Research Article

Agricultural Engineering., 48(4) (2025) 627- 645 ISSN (P): 2588-526X

DOI: 10.22055/agen.2026.51321.1795 ISSN (E): 2588-5944

The Effect of Land-Use Change from Forest to Paddy Field and Kiwi Orchard on Some Soil Properties (Case Study: Research Lands of University of Guilan)

Z. Manawi[1], N. Yaghmaeian [2*], S. Abrishamkesh [3] and E. Amini[4]

1. MSc student, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
2. Associated Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
4. Ph.D student, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

Received: 12 December 2025 Accepted: 6 March 2026 *Corresponding Author: yaghmaeian_na@guilan.ac.ir

Abstract

Introduction: Land-use change in natural landscapes to agricultural lands is currently a major global concern. Land-use change and agricultural development can lead to soil degradation, erosion, and a reduced soil quality. Agricultural activity, especially rice cultivation and kiwi orchards, is the primary cause of destruction of natural forests in Guilan province .Therefore, due to the environmental importance of forests and the increased risk of degradation and land-use change, this research aimed to investigate the effects of converting forest land to paddy fields (35 years) and to kiwi orchards (7 and 14 years) on some soil physical and chemical properties.

Materials and Methods: Soil samples were collected from two depths (0-20 cm and 20-40 cm) from each land use, including forest, paddy fields, and kiwi orchards (7 and 14 years), with the same parent material. Soil samples were prepared in two categories: the disturbed soil and the undisturbed ones. After becoming air drying, the disturbed samples were sieved by a 2 mm sieve. Soil properties such as soil texture, bulk density, mean weight diameter of aggregates (MWD), pH, electrical conductivity, soil organic carbon, calcium carbonate equivalent, total nitrogen (N), available metals such as potassium (K), phosphorous (P), zinc (Zn) and Fe also were measured. Also the sensitivity index (SI) and stratification ratio (SR) were calculated. This research was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with two factors: land-use (at four levels) and depth (at two levels). Statistical analysis was used by SAS software version 9.4. All soil properties were tested using one-way analysis of variance and the differences among means were analyzed using Tukey's test at a 5% probability level.

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion: The effect of land-use on clay, sand, MWD, pH, calcium carbonate equivalent, and available K was significant. The highest amounts of sand, pH, calcium carbonate equivalent, and available K were observed in the 14 years kiwi orchard, whereas the highest contents of clay and MWD were found in the paddy fields and the forest, respectively. MWD, calcium carbonate equivalent, electrical conductivity, organic carbon, total N, available P, K, and Zn decreased significantly with increasing depth, while the clay percentage increased with depth. Forest exhibited the highest total N content, and the 14 years kiwi orchard showed the highest available P content in both topsoil and subsoil. The highest available Zn content in the topsoil was also associated with the 14 years kiwi orchard. Among the soil properties, the highest SI in the surface depth of the paddy field was related to total N, and in the kiwi orchards, it was related to the MWD.

Conclusion: The results of SI and SR showed that the soil degradation due to land-use change of forest to paddy fields was greater than that of kiwi orchards. The greater sensitivity of total N to land-use change in the topsoil and subsoil indicates that this soil property can potentially reflect long-term changes in soil conditions resulting from the conversion of forest to agricultural land. Therefore, considering the sensitivity of soil properties to forest degradation, preventing land-use change is necessary for sustainable soil management in the study area.

Keywords: Land-use change, Paddy fields, Kiwi orchard, Soil properties, Sensitivity index, Stratification ratio

مقاله پژوهشی

تاثیر تغییر کاربری جنگل به شالیزار و باغ کیوی بر برخی ویژگی‌های خاک (مطالعه موردی: اراضی تحقیقاتی دانشگاه گیلان)

ذکریا معنوی[۱]، نفیسه یغمائیان[*۲]، سپیده ابریشم‌کش[۳] و الهه امینی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران
۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران
٤- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۱

پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵

کلمات کلیدی:
تغییر کاربری،
شالیزار،
باغ کیوی،
ویژگی‌های خاک،
شاخص حساسیت،
نسبت لایه‌بندی ،

* عهده دار مکاتبات
Email: yaghmaeian_na@guilan.ac.ir

چکیده

رشد جمعیت و فرصت‌های اقتصادی باعث تغییر کاربری اراضی، تخریب و تبدیل جنگل‌ها به کشاورزی در سراسر جهان شده و حاصلخیزی خاک و ویژگی‌های آن را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های خاک، کاربری‌های جنگل، شالیزار و باغات کیوی ۷ و ١٤ ساله در اراضی دانشگاه گیلان انتخاب شدند. در هر کاربری نمونه‌برداری مرکب خاک به طور کاملا تصادفی از دو عمق ۲۰-۰ و ٤٠-۲۰ سانتی‌متری انجام گرفت. ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات، میانگین وزنی قطر خاکدانه، جرم مخصوص ظاهری، اسیدیته خاک، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی خاک، کربنات‌کلسیم معادل، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم،آهن و روی قابل استفاده با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و شاخص حساسیت و نسبت لایه‌بندی محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی بررسی گردید. نتایج نشان‌داد که بیش‌ترین مقدار شن، اسیدیته خاک، کربنات‌کلسیم معادل و پتاسیم قابل استفاده در باغ کیوی و بیش‌ترین مقدار رس و میانگین وزنی قطر خاکدانه به‌ترتیب در کاربری شالیزار و جنگل مشاهده شد. کاربری جنگل بیش‌ترین مقدار نیتروژن کل (به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۲۱ درصد) و باغ کیوی ١٤ ساله بیش‌ترین مقدار فسفر قابل استفاده (به‌ترتیب ٢٦/٢٤ و ١١/٨٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در هر دو عمق سطحی و زیرسطحی را دارا بود. بیش‌ترین مقدار روی قابل استفاده (٦/٧٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خاک سطحی نیز مربوط به باغ کیوی ١٤ ساله بود. نتایج شاخص حساسیت و نسبت لایه‌بندی نشان داد که تخریب کیفیت خاک در اثر تغییرکاربری جنگل به شالیزار نسبت به باغ کیوی بیش‌تر بوده است. در بین ویژگی‌های خاک بیش‌ترین شاخص حساسیت در عمق سطحی شالیزار مربوط به نیتروژن کل و در باغات کیوی مربوط به میانگین وزنی قطر خاکدانه بود. بنابراین با توجه به حساسیت خاک به تخریب ناشی از تغییر کاربری جنگل، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی از اقدامات ضروری به منظور مدیریت پایدار خاک در منطقه مورد مطالعه به شمار می رود.

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی و بستر رشد گیاهان است که نقش مهمی در پایداری اکوسیستم‌ها دارد. تغییرکاربری اراضی در اثر رشد روزافزون جمعیت و فرصت‌های اقتصادی سبب دخالت انسان در تغییرات اکوسیستم‌های طبیعی [۵۹] و تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی در سراسر جهان شده‌است [۴]. با توجه به تخریب محیط زیست و تغییرات اقلیمی جهانی، تغییر در کاربری اکوسیستم‌های طبیعی و تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی در حال حاضر یکی از نگرانی‌های اصلی در مقیاس جهانی است. به گزارش فائو (۲۰۲۵) میزان تخریب و تغییر کاربری جنگل‌ها در جهان، ۱۱ میلیون هکتار در سال برآورد شده است [۲۷]. متداول‌ترین تغییر کاربری به شکل تغییر کاربری جنگل به مرتع، زراعت و باغ صورت می‌گیرد [۱۰, ۵۲]. تغییر کاربری از رویشگاه جنگلی به اراضی کشاورزی اثر قابل توجهی بر کیفیت بقایای گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در چهار قرن گذشته حدود ۳۰ درصد از اراضی جنگلی و مراتع طبیعی دنیا به چراگاه‌های دام و زمین کشاورزی تبدیل شده‌اند که این امر منجر به بروز تغییراتی قابل توجه در ویژگی‌های خاک شده است [۳۰]. بنابراین شناخت ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک که جزء مولفه‌های بسیار مهم اکوسیستم هستند، به عنوان راهکاری مهم برای مطالعه‌ی اثر تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی معرفی شده‌اند [۲۶, ۵۰].

خاکی‌پور[1] (۲۰۲۴) با بررسی سه کاربری جنگل طبیعی، باغ چای و شالیزار با شرایط یکسان از نظر شیب و مواد مادری در اراضی جنوب لاهیجان، بیش‌ترین مقدار کربن آلی و کم‌ترین میزان اسیدیته را برای خاک‌های جنگلی و افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها را در باغات چای و شالیزار گزارش کرد [۳۳]. پژوهش برومند و همکاران[2] (۲۰۱۴) با بررسی اثر تغییر اراضی جنگلی به اراضی زراعی دیم (کلزا)، شالیزار و باغ مرکبات بر برخی ویژگی‌های خاک در منطقه شرق شهرستان ساری نشان داد که تغییر کاربری جنگل، موجب افزایش اسیدیته، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی و کاهش ظرفیت نگهداشت آب و کربن آلی خاک شده‌است [۱۶]. ساها و کوکال[3] (۲۰۱۵) با بررسی تاثیر تغییر کاربری‌های مرتع و جنگل به اراضی کشاورزی و زمین‌های فرسایش‌یافته در شمال غربی هند، تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک به دلیل تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به سیستم‌های کشاورزی و افزایش خطرات فرسایش در مناطق پایین‌دست را گزارش کردند؛ به‌گونه‌ای که این امر موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش مواد آلی، تخلخل درشت و احتباس آب در خاک شده‌است [۶۰]. در مقابل، آگنا و آبگز[4] (۲۰۱۶) با بررسی سه کاربری جنگلی، مرتع و زراعی در اتیوپی، مقادیر بیش‌تر شن و سیلت، ماده آلی خاک، نیتروژن کل، اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی و کلسیم قابل استفاده در اراضی جنگلی و مقادیر بیش‌تر رس، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در اراضی زراعی را گزارش کردند [۱]. نتایج پژوهش ازمیر و همکاران[5] (۲۰۲۳) با هدف ارزیابی تأثیر کاربری زمین (جنگل طبیعی، مرتع، کشاورزی) و عمق خاک بر ویژگی‌های خاک در شمال غربی اتیوپی نشان‌داد که اکثر ویژگی‌های خاک تحت تاثیر این دو عامل قرار گرفته‌اند. آن‌ها بیش‌ترین مقدار رس، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، نیتروژن کل و ظرفیت تبادل کاتیونی را در خاک جنگل طبیعی و کم‌ترین مقادیر همین پارامترها را در زمین‌های کشاورزی گزارش کردند [۸].

