری معنی داری را در فصول مختلف سال تحت کاربری های مختلف اراضی نشان دادند (جدول ۲). بیشترین مقادیر رطوبت خاک در فصول زمستان و پاییز و بویژه در خاک رویشگاههای جنگلی (جنگل کاری بلندمازو و جنگل طبیعی) مشاهده شد (شکل ۲-الف)، در حالی که بالاترین درجه حرارت خاک به فصل تابستان و عرصه های زراعی و مرتعی اختصاص

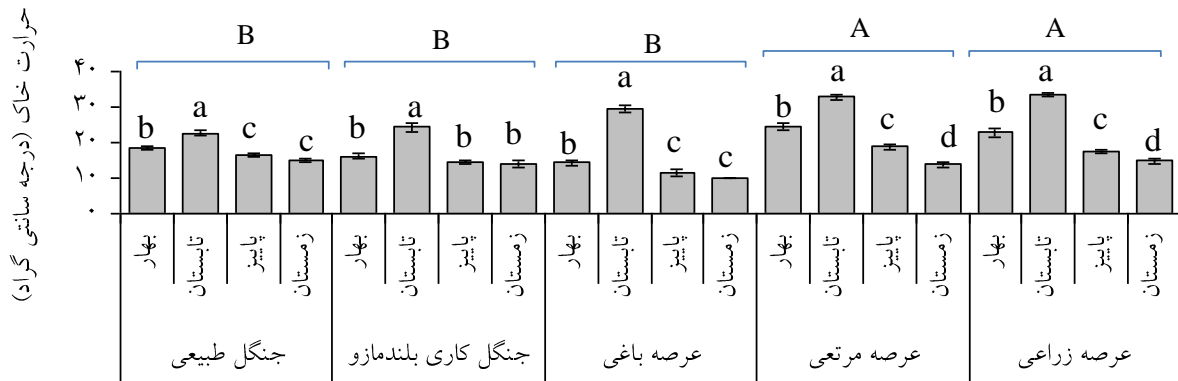
جدول ۲- تجزیه واریانس مشخصه های خاک در ارتباط با کاربری های اراضی و فصول مختلف

| منبع تغییرات / مشخصه ها | کاربری اراضی | | فصل | | کاربری اراضی × فصل | |
|----------------------------|--------------|-----------|---------|-----------|--------------------|-----------|
| | مقدار F | معنی داری | مقدار F | معنی داری | مقدار F | معنی داری |
| رطوبت خاک | ۵۱/۲۹۲ | ۰/۰۰۰ | ۲۵/۵۴۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۴۷۶ | ۰/۰۰۰ |
| حرارت خاک | ۵۱/۲۴۲ | ۰/۰۰۰ | ۳۴۳/۰۲۱ | ۰/۰۰۰ | ۱۱/۵۶۴ | ۰/۰۰۰ |
| تصاعد دی اکسید کربن از خاک | ۴۰۳/۶۳۴ | ۰/۰۰۰ | ۱۷۶/۷۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۴/۴۶۵ | ۰/۰۰۰ |



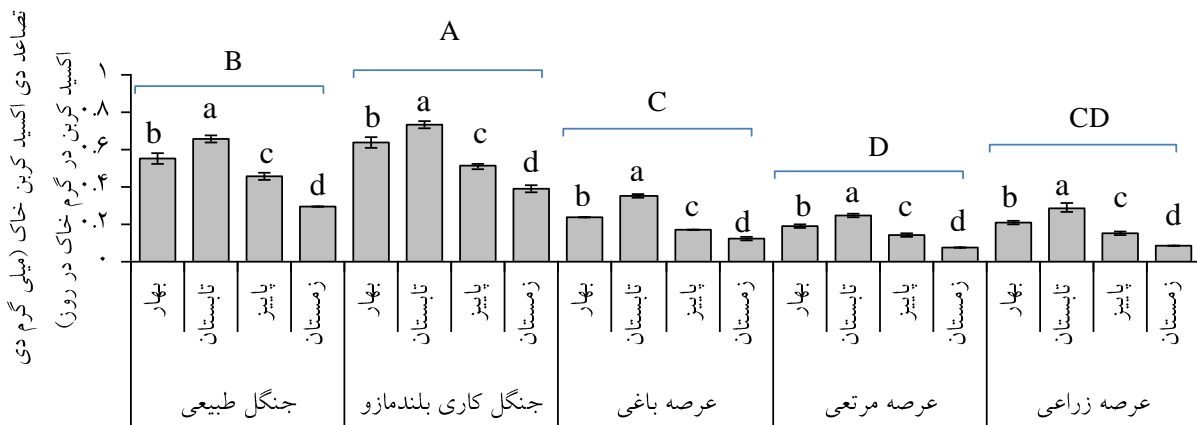
(الف)

