

Research Article

Agricultural Engineering., 47(1) (2024) 19-34  
DOI: 10.22055/agen.2024.45449.1697

ISSN (P): 2588-526X

ISSN (E): 2588-5944

## Impacts of land use changes on some soil quality indicators in a part of Lahijan region, Gilan Province

N. Khakipour

1. Assistant professor, Department of Soil Science, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

Received: 20 December 2023 Accepted: 9 February 2024 \*Corresponding Author: nazanin\_kh\_43713@yahoo.com

### Abstract

**Introduction:** Soil is a dynamic natural system and interface between land, air, water, and life, which performs vital services for human sustenance. The increasing population growth has led to the excessive use of this natural resource to provide food, clothing and other human needs. This has led farmers in different parts of the world to improper exploitation of inferior and marginal lands such as pastures and forests located on sloping lands. However, on the one hand, these lands have low potential and on the other hand, they have a high potential for erosion. Soil quality is usually introduced as the ability of the soil to interact with the ecosystem which maintains the productivity of the quality of different parts of the environment and thus improve the health of plants, animals, and humans. The quality of soil and its importance for the development of sustainable agriculture becomes more important nowadays. Land use change is one of the most important problems in our country, especially in the Hyrcanian forest lands in the north of Iran. The objectives of this study were to evaluate the effects of land use change on some soil quality indicators in the north of Iran.

**Methods and Materials:** An area in the south of Lahijan including Natural Forest (NF), Tea plantation (TP) and paddy rice (PR) cultivation land uses was selected for this study. In each land use 10 soil samples were collected at 0-20 cm depth and transferred to the laboratory. Undisturbed soils core samples were taken for measurement of bulk density. A part of sample passed through the 4 mm sieve for measurement of aggregate stability and two indices comprised mean weight diameter: MWD, geometric mean diameter: GMD were calculated. Other soil properties such as pH, Calcium carbonate equivalent (CCE), soil organic matter (SOM), particulate organic carbon (POC), and soil respiration also measured.

**Results and Discussion:** The statistical results in this study showed that due to the change of land use from forest to tea and rice cultivation, the amount of organic carbon decreased, while the amount of pH and calcium carbonate increased. As a result of changing the use of forest land to other two land uses, indicators of stability of soil aggregates (MWD and GMD) have significantly decreased, and as a result, the bulk density of the soil has increased. The amount of MWD was 1.95 mm in the forest, 1.2 mm in the tea plantation, and 0.45 mm in the rice cultivation. The amount of particulate organic carbon as one of the indicators of soil quality in forest lands was observed in the maximum value. In addition to the reduction of particulate organic matter, this change is also caused by the excessive traffic of machines. Soil microbial respiration was analyzed as a soil biological indicator. The results showed that the average of microbial respiration in the natural forest was equal to 300 mg C/ day.g soil, and in the two other



land uses of tea and rice cultivation, it was determined as 200 and 120 mg C/ day.g soil, respectively. Positive and significant relationship between SOM and MWD confirmed that soil organic matter had high contribution for soil aggregate formation and its stability. The results of this research showed that the soil's chemical, physical, and biological characteristics have shown significant differences due to land use change. In forest soils, the highest amount of organic carbon, and the lowest amount of pH was observed, which is due to the high accumulation of organic matter and high leaching of cations. Due to the degradation of organic carbon in the other two uses, the bulk density and aggregate stability indicators have decreased. The intense cultivation operations in the other two land uses, especially in the paddy fields, have destroyed the soil structure. Also, more organic carbon in forest soils has led to more microbial respiration.

**Conclusion:** In total, all soil quality indicators have decreased with the change in land use in the study area. Therefore, land use conversion and especially deforestation in the studied region should be avoided. It seems, that land use change in the study area has caused land degradation and reduced quality and health aspects of the soil. Therefore, it is necessary to consider it in land use planning, land improvement, and sustainable land management.