1- Khakipour

2- Boroumand *et al.*
3- Saha and Kukal
4- Adugna, and Abegaz
5- Asmare *et al.*

نسبت لایه‌بندی[1] اغلب ویژگی‌های خاک با عمق در اکوسیستم‌های طبیعی و دست نخورده یا کمتر دست خورده، رایج است و این پتانسیل را دارد که تغییرات ناشی از مدیریت را پس از تغییر کاربری اراضی یا تحت سیستم‌های مختلف کاربری اراضی، کمی‌سازی کند. بنابراین به نظر می‌رسد که نسبت لایه‌بندی می‌تواند به عنوان ابزاری برای نظارت و مقایسه کیفیت خاک در اکوسیستم‌های طبیعی تحت تغییر کاربری اراضی به زمین‌های زراعی استفاده شود [۶۴]. بابو و همکاران[2] (۲۰۲۰) مقادیر بیش‌تر نسبت لایه‌بندی را برای کربن آلی در جنگل دست نخورده و مرتع گزارش کردند [۱۲]. رئیسی[3] (۲۰۱۷) با توجه به مقادیر بیش‌تر از ۱/۵ نسبت لایه‌بندی ماده آلی و شاخص پایداری ساختمان خاک اظهار داشت که این ویژگی‌ها می‌توانند تخریب کیفیت خاک در اثر تغییر کاربری را به‌خوبی نشان دهند [۵۶]. وارسته خانلری و همکاران[4] (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به محاسبه شاخص حساسیت کاربری جنگل در مقایسه با اراضی شالیزاری پرداختند و دریافتند که کاربری جنگل از مقادیر کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه بالاتری برخوردار بود [۷۴].

از آنجایی که بخش وسیعی از جنگل‌های استان گیلان در دهه‌های گذشته دست‌خوش تغییر کاربری شده است، نیاز به مطالعات، جهت کمی‌سازی اثرات تغییر کاربری بر ویژگی‌های خاک با هدف مدیریت مناسب‌تر ضروری می‌باشد [۷, ۳۹]. دانستن چگونگی و روند این تغییرات نه‌تنها می‌تواند نمایانگر آثار و پیامدهای تغییر کاربری باشد، بلکه می‌تواند راه‌گشای چگونگی برخورد با مشکلات احتمالی و جلوگیری از تخریب و نابودی بیش از پیش خاک باشد و به‌عنوان گامی موثر در جهت حفظ منابع طبیعی لحاظ گردد.

فعالیت‌های کشاورزی، به ویژه کشت برنج و باغ کیوی، دلیل عمده تخریب جنگل‌های طبیعی در استان گیلان است. حدود ۱۵/۶ درصد کل مساحت استان گیلان و ۶۰ درصد از زمین‌های زراعی آن را کشت برنج تشکیل داده و سطح زیر کشت کیوی به حدود ۸ هزار هکتار می‌رسد [۲]. لذا در این مطالعه کوشش می‌شود تا با بررسی تأثیر تغییر کاربری خاک جنگلی بکر به شالیزار و باغات کیوی بر ویژگی‌های خاک و تعیین حساس‌ترین ویژگی‌ها به تغییر کاربری، گام مؤثری در مسیر جلوگیری از تخریب هر چه بیش‌تر اراضی بکر جنگلی برداشته شود. از سوی دیگر تغییر کاربری اراضی و توسعه کشاورزی می‌تواند منجر به تخریب و کاهش کیفیت خاک سطحی و زیرسطحی شود. در حالی‌که در اکثر مطالعات انجام شده به ارزیابی ویژگی‌های خاک سطحی پرداخته شده است؛ اما این‌گونه مطالعات، اطلاعات ناقصی را در اختیار قرار می‌دهند؛ زیرا که کارکرد خاک و تولید محصول متاثر از ویژگی‌های خاک سطحی و زیرسطحی می‌باشد [۶۵]. لذا به‌دلیل اهمیت زیست‌محیطی جنگل‌ها و همچنین تشدید خطر تخریب و تغییر کاربری اراضی، در این پژوهش سعی گردید آثار تغییر کاربری جنگل به شالیزار (۳۵ سال) و باغات کیوی(۷ و ۱۴ سال) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عمق سطحی و زیرسطحی بخشی از اراضی تحقیقاتی دانشگاه گیلان مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه، بخشی از اراضی تحقیقاتی دانشگاه گیلان با مساحت ۱۸ هکتار واقع در جنوب استان گیلان را شامل می‌شود (شکل ۱). این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۴۲ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه ۹۵۴ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به

1- Startification Ratio
2- Babu *et al.*
3- Raiesi
4- Varasteh Khanlari *et al.*

ترتیب، یودیک[1] و ترمیک[2] می باشد [۱۳]. خاک‌های رسوبی جلگه گیلان از رسوبات رودخانه‌های منطقه حاصل گردیده‌اند (عمدتاً سفیدرود) و سیمای اراضی منطقه، اراضی پست با شیب کم‌تر از ۲ درصد است.

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، ۱۴ نمونه خاک مرکب از دو عمق صفر تا ۲۰ و ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری از هر کدام از کاربری‌ها شامل جنگل طبیعی، زراعی (شالیزار با سابقه ۳۵ سال) و باغ کیوی ۷ و ۱۴ ساله (در مجموع ۵۶ نمونه خاک) با مواد مادری یکسان برداشت شد. چهار کاربری مورد بررسی در مجاورت هم و در فاصله نزدیکی از هم قرار داشته و کاربری باغ کیوی و شالیزار از تخریب جنگل طبیعی به وجود آمده اند. پوشش طبیعی منطقه شامل جنگل طبیعی بلوط (*Quercus castaneifolia*) است. لازم به ذکر است که در زمان احداث باغ کیوی در پای هر تاک کیوی، خاک بستر با ترکیب کود دامی، شن و خاک اصلی باغ به نسبت مساوی (یک سوم) آماده شده است. کوددهی باغ‌های کیوی (کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به روش پخش سطحی به عنوان شیوه متداول انجام می‌شود. باغ‌های کیوی مجهز به سیستم آبیاری تحت فشار بوده و سیستم آبیاری میکروجت، نوع غالب سیستم آبیاری می‌باشد. در شالیزارها آماده‌سازی زمین (شخم، گل‌خرابی و صاف کردن زمین) هر ساله ۷ تا ۳۰ روز قبل از انتقال نشاء در اوایل بهار انجام می‌شود. روش آبیاری غرقابی، و کوددهی در هر دوره کشت شامل کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد.

نمونه‌های خاک هوا خشک شده به دو صورت دست‌خورده عبور از الک ۲ میلی‌متری و دست‌نخورده آماده شدند. برخی ویژگی‌های خاک از جمله توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری [۱۷]، اسیدیته خاک و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۲/۵ خاک به آب به ترتیب با دستگاه pHمتر و ECسنج [۵۸]، کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر [۴۶]، کلسیم کربنات معادل به روش تیتراسیون [۵]، فسفر قابل استفاده به روش اولسن [۴۹]، نیتروژن کل به روش کجلدال [۱۸]، پتاسیم قابل استفاده به روش عصاره‌گیری با استات‌آمونیوم [۳۶] و آهن و روی با روش عصاره‌گیری بـا DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی [۷۶] اندازه‌گیری شدند. جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه و پارافین [۱۵] و میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر با الک‌های به قطر ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵۳ میلی‌متر [۳۲] اندازه‌گیری شدند.