کاربری اراضی



(ب)

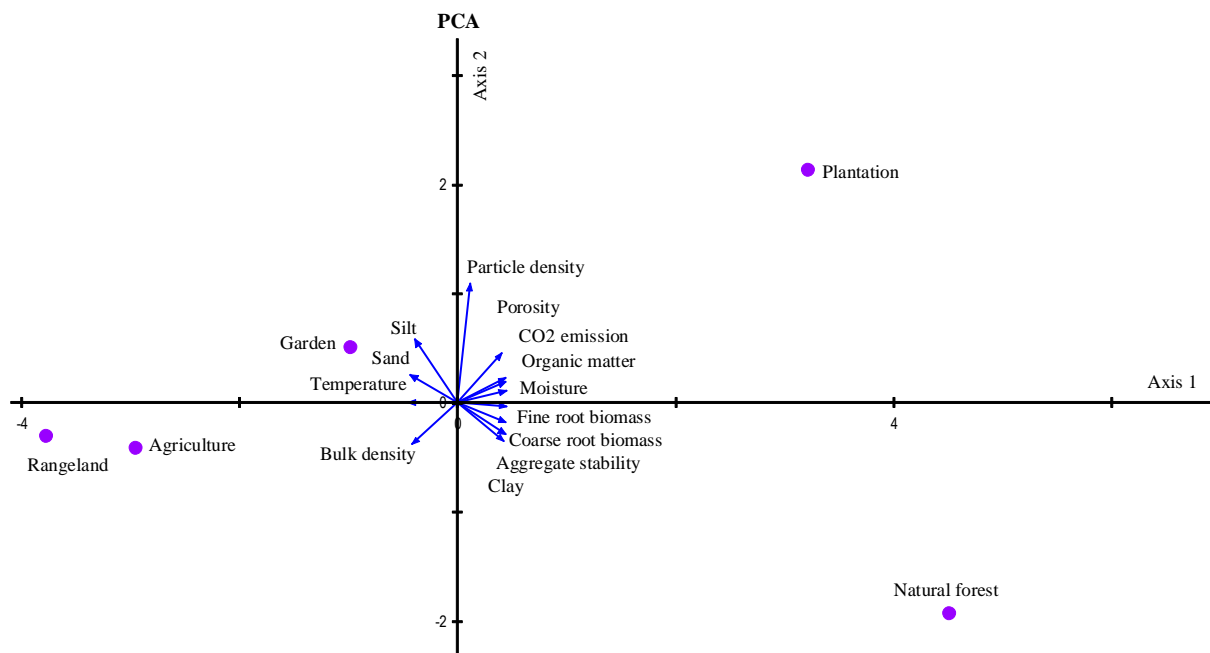
کاربری اراضی



(ج)

کاربری اراضی

شکل ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های رطوبت (الف)، حرارت (ب) و تصاعد دی اکسید کربن (ج) خاک در فصول مختلف سال تحت کاربری‌های اراضی مورد مطالعه.



شکل ۳- ارتباط کاربری های اراضی و مشخصه های خاک در آنالیز PCA (فاکتور اول؛ مقدار ویژه = $1.0/92$ ، درصد واریانس = $84/06$ ، درصد واریانس تجمعی = $84/06$ و فاکتور دوم؛ مقدار ویژه = $1/75$ ، درصد واریانس = $13/50$ ، درصد واریانس تجمعی = $97/56$).

