



مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌کاری با درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در منطقه بیستون کرمانشاه

سحر مهرنوش^۱، علی بهشتی آل آقا^{۲*}، مرتضی پوررضا^۳، علی اکبر صفری سنجانی^۴، فاطمه رخس^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۳

۱. کارشناس ارشد بیولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۴. استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۵. دستیار تحقیق گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی beheshiali97@gmail.com

چکیده

دانش‌نگهداری از جنگل‌های کاشته شده در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک وابسته به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. پژوهش کنونی باهدف بررسی تأثیر این توده‌های گیاهی جنگلی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. دو نوع جنگل (سوزنی‌برگ و پهن‌برگ) که بر روی یک نوع خاک با یک درجه شیب و یک راستایی شیب است با پنج تیمار (کشاورزی، چراگاه، گونه اقااقیا، سرو نقره‌ای و درخت کاج) انتخاب‌شده و سه تکرار از لایه صفر تا پنج سانتی‌متر در دو جایگاه سایه‌انداز و دور از درخت به گونه تصادفی نمونه‌گیری انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان داد که بافت خاک در تمامی پوشش‌ها لوم است و محتوای رس، سیلت و شن خاک از نظر آماری تفاوت معناداری را در بین پوشش‌ها نشان ندادند. بیشترین پایداری خاکدانه‌ها، خاکدانه‌های پایدار در آب و درشت خاکدانه‌ها در پوشش سوزنی‌برگ (کاج و سرو) وجود داشت. بالاترین مقدار شن خاک نیز در پوشش کشاورزی مشاهده شد. تجزیه و تحلیل ویژگی‌های شیمیایی خاک نشان داد که بیشترین کربن آلی خاک در پوشش سوزنی‌برگ وجود دارد اما از نظر محتوای فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پوشش پهن‌برگ از بالاترین مقادیر برخوردار بود. از نظر محتوای پتاسیم و سدیم هر دو پوشش سوزنی‌برگ و پهن‌برگ از بالاترین مقادیر برخوردار بودند. همچنین در بین پوشش‌های مختلف تفاوت معناداری در واکنش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی خاک مشاهده نشد. در منطقه بیستون جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ و به‌خصوص سوزنی‌برگ باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت به پوشش‌های کشاورزی و چراگاه شده است که می‌تواند وابسته به انباشتگی لاشبرگ فراوان و خاستگاه کربن آلی برای ریز جانداران در این پوشش‌ها باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش‌های جنگلی برای بهبود و حفظ خاک مناسب‌تر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: اقااقیا، خاکدانه، سرو، کیفیت خاک، ماده آلی

Comparison of physical and chemical characteristics of soil in forestry with coniferous and deciduous trees in Bistun region of Kermanshah.

S. Mehrnoosh¹, A. Beheshti Ale Agha^{*2}, M. Pourreza³, A.A. Safari Sinegani⁴, F. Rakhsh⁵

Received: August 14, 2022

Accepted: January 3, 2023

1. MSc in Soil Biology, Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.
4. Professor, Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
5. Research Assistant, Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran.

* Corresponding Author, Email: beheshtiali97@gmail.com

Abstract

The knowledge of maintaining the planted forests in arid and semi-arid lands depends on examining the physical and chemical characteristics of the soil. The current research was conducted with the aim of investigating the effects of these forest plants on the physical and chemical characteristics of the soil. Two types of forest (coniferous and broad-leaf) were on the same kind of soil with a similar degree and aspect of the slope with 5 treatments (agricultural, pasture, Acacia species, Cupressus arizonica, and Pinus brutia), and 3 repetitions were selected. Sampling was done randomly below and outside the crown from 0 to 5 cm layer. The results of the analysis of the physical properties of the soil showed that the soil texture is loam in all the vegetation and the content of clay, silt, and sand did not show statistically significant differences among the vegetation. The highest values of saturated soil moisture were found in broadleaf vegetation (Acacia). The highest amounts of silt, soil aggregate stability, water-stable aggregates, and coarse aggregate were found in coniferous vegetation (pine and cypress). The highest amount of sand was also observed in the agricultural land. The analysis of soil chemical properties showed that most soil organic carbon was observed in the coniferous vegetation, but in terms of phosphorus content and cation exchange capacity of the soil, the broadleaf vegetation had the highest values. In terms of potassium and sodium content, both coniferous and broadleaf vegetation had the highest values. Also, no significant difference in soil pH and EC was observed among different vegetation. In Biston region, afforestation with broad-leaved and especially coniferous species has improved the soil's chemical and physical properties compared to agricultural and pasture lands, which can be related to the accumulation of abundant litter and the origin of organic carbon for microorganisms in this vegetation.

Keywords: Acacia, Aggregate, Cypress, Organic Matter, Soil Quality

مقدمه

تشبیه بیشتر و سریع‌تر مواد آلی توسط این گونه‌ها نسبت داده شده است (Jamshidnia et al., 2016). همچنین این امر می‌تواند ناشی از کیفیت بالاتر لاشبرگ در پهن-برگان و تراوش‌ها بیشتر ریشه پهن‌برگان در مقایسه با سوزنی‌برگان باشد. به‌عنوان مثال لی و همکاران (Li et al., 2018) مشاهده کردند که خاک زیر توده‌های پهن-برگ کربن آلی بیشتری از سوزنی‌برگان دارند و ترکیب شیمیایی متفاوت لاشبرگ درختان و اختلافات موجود در خصوصیات لاشبرگ‌های افزوده شده به خاک را عامل این اختلاف می‌دانند. بالا بودن میزان رس در پوشش‌های اراضی پهن‌برگ منجر به نگهداشت بیشتر رطوبت خاک در این اکوسیستم‌ها شده، بنابراین مقادیر رطوبت خاک در این رویشگاه‌ها نسبت به رویشگاه‌های سوزنی‌برگ بیشتر است که همین موضوع منجر به فعالیت بیشتر ریزجانداران در اکوسیستم جنگلی شده و فعالیت‌های میکروبی افزایش می‌یابد (Haghverdi, 2017).

متین‌کیا و همکاران (Matin Kia et al., 2009) اثر جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ را بر برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیک خاک در پارک جنگلی شهرستان درود مورد مطالعه قراردادند. محققان در این مطالعه به‌منظور بررسی اثر جنگل‌کاری با گونه‌های غیربومی سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، سه تیپ جنگل‌کاری اقاویای خالص، تیپ خالص کاج بروسیا و تیپ آمیخته بروسیا- اقاویا و یک توده طبیعی بلوط را به‌عنوان شاهد در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر نوع گونه تغییر کرده است، به‌طوری‌که گونه سوزنی‌برگ کاج بروسیا باعث افزایش میزان فسفر قابل‌جذب، شوری و درصد لوم خاک و کاهش میزان کربن آلی، نیتروژن و واکنش خاک نسبت به خاک منطقه شاهد شده است. گونه اقاویا نیز باعث افزایش میزان نیتروژن، کربن آلی و پتاسیم خاک شده بود؛ بنابراین پس از ۳۶ سال، جنگل‌کاری تأثیر مشخصی بر برخی خصوصیات

جنگل‌کاری نه تنها پوشش گیاهی را تغییر می‌دهد، بلکه باعث تغییرات مهم در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و چرخه‌های بیوشیمیایی خاک می‌شود (Jamshidnia et al., 2016). در همین راستا، در خصوص تأثیر گونه‌های درختی مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پژوهش‌های بسیاری انجام گرفته است و نتایج کلی بیانگر آن است که حضور گونه‌های درختی پهن‌برگ در افزایش حاصلخیزی و باروری خاک بسیار مؤثر است (Vesterdal et al., 2013). پژوهش‌های محققین بیانگر این جستار است که پس از جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف درختی تفاوت چشمگیر در ویژگی‌های خاک از جمله شکل هوموس، محتوای عناصر غذایی، وضعیت پایه و میزان معدنی شدن کربن، نیتروژن و فسفر و نیترات‌زدایی به وجود می‌آید. پژوهشگران این تفاوت‌ها را به تأثیر نوع گونه‌ها در تولید لاشبرگ، ترشح ریشه و میزان جذب عناصر غذایی توسط گونه‌ها نسبت داده‌اند (Gil-Sotres et al., 2005). گونه‌های درختی از طریق تأثیر روی ریزجانداران خاک، فرآیندهای خاک را تحت تأثیر قرار داده و زیست‌توده میکروبی تحت تأثیر گونه درختی قرار دارد (Gillespie et al., 2021).