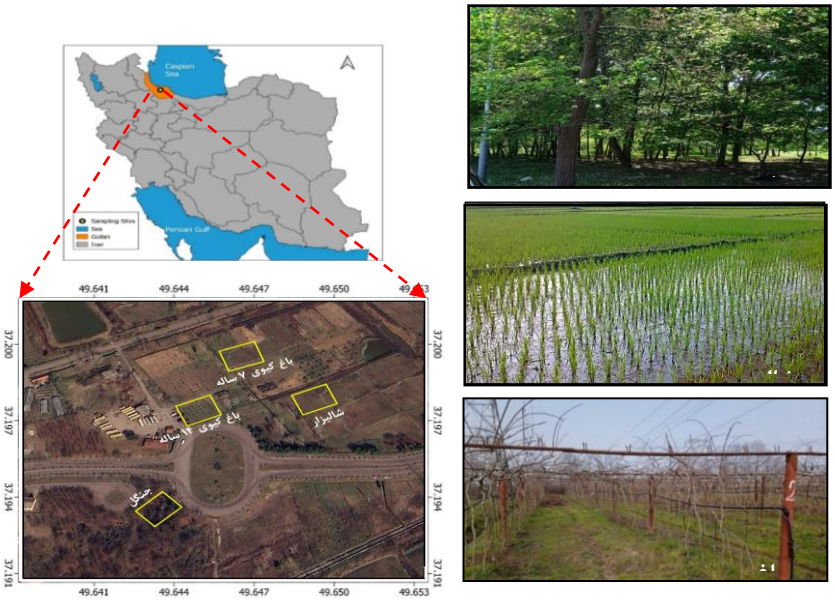
جهت بررسی تاثیرپذیری ویژگی‌های خاک، حاصل از تغییر کاربری جنگل به کاربری کشاورزی، شاخص حساسیت[3] جداگانه برای هر عمق با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید [۴۱]:

$$SI = \frac{(MI_A - MI_N)}{MI_N} \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه SI شاخص حساسیت (درصدی از تغییرات)، MI_N ویژگی اندازه‌گیری شده در زیست‌بوم طبیعی (جنگل) و MI_A ویژگی اندازه‌گیری شده در زیست‌بوم کشاورزی می‌باشد. نسبت لایه‌بندی نیز برای هر کاربری اراضی با استفاده از نسبت مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده در لایه سطحی به لایه زیرسطحی محاسبه گردید [۲۸].

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور کاربری (کاربری در چهار سطح) و عمق (در دو سطح) از طریق نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 انجام‌شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد صورت‌گرفت. همچنین ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS نسخه 26 انجام شد و نمودارها نیز توسط نرم‌افزار EXCEL رسم گردید.

1- Udic
2- Thermic
3- Sensitivity index



شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure (1) Location of the study area

نتایج و بحث

اثر کاربری اراضی بر ویژگی‌های خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر کاربری اراضی بر ذرات رس، شن، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، اسیدیته، کربنات کلسیم معادل، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در سطح یک درصد (p <۰/۰۱) و بر روی قابل استفاده در سطح پنج درصد (p <۰/۰۵) معنی‌دار بود؛ اما بر ذرات سیلت، جرم مخصوص ظاهری، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی و آهن قابل استفاده معنی‌دار نبود (به دلیل محدودیت صفحات، جداول تجزیه واریانس ارائه نشده است).

بافت خاک در کاربری جنگل و شالیزار، رسی و رسی‌سیلتی و در باغات کیوی رسی، رسی‌سیلتی و لومی‌رسی بود. در کل از نظر بافت خاک بین کاربری جنگل (شاهد) و دیگر کاربری‌ها تفاوت زیادی وجود نداشت. تغییرات بافت خاک به دلیل پایدار بودن و متاثر بودن از مواد مادری در کوتاه مدت اندک است، مگر اینکه تحت تأثیر عوامل و نیروهای خارجی قرار گیرد [۴۸]. با این وجود تغییر نوع کاربری اراضی می‌تواند در بلندمدت موجب تغییر اجزای بافت خاک و در نهایت تغییر بافت خاک شود [۴۰]. تغییر کاربری از طریق تاثیری که بر ویژگی‌های مختلف خاک می‌گذارد، می‌تواند بر میزان شستشوی رس، هوادیدگی و تشکیل رس‌ها، فرسایش ذرات انتخابی و رسوب ذرات انتقالی و در نتیجه بر ذرات اولیه خاک و تغییر بافت آن تاثیرگذار باشد. از طرفی عملیات خاکورزی و شخم متفاوت در کاربری‌ها می‌تواند سبب خرد شدن ذرات درشت و هوادیدگی شیمیایی شود. تغییر بافت خاک در اثر تغییر نوع کاربری از درخت‌کاری به زراعی توسط برخی محققین گزارش شده‌است؛ آنان دلیل تغییر اجزا و بافت خاک را فرسایش و از بین رفتن لایه‌های سطحی خاک اعلام کرده‌اند [۳۴, ۴۷].

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۱) باغ کیوی ۱۴ ساله بیش‌ترین درصد شن را دارا بود و نسبت به کاربری شالیزار اختلاف معنی‌داری نشان داد. برومند و همکاران[1] (۲۰۱۴) نیز نتایج مشابهی از تفاوت معنی‌دار ذرات شن در باغ مرکبات در مقایسه با شالیزار و جنگل را گزارش کردند [۱۳]. پژوهش‌های دیگری نیز سبک‌تر شدن بافت خاک کاربری زراعی و باغی نسبت به جنگل را گزارش کرده‌اند [۳, ۳۱]. از آنجایی‌که خاک بستر باغات کیوی مورد مطالعه شامل نسبت مساوی از کود دامی، شن و خاک اصلی باغ است، این موضوع می تواند علت مشاهده مقادیر بیش‌تر شن در باغات کیوی باشد.

1- Boroumand *et al.*

جدول (۱) مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در کاربری و عمق‌های مختلف

Table (1) Mean comparison of soil properties affected by land use and soil depth

باغ کیوی ۷ ساله Kiwi orchards 7 years		باغ کیوی ۱۴ ساله Kiwi orchards14 years		**شالیزار** Paddy field		جنگل Forest		ویژگی خاک Soil properties
20-40 Cm	0-20 Cm	20-40 Cm	0-20 Cm	20-40 Cm	0-20 Cm	20-40 Cm	0-20 Cm	
44.90 ^{Ba}	38.90 ^{Bb}	44.90 ^{Ba}	36.40 ^{Bb}	51.55 ^{Aa}	48.55 ^{Ab}	49.55 ^{Aa}	47.25 ^{Ab}	Clay (%) **رس**
34.40^{Aa}	40.40^{Aa}	36.90^{Aa}	33.90^{Aa}	33.45^{Aa}	37.95^{Aa}	38.75^{Aa}	30.95^{Aa}	Silt (%) **سیلت**
21.70 ^{ABa}	20.70 ^{ABa}	18.20 ^{Aa}	29.70 ^{Aa}	15.00 ^{Ba}	13.50 ^{Ba}	13.75 ^{ABa}	19.50 ^{ABa}	Sand (%) **شن**
0.98 ^{Aa}	0.98 ^{Aa}	0.95 ^{Aa}	1.02 ^{Aa}	0.98 ^{Aa}	0.98 ^{Aa}	1.08 ^{Aa}	1.16 ^{Aa}	Bulk density ($g.cm^{-3}$) **جرم مخصوص ظاهری**
0.54 ^{Bb}	0.69 ^{Ba}	0.69 ^{Bb}	0.77 ^{Ba}	1.14 ^{Ab}	1.29 ^{Aa}	1.15 ^{Ab}	1.48 ^{Aa}	MWD (mm) **میانگین وزنی قطر خاکدانه**
6.52 ^{ABa}	6.95 ^{ABa}	7.00 ^{Aa}	7.21 ^{Aa}	6.29 ^{Ba}	6.59 ^{Ba}	6.34 ^{Ba}	6.29 ^{Ba}	pH **اسیدیته خاک**
0.21 ^{Ab}	0.23 ^{Aa}	0.14 ^{Ab}	0.29 ^{Aa}	0.11 ^{Ab}	0.21 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.13 ^{Ab}	EC ($dS.M^{-1}$) **قابلیت هدایت الکتریکی**
0.88 ^{Ab}	2.31 ^{Aa}	0.82 ^{Ab}	2.69 ^{Aa}	1.13 ^{Ab}	1.88 ^{Aa}	0.91 ^{Ab}	1.56 ^{Aa}	Organic carbon (%) **کربن آلی**
24.5 ^{Ab}	30.62 ^{Aa}	23.87 ^{Ab}	32.75 ^{Aa}	12.87 ^{Bb}	15.57 ^{Ba}	16.37 ^{ABb}	23.62 ^{ABa}	$CaCO_3$ (%) **کلسیم کربنات معادل**
0.097 ^{Bb}	0.23 ^{Ba}	0.12 ^{Bb}	0.26 ^{Ba}	0.10 ^{Cb}	0.13 ^{Ca}	0.21^{Ab}	0.29^{Aa}	Total N (%) **نیتروژن کل**
8.19 ^{Bb}	17.36 ^{Ba}	11.88 ^{Ab}	26.24 ^{Aa}	3.63 ^{Cb}	10.36^{Ca}	2.41 ^{Cb}	7.92^{Ca}	Available P ($mg.kg^{-1}$) **فسفر قابل استفاده**
12.52 ^{Ab}	18.87 ^{Aa}	10.52 ^{Ab}	20.15 ^{Aa}	6.37 ^{Ba}	6.30 ^{Ba}	4.05 ^{Bb}	8.20 ^{Ba}	Available K ($mg.kg^{-1}$) **پتاسیم قابل استفاده**
0.70 ^{ABb}	3.75 ^{ABa}	1.12 ^{Ab}	6.75 ^{Aa}	1.47 ^{Ba}	1.17 ^{Ba}	0.85 ^{Bb}	2.40^{Ba}	Available Zn ($mg.kg^{-1}$) **روی قابل استفاده**
12.72 ^{Aa}	7.22 ^{Aa}	6.42 ^{Aa}	15.65 ^{Aa}	8.27 ^{Aa}	16.32 ^{Aa}	20.47 ^{Aa}	15.15 ^{Aa}	Available Fe ($mg.kg^{-1}$) **آهن قابل استفاده**

حروف بزرگ مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بین کاربری‌های مختلف در هر عمق خاک و حروف کوچک مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بین اعماق مختلف در هر کاربری می‌باشد.

Same capital letters indicate non-significant differences at $p \leq 0.05$ in each soil depth among different land uses. Same lowercase letters indicate non-significant differences at $p \leq 0.05$ in each land use among different soil depths.