بحث

Schulp *et al.* (2008) اشاره داشته اند که افزایش میزان ماده آلی خاک باعث افزایش تخلخل خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری می شود. در همین راستا جنگل کاری بلوط با افزایش میزان ماده آلی خاک دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری و بیشترین تخلخل خاک بوده است. تخریب رویشگاه های جنگل طبیعی و تبدیل آن به سایر کاربری های اراضی اثرات منفی معنی داری بر مشخصه پایداری خاکدانه های خاک داشته است. در پژوهشی، Beheshti *et al.* (2012) بیان کردند پایداری خاکدانه متأثر از میزان رس و مواد آلی خاک می باشد. در این بین یکی از مهم ترین عوامل خاکدانه سازی و پایداری خاکدانه، ماده آلی است. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق به دلیل کاهش مواد آلی و رس در کاربری های اراضی غیر جنگلی، میزان پایداری خاکدانه ها نیز کاهش معنی داری داشته است.

بافت خاک یکی از مشخصه های ثابت خاک بوده و تغییر آن در اثر نوع کاربری اراضی و در کوتاه مدت امکان پذیر نمی باشد، در هر حال تغییر نوع کاربری های اراضی می تواند در یک دوره بلندمدت بر تغییرات اجزای بافت خاک موثر واقع گردند (Meyfroidt *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر نیز پس از گذشت بیش از سی سال از تغییر کاربری های اراضی از جنگل طبیعی به سایر پوشش های اراضی تفاوت های آماری معنی داری در بین اجزای شن و رس خاک مشاهده شد. تجمع بیشتر رس در پوشش های جنگل طبیعی احتمالاً به خاطر وجود تاج پوشش بسته جنگل می باشد در حالی که در رویشگاه های غیر جنگلی به

کاربری های مختلف اراضی اثرات متفاوتی را بر مشخصه های خاک نشان دادند. تغییرات در میزان مواد آلی خاک در کاربری های مختلف اراضی به دلیل تفاوت در نوع پوشش، کمیت و کیفیت لاشبرگ ورودی می باشد (Mao and Zeng, 2010). بر همین اساس تغییرات معنی داری در میزان ماده آلی خاک تحت کاربری های اراضی مورد مطالعه مشاهده شد. مطابق با نتایج بدست آمده، رویشگاه های جنگلی (جنگل طبیعی و جنگل کاری بلندمازو) به واسطه ریزش سالیانه شاخ و برگ ها منجر به تجمع بیشتر مواد آلی شده و همین موضوع منجر به تجمع مواد آلی خاک شده است که با نتایج پژوهش John *et al.* (2012) و Karami *et al.* (2014) همخوانی دارد. همچنین یافته های Poeplau and Don (2013) نشان داد که در رویشگاه های جنگلی پهن برگ خزان کننده، مواد آلی خاک غنی می باشد. به واسطه تغییرات موجود در میزان مواد آلی خاک، جرم مخصوص ظاهری نیز تفاوت های آماری معنی داری را در بین کاربری های اراضی مورد مطالعه نشان داده است. بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری در خاک کاربری های مرتعی و زراعی مشاهده گردید. یکی از دلایل اصلی وجود این اختلاف، کمبود مواد آلی در خاک این اراضی می باشد. در تحقیقی، Raiesi (2007) اذعان داشته است که عملیات خاکورزی و بهم زدن خاک سطحی، موجب کاهش ماده آلی و در پی آن تخریب خاک شده و در نتیجه، خلل و فرج و یا تخلخل خاک کاهش می یابد. همچنین، در یک بررسی