مراقبی و همکاران (Moraghebi et al., 2012) با بررسی در خاک زیر کشت اکالیپتوس، سرو نقره‌ای و صنوبر گزارش کردند که مقدار پتاسیم در خاک زیر کشت اکالیپتوس بیشتر از سرو نقره‌ای و کمتر از منطقه کاشت صنوبر است. مقدار مواد آلی در خاک زیر کشت اکالیپتوس بیشتر از خاک زیر کشت سرو نقره‌ای و کمتر از صنوبر است و به‌طورکلی خاک‌ها در مناطق کاشت اکالیپتوس اسیدی‌تر از خاک مجاور آن است.

پژوهش‌های بسیاری بر این نکته تمرکز کرده‌اند که تغییر در مقدار ذخایر کربن آلی خاک به نوع گونه گیاهی بستگی دارد (Ren et al., 2018; Lange et al., 2015). در پژوهش‌های گوناگون انجام شده گزارش شده است که مقدار کربن آلی در خاک پهن‌برگان بیشتر از خاک سوزنی‌برگان است که در مطالعات این مسئله به

خاک داشت. در مقابل، تأثیر مثبت بر ذخیره نیتروژن خاک در لایه خاک صفر تا ۱۰ سانتی‌متر یافت شد. تنوع گونه‌های درختی منجر به تغییر در وضعیت عناصر غذایی خاک به صورت کاهش نسبت C/N شد. مشخص گردید که تنوع گونه‌های درختی بیشترین تأثیر را در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک دارد (Zheng et al., 2017). نتایج نشان داد که پس از گذشت ۲۳ سال از کاشت درختان پهن‌برگ در کانادا، واکنش خاک، نیتروژن کل، فسفر موجود، کلسیم و منیزیم و پتاسیم در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار یافته بود؛ اما در این خاک‌ها نسبت کربن به نیتروژن کاهش معنادار داشت (Laganiere et al., 2010).

در طی پژوهشی چهل سال پس از جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف درختان در منطقه‌ای در ایالت مینه‌سوتا آمریکا نمونه‌برداری از خاک به منظور تعیین اثرات گونه‌های درختی بر ویژگی‌های خاک توسط آلبن و پاستور (Alban and Pastor, 1993) انجام شد. تجمع عناصر غذایی در خاک تحت تأثیر گونه‌های درختی صنوبر لرزان و صنوبر سفید در مقایسه با گونه‌های کاج بیشتر بود. علاوه بر تجمع بیشتر عناصر غذایی در صنوبر لرزان و صنوبر سفید، واکنش خاک نیز در این مناطق بالاتر بود. محتوای کلسیم خاک صنوبر لرزان و صنوبر سفید و گونه‌های کاج در مقایسه با شاهد دو برابر بود و گونه‌های کاج دارای محتوای کلسیم بالاتری بودند. محتوای فسفر و پتاسیم در میان گونه‌ها تفاوت معناداری نداشتند. در مقایسه با صنوبر لرزان و صنوبر سفید، ظرفیت تبادل کاتیونی، محتوای ماده آلی و نیتروژن خاک در گونه‌های کاج بالاتر بود.

در سال‌های اخیر بهره‌برداری و استفاده نامناسب از منابع طبیعی موجب بروز صدمات جدی به عرصه‌های منابع طبیعی به خصوص جنگل‌ها شده است. تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها نشان‌دهنده ضرورت جنگل‌کاری برای احیا و توسعه این منابع طبیعی تجدید پذیر است. به این دلیل که پوشش‌های درختی روی

خاک همراه با تغییر در جامعه گیاهی و حیاتی داشته است.

به‌طور کلی اثرات جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف درختی بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک جنگل‌ها بستگی به عوامل مختلفی چون محتوای ماده آلی خاک دارد. جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ باعث افزایش بیشتر ماده آلی به خاک در مقایسه با سوزنی‌برگان شده و با افزایش ماده آلی به خاک بار منفی افزایش یافته که در نتیجه آن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد (Puladi et al., 2013). بخشی‌پور و همکاران (Bakhsipour et al., 2013) مشاهده کردند که کشت کاج تدا در مقایسه با صنوبر موجب افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و صنوبر کاری در مقایسه با دیگر گونه‌های درختی، موجب افزایش معنی‌دار واکنش خاک و فسفر در دسترس خاک شد. کاهش نیتروژن خاک پس از جنگل‌کاری با سوزنی‌برگان در مقایسه با پهن‌برگان را می‌توان ناشی از مقدار لیگنین و سلولز زیاد سوزنی‌برگان دانست که مقدار بیشتر آن باعث کاهش سرعت معدنی شدن نیتروژن می‌شود (Agusto et al., 2002; Yang et al., 2018).

پولادی و همکاران (Puladi et al., 2012) تأثیر جنگل‌کاری با صنوبر و توسکا را بر ویژگی‌های کیفی خاک و ذخیره کربن آلی در منطقه گیلان - ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرآسته - مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد وزن مخصوص ظاهری، رس قابل‌انتشار، میانگین وزنی قطر خاکدانه، مقدار کربوهیدرات‌ها و مقدار فسفر در دو جنگل‌کاری دارای تفاوت معنی‌داری بودند. مقدار ذخیره کربن در جنگل‌کاری صنوبر کمتر از توسکا بود.

در منطقه هودیتانگ (Huoditang) از کوه‌های شین‌لینگ (Qinling) واقع در چین، ویژگی‌های خاک از قبیل وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت تبدیلی کاتیونی و واکنش خاک تحت تأثیر گونه‌های درختی قرار گرفتند. تنوع گونه‌های درختی تنها اثرات منفی بر محتوای کربن

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در منطقه جنگل‌کاری بیستون استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ انجام شد (شکل ۱). پوشش گیاهی غالب منطقه بلوط، زالزالک، نسترن، یونجه و شنبلیله است.

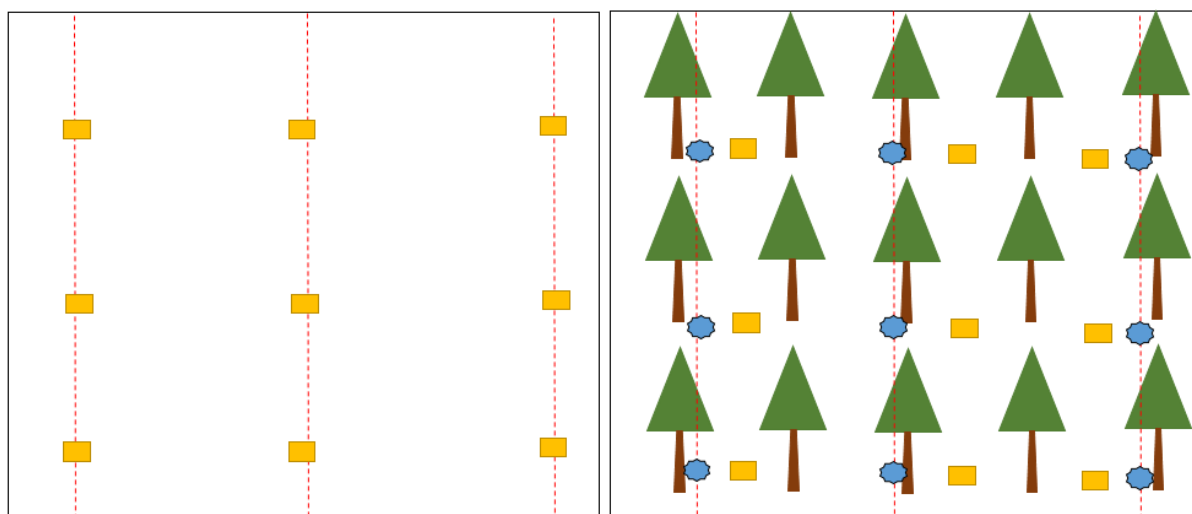
محیط و اکوسیستم اطراف خود مؤثر هستند و بر کیفیت لاشبرگ، جریان‌های هوایی، تغییرات دما، رطوبت هوا، رژیم هیدرولوژی و به‌ویژه کیفیت خاک مؤثر هستند، بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند نقش مهمی در انتخاب گونه مناسب برای کاشت درختان جنگلی و افزایش سطح زیر پوشش این درختان ایفا نماید.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و شهرستان بیستون



شکل ۲- موقعیت مناطق نمونه‌برداری شده



شکل ۳- الگوی نمونه برداری از خاک جنگل (راست) و چراگاه و کشاورزی (چپ)

دایره آبی: نمونه‌های زیر تاج درختان مربع زرد: نمونه‌های خاک بیرون تاج درختان

در هر یک از کاربری‌ها سه ترانسکت در نظر گرفته شد و در امتداد هر ترانسکت تعداد ۱۵ تا ۲۰ نمونه خاک برداشته شده که پس از مخلوط کردن آن‌ها با هم یک نمونه ترکیبی از خاک به دست آمد. در هر کاربری ۳ نمونه خاک ترکیبی برداشت شد.