**Keywords:** *Land use change, soil quality, soil quality indicators, land degradation, soil respiration*

## تأثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های کیفیت خاک در بخشی از منطقه لاهیجان استان گیلان

نازنین خاکی پور<sup>۱\*</sup>

۱-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۲۰

## چکیده

تغییر کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین معضلات کنونی کشور ما به ویژه در اراضی جنگل‌های هیرکانی شمال کشور است. در این مطالعه سعی شده است تأثیرات این تغییرات در درازمدت (۵۰ ساله) بر برخی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور سه کاربری جنگل طبیعی، چایکاری و شالیکاری با شرایط یکسان از نظر شیب و مواد مادری و خصوصیات ذاتی خاک انتخاب و در هر کاربری ۱۰ نقطه انتخاب شدند و تجزیه‌های مختلف روی نمونه‌ها صورت گرفت. نتایج آماری در این مطالعه نشان داد، بر اثر تغییر کاربری اراضی از جنگل به چایکاری و شالیکاری میزان کربن آلی کاهش و در مقابل میزان pH و کربنات کلسیم افزایش یافته است. بر اثر تغییر کاربری اراضی جنگلی به دو کاربری دیگر به طور معنی‌داری شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها (GMD, MWD) کاهش یافته است و به تبع آن جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یافته است. این افزایش یک رخداد مخرب است، زیرا حاکی از تخریب ساختمان خاک است. میزان MWD در جنگل معادل ۱/۹۵ میلی‌متر، در اراضی چایکاری ۱/۲ میلی‌متر و در اراضی شالیکاری معادل ۰/۴۵ میلی‌متر متغیر بود. میزان کربن آلی ذره‌ای به عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی جنگلی در حداکثر مقدار مشاهده شد. این تغییر علاوه بر کاهش مواد آلی ناشی از تردد بیش از حد ماشین‌آلات در اراضی شالیکاری نیز می‌باشد. نتایج نشان داد که میانگین تنفس میکروبی به عنوان شاخص زیستی خاک در جنگل طبیعی معادل ۳۰۰ میلی‌گرم در روز در هر گرم خاک بوده و در دو کاربری چایکاری و شالیکاری به ترتیب معادل ۲۰۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر گرم خاک در روز محاسبه شد که در هر سه کاربری اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) نشان داد. در مجموع نتایج نشان داد که تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه باعث تخریب اراضی و کاهش تقلیل کیفیت خاک شده است.

## کلمات کلیدی:

تغییر کاربری اراضی،  
شاخص‌های کیفیت،  
تخریب اراضی

\*عهده‌دار مکاتبات

Email: nazanin\_kh\_43713@yahoo.com

خاکی پور: تاثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های ...

#### مقدمه

خاک یک سیستم طبیعی پویا و رابط بین زمین، هوا، آب و زندگی است که خدمات حیاتی را برای تأمین معاش انسان انجام می‌دهد (۴۷). رشد روز افزون جمعیت منجر به استفاده بی‌رویه از این منبع طبیعی جهت تأمین غذا، پوشاک و دیگر نیازهای انسانی شده است. این موضوع کشاورزان بخش‌های مختلف جهان را به سوی بهره‌برداری نادرست از اراضی نامرغوب و حاشیه‌ای همچون مراتع و جنگل‌های واقع بر زمین‌های شیب‌دار سوق داده است. حال آنکه این اراضی از سویی دارای پتانسیل پایین و از سویی دیگر دارای استعداد فرسایش-پذیری بالایی می‌باشند (۲).

کیفیت خاک معمولاً به عنوان توانایی خاک برای تعامل با اکوسیستم به منظور حفظ بهره‌وری بخش‌های مختلف محیط زیست و همچنین ترقی سلامت گیاهان، حیوانات و انسان‌ها معرفی می‌شود (۹). کیفیت خاک و اهمیت آن برای توسعه کشاورزی پایدار امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. تولید محصولات کشاورزی در حال حاضر بر پایه استفاده بی‌رویه از کودها و آفت-کش‌ها بنا شده است که موجب کاهش توانایی اکوسیستم برای ارائه خدمات به بشر می‌باشد. افزایش آلودگی ناشی از مواد مغذی و ترکیبات شیمیایی سمی در آب‌های زیرزمینی و سطحی موجب افزایش غنی-شدگی زیستی<sup>۱</sup> و کاهش کیفیت خاک می‌گردد (۳۳). تبدیل مراتع و جنگل‌های طبیعی به اراضی کشاورزی از دخالت‌های مهم بشر در اکوسیستم‌های طبیعی بوده که این موضوع خود بر فرآیندهای بوم‌سامان به ویژه میزان معدنی شدن کربن و نیتروژن اثرگذار می‌باشد (۲۹). تغییر کاربری اراضی سبب هدررفت کربن آلی خاک، کاهش قابلیت دسترسی و نگهداری عناصر غذایی، تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و هدایت