درصد رس در کاربری جنگل و شالیزار نسبت به باغ کیوی ۷ و ۱۴ ساله به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۱). به طوری‌که بیش‌ترین میانگین درصد رس (۵۰/۰ درصد) مربوط به کاربری شالیزار و کم‌ترین مقدار (۴۰/۶ درصد) مربوط به باغ کیوی ۱۴ ساله بود. برخی مطالعات مقادیر بیش‌تر رس در اراضی شالیزاری را به حضور ذرات معلق ریزدانه در آب آبیاری و تجزیه و تخریب ناشی از عملیات گل‌خرابی نسبت داده‌اند [۱۹, ۵۱]. همچنین مقادیر رس بیش‌تر در اراضی جنگل طبیعی می‌تواند به دلیل تراکم پوشش گیاهی و کاهش نرخ فرسایش خاک باشد [۸]. مقادیر بیش‌تر درصد رس در اراضی شالیزار نسبت به جنگل و اراضی زراعی توسط وارسته‌خانلری و همکاران[1] (۲۰۱۹) و تاج‌خلیلی و همکاران[2] (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است [۶۹, ۷۴].

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۱) نشان داد که میانگین وزنی قطر خاکدانه در کاربری جنگل و شالیزار نسبت به باغ کیوی ۷ و ۱۴ ساله به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین وزنی قطر خاکدانه (۱/۳۳ میلی‌متر) مربوط به جنگل و کم‌ترین مربوط به باغ کیوی ۷ ساله (۰/۶۱ میلی‌متر) بوده‌است. بیش‌تر بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه در کاربری جنگل و شالیزار می‌تواند به علت درصد بیش‌تر رس باشد که به طور معنی‌داری بیش‌تر از باغات کیوی می‌باشد (جدول ۱). سایر محققین نیز علت بیش‌تر بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه در کاربری شالیزار نسبت به باغات مرکبات و اراضی دیم را درصد بیش‌تر رس کاربری شالیزار بیان کردند [۱۶]. از سوی دیگر در منابع مختلف به تاثیر منفی پتاسیم بر ساختمان خاک اشاره شده است [۱۴, ۲۵]. بنابراین کمتر بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه در باغات کیوی می تواند در ارتباط با مقادیر بیش‌تر پتاسیم قابل استفاده باغات کیوی که تقریباً بیش از دو برابر (جدول ۱) کاربری شالیزار است، باشد. همبستگی منفی معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه در سطح یک درصد (p <۰/۰۱) با پتاسیم قابل استفاده (R^2= −۰/۵۱) نیز موید این موضوع است (جدول ۲).

بیش‌ترین میانگین اسیدیته خاک مربوط به باغ کیوی ۱۴ساله با مقدار ۷/۱ بود که تفاوت معنی‌داری را در مقایسه با کاربری جنگل و شالیزار به ترتیب با اسیدیته ۶/۳ و ۶/۴ نشان داد (جدول ۱). همبستگی معنی‌دار اسیدیته در سطح یک درصد (p <۰/۰۱) با کربنات کلسیم‌معادل (R^2= ۰/۵۹) می‌تواند بالا بودن اسیدیته خاک در باغات کیوی ۱۴ ساله که بیش‌ترین درصد کربنات کلسیم‌معادل را داشته‌اند، توجیه نماید (جدول ۲). از دلایل کاهش اسیدیته در کاربری جنگل می‌تواند تجمع برگ‌ها و اسیدهای آلی ناشی از تجزیه‌ی برگ‌ها باشد [۴۲]. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز افزایش اسیدیته خاک در باغات نسبت به جنگل را نشان داده‌اند [۷۰, ۷۱]. نجفی و همکاران[3] (۲۰۱۳) نیز با مقایسه اثر غرقاب بر اسیدیته خاک نشان داد که غرقاب نمودن موجب افزایش احتمالی اسیدیته خاک اسیدی و کاهش اسیدیته خاک آهکی می‌شود [۴۵].کاهش اسیدیته در خاک‌های غرقاب قلیایی می‌تواند به دلیل افزایش فشار نسبی دی‌اکسیدکربن باشد [۶۱].

[1] Varasteh Khanlari *et al.*

[2] Tajkhalili *et al.*

[3] Najafi *et al.*

جدول (۲) نتایج همبستگی پیرسون ویژگی‌های خاک

Table (2) Pearson correlations of soil properties

	Clay	Sand	Silt	BD	MWD	EC	pH	$CaCO_3$	N	P	K	OC	Fe	Zn
Clay	1.00													
Sand	-0.65**	1.00												
Silt	-0.28	-0.54**	1.00											
BD	-0.01	0.01	0.00	1.00										
MWD	0.60**	-0.44**	-0.11	0.16	1.00									
EC	-0.57**	0.46**	0.04	-0.12	-0.31	1.00								
pH	-0.61**	0.43**	0.14	-0.37*	-0.36*	0.31	1.00							
$CaCO_3$	-0.53**	0.49**	-0.02	0.03	-0.45**	0.37*	0.59**	1.00						
N	-0.17	0.25	-0.14	0.11	0.45**	0.07	0.11	0.24	1.00					
P	-0.50**	0.35*	0.11	-0.02	-0.26	0.37*	0.49**	0.41**	0.18	1.00				
K	0.62**	0.58**	-0.05	-0.09	-0.51**	0.37*	0.52**	0.64**	0.23	0.63**	1.00			
OC	-0.43**	0.25	0.16	-0.01	0.06	0.42**	0.27	0.38*	0.45**	0.49**	0.45**	1.00		
Fe	0.02	-0.01	-0.02	0.25	0.17	0.22	-0.20	-0.26	0.08	-0.11	-0.29	0.14	1.00	
Zn	-0.53**	0.51	-0.06	-0.15	-0.11	0.42**	0.41**	0.47**	0.51**	0.49**	0.51**	0.56**	-0.01	1.00

*و** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند. (Clay: رس، Silt: سیلت، Sand: شن، BD: جرم مخصوص ظاهری، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه ، pH: اسیدیته، EC: قابلیت هدایت الکتریکی، $CaCO_3$: کربنات کلسیم معادل، OC: کربن آلی، N: نیتروژن کل، P: فسفر قابل استفاده، K: پتاسیم قابل استفاده، Fe: آهن قابل استفاده، Zn: روی قابل استفاده).

* and ** are significant at the five and one percent probability levels, respectively. (Clay: clay, Silt: silt, Sand: sand, BD: bulk density, MWD: weight average diameter of soil aggregate, pH: acidity, EC: electrical conductivity, $CaCO_3$: equivalent calcium carbonate, OC: organic carbon, N: total nitrogen, P: Available P, K: Available K, Fe: Available iron, Zn: Available Zn).

درصد کربنات کلسیم معادل کاربری شالیزاری نسبت به باغات کیوی (۷ و ۱۴ ساله)به طور معنی‌داری کم‌تر بود (جدول ۱). به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین کربنات کلسیم معادل در باغ کیوی ۱۴ ساله برابر با ۲۸/۳۱ درصد و کم‌ترین مقدار مربوط به شالیزار برابر ۱۴/۳۱ درصد بوده‌است. از آنجایی‌که کاربری‌های مختلف در فاصله نزدیکی از هم قرار داشته و دارای مواد مادری مشابهی می‌باشند؛ بنابراین می‌توان تفاوت میزان کربنات کلسیم معادل را متاثر از تغییر کاربری و مدیریت اراضی دانست. مقادیر کم‌تر کربنات‌کلسیم معادل در خاک‌های جنگلی می‌تواند به علت آبشویی و انتقال کربنات‌ها به لایه‌های پایین‌تر خاک باشد [۹, ۲۰]. سمیع و همکاران[1] (۲۰۲۲) نیز طی پژوهشی گزارش کردند مقادیر کربنات کلسیم معادل در کاربری کشاورزی بیش‌تر از اراضی جنگلی بوده‌است [۶۵].

نتایج مقایسه میانگین تفاوت معنی‌داری بین پتاسیم قابل استفاده باغات کیوی (۷ و ۱۴ ساله) با کاربری شالیزار و جنگل را نشان‌داد، به‌طوری که بیش‌ترین میانگین پتاسیم قابل استفاده مربوط به باغات کیوی با مقدار ۱۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که اختلاف معنی‌دار با میانگین پتاسیم قابل استفاده جنگل و شالیزار، به‌ترتیب با مقادیر ۶/۱ و ۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان داد (جدول ۱). از دلایل عمده آن می‌توان به آب‌شویی و حذف پتاسیم از شالیزارها در نتیجه اشباع دوگانه (اشباع از سطح و سطح آب زیرزمینی بالا)، جذب بیش‌تر پتاسیم در شالیزارها به علت تراکم بیش‌تر ریشه برنج در عمق کم‌ترخاک نسبت به ریشه عمیق‌تر کیوی، غالب بودن انواعی از رس در خاک‌های شالیزاری که سبب تثبیت پتاسیم می‌شوند و همچنین استفاده نکردن کافی و به موقع کودهای پتاسیمی در شالیزارهای شمال کشور اشاره نمود [۵۵]. نتایج مطالعه دواتگر و همکاران[2] (۲۰۰۶) در اراضی شالیزاری شمال ایران نیز این موضوع را تایید می‌کند [۲۱]. مقادیر بیش‌تر پتاسیم قابل جذب باغات کیوی می‌تواند به علت مصرف منظم کودهای پتاسیمی و مدیریت بهینه خاک و آب باشد. در مطالعه‌ای در جنوب اتیوپی افزایش ۳۶۵ درصدی در مقدار پتاسیم قابل استفاده در طی ۱۰ سال پس از قطع درختان جنگلی و تغییر کاربری مشاهده شد که احتمالاً ناشی از کاربرد کودهای پتاسه در کاربری کشاورزی بوده است [۳۷].