در نمونه‌های خاک، بافت به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، واکنش خاک در گل اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (Rhoades, 1982) و درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1974) تعیین شدند. پایداری خاکدانه با تعیین MWD و WAS بررسی شدند (Le Estefan et al., 2013; Bissonnais, 1996). فسفر قابل جذب به روش اولسن (Estefan et al., 2013) پتاسیم و سدیم قابل جذب به روش عصاره گیری با استات آمونیوم و قرائت با فلیم فتومتر (Estefan et al., 2013) و کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون با سود (Estefan et al., 2013) تعیین شدند. همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در pH=7 (Estefan et al., 2013) تعیین شد.

پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون اندرسون-دارلین (Anderson-Darling Test) و همگن بودن واریانس تیمارها با استفاده از آزمون له ون (Levene's Test) بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها به کمک آنالیز

پنج تیمار کاربری شامل کشاورزی (راضی دیم و نسبتاً فقیری که معمولاً تحت کشت جو و گندم قرار می‌گیرند و باردهی کمی دارند)، کاربری چراگاه (مراتعی با حداقل پوشش گیاهی و شیب زیاد که در اثر تردد و چرای بیش از ظرفیت دام به سمت اراضی بایر سوق داده شده‌اند. این مناطق دارای پوشش گیاهی با گیاهان مرتعی علف گاوزبان، آویشن، ثعلب، باریجه، آنگوزه و کرفس کوهی بود)، کاربری افاقیا (زیر تاج بیرون تاج)، کاربری سرو نقره‌ای (زیر تاج بیرون تاج) و کاربری کاج (زیر تاج بیرون تاج) بود. همچنین از منطقه زیر تاج درختان و خارج از تاج درختان نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری از لایه صفر تا پنج سانتی‌متری سطح خاک و در سه تکرار انجام شد (شکل‌های ۲ و ۳). درختان سرو نقره‌ای و کاج بروسیا از گونه‌های سوزنی‌برگ و درختان افاقیا از گونه پهن‌برگ می‌باشند. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. نمونه برداری از خاک به صورت مرکب صورت گرفت. نمونه‌های خاک هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند.

واریانس یک طرفه (One- Way ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد (SAS 9.4 و SPSS 26) صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر پوشش‌های مختلف بر مقدار رطوبت خاک در سطح

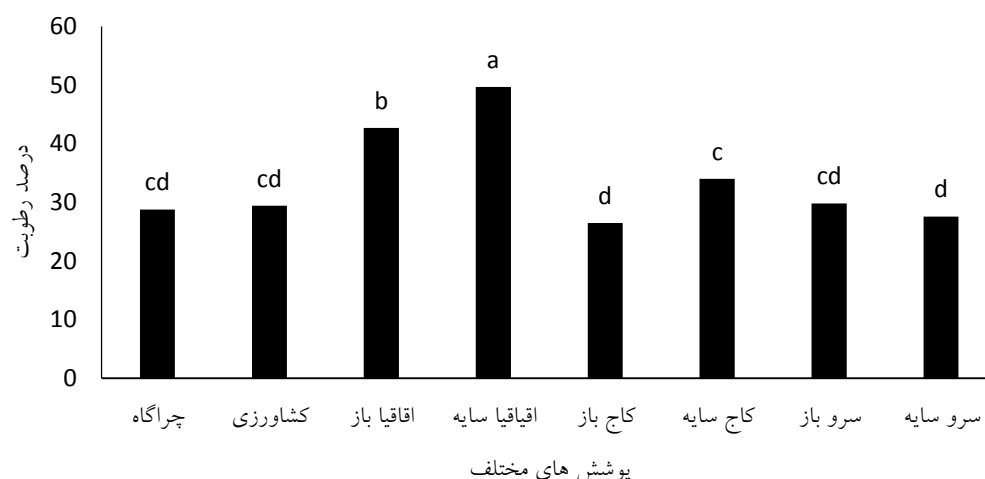
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت	MWD	ریز خاکدانه	درشت خاکدانه	2mm	1mm	0.25mm	0.15mm	<0.15
نوع خاک	۷	۲۰۰/۵۹**	۰/۷۹**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳**
خطا	۱۶	۳/۸۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۹

** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

می‌تواند دلیل تغییرات رطوبتی باشد (Asadiyan et al., 2012). نتایج مطالعه اسدیان و همکاران (Asadiyan et al., 2012) در جنگل‌کاری منطقه الندان - ساری نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک، بیشترین درصد رطوبت در پوشش پهن‌برگ (زبان‌گنجشک) در مقایسه با پوشش سوزنی‌برگ (کاج سیاه) مشاهده شد. در پژوهش قربان‌زاده و همکاران (Ghorbanzadeh et al., 2018) بالاترین مقادیر رطوبت در پوشش جنگلی پهن‌برگ (به ترتیب اقاویا و صنوبر) مشاهده شد.

بالا بودن معنادار مقدار رطوبت در خاک تحت پوشش پهن‌برگ در مقایسه با پوشش سوزنی‌برگ، کشاورزی و چراگاه می‌تواند، به دلیل زیاد بودن سرعت تجزیه و فراوانی مواد آلی با سرعت تجزیه بالا در این پوشش در مقایسه با دیگر پوشش‌ها (هرچند مقدار مواد آلی در پوشش سوزنی‌برگ، بالا است اما شامل موادی با سرعت تجزیه پایین است) باشد (Asadiyan et al., 2012). در پوشش پهن‌برگ به دلیل نبود تاج پوشش متراکم پدیده باران ربایی نیز می‌تواند تا حدی اثر داشته باشد (Bagheri et al., 2011). همچنین اختلاف در اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک و ترکیب کانی‌شناسی نیز



شکل ۴- مقایسه میانگین رطوبت خاک در پوشش‌های مختلف

در پوشش سرو و کاج به ترتیب با مقادیر ۰/۳۲ و ۰/۲۸ گرم خاکدانه بر گرم خاک خشک بیشتر از دیگر پوشش‌ها است که از نظر آماری دارای تفاوت معنادار است؛ اما در پوشش کشاورزی با مقدار ۰/۲۴ گرم خاکدانه بر گرم خاک خشک نسبت خاکدانه‌های ریز بیشتر از دیگر پوشش‌ها است که از نظر آماری دارای تفاوت معنادار با دیگر پوشش‌ها می‌باشد (جدول ۲).

ساختمان خاک از دیرباز به‌عنوان شاخصی مهم که می‌تواند حاصلخیزی و حرکت آب در خاک را افزایش دهد شناخته شده است (DeBano et al., 1998). در جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین توزیع خاکدانه‌ها در پوشش‌های مختلف ارائه شده که نتایج حاصل از این جدول نشان می‌دهد که میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، شاخص پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) و درشت خاکدانه در عمق صفر تا پنج سانتی‌متری خاک به‌طور معناداری در پوشش‌های جنگلی نسبت به پوشش‌های چراگاه و کشاورزی بیشتر است. پوشش سرو دارای بیشترین و پوشش کشاورزی دارای کم‌ترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها می‌باشند. پوشش جنگل هم‌چنین دارای بیشترین خاکدانه‌های پایدار در آب در اندازه ۲-۱ میلی‌متر است. خاکدانه‌های در اندازه ۰/۱۵ میلی‌متر و کمتر در پوشش‌های چراگاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر پوشش‌های مختلف بر ویژگی‌های پایداری خاکدانه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش سرو با مقدار ۲/۰۳ میلی‌متر دارای بالاترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها است که در مقایسه با دیگر پوشش‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بود. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش کاج نیز با مقدار ۱/۵۰ میلی‌متر دارای مقادیر بالایی از میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها است. کمترین مقادیر پایداری خاکدانه‌ها نیز در پوشش زمین کشاورزی (۰/۴۴ میلی‌متر) و چراگاه (۰/۸۲ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش سرو دارای بیشترین خاکدانه‌های پایدار در آب در اندازه ۲ میلی‌متر (۰/۲۱ میلی‌متر) و ۱ میلی‌متر (۰/۱۱ میلی‌متر) است. پس از پوشش سرو، پوشش‌های جنگلی قرار دارند و کمترین خاکدانه‌های پایدار در آب در اندازه ۲ میلی‌متر و ۱ میلی‌متر نیز در پوشش زمین کشاورزی و چراگاه وجود دارد. خاکدانه‌های در اندازه ۰/۱۵ و کمتر از ۰/۱۵ میلی‌متر نیز در پوشش کشاورزی و چراگاه بیشتر از پوشش‌های جنگلی است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که نسبت خاکدانه‌های درشت