هیدرولیکی خاک، افزایش روان‌آب سطحی، افزایش فرسایش و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (۱۳).

شاخص‌های کیفیت خاک به سه دسته شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی گروه بندی می‌شوند. کربن آلی در اشکال مختلف به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های کیفیت خاک شناخته می‌شود (۲۴). مواد-آلی ذره‌ای شکل گذرا و ناپایدار مواد آلی است که تجزیه متوسطی داشته و از نظر تجزیه بین لاشبرگ و مواد هموسی شده قرار دارد. این جزء با عبور خاک از الک  $0.053$  میلی‌متر جدا شده و اندازه آن بین  $0.053$  تا  $2$  میلی‌متر می‌باشد. مواد آلی ذره‌ای شکل جزئی پویا و فعال بوده و به نوع مدیریت خاک و ورودی مواد آلی تازه وابسته و تغییرات آن بسیار حساس‌تر از مواد آلی کل خاک در مقابل تغییر کاربری می‌باشد (۵). خصوصیات مواد آلی ذره‌ای شکل، مشابه خصوصیات ذرات با قابلیت دسترسی متوسط مواد آلی خاک می‌باشد. در خاک‌های مرتعی تا  $48$  درصد از کل مواد آلی خاک را شامل می‌گردد و در خاک‌های مرتعی و جنگلی بیش از خاک‌های کشاورزی دیده می‌شود. این جزء شامل اجزای تا حدودی تجزیه شده گیاهی بوده و وزن مخصوص آن کمتر از  $1/05$  گرم بر سانتی متر مکعب است و نسبت کربن آلی به نیتروژن آن بیش از  $20$  می‌باشد. جزء سبک نیز وزن مخصوص تقریباً مشابه داشته و نسبت کربن آلی به نیتروژن حدود  $25$  دارد (۳۱). از بین شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک، پایداری خاکدانه‌ها و وزن مخصوص ظاهری از مهم‌ترین و رایج-ترین شاخص‌ها محسوب می‌شوند (۳). خاکدانه‌ها به عنوان فاکتور کلیدی در پایداری خاک و عامل مؤثری در جهت کنترل فرسایش خاک محسوب می‌شوند (۲۰). پایداری خاکدانه به روش الک تر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۱۷). تشکیل خاکدانه‌های ریز و درشت روندی

تحت پوشش جنگل طبیعی بوده‌اند. سه کاربری انتخاب شده شامل جنگل طبیعی، کشتزار برنج و اراضی چایکاری بود. سطح هر کاربری حدود ۲۰ هکتار تا ۳۰ هکتار متفاوت بود. در این منطقه عمدتاً پوشیده از جنگل‌های مخلوط هیرکانی و جنگل‌های راش کوهی بوده‌اند. جنگل‌های هیرکانی بخش عظیمی از کوه‌ها تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری را می‌پوشاند که عمدتاً شامل درختان خیلی بلند مانند بلند مازو، درخت آزاد، و انجیلی و انواع رایجتر افرا و نارون؛ لایه‌ای از درختان کوچک‌تر مثل لیلکی، کلهو، و شبخسب، شمشاد در نقاط سایه‌دار و همه انواع درختان میوه وحشی و درختچه‌هایی مثل جل، خاس، خزه، تاک وحشی، پیچک، و دیگر گیاهان خزنده دارد. جنگل‌های راش کوهی دارای درختان بلوط، نمدار، افرا و نارون است. از جمله کاربری‌های موجود در این منطقه می‌توان به باغات چای، برنج، مرکبات، کیوی، صیفی‌جات اشاره کرد که این مناطق امروزه بیشتر در معرض تخریب و ساخت مناطق مسکونی و ویلا قرار دارند (۵).