دلیل باز بودن قسمت‌های فوقانی بیشتر تحت تأثیر بارش‌های سالیانه قرار گرفته و منجر به آشوبی ذرات رس از لایه‌های بالایی خاک و تجمع آنها در لایه‌های پایینی، طی فرآیند لسیواژ، می‌شوند (Binkley and Fisher, 2012). لایه هوموس ناشی از شاخ و برگ درختان در لایه سطحی خاک پوشش مناسبی برای حفظ رطوبت بیشتر محسوب می‌شود، زیرا خاصیت اسفنجی، ظرفیت نگهداری آب را نسبت به لایه زیرین بدون هوموس بالا خواهد برد (Page and Cameron, 2006). همین موضوع منجر به انباشت رطوبت در لایه‌های سطحی خاک رویشگاههای جنگلی (بویژه در فصول بارشی سال) شده در حالی که در رویشگاههای غیرجنگلی به دلیل کمبود مواد آلی سطحی خاک و نبود لایه هوموسی، آب از لایه‌های بالایی شسته شده و به سمت لایه‌های پایین‌تر خاک حرکت می‌کند. از طرفی وجود این لایه هوموسی محافظتی برای لایه‌های معدنی خاک محسوب می‌شوند به همین دلیل عموماً خاک رویشگاههای جنگلی مستقیماً در معرض آفتاب قرار نگرفته و خنک‌تر می‌باشند. در حالی که در رویشگاههای غیرجنگلی به دلیل باز بودن فضای فوقانی عرصه و همچنین نبود لایه هوموسی به دلیل تشعشعات مستقیم نور خورشید، بویژه در فصل تابستان، خاک‌ها دارای درجه حرارت بالاتری می‌باشند که با نتایج بدست آمده در این تحقیق همخوانی دارد.

زیتوده ریشه‌ها نیز متأثر از نوع کاربری‌های اراضی بوده و با توجه به حضور گونه‌های چوبی در رویشگاههای جنگلی مقادیر بالاتری را نسبت به رویشگاههای غیرجنگلی نشان داده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده زیتوده درشت‌ریشه‌ها را با توجه به قطر برابر سینه و ارتفاع درختان می‌توان پیش‌بینی کرد (Brassard et al., 2011; Zhang et al., 2013). با توجه به قطر بیشتر و ارتفاع بالاتر درختان جنگل طبیعی به منظور استحکام و پایداری توده مذکور نیاز است که زیتوده درشت‌ریشه بیشتر باشد (Kuznetsova et al., 2011). سن جنگل طبیعی نسبت به جنگل کاری بلندمازو بیشتر است و به گفته Mismir and Mismir (2012) افزایش سن توده موجب افزایش زیتوده درشت‌ریشه‌ها می‌شود. زیتوده ریشه ارتباط مثبتی با رطوبت خاک دارد، چرا که وجود آب موجب جذب بهتر عناصر غذایی توسط زیتوده زیرزمینی می‌شود (Quan et al., 2010). مانند آنچه در ارتباط با درشت‌ریشه‌ها بیان شد زیتوده ریزریشه هم مرتبط با زیتوده رو زمینی است و قطر برابر سینه و ارتفاع درختان از فاکتورهای مهم در تعیین زیتوده ریز ریشه محسوب می‌شوند (Hertel et al., 2009). بر همین اساس جنگل طبیعی دارای زیتوده ریزریشه بالاتری نیز نسبت به سایر اراضی بوده است.