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارها بر واکنش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار نیستند ولی ظرفیت تبادل کاتیونی، فسفر، سدیم و پتاسیم قابل جذب و کربن آلی خاک تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش کشاورزی با مقدار ۸/۰۴ دارای بالاترین و پوشش افاقیا با مقدار ۷/۷۵ دارای پایین‌ترین مقادیر واکنش خاک بودند که تفاوت معناداری در این ویژگی در بین پوشش‌های مختلف مشاهده نشد (شکل ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که هدایت الکتریکی پوشش افاقیا با مقدار ۰/۴۰ دسی زیمنس بر متر دارای بالاترین مقدار بود که تفاوت معناداری در این ویژگی در بین پوشش‌های مختلف مشاهده نشد (شکل ۶). اسدیان و همکاران (Asadiyan et al., 2012) نیز گزارش کردند که بین پوشش پهن‌برگ (زبان‌گنجشک) و پوشش (کاج سیاه) از نظر هدایت الکتریکی تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج حاصل احتمالاً به دلیل تأثیر نوع لاشبرگ و ترشحات ریشه‌ای درختان متفاوت و نوع کود مصرفی باشد.

و کشاورزی بیشتر از جنگل است. همچنین خاکدانه‌های ریز در پوشش کشاورزی و چراگاه بیش از پوشش جنگل است. بالا بودن مقادیر این ویژگی‌ها در پوشش‌های جنگلی نسبت به پوشش‌های کشاورزی و چراگاه می‌تواند به علت بیشتر بودن توده زنده میکروبی، بقایا و ریشه گیاهان، پلی ساکاریدها و مواد هومیکی بیشتر در خاکدانه‌های درشت خاک‌های جنگلی باشد (Gholami et al., 2016). باین‌حال به نظر می‌رسد علت اصلی بالا بودن پایداری خاکدانه‌ها، شاخص پایداری خاکدانه‌ها در آب و درشت خاکدانه در پوشش جنگلی، بالا بودن میزان ماده آلی در این پوشش باشد. پایین بودن این ویژگی‌ها در پوشش‌های کشاورزی و چراگاه نیز ناشی از پایین بودن سطح کربن آلی خاک در این پوشش‌ها است (Balabane and Plante, 2004). حاج عباسی و همکاران (Hajabbasi et al., 2002) گزارش کردند که در پوشش کشاورزی با کاهش مقدار ماده آلی و همچنین شکسته شدن خاکدانه‌ها بر اثر خاک‌ورزی، خاکدانه‌ها به خاکدانه‌های ریزتر تبدیل می‌شوند. افزایش خاک‌ورزی با کاهش کربن آلی خاک سبب کاهش پایداری خاکدانه‌ها شده و پایداری ساختمان خاک را کاهش می‌دهد. همچنین پایین بودن این ویژگی‌ها در چراگاه می‌تواند در نتیجه چرای دام در چراگاه مورد بررسی باشد که باعث کاهش پوشش گیاهی و از بین رفتن ریشه قوی گیاهان که مکان تجمع و تشکیل خاکدانه‌های درشت‌تر است باشد (Gholami et al., 2016). خرمالی و همکاران (Khormali et al., 2009) در نتایجی مشابه کاهش ماده آلی و فعالیت‌های میکروبی را از دلایل کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بیان کردند. در پژوهش غلامی و همکاران (Gholami et al., 2016) گزارش شد که بیشترین درصد خاکدانه‌های درشت در پوشش جنگل و بیشترین درصد خاکدانه‌های ریز در پوشش کشاورزی مشاهده شد که هم‌سو با نتایج حاصل از این پژوهش است.

ویژگی‌های شیمیایی

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های پایداری خاکدانه‌ها در پوشش‌های مختلف

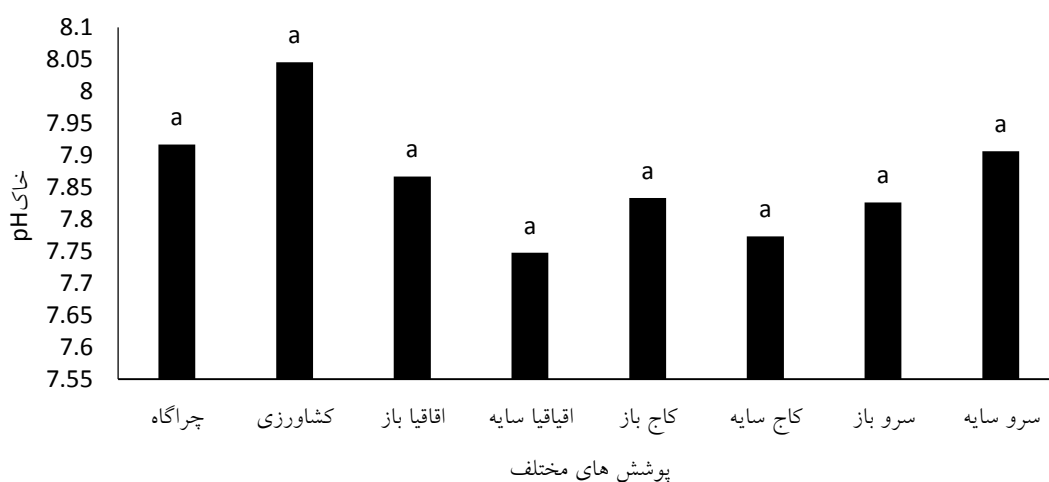
درشت خاکدانه		ریز خاکدانه		MWD میلی‌متر		WSA بر حسب میلی‌متر										نوع پوشش
گرم خاکدانه بر گرم خاک خشک						<0.15		0.15		0.25		1		2		
SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	
..	۰/۲۰ ^c	..	۰/۱۵ ^b	۰/۰۱	۰/۸۲ ^f	..	۰/۰۲ ^b	..	۰/۱۳ ^a	..	۰/۱۲ ^a	..	۰/۰۳ ^c	..	۰/۰۴ ^g	چراگاه
..	۰/۰۹ ^e	۰/۰۲	۰/۲۴ ^a	۰/۰۴	۰/۴۴ ^g	۰/۰۱	۰/۱۱ ^a	۰/۰۲	۰/۱۳ ^a	..	۰/۰۶ ^c	..	۰/۰۱ ^d	..	۰/۰۲ ^f	کشاوری
..	۰/۱۷ ^d	۰/۰۱	۰/۱۶ ^b	۰/۰۱	۱/۰۱ ^e	..	۰/۰۲ ^b	..	۰/۱۴ ^a	..	۰/۰۲ ^d	..	۰/۰۹ ^a	..	۰/۰۵ ^e	اقاقیا (باز)
..	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۰۱	۰/۰۸ ^c	۰/۰۳	۱/۲۷ ^d	۰/۰۱	۰/۰۴ ^b	..	۰/۰۴ ^b	..	۰/۰۶ ^c	..	۰/۰۵ ^c	..	۰/۰۷ ^e	اقاقیا (سایه)
۰/۰۱	۰/۲۰ ^c	۰/۰۱	۰/۰۵ ^c	۰/۰۸	۱/۲۳ ^d	..	۰/۰۲ ^b	..	۰/۰۲ ^c	..	۰/۱۰ ^b	۰/۰۱	۰/۰۴ ^c	..	۰/۰۶ ^d	کاج (باز)
۰/۰۱	۰/۲۸ ^{ab}	۰/۰۱	۰/۰۶ ^c	۰/۰۶	۱/۵۰ ^c	..	۰/۰۲ ^b	..	۰/۰۴ ^b	..	۰/۰۹ ^b	..	۰/۰۶ ^b	..	۰/۱۱ ^c	کاج (سایه)
۰/۰۱	۰/۳۰ ^{ab}	۰/۰۲	۰/۰۷ ^c	۰/۱۳	۱/۸۰ ^b	..	۰/۰۱ ^b	۰/۰۲	۰/۰۵ ^b	..	۰/۰۳ ^d	..	۰/۱۱ ^a	..	۰/۱۵ ^b	سرو (باز)
..	۰/۳۶ ^a	..	۰/۰۶	۰/۰۷	۲/۰۳ ^a	..	۰/۰۲ ^b	۰/۰۱	۰/۰۴ ^b	..	۰/۰۳ ^d	۰/۰۱	۰/۰۷ ^b	..	۰/۲۱ ^a	سرو (سایه)