#### نمونه برداری و سنجش‌های آزمایشگاهی

از هر کاربری ۱۰ نقطه به صورت تصادفی انتخاب شد و از عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری نمونه‌های خاک برداشت شدند. برخی تجزیه‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی روی همه نمونه‌ها انجام شد. نمونه دست نخورده در سیلندرهایی با حجم مشخص تهیه و بر اساس وزن خشک آن در آزمایشگاه در آون تحت دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد. آهک به روش تیتراسیون معکوس و براساس اندازه‌گیری مقدار اسید مصرفی برای خنثی کردن آهک و عمل تیتراسیون اسید اضافی با سود تعیین شد (۳۱). اندازه‌گیری ماده آلی به روش اکسیداسیون تر صورت گرفت (۳۵). درصد ازت خاک به روش کج‌لدال و بوسیله دستگاه کج‌لدال در مجاورت کاتالیزور و اسید سولفوریک غلیظ تعیین شد (۳۱). واکنش خاک با استفاده از دستگاه pH متر در حالت گل اشباع (۳۵) اندازه‌گیری شد.

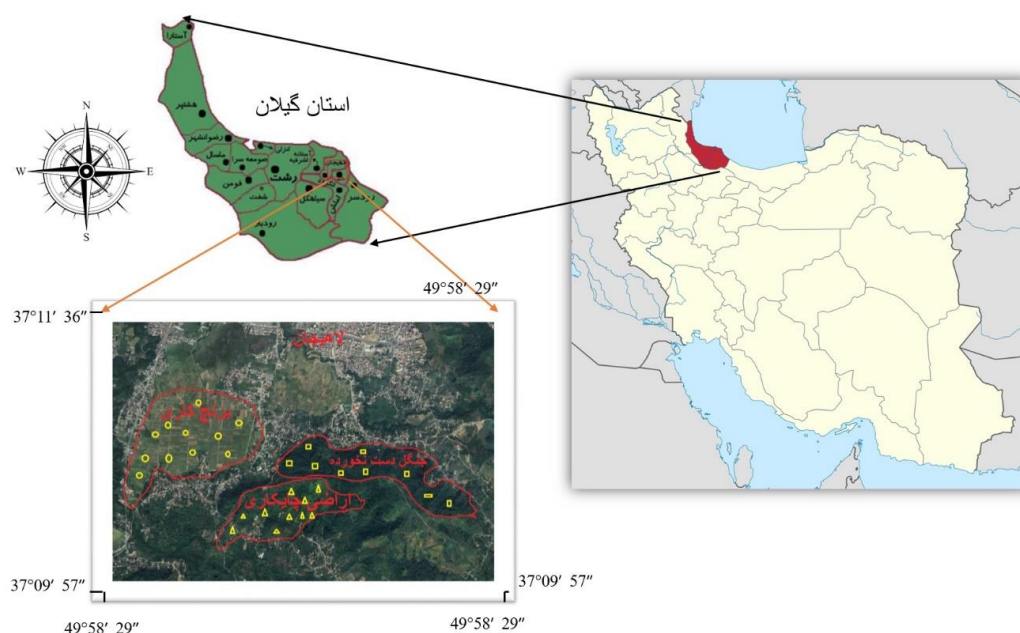
پویا شامل فرآیندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی است (۲۸). خاکدانه‌های ریز توسط اسیدهای هومیک مقاوم همراه با آهن و آلومینوم بی‌شکل و فلزات چند ظرفیتی به هم چسبانده می‌شوند. عوامل اتصال دهنده خاکدانه‌های درشت گذرا و موقتی هستند (۴).