پاسخ تصاعد دی اکسید کربن از خاک به کاربری‌های

اراضی و فصول مختلف سال در مناطق معتدله ثابت نیست و نتایج متفاوت بدست آمده نشان می‌دهد که اثر این دو پارامتر بر روی تصاعد دی اکسید کربن از خاک پیچیده می‌باشد (Wang et al., 2015; Gutierrez-Giron et al., 2013). میزان تصاعد دی اکسید کربن در رویشگاههای جنگلی توسط عوامل متعددی از جمله میزان رطوبت، دما، محتوی ماده آلی و شیوه‌های مدیریت آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Yang et al., 2010). مقادیر متفاوت تصاعد دی اکسید کربن در این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت سوبسترا و مواد هومیکی تحت کاربری‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (Fan et al., 2016; Srivastava et al., 2016). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، تصاعد دی اکسید کربن از خاک در فصل تابستان و جنگل کاری بلندمازو بیشتر از سایر فصول و کاربری‌های اراضی بوده است. اما در هر حال به نظر می‌رسد در طول سال، عامل رطوبت نقش موثرتری بر تغییرات تصاعد دی اکسید کربن از خاک داشته بطوری که مطابق با تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مقدار ماده آلی، محتوای رطوبت (در فصل تابستان) و همچنین میزان تخلخل خاک در جنگل کاری بلندمازو نقش مؤثری در افزایش تصاعد دی اکسید کربن از خاک این نوع از کاربری اراضی در مقایسه با سایر کاربری‌ها داشته است. در همین راستا، Liu et al. (2014) ادعان داشتند که میزان تصاعد دی اکسید کربن از خاک به واسطه رطوبت خاک تغییر می‌کند. بالاترین میزان تصاعد دی اکسید کربن زمانی اتفاق می‌افتد که میزان آب خاک در محدوده ایده‌آل باشد. دلیل کاهش تصاعد دی اکسید کربن در فصل زمستان و همچنین پاییز، میزان بالای آب خاک (بیشتر از ۴۰ تا ۵۰ درصد) در کاربری‌های مختلف اراضی، احتمالاً ناشی از کاهش میزان تخلخل هوا در خاک و اکسیژن در دسترس برای میکروب‌های خاک است (Asadian et al., 2013; Gutierrez-Giron et al., 2015). همچنین Barbier et al. (2008) در پژوهش خود به نقش منفی افزایش رطوبت خاک در فصول بارشی بر تصاعد دی اکسید کربن از خاک اشاره کرده‌اند. همچنین پژوهش‌های Moller et al. (2014) و Schwarz et al. (2015) نشان داد که همبستگی مثبتی بین میزان تصاعد دی اکسید کربن و محتوی رس وجود دارد. این رابطه می‌تواند مؤید افزایش تصاعد دی اکسید کربن از خاک در جنگل طبیعی به واسطه تجمع بیشتر ذرات رس باشد.

نتیجه‌گیری

تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به جنگل کاری، عرصه‌های باغی، مرتعی و زراعی در منطقه مورد مطالعه باعث ایجاد تغییراتی در مشخصه‌های کیفی خاک شد. تخریب جنگل و تغییر آن به

نتایج، تجمع بالای ماده آلی، محتوای رطوبت و همچنین میزان تخلخل زیاد خاک در جنگل کاری بلندمازو نقش مؤثری در افزایش تصاعد دی اکسید کربن از خاک این نوع از کاربری اراضی در مقایسه با سایر کاربری ها داشته است. نتایج این پژوهش مؤید حفاظت از جنگل های طبیعی برای افزایش مشخصه های کیفی و سلامت خاک می باشد.

سایر کاربری های اراضی باعث افت شدید و معنی دار مشخصه های پایداری خاکدانه، محتوی رس و زیتوده ریز ریشه خاک شد. بیشترین مقادیر ماده آلی، درشت ریشه، رطوبت خاک (بوپزه در فصول زمستان و پاییز) به رویشگاههای جنگلی (جنگل طبیعی و جنگل کاری) و بالاترین مقدار درجه حرارت خاک (بوپزه در فصل تابستان) به عرصه های زراعی و مرتعی اختصاص داشت. مطابق با