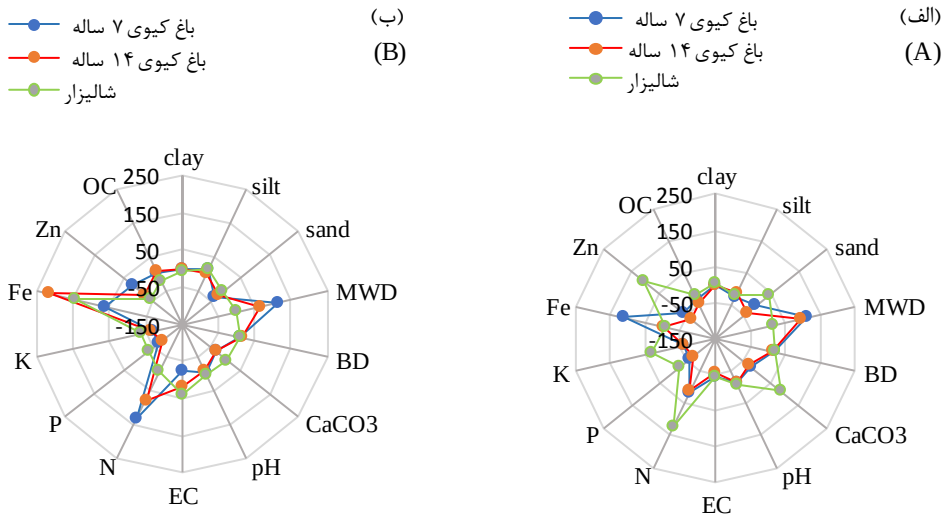
بیش‌ترین شاخص حساسیت در خاک سطحی شالیزار مربوط به نیتروژن کل و در باغات کیوی (۷ و ۱۴ ساله) مربوط به میانگین وزنی قطر خاکدانه بود (شکل ۲- الف). آهن قابل استفاده و نیتروژن کل در عمق زیر سطحی نسبت به سایر ویژگی‌ها به تغییر کاربری حساس‌تر بودند (شکل ۲- ب).

اثر عمق بر ویژگی‌های خاک

اثر فاکتور عمق بر درصد رس، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و روی قابل استفاده در سطح یک درصد (p <۰/۰۱) و بر قابلیت هدایت الکتریکی و کربنات‌کلسیم معادل در سطح پنج درصد (p ۰/۰۵ >) معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کاربری و عمق بر میانگین درصد نیتروژن کل و روی قابل استفاده در سطح یک درصد (p < ۰/۰۱) و بر فسفر قابل استفاده در سطح پنج درصد (۰/۰۵ > p) معنی‌دار شد (به دلیل محدودیت صفحات، جداول تجزیه واریانس ارائه نشده است).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها درصد رس با افزایش عمق به طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۱). به طور کلی از دلایل تغییر توزیع اندازه ذرات می‌توان به فرسایش، رسوب‌گذاری و شستشو اشاره کرد [۴۳]. افزایش رس با افزایش عمق خاک با حذف انتخابی ذرات رس و حرکت آن به سمت لایه زیرسطحی خاک از طریق فرآیند انتقال رس اتفاق می‌افتد که می‌تواند ناشی از دوره طولانی کشاورزی باشد [۷۳]. تفاوت معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بین دو عمق مورد بررسی وکاهش مقادیر آن با افزایش عمق مشاهده شد (جدول ۱).از آنجا که ماده آلی خاک نقش مهمی در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها دارد [۳۸, ۶۵]، مقادیر بیش‌تر ماده آلی در سطح خاک می‌تواند منجر به بیش‌تر شدن میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شود [۶۵]. بنابراین از دلایل کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با افزایش عمق می‌توان به حضور مواد آلی بیش‌تر در عمق سطحی و تشکیل خاکدانه‌های بزرگ‌تر اشاره کرد.

1- Samie *et al.*
2- Davatgar *et al.*



شکل (۲) شاخص حساسیت ویژگی‌های خاک در عمق (الف) ۰-۲۰ سانتی‌متری و (ب) ۲۰-۴۰ سانتی‌متری

Figure (2) Sensitivity index of soil properties at depth (A) 0-20 cm and (B) 20-40 cm

میانگین کربنات کلسیم معادل در کاربری‌های مختلف روند کاهشی را با افزایش عمق نشان‌داد (جدول ۱). پرسلی و همکاران[1] (۲۰۰۴) بیان داشتند که بافت خاک بر نفوذپذیری و در نتیجه میزان تجمع املاح و کربنات‌کلسیم تأثیر دارد [۵۴]. مقدار آبشویی کربنات‌ها در خاک به مقدار آن در خاک، سن، بارندگی، نفوذپذیری و وضعیت زهکشی خاک بستگی دارد. هر چه زهکشی خاک ضعیف‌تر باشد میزان آبشویی کم‌تر و در نتیجه انتقال املاحی مثل کربنات کلسیم به افق‌های عمقی کم‌تر رخ می‌دهد و در نتیجه تجمع آن در افق‌های بالایی خاک بیش‌تر است. همچنین در خاک‌هایی با زهکشی ضعیف احتمال حرکت رو به بالای کربنات‌ها در اثر صعود مویینگی وجود دارد [۲۴]. در این مطالعه نیز به دلیل بافت سنگین خاک در لایه‌های عمقی و زهکشی ضعیف خاک و در نتیجه کاهش آبشویی، روند افزایشی کربنات کلسیم با عمق مشاهده نمی‌شود. موسوی و همکاران[2] (۲۰۲۱) با مدلسازی تغییرات عمقی کربنات‌کلسیم معادل خاک در دشت قزوین بیان کردند که در بخش‌های شرقی و شمال شرقی منطقه به دلیل وجود بافت خاک زیرسطحی سنگین‌ترنسبت به لایه‌های فوقانی به همراه آبشویی کم‌تر، شرایط مناسبی برای تجمع کربنات‌کلسیم در لایه سطحی فراهم شده است [۴۴].

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش عمق به طور معنی‌داری کاهش یافته است (جدول ۱). از آنجایی‌که در استان گیلان به علت بارش زیاد سالیانه، احتمال وجود املاح مازاد، کم است؛ بیش‌تر بودن قابلیت هدایت الکتریکی در خاک سطحی می‌تواند متاثر از تجمع ماده آلی باشد. محتوای بیش‌تر مواد آلی در خاک سطحی با ایجاد ترکیبات و ماکرومولکول‌های دارای بار الکتریکی و کمک به نگهداری بیش‌تر یون‌ها موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌شود [۸، ۶۶]. همچنین آزادسازی مواد مغذی از طریق معدنی شدن پس از تجزیه بقایا، موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی می‌شود [۶۷].

نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳- الف) نشان داد که کاربری جنگل بیش‌ترین مقدار نیتروژن کل در هر دو عمق سطحی و زیرسطحی را دارا بود و نسبت به کاربری شالیزار اختلاف معنی‌داری نشان داد؛ به طوری‌که کاربری شالیزار در هر دو عمق سطحی و زیرسطحی (به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۰ درصد) در مقایسه با کاربری جنگل (به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۲۱ درصد) دارای میزان نیتروژن کل کم‌تری بود. کاهش نیتروژن کل در خاک پس از تغییر اراضی جنگلی به دیگر کاربری‌ها به دلیل

1- Presley *et al.*
2- Mousavi *et al.*

کاهش بقایای گیاهی برای تبدیل به هوموس می‌باشد [۶۳]. بیش‌تر بودن مقادیر نیتروژن کل در خاک جنگل نسبت به دیگر کاربری‌ها به‌دلیل بیش‌تر بودن تجزیه‌ی لاشبرگ، و در ارتباط با مقدار مواد آلی غنی از نیتروژن می‌باشد. مواد آلی با افزایش محتوای مواد مغذی خاک، از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده نیتروژن خاک حمایت می‌کند و در نتیجه باعث افزایش نیتروژن خاک کاربری جنگل می‌شود [۳۵, ۷۵]. همچنین میانگین نیتروژن کل در عمق سطحی نسبت به عمق زیرسطحی در تمام کاربری‌ها کاهش نشان داد (جدول ۱). نتایج مشابهی از کاهش نیتروژن آلی خاک با افزایش عمق در کاربری‌ها گزارش شده‌است [۲۹, ۷۲]. از دلایل کاهش نیتروژن با افزایش عمق، جذب نیتروژن از اعماق پایین‌تر خاک می‌باشد، از طرفی نیز با توجه به کاهش محتوای آلی با افزایش عمق، مقدار نیتروژن کل نیز کاهش یافته‌است.

باغ کیوی ۱۴ ساله بیش‌ترین مقدار فسفر قابل استفاده در عمق سطحی و زیرسطحی (به‌ترتیب ۲۶/۲۴ و ۱۱/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کاربری جنگل کم‌ترین مقدار فسفر قابل استفاده در عمق سطحی و زیرسطحی (به‌ترتیب ۷/۹۲ و ۲/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را دارا بود. نتایج مقایسه میانگین تفاوت معنی‌داری بین فسفر قابل استفاده خاک سطحی باغات کیوی با شالیزار و جنگل را نشان‌داد (شکل ۳- ب). با توجه به همبستگی منفی معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) بین فسفر قابل استفاده با درصد ذرات رس ($R^2= -۰/۵۰$) (جدول ۲)، می‌توان مقادیر بیش‌تر ذرات رس را از دلایل احتمالی تثبیت فسفر و کاهش فسفر قابل استفاده در کاربری جنگل و شالیزار بیان کرد [۶]. کم‌تر بودن فسفر قابل استفاده در کاربری شالیزار ناشی از مصرف کود فسفره کم‌تر، تثبیت بیش‌تر فسفر و تشکیل فسفات‌های آهن و آلومینیوم در خاک شالیزاری درنتیجه وجود آهن و آلومینیوم بیش‌تر در این شرایط و برداشت فسفر زیاد در نتیجه کشت متراکم برنج است [۵۷].