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

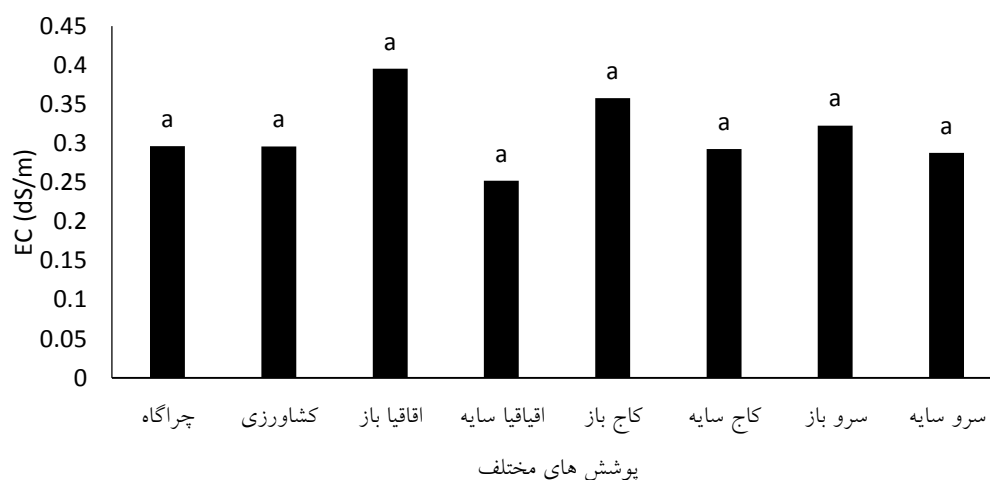
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Na mg/kg	K mg/kg	OC درصد	P mg/kg	CEC Cmol ⁺ /kg	EC ds/m	pH	درجه آزادی	منابع تغییرات
**۵۶/۵۵	**۳۳۷۵۰/۴	**۱۵/۳۷	**۲۰۶/۰۷	**۰/۰۲	^{ns} ۰/۰۰۵	^{ns} ۰/۰۲	۷	نوع خاک
۰/۵۵	۵۱۷/۴	۰/۰۲	۳/۵۰	۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۱۶	خطا

اختلاف معنی‌دار نیست. ns به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و * و **



شکل ۵- مقایسه میانگین واکنش خاک در پوشش‌های مختلف



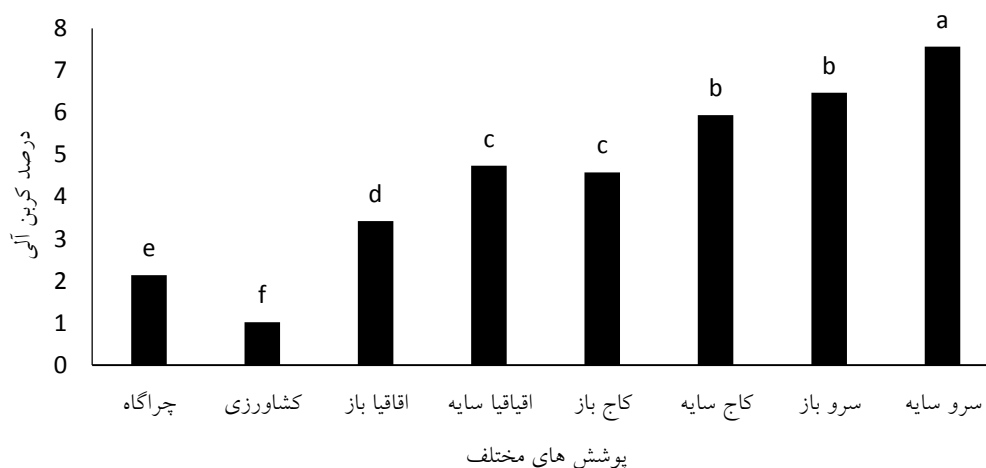
شکل ۶- مقایسه میانگین قابلیت هدایت الکتریکی خاک در پوشش‌های مختلف

خاک در اراضی کشاورزی نیز می‌تواند ناشی از اضافه کردن کود به این اراضی باشد. در پژوهش رسولی -

عدم تغییرات این ویژگی احتمالاً ناشی از ظرفیت بافتری زیاد خاک باشد. همچنین بالا بودن جزئی واکنش

سوزنی برگ و پهن برگ بررسی کردند و اختلاف معنی-داری در واکنش خاک تحت پوشش‌های کاج (سوزنی-برگ) و غان (پهن برگ) مشاهده نکردند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که خاک سایه‌انداز پوشش سرو با مقدار (۷/۵۶ درصد) دارای بالاترین مقدار کربن آلی خاک بود که در مقایسه با خاک دیگر پوشش‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بود. کمترین مقدار کربن آلی خاک نیز در خاک زمین کشاورزی با مقدار (۱/۰۴ درصد) مشاهده شد (شکل ۷).

صدقیانی و همکاران (Rasouli-Sadaghiani et al., 2018) نیز واکنش خاک زیر پوشش زراعی و مرتعی بالاتر از خاک زیر پوشش جنگلی بود. در پژوهش جمشیدی نیا و همکاران (Jamshidnia et al., 2016) مشخص شد که پوشش پهن برگ (بادام کوهی) و پوشش سوزنی برگ (کاج بروسیا و سرو نقره‌ای) از نظر واکنش خاک تفاوت معناداری را نشان ندادند. همچنین آلریکسون و آلریکسون (Alriksson and Eriksson, 1998) نیز مقدار واکنش خاک را در خاک جنگلی توده‌های ۲۷ ساله



شکل ۷- مقایسه میانگین کربن آلی خاک در پوشش‌های مختلف

پژوهشی چیس و سینگ (Chase and Singh, 2014) گزارش کردند که پایین بودن میزان کربن آلی در پوشش‌های پهن برگ می‌تواند ناشی از سرعت بالای معدنی شدن محتوای ماده آلی خاک در این گونه‌ها باشد.

در مقایسه با پوشش‌های جنگلی پایین بودن مقدار کربن آلی در اراضی کشاورزی و چراگاه می‌تواند به علت عدم افزودن بسترهایی مانند لاشبرگ و ریشه درختی باشد که زمینه افزایش محتوای عناصر غذایی خاک را فراهم می‌کند (Ozgoz et al., 2013) که این امر باعث افزایش میزان فرسایش (Biro et al., 2013) و از بین رفتن مواد آلی و عناصر خاک می‌شود (Saha and Barua and Haque, 2015) و عمل تخریب خاک (Kukul, 2015) را تسریع می‌کند. این روند در طی زمان منجر به

در این پژوهش بالا بودن مقدار کربن آلی در سوزنی‌برگان در مقایسه با پهن برگان می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که لاشبرگ سوزنی‌برگان حاوی موادی با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر است که عمل تجزیه این مواد با سرعت کمتری در محیط خاک انجام-شده و مدت بیشتری در خاک باقی‌مانده و باعث می‌شود این پوشش درختی مقادیر بالاتری از کربن را در مقایسه با پهن برگان نشان می‌دهد (Kooch and Parsapoor, 2016). با این حال بالا بودن میزان کربن آلی در سوزنی‌برگان تنها به دلیل نسبت کربن به نیتروژن نیست؛ بلکه بالا بودن مواد فنلی، لیگنین و صمغ‌ها در این نوع پوشش باعث تجزیه کند لاشبرگ در این پوشش شده و در نهایت موجب تجمع کربن آلی در چنین جنگلهایی نسبت به جنگل‌های پهن برگ می‌گردد. در

بالاترین بودند که در مقایسه با دیگر کاربری‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بودند. کمترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی نیز در خاک کاربری کشاورزی با مقدار (۱۱/۱۷ سانتی مول بر کیلوگرم) و پوشش چراگاه با مقدار (۱۷ سانتی مول بر کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۸).

بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی می‌تواند ناشی از ماده آلی بالا در پوشش‌های جنگلی باشد که بر میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تأثیرگذار است. افزایش این ویژگی می‌تواند ناشی از تغییرات ماده آلی خاک باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی مرتبط با محتوای مواد آلی خاک است، بنابراین میزان بالای ظرفیت تبادل کاتیونی در پوشش‌های درختی می‌تواند با حضور ماده آلی بالا قابل توضیح باشد (Atashnama et al., 2018). نتایج این پژوهش مطابق با یافته‌های پژوهش‌گران دیگر است که نشان می‌دهند که خاک‌های محتوی ماده آلی بیشتر دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری نیز هستند و بالعکس (Atashnama et al., 2018).



شکل ۸- مقایسه میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در پوشش‌های مختلف

نتایج نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک تحت پوشش جنگلی به دلیل دارا بودن چرخه عناصر غذایی در مقایسه با کاربری کشاورزی که در این اراضی عناصر غذایی پایه در اثر کشت و کار و خاک‌ورزی از محیط خاک حذف می‌شوند، بیشتر است

کاهش باروری و حاصلخیزی خاک شده و به از بین رفتن فعالیت و تنوع بیولوژیک خاک می‌انجامد (Yao et al., 2010). افزایش تهویه ناشی از خاک‌ورزی خاک، سوزاندن بقایای محصول، افزایش فرسایش آبی و چرای دام نیز می‌تواند از دیگر عوامل پایین بودن محتوای کربن آلی در کاربری کشاورزی نسبت به دیگر پوشش‌ها باشد (Mullar-Harvey et al., 1985). کربن آلی در زمین کشاورزی پایین‌ترین از پوشش جنگلی بود. در چراگاه هم احتمالاً به دلیل چرای بی‌رویه دام، پوشش گیاهی عمدتاً تخریب شده که در نهایت می‌تواند به کاهش کربن آلی خاک منجر گردد. به‌طور کلی، کاربری کشاورزی حاوی ماده آلی کمتری هستند و این منجر به ضعف ساختمان خاک و مقادیر کمتری از ریزجانداران در خاک می‌شود (Błońska et al., 2017).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که از نظر مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک جنگل اقاچیا با مقدار (۲۹/۸ سانتی مول بر کیلوگرم)، خاک جنگل سرو با مقدار (۲۶/۹ سانتی مول بر کیلوگرم) و خاک جنگل کاج با مقدار (۲۶/۶ سانتی مول بر کیلوگرم)، دارای

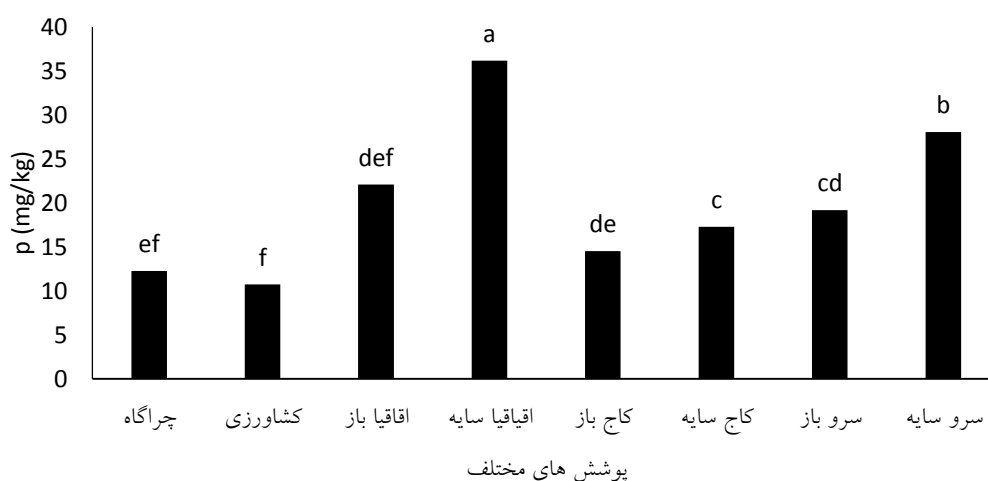
نتایج نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک تحت پوشش جنگلی به دلیل دارا بودن چرخه عناصر غذایی در مقایسه با کاربری کشاورزی که در این اراضی عناصر غذایی پایه در اثر کشت و کار و خاک‌ورزی از محیط خاک حذف می‌شوند، بیشتر است

بالتر در اندام‌های برگ و ریشه هستند که به‌طور غیرمستقیم می‌تواند محتوای عناصر غذایی موجود در خاک را پس از ریزش برگ افزایش می‌دهد (Yang et al., 2018). احتمالاً فسفر خاک در زمین‌های کشاورزی به مصرف گیاه رسیده و در خاک باقی نمی‌ماند ولی لاشبرگ درختان جنگلی به‌صورت دست‌نخورده باقی‌مانده و پس از تجزیه وارد خاک می‌شود. از طرفی احتمالاً به دلیل قیمت بالای کودهای شیمیایی کود فسفره کمتری نسبت به کودهای شیمیایی دیگر استفاده شده است.

همچنین مواد آلی در پوشش سوزنی‌برگ برای معدنی شدن سخت تجزیه بوده و بنابراین سطح عناصر غذایی در این خاک‌ها پایین‌تر است (Nsabimana et al., 2008). طبق گفته هاگن- تورن و همکاران (۲۰۰۴) پوشش‌های سوزنی‌برگ تمایل بیشتری به جذب فسفر در اندام‌های درختی خود دارند که کاهش غلظت عناصر غذایی در خاک را نسبت به پوشش‌های پهن‌برگ می‌تواند در پی داشته باشد (Kooch and Parsapoor, 2016).

دلیل چرای بی‌رویه دام، ماده آلی کاهش می‌یابد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های جنگلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های چراگاه و زراعی است و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های چراگاه نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های زراعی است.

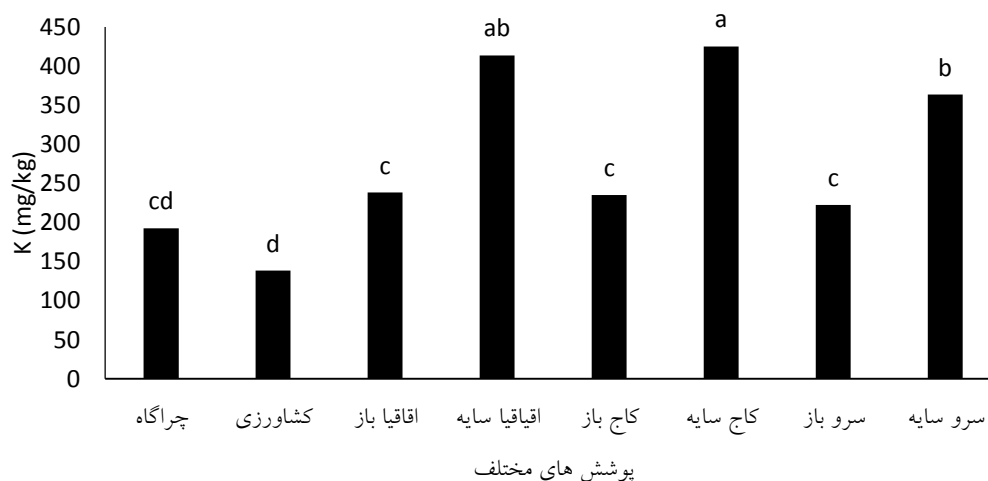
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش افاقیا با مقدار ۳۶/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای بالاترین مقدار فسفر خاک است که در مقایسه با دیگر پوشش‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش سرو نیز با مقدار ۲۸/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای مقادیر بالایی از فسفر قابل‌جذب است. کمترین مقادیر فسفر نیز در پوشش زمین کشاورزی (۱۱/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و چراگاه (۱۳/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۹). پوشش پهن‌برگ و سوزنی‌برگ باعث افزایش معناداری در محتوای فسفر خاک شدند. تأثیر پوشش پهن‌برگ در افزایش محتوای فسفر خاک بیش از پوشش سوزنی‌برگ بود. در مقایسه با سوزنی‌برگان، پوشش پهن‌برگ دارای سرعت رشد