REFERENCES

- Alef, K. (1995). Estimating of soil respiration. In: *Methods in soil microbiology and biochemistry* (eds K Alef, P Nannipieri) pp. 464-470. (Academic Press: New York).
- Anonymous (2000). *Forest Management Planning in Neirang district of Noshahr. Organization of Forest and Rangelands and Watershed Management, Islamic Republic of Iran, 309* (In Persian).
- Asadian, M., Hojjati, S. M., Pourmajidian, M. R. and Fallah, A. (2013). Impact of land-use management on nitrogen transformation in a mountain forest ecosystem in the North of Iran. *Journal of Forestry Research, 24* (2):115-119.
- Ashagrie, Y., Zech, W. and Guggenberger, G. (2005). Transformation of a podocarpus falcatus dominated natural forest into a monoculture eucalyptus globulus plantation at Munsee, Ethiopia: soil organic C, N and S dynamics in primary particle and aggregate-size fractions. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 106* (3): 89-98.
- Barbier, S., Gosselin, 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* (2): 1-15.
- Barthès, B. G., Kouakoua, E., Larré-Larrouy, M. C., Razafimbelo, T. M., de Luca, E. F., Azontonde, A. and Feller, C. L. (2008). Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. *Geoderma, 143* (5): 14-25.
- Beheshti, A., Raiesi, F. and Golchin, A. (2012). Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 148* (2): 121-133.
- Binkley, D. and Fisher, R. (2012). *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons. 368p.
- Brassard, B. W., Chen, H. Y. H., Bergeron, Y. and David, P. (2011). Coarse root biomass allometric equations for *Abies balsamea*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana* and *Populus tremuloides* in the boreal forest of Ontario, Canada. *Biomass and Bioenergy, 35* (2): 4189-4196.
- Bronick, C. J. and Lal, R. (2005). Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA. *Soil and Tillage Research, 81* (2): 239-252.
- Emadodin, I., Reiss, S. and Bork, H. R. (2009). A study of the relationship between land management and soil aggregate stability (Case Study near Albersdorf, northern-Germany). *Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4* (4): 48-53.
- Fan, S., Guan, F., Xu, X., Forrester, D. I., Ma, W. and Tang, X. (2016). Ecosystem Carbon Stock Loss after Land Use Change in Subtropical Forests in China. *Forests, 7* (4): 142-151.
- Fattet, M., Fu, Y., Ghestem, M., Ma, W., Foulonneau, M., Nespoulous, J. and Stokes, A. (2011). Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena, 87* (3): 60-69.
- Gutiérrez-Girón, A., Díaz-Pinés, E., Rubio, A. and Gavilán, R. G. (2015). Both altitude and vegetation affect temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in Mediterranean high mountain Soils. *Geoderma, 237* (4): 1-8.
- Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Advances in Agronomy, 85* (5): 221-268.
- Hertel, D., Hartevel, M. A. and Leuschne, C. (2009). Conversion of a tropical forest into agroforestry alters the fine root-related carbon flux to the soil. *Soil Biology and Biochemistry, 41* (4): 481-490.
- Jafari Haghighi, M. (2003). *Soil analysis methods*. Nedaye Zohi Publication, 236p. (In Persian)
- John, R., Kyle, C., Claudia, E. and Clapham, B. (2012). Land use patterns, ecoregion and phytoplankton relationships in productive Ohio reservoirs. *Inland Waters, 2* (2):101- 109.
- Karami, P., Hosseini, S. M., Rahmani, A., Kooch, Y. and Mokhtari, J. (2014). The effects of pure and mixed plantations of alder (*Alnus subcordata* C. A. Mey) and poplar (*Populus deltoides* Marsh.) on earthworm abundance and biomass. *Environmental Engineering Research, 3* (2): 7-14.
- Kooch, Y. and Parsapour, M. K. (2017). Effect of Caucasian alder (*Alnus subcordata* C. A. Mey.), Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) and horizontal cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) plantation on litter, soil and CO₂ emission characters. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25* (2): 310-319 (In Persian).
- Kuznetsova, T., Lukjanova, A., Mandre, M. and