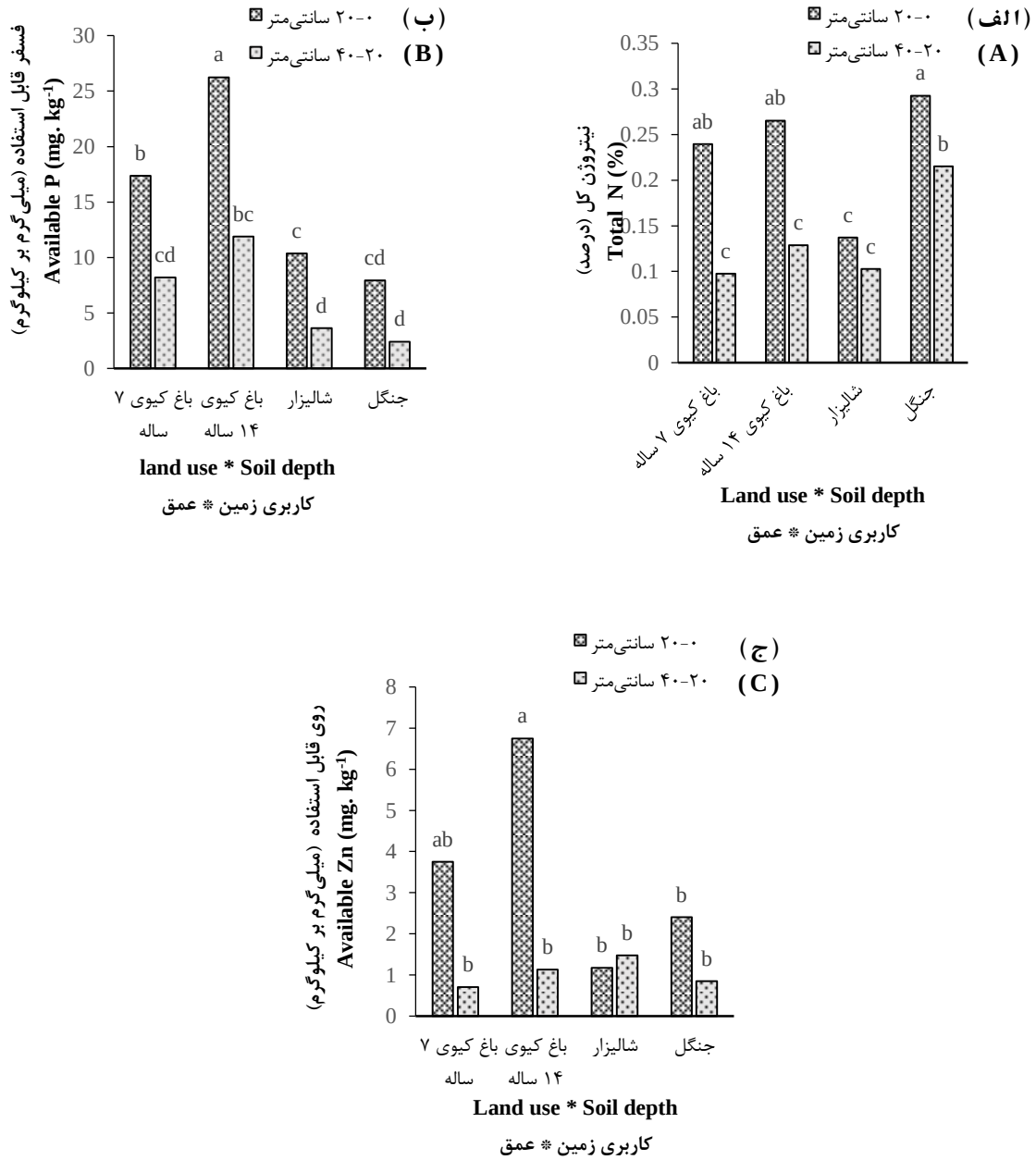
بیش‌ترین مقدار روی قابل استفاده خاک سطحی مربوط به باغ کیوی ۱۴ ساله (۶/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که اختلاف معنی‌دار با میانگین روی قابل استفاده جنگل و شالیزار، به‌ترتیب با مقادیر ۲/۴۰ و ۱/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان داد. از نظر مقدار روی قابل استفاده، در عمق زیرسطحی بین کاربری‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳- ج).

مواد آلی یا مواد هیومیکی از طریق کلاته نمودن عناصر ریزمغذی، موجب افزایش یا کاهش فراهمی آن‌ها می‌گردند [۳۸]. بالاتر بودن مقادیر روی قابل استفاده در باغ کیوی (۱۴ساله) می‌تواند به ورود کربن بیش‌تر به خاک از طریق برگ، ریشه و ترشحات ریشه نسبت داده شود که پتانسیل اکسیداسیون خاک را کاهش داده و به این ترتیب، در دسترس بودن آن را در خاک تسهیل می‌کند [۲۳]. از طرفی کم‌تر بودن مصرف روی قابل استفاده در درخت‌کاری و بازیافت مواد مغذی از طریق برگ‌ها، می‌تواند دلیل اصلی محتوای بالاتر این ریزمغذی در خاک‌های تحت کشت درختان کیوی نسبت به خاک‌های زیر کشت برنج باشد [۲۲]. نتایج این پژوهش مشابه یافته‌های کومار و همکاران[1] (۲۰۱۸) است، آنان گزارش کردند که غلظت روی قابل استفاده در اراضی درخت کاری نسبت به سیستم کشت تک‌محصولی زراعی بیش‌تر بوده‌است [۵۳].

با افزایش عمق خاک میانگین فسفر، پتاسیم و روی قابل استفاده خاک کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). مقدار این عناصر در خاک می‌تواند با مقدار بقایای تولید و تجزیه شده و عناصر غذایی برگشتی به خاک همبستگی داشته باشد [۶۷]. تغییرات عمقی پتاسیم قابل استفاده ممکن است به دلیل تغییر در جذب بقایا، فرسایش مواد معدنی و شدت شستشوی خاک باشد [۵۷]. بالاتر بودن پتاسیم و فسفر قابل استفاده در خاک سطحی احتمالا به دلیل ورود بقایای گیاهی [۶۷] و از طرفی جذب و تخلیه این عناصر در عمق زیرسطحی توسط ریشه گیاهان می‌باشد [۵۹]. روند کاهشی پتاسیم و فسفر قابل استفاده با افزایش عمق توسط محققین دیگر نیز گزارش شده‌است [۱۱, ۵۹]. افزایش مواد آلی خاک سطحی از طریق افزایش لاشبرگ و بیوم ریشه، موجب بهبود وضعیت تهویه خاک شده‌است و از اکسیداسیون و رسوب عنصر کم مصرف روی در اشکال متصل جلوگیری می‌کند و به همراه مکمل‌های عوامل کلات‌کننده، حلالیت و در دسترس بودن آن در خاک سطحی را افزایش می‌دهد [۲۳]. نتایج چندین پژوهش نیز هم‌راستا با این نتایج

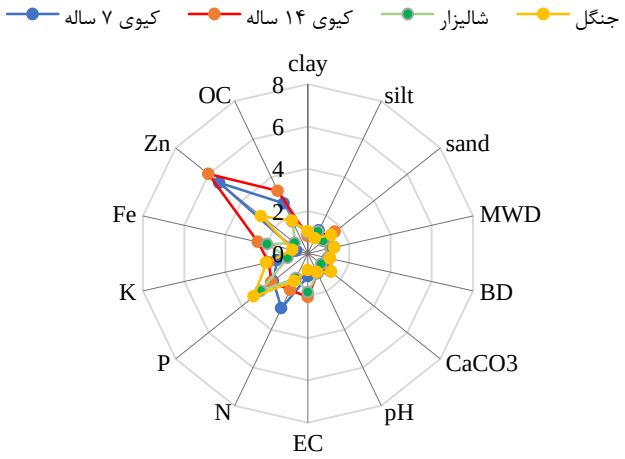
1- Kumar *et al.*

بوده‌است [۶۲, ۶۸]. نسبت لایه‌بندی کاربری‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود. بیش‌ترین نسبت لایه‌بندی مربوط به روی قابل استفاده در باغات کیوی۱۴ و ۷ ساله (به ترتیب ۶/۰۲ و ۵/۳۵) است. در کاربری جنگل و شالیزار بیش‌ترین نسبت لایه‌بندی برای فسفر قابل استفاده (به ترتیب ۳/۲۸ و ۲/۸۵) به‌دست آمد. مقادیر نسبت لایه‌بندی بیش‌تر از ۱/۵ برای تشخیص اثر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت خاک از اهمیت بیش‌تری برخوردار است [۵۶]. بر همین اساس می‌توان اظهار داشت که کاربری باغ کیوی در مقایسه با شالیزار اثر بیش‌تری بر تغییرات ویژگی‌های مؤثر برکیفیت خاک داشته است.



شکل (۳) تأثیر متقابل عمق و کاربری بر (الف) نیتروژن کل ، (ب) فسفر قابل استفاده و (ج) روی قابل استفاده خاک
Figure (3) The effect of land use and soil depth on (A) total N, (B) Available P, and (C) Available Zn

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.
Similar letters indicate no significant difference at 0.05 probability level.