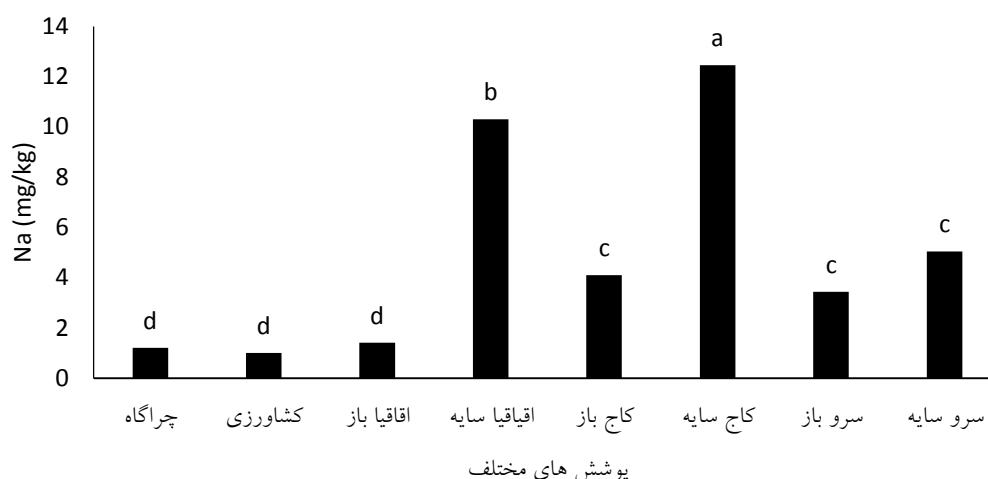
شکل ۹- مقایسه میانگین فسفر خاک در پوشش‌های مختلف

بالا بودن سطح پتاسیم و سدیم خاک در بین سوزنی‌برگان و پهن‌برگان را می‌توان به دلیل پویایی و فعال بودن این عناصر در چرخه این درختان دانست. همچنین بالا بودن سطح این عناصر در سایه‌انداز درختان در مقایسه با محیط باز ممکن است به دلیل کاهش فرسایش خاک در این نواحی باشد (Shabanian et al., 2010). همچنین می‌توان آن را ناشی از سطح بالای ماده آلی در این خاک‌ها قلمداد کرد. سطح پایین‌تر محتوای پتاسیم و سدیم در سرو نیز در مقایسه با کاج و اقاویا می‌تواند به دلیل سختی مواد آلی این درختان و کمتر بودن سرعت تجزیه لاشبرگ درختان سرو باشد. همچنین طبق گفته هاگن -تورن و همکاران (Hagen-Thorn et al., 2004) برخی از پوشش‌های سوزنی‌برگ تمایل به جذب کاتیون‌های تک‌ظرفیتی در اندام‌های درختی خود دارند که در نتیجه کاهش غلظت این عناصر غذایی در خاک نسبت به پوشش‌های پهن‌برگ می‌تواند به این دلیل باشد (Kooch and Parsapoor, 2016).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش کاج با مقدار (۴۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم)، پوشش اقاویا با مقدار (۴۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پوشش سرو با مقدار (۳۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم)، دارای بالاترین محتوای پتاسیم محلول خاک بودند که در مقایسه با دیگر پوشش‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بودند. کمترین مقدار پتاسیم محلول خاک نیز در پوشش زمین کشاورزی با مقدار (۱۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پوشش چراگاه با مقدار (۱۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۱۰). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پوشش کاج با مقدار (۱۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پوشش اقاویا با مقدار (۱۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) دارای بالاترین محتوای سدیم محلول خاک بودند که در مقایسه با دیگر پوشش‌ها از تفاوت معنادار برخوردار بودند. کمترین مقدار سدیم محلول خاک نیز در پوشش زمین کشاورزی با مقدار (۱/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین محتوای پتاسیم خاک در پوشش‌های مختلف



شکل ۱۱- مقایسه میانگین محتوای سدیم خاک در پوشش های مختلف

کاربری نسبت به کاربری کشاورزی می‌گردد. همچنین به علت پایین بودن درصد پوشش گیاهی در چراگاه، پتاسیم و سدیم خاک توسط گیاه نیز کمتر به مصرف می‌رسد و در نتیجه در افزایش مقدار این عناصر در خاک دخالت دارد (Pichand, 2017). در پژوهش رسولی صدقیانی و همکاران (Rasouli-Sadaghiani et al., 2018) به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای سدیم خاک در کاربری کشاورزی و چراگاه مشاهده شد. آن‌ها اضافه کردن کودهای شیمیایی به خاک را دلیل این افزایش در مقایسه با پوشش جنگلی گزارش کردند که در تضاد با یافته‌های این پژوهش است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که درختان سوزنی-برگ تأثیر بیشتری در پایداری خاکدانه‌ها و درشتی آن‌ها دارند. بیشترین کربن آلی خاک در پوشش سوزنی‌برگ مشاهده شد. بالا بودن مقدار کربن آلی در سوزنی‌برگان در مقایسه با پهن برگان می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که لاشبرگ سوزنی‌برگان حاوی موادی با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر است که عمل تجزیه این مواد با سرعت کمتری در محیط خاک انجام شده و مدت بیشتری در خاک باقی‌مانده و باعث می‌شود این پوشش درختی مقادیر بالاتری از کربن را

در این پژوهش نتایج نشان داد که بین میزان پتاسیم و سدیم در پوشش‌های چراگاه و کشاورزی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. بیشترین مقدار پتاسیم و سدیم خاک در پوشش چراگاه مشاهده شد. فقدان پوشش گیاهی و وقوع فرسایش آبی فراوان در اراضی کشاورزی را می‌توان از دلایل عمده و مهم تلفات پتاسیم و سدیم در این پوشش نسبت به خاک چراگاه و دیگر پوشش‌ها برشمرد (Pichand, 2017). هم‌چنین مقدار پایین‌تر پتاسیم و سدیم در پوشش کشاورزی ممکن است مربوط به کشت شدید و تخلیه کاتیون‌های پایه در طی برداشت محصول و عدم جایگزینی کاتیون‌های پایه از طریق کوددهی مناسب باشد که باعث تخلیه کاتیون‌های پایه از خاک می‌شود (Fayissa et al., 2015).

در کاربری چراگاه بالا بودن مقدار پتاسیم و سدیم خاک را می‌توان اثر مثبت دام بر موجودی محتوای پتاسیم و سدیم خاک از طریق تردد دام و فضولات دامی دانست که قسمت عمده عناصر موجود در علوفه خورده شده توسط دام از طریق فضولات دامی به محیط بازگردانده می‌شود و این امر منجر به افزایش محتوای پتاسیم و سدیم قابل‌جذب در این

بیشتر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های زراعی است. در منطقه بیستون جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ و به‌خصوص سوزنی‌برگ باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت به پوشش‌های کشاورزی و چراگاه شده است که می‌تواند وابسته به انباشتگی لاشبرگ فراوان و خاستگاه کربن آلی برای ریز جانداران در این پوشش‌ها باشد.

در مقایسه با پهن‌برگان نشان می‌دهد این امر در نهایت موجب افزایش ماده آلی خاک می‌شود. علت اصلی پایین بودن مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک کشاورزی و چراگاه نسبت به جنگل، ناشی از محتوای پایین‌تر کربن آلی در این خاک‌ها است. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های جنگلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های چراگاه و زراعی است و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های چراگاه نیز به‌طور معنی‌داری

منابع مورد استفاده

- Agusto, L. Jacqu, R. Binkely, D. and Rothe, A. (2002). Impact of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59: 233-253.
- Ajami, M. 2007. Soil quality attributes micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su wastershed. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 191p. (In Persian).
- Alban, D.H. and Pastor, J. (1993). Decomposition of aspen, spruce, and pine boles on two sites in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research*, 23(9): 1744-1749.
- Alriksson, A. and Eriksson, H.M. (1998). Variations in mineral nutrient and distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. *Forest Ecology and Management*, 108: 261-273.
- Asadiyan, M. Hojjati, M. Pormajidian, M. Fallah, A. (2012). Biodiversity and soil properties in Pine (*Pinus nigra Arnold.*) and Ash (*Fraxinus excelsior L.*) plantations (Case study: Alandan Forest, Sari). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(2): 312-299. (In Persian)
- Atashnama, K. Golchin, A. and Mousavi Koupar, A. (2018). Soil properties, labile pools of soil organic carbon and their variations under broadleaf and coniferous plantation in Hyrcanian forest, northern Iran. *Environmental Resources Research*, 6(2): 118-138.
- Bagheri, H. Attarod, P. Etemad, V. Sharafieh, H. Ahmadi, M. Bagheri, M. (2011). Rainfall interception loss by *Cupressus arizonica* and *Pinus eldarica* in an arid zone afforestation of Iran (Biyarjomand, Shahroud). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(2): 325-314. (In Persian).
- Bakhshipour, R. Ramezanpour, H. and Lashkarboluki, E. 2013. Studying the effect of *Pinus taeda* and *Populus sp.* plantation on some forest soils properties (Case study: Fidareh of Lahidjan). *Iranian Journal of Forest*, 4(4): 321-332. (In Persian)
- Balabane, M. and Plante, A.F. (2004). Aggregation and carbon storage in silty soil using physical fractionation techniques. *European Journal of Soil Science*, 55: 415-427.
- Barua, S.K. and Haque, N.S. (2013). Soil characteristics and carbon sequestration potentials of vegetation in the degraded hills of Chittagong, Bangladesh. *Land Degradation and Development*, 24: 63-71.