از بین شاخص‌های زیستی نیز فعالیت انواع آنزیم‌های خاک و همچنین تنفس میکروبی خاک به عنوان شاخص‌های رایج مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند (۳۹). در این پژوهش برخی شاخص‌های کیفیت خاک به عنوان شاخصی از سلامت خاک مشتمل بر شاخص‌های شیمیایی مانند پ-هاش، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، و برخی شاخص‌های فیزیکی شامل پایداری خاکدانه‌ها و وزن مخصوص ظاهری خاک و از شاخص‌های زیستی مشتمل بر تنفس میکروبی در سه کاربری جنگل دست نخورده، کشت چای و کشت برنج مورد ارزیابی قرار گرفت. تا کنون مطالعات محدودی در اراضی چایکاری منطقه لاهیجان در مقایسه با اراضی جنگل‌کاری و شالیزار صورت گرفته‌است.

#### مواد و روش‌ها

این مطالعه در بخشی از اراضی جنوب شهر لاهیجان با طول جغرافیایی " ۲۲ ۵۹ ۴۹ ° شرقی و عرض جغرافیایی ° ۵۸ ۱۰ ۳۷ شمالی صورت گرفت. به منظور بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه سه کاربری انتخاب شد (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا ۲۱ متر، میانگین دمای سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ میلیمتر، حداقل میانگین دمای ماهانه در ماه ژانویه و فوریه، ۷/۶ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای ماهانه در ماه اوت، ۲۴/۹ درجه سانتی‌گراد است. پر باران‌ترین ماه، اکتبر با میانگین ماهانه ۲۳۶/۸ میلی‌متر و کم باران‌ترین ماه، ژوئیه با ۴۹ میلی‌متر بارش گزارش شده‌است. این منطقه در رژیم رطوبتی یودیک (تابستان‌های مرطوب با میانگین دمای کمتر از ۲۲ درجه سلسیوس) و رژیم حرارتی مزیک قرار دارد. که در گذشته دور همگی

خاکی پور: تاثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های ...



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری، استان گیلان لاهیجان

Figure (1) Location of the study area and the soil sampling points in the Gilan Province, Northern Iran

کل خاکدانه‌ها و  $\Pi$  تعداد الک‌ها می‌باشد. نسبت وزن خاکدانه‌ها ( $W_i$ ) به کمک معادله (۲) محاسبه گردید:

$$W_i = \frac{W_i(a+s) - W_i(s)}{\sum_{i=1}^n W_i(a+s) - \sum_{i=1}^n W_i(s)} \quad (2)$$

که در معادله شماره ۲،  $W_i(a+s)$  وزن خاک روی هر الک و  $W_i(s)$  وزن شن و سنگریزه روی هر الک است.

$$GMD = e^{(\sum_{i=1}^n w_i \log \bar{X}_i)} \quad (3)$$

تنفس میکروبی خاک به روش اندازه‌گیری دی اکسید کربن تولید شده بر حسب میلی گرم بر روز برای یک گرم خاک محاسبه شد (۳).

دکستر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) بیان کردند که برای خاک‌های معدنی مقدار کل کربن کنترل‌کننده رفتار فیزیکی خاک نیست و اظهار داشتند این موضوع به مقدار کربن آلی کمپلکس شده (COC) و مقدار کربن آلی کمپلکس نشده (NCOC) بستگی دارد. بر اساس

برای ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها و تفکیک آن‌ها بر اساس اندازه از روش الک تر استفاده شد؛ به این صورت که توده خاک از الک ۴/۷۵ میلیمتری عبور داده و سپس ۱۰۰ گرم از آن در حالت هوا-خشک تحت آزمایش الک تر قرار گرفت. ۱۰۰ گرم از نمونه هوا-خشک بر روی سری الک‌ها قرار گرفت. سری الک‌ها به ترتیب از بالا به پایین ۱، ۲، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱، و ۰/۰۵۳ میلیمتر بود (۱۴). الک کردن با دامنه ۱ تا ۲ سانتی‌متر و سرعت ۳۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه درون سطل پر از آب شهر انجام گردید. پس از تعیین وزن خشک باقی مانده روی هر الک، شاخص‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، درصد خاکدانه‌های پایدار و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر تعیین گردید.