شکل (٤) نسبت لایه‌بندی ویژگی‌های خاک
Figure (4) Stratification ratio of soil properties

نتیجه‌گیری

تغییر کاربری جنگل به اراضی زراعی با تغییر ویژگی‌های خاک، تأثیر زیادی بر شدت و جهت تغییرات ویژگی‌های خاک دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اکثر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده خاک می‌توانند تفاوت بین کاربری جنگل و اراضی زراعی به‌ویژه در خاک سطحی را نشان دهند. حساسیت ویژگی‌های خاک سطحی به تغییر کاربری به ترتیب در شالیزار > باغ کیوی ۷ ساله > باغ کیوی ۱۴ ساله بود. در بین ویژگی‌های خاک بیش‌ترین شاخص حساسیت در خاک سطحی شالیزار مربوط به نیتروژن کل و در باغات کیوی مربوط به میانگین وزنی قطر خاکدانه بود. این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت کشاورزی هم بر وضعیت عناصر غذایی و هم بر ویژگی‌های فیزیکی خاک اثر می‌گذارد. حساسیت بیش‌تر نیتروژن کل خاک به تغییر کاربری اراضی در خاک سطحی و زیرسطحی بیانگر این موضوع است که این ویژگی خاک می‌تواند به طور بالقوه منعکس‌کننده تغییرات بلندمدت شرایط خاک ناشی از تبدیل جنگل به اراضی زراعی باشد. بنابراین با توجه به حساسیت خاک به تخریب ناشی از تغییر کاربری جنگل، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی از اقدامات ضروری به منظور مدیریت پایدار خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه به‌شمار می‌رود. علاوه بر این در اراضی تحت کشت، اتخاذ راهبردهایی نظیر تعدیل نسبت کودهای شیمیایی و افزایش بازگشت بقایای آلی به خاک می‌تواند گام‌های مؤثری در جهت پایداری بلندمدت این اکوسیستم‌ها باشد.

Reference

1- Adugna, A., and Abegaz, A. 2016. Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. Soil Discussions, 2: 63–7. https://doi.10.5194/soild-2-1075-2015

2- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H., and Kazemian, A. 1398. Agricultural Statistics Book, Agricultural Products, Ministry of Agriculture Jahad, Vol. 1. PP: 97 (in Persian).

3- Ajami, M., Khormali, F., and Ayobi, S. 2010. Change in some soil quality parameters as affected by land use in different slope positions of loess, eastern Golestan province. Journal of Soil and Water Research, 39: 15-30 (in Persian with English abstract).

4- Allam, A., Zouidi, M., Kefifa, A., Borsali, A.H., Aouadj, S.A., Negrichi, S., Farnet da Silva, A.M., and Rébufa, C. 2023. Changes in soil physico-chemical and biological quality after two decades of forest soil conversion to agricultural land. Zemdirbyste-Agriculture, 110. https://doi.10.13080/z-a.2023.110.001

5- Allison, L., and Moodie, C. 1965. Carbonate. Methods of soil analysis: part 2 Chemical and microbiological properties, 9: 1379–1396.

6- Arai, Y., and Sparks, D. 2007. Phosphate reaction dynamics in soils and soil components: A multiscale approach. Advances in Agronomy, 94: 135–179. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94003-6

7- Asghari Saraskanrood, S., and Sharifi Tolaroud, H. 2023. Remote sensing used to detect changes in land use and forest cover (A case study of Astara city). Land Management Journal, 11: 195–208 (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/lmj.2023.362257.332

8- Asmare, T.K., Abayneh, B., Yigzaw, M., and Birhan, T.A. 2023. The effect of land use type on selected soil physicochemical properties in Shihatig watershed, Dabat district, Northwest Ethiopia. Heliyon, 9. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16038

9- Ayoubi, S., and Moazzeni Dehaghani, S. 2020. Identifying impacts of land use change on soil redistribution at different slope positions using magnetic susceptibility. Arabian Journal of Geosciences, 13: 1–11. https://doi.10.1007/s12517-020-05383-x

10- Azizi Mehr, M., Kooch, Y., and Hosseini, S. 2020. The effect of forest degradation intensity on the dynamics of soil microbial activities and biochemical in the plain region of Noshahr. Iranian Journal of Forest, 12(2): 175–188 (in Persian with English abstract).

11- Diallo, M., Akponikpè, P.I., Fatondji, D., Abasse, T., and Agbossou, E.K. 2019. Long-term differential effects of tree species on soil nutrients and fertility improvement in agroforestry parklands of the Sahelian Niger. Forests, Trees and Livelihoods, 28: 240–252. https://doi.10.1080/14728028.2019.1643792

12- Babu, S., Mohapatra, K., Yadav, G.S., Lal, R., Singh, R., Avasthe, R., Das, A., Chandra, P., Gudade, B., and Kumar, A. 2020. Soil carbon dynamics in diverse organic land use systems in North Eastern Himalayan ecosystem of India. Catena, 194: 104785. https://doi.10.1016/j.catena.2020.104785

13- Banaei, M. 1998. Soil moisture and temperature regimes map of Iran. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture Tehran.

14- Bennett, J.M., Marchuk, A., and Marchuk, S. 2016. An alternative index to the exchangeable sodium percentage for an explanation of dispersion occurring in soils. Soil Research, 54: 949–957. https://doi.10.1071/SR15281

15- Blake, G.R., and Hartge, K. 1986. Bulk density. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, 5: 363–375.

16- Boroumand, M., Ghajar, S.M., and Bahmanyar, M.A. 2014. The effect of land use change on some of the physical and chemical properties of soil (case study: Semeskande Area of Sari).Journal of Watershed Management Research, 5(9): 78-94 (in Persian with English abstract).

17- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy Journal, 54: 464–465.

18- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods, 5: 1085–1121.

19- Cheng, Y.Q., Yang, L.Z., Cao, Z.H., Ci, E., and Yin, S. 2009. Chronosequential changes of selected pedogenic properties in paddy soils as compared with non-paddy soils. Geoderma, 151: 31–41. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.03.016

20- Davari, M., Gholami, L., Nabiollahi, K., Homaee, M., and Jafari, H.J. 2020. Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). Soil and Tillage Research, 198: 104504. https://doi.10.1016/j.still.2019.104504

21- Davatgar, N., Kavoosi, M., Alinia, M., and Paykan, M. 2006. Study of potassiun status and effect of physical and chemical properties of soil on it in paddy soils of Guilan Province. Journal of Water and Soil Science, 9(4): 71–89 (in Persian).

22- Dhaliwal, S.S., Naresh, R.K., Walia, M.K., Gupta, R.K., Mandal, A., and Singh, R. 2020. Long-term effects of intensive rice–wheat and agroforestry based cropping systems on build-up of nutrients and budgets in alluvial soils of Punjab, India. Archives of Agronomy and Soil Science, 66(3): 330–342. https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1614564

23- Dhaliwal, S.S., Sharma, V., Shukla, A.K., Kaur, J., Gupta, R.K., Verma, V., Kaur, M., Singh, V.K., and Singh, P. 2023. Interactive effect of land use systems on depth-wise soil properties and micronutrients minerals in North-Western, India. Heliyon, 9. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13591

24- Egli, M., and Fitze, P. 2001. Quantitative aspects of carbonate leaching of soils with differing ages and climates. Catena, 46: 35–62. https://doi.10.1016/S0341-8162(01)00154-0

25- Elephant, D., Miles, N., and Muchaonyerwa, P. 2019. Accounting for potassium reserves and fixation in developing sugarcane fertiliser requirements. Soil Research, 57: 66–74. https://doi.10.1071/SR17300

26- Emami, H., Mosavi, S.M., and Haghnia, G.H. 2018. Effect the changing of land use on soil physical and fertility properties in Nehbandan area. Agricultural Engineering, 41(2): 59–69(in Persian). https://doi.org/10.22055/agen.2018.21955.1350

27- FAO. 2025. Global Forest Resource Assessment 2025, Rome.

28- Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research, 66(2): 95-106. https://sid.10.1016/S0167-1987(02)00018-1

29- Gajić, B. 2013. Physical properties and organic matter of Fluvisols under forest, grassland, and 100 years of conventional tillage. Geoderma, 200: 114–119. https://doi.org/10.1016/j.Geoderma.2013.01.018

30- Haghighi, F., Gorji, M., and Shorafa, M. 2010. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. Land Degradation and Development, 21: p. 496–502. https://doi.org/10.1002/ldr.999

31- Jelodar, F., Ghajarlou, M., and Emadi, M. 2019. The effect of land use change on some physical and chemical properties of soil (Case study: Babolrud watershed) (Technical report). Watershed Management Research Paper, 10(19): 222-232 (in Persian with English abstract). https://doi.10.29252/jwmr.10.19.222

32- Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, 5: 425–442.

33- Khakipour, N. 2024. Impacts of land use changes on some soil quality indicators in a part of Lahijan region, Gilan Province. Agricultural Engineering, 47(1): 19-34 (in Persian with English abstract). https://doi.10.22055/agen.2024.45449.1697

34- Khormali, F., and Shamsi, S. 2009. Investigation of the quality and micromorphology of soil evolution in different land uses of a loess hillslope of Golestan province, a case study in Ghapan region. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 16(3): 14–26 (in Persian).

35- Kooch, Y., Shahpiri, A., and Haghverdi, K. 2024. The Effect of different land uses on the characteristics of the organic and mineral soil layer in the West of Mazandaran. Water and Soil, 38(1): 105-126 (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.2023.85316.1358

36- Lavkulich, L. 1981. Methods Manual: Pedology Laboratory. Vancouver, BC, CA: University of British Columbia, Department of Soil Science.