- Lõhmus, K. (2011). Aboveground biomass and nutrient accumulation dynamics in young black alder, silver birch and Scots pine plantations on reclaimed oil shale mining areas in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 262 (3): 56-64.
- Liu, M. Y., Chang, Q. R., Qi, Y. B., Liu, J. and Chen, T. (2014). Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the loess plateau of China. *Catena*, 115 (3): 19-28.
- Mao, R. and Zeng, D. H. (2010). Changes in soil particulate organic matter, microbial biomass, and activity following afforestation of marginal agricultural lands in a semi-arid area of Northeast China. *Environmental Management*, 46 (2): 110-116.
- Meyfroidt, P., Puong, V. T. and Anh, H. V. (2013). Trajectories of deforestation, coffee expansion and displacement of shifting cultivation in the Central highlands of Vietnam. *Global Environmental Change*, 23 (2):1187-1198.
- Mismir, N. and Mismir, M. (2012). Root biomass and carbon storage in *Abies nordmanniana* Stands. *Journal of Forestry Faculty*, 6 (2): 225-227.
- Moller, C. L., Vangsoe, M. T. and Sand-Jensen, K. (2014). Comparative growth and metabolism of gelatinous colonies of three cyanobacteria, *Nostoc commune*, *Nostoc pruniforme* and *Nostoc zetterstedtii*, at different temperatures. *Freshwater Biology*, 59 (4): 2183-2193.
- Neatrour, M. A., Jones, R. H. and Golladay, S. W. (2005). Correlations between soil nutrients availability and fine- root biomass at two spatial scales in forested wetlands with contrasting hydrological regimes, *NRC Research Press*, 35 (2): 2934-2941.
- Page, L. M. and Cameron, A. D. (2006). Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 221 (5): 260-266.
- Parmar, K., Keith, A. M., Rowe, R. L., Sohi, S. P., Moeckel, C., Pereira, M. G. and McNamara, N. P. (2015). Bioenergy driven land use change impacts on soil greenhouse gas regulation under Short Rotation Forestry. *Biomass and Bioenergy*, 82 (5): 40-48.
- Poeplau, C. and Don, A. (2013). Sensitivity of soil carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, 192 (1):189-201.
- Pojasok, T. and Kay, B. D. (1990). Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. *Canadian Journal of Soil Science*, 70 (6): 33-42.
- Quan, X., Wang, Ch., Zhang, Q., Wang, X., Luo, Y. and Lamberty, B. B. (2010). Dynamics of fine roots in five Chinese temperate forests. *Journal of Plant Research*, 123 (4): 497-507.
- Raiesi F. and Asadi, E. (2006). Soil microbial activity and turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 43 (4):76-82.
- Raiesi, F. (2007). The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121 (4): 309-318.
- Saiz, G., Byrne, K. A., Butterbach-Bahl, K., Kiese, R., Blujdea, V. and Farrell, E. P. (2006). Stand age-related effects on soil respiration in a first rotation Sitka Spruce chronosequence in Central Ireland. *Global Change Biology*, 12 (5): 1007-1020.
- Schulp, C. J., Nabuurs, G. J., Verburg, P. H. and de Waal, R. W. (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 (6): 482-490.
- Schwarz, B., Dietrich, C., Cesarz, S., Scherer-Lorenzen, M., Auge, H., Schulz, E. and Eisenhauer, N. (2015). Non-significant tree diversity but significant identity effects on earthworm communities in three tree diversity experiments. *European Journal of Soil Biology*, 67 (5): 17-26.
- Srivastava, A., Ahn, C. Y., Asthana, R. K., Lee, H. G. and Oh, H. M. (2016). Status, alert system, and prediction of Cyanobacteria bloom in South Korea. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International, 8 p.
- Tamoo, F., Huxham, M., Karachi, M., Mencuccini, M., Kairo, J. G. and Kirui, B. (2008). Below-ground root yield and distribution in natural and replanted mangrove forests at Gazi bay, Kenya. *Forest Ecology and Management*, 256 (7): 1290-1297.
- Tufekcioglu, A., Raich, J. W., Isenhardt, T. M. and Schultz, R. C. (1999). Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 44 (4): 163-174.
- Wang, Q., Xiao, F., He, T. and Wang, S. (2013). Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the Subtropics. *Annals of Forest Science*, 70 (4): 579-587.
- Weand, M. P., Arthur, M. A., Lovett, G. M., McCauley, R. L. and Weathers, K. C. (2010). Effects of tree species and N additions on forest floor microbial communities and extracellular enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 42 (4): 2161-2173.
- Yang, K., Zhu, J. J., Yan, Q. L. and Sun, O. J. (2010). Changes in soil P chemistry as affected by conversion of natural secondary forests to larch plantations. *Forest Ecology and Management*, 260 (7): 422-428.
- Zhang, C., Chen, L. and Jiang, J. (2013). Vertical root distribution and root cohesion of typical tree species on the Loess Plateau. *China Journal Arid Land*, 6 (2): 601-611.