- Biro, K. Pradhan, B. Muchroithner, M. and Makeschin, F. (2013). Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. *Land Degradation and Development*, 24: 90-102.
- Błońska, E. Lasota, J. and Zwyczaj, M. (2017). The relationship between soil properties, enzyme activity and land use. *Forest Research Papers*, 78(1): 39-44.
- Chase, P. and Singh, O.P. (2014). Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma. Nagaland Forest Department, 4: 181-189.
- DeBano, L.F. Neary, D.G. and Ffolliott, P.F. 1998. Fire's effects on ecosystems. New York: John Wiley and Sons, Inc. p 333.
- Estefan, G. Sommer, R. and Ryan, J. 2013. Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- Fayissa, A. Ababaew, A. and Chimdi, A. (2015). Effects of different land uses (forest, grazing and cultivated) on the fertility status of acidic soils of Dano district, West Shoa zone, Oromia region, Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 10(4): 235-242.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
- Gholami, L. Davari, M. Nabiollahi, K. and Joneidi Jafari, H. (2016). Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 5(3): 13-27. (In Persian)
- Ghorbanzadeh N. Pourbabaei H. Salehi A. Soltani Tolarood A.A. and Alavi S.J. (2018). Investigation of the microbial and soil invertebrates biodiversity indices of hard wood and soft wood plantations in west of Guilan province. *Applied Soil Research*, 6 (3): 1-12. (In Persian).
- Gillespie, L.M. Hättenschwiler, S. Milcu, A. Wambsgans, J. Shihan, A. and Fromin, N. (2021). Tree species mixing affects soil microbial functioning indirectly via root and litter traits and soil parameters in European forests. *Functional Ecology*, 35(10): 2190-2204.
- Gil-Sotres, F. Trasar-Cepeda, C. Leiros, M.C. and Seoane, S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 877-887.
- Hagen-Thorn, A. Callesen, I. Armolaitis, K. and Nihlgard, B. (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: 373-384.
- Haghverdi, K. (2017). The effect of Tree covers on soil microbiological indices and CO₂ emission. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(4): 63-81. (In Persian)
- Hajabbasi, M. Jalalian, A. Khajedin, J. and Karimzadeh, H. (2002). Depasturation effects on physical characteristics, fertility, and index of Soil: A case study of Boroojen. *Journal of Water and Soil Science*, 6 (1): 149-161. (In Persian)
- Jamshidnia, Z. Abrari Vajari, K. Sohrabi, A. and Veiskarami, G. (2016). Flora and plant species diversity in coniferous and deciduous plantations (Case study: plantation of Remela, Lorestan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(2): 259-249. (In Persian)

- Khormali, F. Ajami, M. Ayoubi, S. Srinivasarao, Ch. and Wani, S.P. (2009). Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess- derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134: 178-189.
- Kooch Y. and Parsapoor M.K. (2016). The effects of broad and needle-leaved forest covers on soil microbial indices. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(2): 195-210.
- Laganiere, J. Angers, D. A. and Pare, D. (2010). Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 16(1): 439-453.
- Lange, M. Eisenhauer, N. Sierra, C.A. Bessler, H. Engels, C. Griffiths, R.I. and Gleixner, G. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, 6(1): 1-8.
- Le Bissonnais, Y. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47: 425-437
- Li, H.L. Han, Y. Roelcke, M. and Cai, Z.C. (2008). Net nitrogen mineralization in typical paddy soils of the Taihu Region of China under aerobic conditions: dynamics and model fitting. *Canadian Journal of Soil Science*, 88(5): 719-731.
- Matin Kia, M. Pilehvar, B. and Matin Far, H. (2009). The effect of afforestation with coniferous and broad-leaf species on some chemical and physical properties of soil (case study: Forest Park of Durood city). *Natural Ecosystems of Iran*, 2 (2): 89-97. (In Persian)
- Moraghebi, F. Matinizadeh, M. Khanjani, S.B. Teimouri, M. and Afdideh, F. (2012). Seasonal variation of urease and alkaline phosphatase activity in natural and artificial habitats of hazel. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(14): 2714-2720.
- Mullar-Harvey, I. Juo, A.S.R. and Wilde, A. (1985). Soil C, N and P after forest clearance: mineralization rates and spatial variability. *Journal of Soil Science*, 36: 585-591.
- Nsabimana, D. Klemmedtson, L. Kaplin, B.A. and Wallin, G. (2008). Soil carbon and nutrient accumulation under forest plantations in southern Rwanda. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2(6): 142-149.
- Ozgoz, E. Gunal, H. Acir, N. Gokmen, F. Birol, M. and Budak, M. (2013). Soil quality and spatial variability assessment of land use effects in a tipchaplustoll. *Land Degradation and Development*, 24: 277-286.
- Pichand, M. (2017). The effect of grassland conversion to the other agricultural uses on some soil physico-chemical properties (Case Study: Watershed Basin of Amameh). *Natural Ecosystems of Iran*, 8(1): 99-122. (In Persian)
- Puladi, N. Delavar, A. Golchin, A. and Mosavi Koper, A. (2012). Effect of plantation on soil quality indicators and carbon sequestration in Safrabasteh Poplar Research Station in Guilan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(1): 84-95. (In Persian)
- Puladi, N. Delavar, M. Golchin, A. and Koper, A. (2013). Effect of alder and poplar plantation on soil quality and carbon sequestration (A case study: Safrabasteh Poplar Experimental Station). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 286-299. (In Persian)
- Rasouli-Sadaghiani, M.H. Barin, M. Siavash Moghaddam, S. Damalas, C.A. and Ghodrat, K. (2018). Soil quality of an Iranian forest ecosystem after conversion to various types of land use. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8): 1-9.

Ren, C. Wang, T. Xu, Y. Deng, J. Zhao, F. Yang, G. and Ren, G. (2018). Differential soil microbial community responses to the linkage of soil organic carbon fractions with respiration across land-use changes. *Forest Ecology and Management*, 409: 170-178.

Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. In: Page A.L. Miller R.H. and Keeney D.R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Mineralogical Properties* (2nd ed.). Agronomy series No.9. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 167-179.

Saha, D. and Kukal, Z.P. (2015). Soil structural stability and water retention characteristics under different land uses of degraded 5 lower Himalayas of north-West India. *Land Degradation and Development*, 26: 263-271.

Shabaniyan, N. Heydari, M. and Zeinivand, M. (2010). Effect of afforestation with broad leaved and conifer species on herbaceous diversity and some physicochemical properties of soil (Case study: Dushan afforestation - Sanandaj). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(3): 446-437. (In Persian)

Vesterdal, L. Clarke, N. Sigurdsson, B. D. and Gundersen, P. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.

Walkley, A. and Black, I.A. 1(974). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1): 29-38.

Yang, N. Ji, L. Yang, Y. and Yang, L. (2018). The influence of tree species on soil properties and microbial communities following afforestation of abandoned land in northeast China. *European Journal of Soil Biology*, 85: 73-78.

Yao, M.K. Angui, P.K.K. Konate, S. Tondoh, J.E. Tano, Y. Abbadie, L. and Benest, D. (2010). Effects of land use types on soils organic carbon and nitrogen dynamics in mid-west cote d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 40: 211-222.

Zheng, X. Wei, X. and Zhang, S. (2017). Tree species diversity and identity effects on soil properties in the Huoditang area of the Qinling Mountains, China. *Ecosphere*, 8(3), e01732.