37- Lemenih, M., Karltun, E., and Olsson, M. 2005. Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 105: 373–386. https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.046

38- Mackowiak, C., Grossl, P., and Bugbee, B. 2001 .Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of America Journal, 65: 1744–1750. https://doi.10.2136/sssaj2001.1744

39- Madadi, A., Asghari Saraskanrood, S., and Hajatpourghaleroodkhany, H. 2024. Investigating land use changes with an emphasis on forest cover and its effects on soil erosion using object-oriented classification and the MARCOS multi-criteria technique case study: Ghaleroodkhan Fuman watershed. Hydrogeomorphology, 11(39): 141-164 (in Persian with English abstract). https://doi.10.22034/hyd.2024.60739.1731

40- Meyfroidt, P., Vu, T.P., and Hoang, V.A. 2013. Trajectories of deforestation, coffee expansion and displacement of shifting cultivation in the Central Highlands of Vietnam. Global Environmental Change, 23: 1187–1198 https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.04.005

41- Mganga, K.Z., Razavi, B.S., and Kuzyakov, Y. 2016. Land use affects soil biochemical properties in Mt. Kilimanjaro region. Catena, 141: 22–29. https://doi.10.1016/j.catena.2016.02.013

42- Mojadadi, H., Jalali, A.M., Smailpour, S., and Bahmanyar, M.A. 2013. The effects of land use change of forests on chemical properties of soil. Whatershed Management Research, 25(4): 1-6 (in Persian with English abstract).

43- Molla, E., Getnet, K., and Mekonnen, M. 2022. Land use change and its effect on selected soil properties in the northwest highlands of Ethiopia. Heliyon, 8. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10157

44- Mousavi, S., Sarmadian, F., Omid, M., and Bogaert, P. 2021. Modeling the vertical soil calcium carbonate equivalent variation by machine learning algorithms in Qazvin plain. Journal of Water and Soil. 35(5): 719-734 (in Persian with English abstract). https://doi.10.22067/JSW.2021.71748.1076

45- Najafi, N., Abbasi, M., Aliasgharzad, N., and Oustan, Sh. 2013. Effects of rice cultivation, submergence, sewage sludge compost and chemical fertilizers on soil solution, pH, EC, potassium and sodium. Water and Soil Science, 23(1): 105–121(in Persian with English abstract).

46- Nelson, D.W., and Sommers, L. 1974. A rapid and accurate procedure for estimation of organic carbon in soils. in Proceedings of the Indiana Academy of Science.

47- Niknahad, H., and Marmaiy, M.gh. 2011. Study of the effects of land use change on soil properties (Case study: Kechik watershed). Journal of Soil Management and Sustainable Production. 1(2): 81–96 (in Persian with English abstract).

48- Oliyaei H.R., Keshavarzi, M., and Adhami, A. 2015. Comparison of physicochemical and mineralogical properties of paddy soils in Noor Abad region and adjacent virgin lands (Fars province). Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4(4): 105–126 (in Persian with English abstract).

49- Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture.

50- Osman, K.T., and Osman, K.T. 2013. Forest Soils: properties and management, Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02541-4

51- Owliaie, H., Keshavari, M., and Adhami, E. 2015. Comparison between physicochemical properties and clay mineralogy of paddy soils of Noorabad (Fars province) and adjacent virgin lands. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4(4): 105-125 (in Persian with English abstract).

52- Parsapour, M.K., Kooch, Y., Hosseini, S.M., and Alavi, S.J. 2018. Litter and topsoil in *Alnus subcordata* plantation on former degraded natural forest land: a synthesis of age-sequence. Soil and Tillage Research, 179: 1–10. https://doi.10.1016/j.still.2018.01.008

53- Parveen Kumar, P.K., Mishra, A., Chaudhari, S., Nirmalendu Basak, N.B., Poornima Rai, P.R., Kailash Singh, K.S., Rakesh Singh, R.S., Pandey, C., and Sharma, D. 2018. Carbon pools and nutrient dynamics under eucalyptus-based agroforestry system in semi-arid region of north-west India, Journal of the Indian Society of Soil Science, 66(2): 188-199. https://doi.10.5958/0974-0228.2018.00024.5

54- Presley, D.R., Ransom, M., Kluitenberg, G., and Finnell, P. 2004. Effects of thirty years of irrigation on the genesis and morphology of two semiarid soils in Kansas. Soil Science Society of America Journal, 68: 1916–1926. https://doi.10.2136/sssaj2004.1916

55- Raheb, A., and Heidari, A. 2012. Investigating the soil properties affected by land use change of paddy rice to kiwi plantation in some soils of Tonekabon County, Northern Iran. Journal of Soil Management and Sustainable Production,s 2(2):1-25 (in Persian with English abstract).

56- Raiesi, F. 2017. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. Ecological Indicators, 75: 307–320. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.049

57- Rana, R., Kumar, M., Sundriyal, R., Singh, G., Arya, H., and Devi, N.M. 2025. Physico-chemical variations in soils across urban proximity in Van Panchayat and Reserved Forests of the Western Himalaya. Trees, Forests and People, p. 100994. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100994

58- Rhoades, J. 1982. Soluble salts. Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties, 9: 167–179.

59- Sadeghi Mianrodi, M., Moezi, A., Gholami, A., Babaei–nejad, T., and Panahpur, E. 2022. Effects of land-use change on soil physical characteristics and nutrients in northern Khuzestan. Agricultural Engineering, 44(4): 381–397 (in Persian with English abstract). https://doi. 10.22055/agen.2022.39468.1622

60- Saha, D., and Kukal, S. 2015. Soil structural stability and water retention characteristics under different land uses of degraded lower Himalayas of North-West India. Land Degradation and Development, 26: 263–271. https://doi.10.1002/ldr.2204

61- Sahrawat, K.L. 2005. Fertility and organic matter in submerged rice soils. Current Science: p. 735–739.

62- Saikia ,R., Sharma, S., Thind, H.S., and Singh, Y. 2020. Tillage and residue management practices affect soil biological indicators in a rice–wheat cropping system in north-western India. Soil Use and Management, 36: 157–172. https://doi.10.1111/sum.12544

63- Salardini, A.A. 1995. Soil Productivity. University of Tehran publications, 41-160 pages (in Persian).

64- Salek-Gilani, S., Raiesi, F., Tahmasebi, P., and Ghorbani, N. 2013. Soil organic matter in restored rangelands following cessation of rainfed cropping in a mountainous semi-arid landscape. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 96: 215–232. https://doi.10.1007/s10705-013-9587-4

65- Samie, F., Yaghmaeian Mahabadi, N., Abrishamkesh, S., and Maslahatjou, A. 2022. Impact of land use change on erodibility and soil quality indicators (case study: Sidasht, Guilan Province). Agricultural Engineering, 45(1): 57–78 (in Persian with English abstract). https://doi. 10.22055/AGEN.2022.39858.1630

66- Shokri Vahed, H., Davatgar, N., Kavoosi, M., Babazadeh Jafari, S., Rezaee, L., and Shakouri, M. 2022. Overview of the status of macro elements, salinity, and organic carbon in some paddy lands of Gilan Province. Journal of Soil Research, 36(2): 193–209 (in Persian with English abstract). https://doi.10.22092/ijsr.2022.356293.638

67- Shukla, G., Pala, N.A., and Chakravarty, S. 2017. Quantification of organic carbon and primary nutrients in litter and soil in a foothill forest plantation of eastern Himalaya. Journal of Forestry Research, 28: 1195–1202. https://doi.10.1007/s11676-017-0394-7

68- Singh, P., and Benbi, D.K. 2018. Nutrient management effects on organic carbon pools in a sandy loam soil under rice-wheat cropping. Archives of Agronomy and Soil Science, 64: 1879–1891. https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1465564

69- Tajkhalili, N., Saedi, S., and Baybordi, A. 2011. Evaluation of some soil physical characteristics turns on from forest to pasture land and agricultural land in Arasbaran protected area. 12th congress of Iranian soil science (in Persian with English abstract).

70- Tejada, M., and Gonzalez, J. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. Geoderma, 145: 325–334. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.03.020

71- Tellen, V.A., and Yerima, B.P. 2018. Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. Environmental Systems Research, 7: 1–29. https://doi.10.1186/s40068-018-0106-0

72- Tolimir, M., Kresović, B., Životić, L., Dragović, S., Dragović, R., Sredojević, Z., and Gajić, B. 2020. The conversion of forestland into agricultural land without appropriate measures to conserve SOM leads to the degradation of physical and rheological soil properties. Scientific Reports, 10: p. 13668. https://doi.10.1038/s41598-020-70464-6

73- Tufa, M., Melese, A., and Tena, W. 2019. Effects of land use types on selected soil physical and chemical properties: The case of Kuyu District, Ethiopia. Eurasian Journal of Soil Science, 8: 94–109. https://doi.10.18393/ejss.510744

74- Varasteh Khanlari, Z., Golchin, A., Alamdari, P., and Mosavi Kupar, S.A. 2019. The effects of changing forest land to paddy field on the physical and chemical properties of the soil and determining sensitive indices to land Use Change. Journal of Soil and Water Research, 50(8): 1911–1925 (in Persian with English abstract). https://doi.10.22059/ijswr.2019.277913.668148

75- Willy, D.K., Muyanga, M., Mbuvi, J., and Jayne, T. 2019. The effect of land use change on soil fertility parameters in densely populated areas of Kenya. Geoderma, 343: 254–262. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.033

76- Wlindsay, W.L. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421–428. https://doi.org/10.1080/0190416820936301.