$$MWD = \sum_{i=1}^n w_i \times \bar{X}_i \quad (1)$$

در رابطه ۱،  $\bar{X}_i$  میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک،  $W_i$  نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن

### بررسی شاخص‌های شیمیایی خاک

از بین ویژگی‌های شیمیایی خاک پ-هاش خاک نقش مهمی در تغذیه گیاه و سایر فرآیندهای خاک ایفا می‌کند. در منطقه‌ای نظیر منطقه مورد مطالعه با بارندگی زیاد (بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال) و سنگ‌هایی که منشا آذرین دارند پ-هاش زیر ۶ طبیعی به نظر می‌رسد. همانطور که نتایج جدول ۱ نیز نشان می‌دهد حداقل این ویژگی در برخی مناطق جنگل طبیعی به عدد ۴/۰۱ هم رسیده‌است. لیکن جنگل تراشی و سپس تبدیل آن به اراضی چای کاری و مخصوصاً برنج کاری همراه با کوددهی و شخم و شیار رسوبات آهکی از عمق باعث افزایش پ-هاش به نزدیک ۷ هم شده‌است. این تغییرات می‌تواند میزان سهولت دسترسی گیاه به عناصر ریزمغذی را تحت الشعاع قرار دهد. مقایسه میانگین پ-هاش در سه کاربری مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده‌است. اوبیدیکه اوگو و همکاران<sup>۵</sup> (۳۴) در سال ۲۰۲۳ برای بررسی اثرات تغییر کاربری در مناطق حاره ای نشان دادند که تغییر کاربری اراضی باعث تغییرات معنی‌دار پ-هاش خاک شده‌است. طی تغییر کاربری اراضی در منطقه مطالعاتی پ-هاش خاک به صورت معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ارائه شده در جدول ۲ نشان داد که این ویژگی به شدت تحت تاثیر تغییر کاربری قرار گرفته‌است. همانطور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین کربن آلی در سه کاربری دیده می‌شود و روند کربن به صورت زیر است: جنگل طبیعی < چایکاری < برنجکاری. تغییر کاربری جنگل و از دست رفتن کربن آلی از خاک از طریق عملیات کشت و زرع می‌تواند عامل اصلی این موضوع باشد (۳۰).

تئوری دکستر (۲۰۰۸) مقدار کربن آلی کمپلکس شده با رس (COC) با استفاده از معادله ۴ قابل محاسبه است:

$$COC = IF \left[ OC \leq \frac{c[ay]}{n} \right] Then [OC] ELSE \left[ \frac{c[ay]}{n} \right] \quad (4)$$

و مقدار کربن آلی غیر کمپلکس شده (NCOC) با استفاده از معادله صورت می‌گیرد:

$$NCOC = IF[(C - COC) > 0] Then [(C - COC)] ELSE [0] \quad (5)$$

### تجزیه و تحلیل‌های آماری

توصیف آماری خصوصیات خاک شامل تعیین حداقل، حداکثر، میانه، میانگین، چولگی و کشیدگی و ضریب تغییرات به کمک نرم افزار SPSS نسخه ۱۷٫۰ تعیین شد. در نهایت در قالب یک طرح کاملاً تصادفی میانگین ویژگی‌های مورد بررسی در سه کاربری مورد مقایسه میانگین به روش LSD در سطح ۵ درصد قرارگرفت.

### نتایج و بحث

#### توصیف آماری داده‌ها

توصیف آماری داده‌ها در جدول ۱ نشان‌داد که پ-هاش خاک دارای حداقل ضریب تغییرات بود که با نتایج مطالعات نوروزی و همکاران<sup>۱</sup> (۳۳) افشار و همکاران<sup>۲</sup> (۱) و ذوالفقاری و همکاران<sup>۳</sup> (۴۸) همخوانی دارد. سایر ویژگی‌های نظیر کربن آلی و کربن آلی ذره-ای و شاخص‌های پایداری خاک دارای حداکثر ضریب تغییرات و ضریب تغییرات بیش از ۶۰ درصد بودند. طبق نتایج یافته‌های مختاری کرچگانی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۷) ضریب تغییرات زیاد این شاخص ناشی از تغییرات زیاد مدیریت در کاربری‌های مورد مطالعه است.

1- Norouzi et al.

2- Afshar et al.

3- Zolfaghari et al.

4- Mokhtari Karchegani et al.

5- Obidike-Ugwu et al.

خاکی پور: تاثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های ...

جدول (۱) توصیف آماری ویژگی‌های خاک در سه کاربری مورد مطالعه (N=30)  
Table(1) Descriptive statistics of some physical, chemical, and biological properties in the three land uses (N=30)

ضریب تغییرات CV %	کشیدگی Kurt	چولگی Skewness	انحراف معیار SD	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	واحد Unit	ویژگی‌های خاک Soil Properties
14.40	1.20	0.99	0.78	7.01	5.40	4.01	-	پ هاش pH
65.33	2.12	0.89	0.98	2.65	1.50	0.15	%	کربن آلی خاک SOC
49.50	0.89	0.34	1.02	10.50	2.06	0.02	%	کربنات کلسیم معادل CCE
25	0.67	0.02	0.0003	0.70	0.12	0.08	%	کربن آلی ذره ای POC
40	2.10	1.02	0.12	0.99	0.30	0.05	%	نیترژن کل TN
57.1	2.01	0.80	0.80	1.6	1.4	0.98	gcm <sup>-3</sup>	وزن مخصوص ظاهری BD
70.0	1.09	0.09	0.98	2.01	1.40	0.22	Mm	میانگین وزنی قطر خاکدانه ها MWD
78.43	1.02	1.01	0.80	1.80	1.02	0.12	Mm	میانگین هندسی قطر خاکدانه ها GMD
33.5	1.02	0.08	67	350	200	120	mg C/ day. g soil	تنفس خاک SR

SOC: Soil Organic carbon; CCE: Calcium Carbonate equivalent; POC: Particulate organic carbon; TN: Total nitrogen;  
BD: Bulk density; MWD: mean weight diameter; GMD: Geometric mean diameter; SR: Soil respiration.



جدول (۲) مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های شیمیایی بین سه کاربری مورد مطالعه. حروف متفاوت روی گراف‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

Table(2) Mean comparison among the three land uses for some selected soil chemical properties. Different letter shows significant difference among land uses at 95 % probability level

شالیزار Paddy rice	مزرعه چای Tea plantation	جنگل طبیعی Natural forest	
7.01 a	5.0 b	3.89 c	پ هاش pH
0.90 c	1.9 b	2.65 a	کربن آلی خاک SOC
0.08 c	0.50 b	0.70 a	کربن آلی ذره ای POC
0.99 a	0.45 b	0.05 c	نیترژن کل TN
9.55a	2.56b	0.020 c	کربنات کلسیم معادل CCE

مقداری از کربن آلی نیز در اثر برداشت محصول، سوزاندن یا خارج کردن بقایای گیاهی از دست می‌رود (۱۶).

ویلهلم و همکاران<sup>۱</sup> (۴۵) بیان داشتند که ریشه گیاهان در مقایسه با بقایای سطحی دارای محتوی کربن بیشتری است. به گونه‌ای که کربن آزاد شده از ریشه‌های زنده (ترشحات ریزوسفری) ورودی اساسی کربن آلی در خاک‌ها می‌باشد. ورودی سالانه کربن ریشه‌های ریز معادل یا بیشتر از کربن ناشی از برگ‌ها است (۴۵). در کاربری جنگل ورود زیاد مانده‌های گیاهی و درختی به سطح خاک و بقایای گیاهان علفی تحت اشکوب با سیستم ریشه‌ای افشان و سطحی سبب می‌شود مقدار کربن آلی خاک نسبت به دیگر کاربری‌ها افزایش یابد. در اراضی زراعی مهم‌ترین عاملی که باعث کاهش مقدار ماده آلی خاک می‌شود کشت و کار است (۲۵). تشدید فرسایش در مناطق زراعی از دیگر عوامل کاهش ماده آلی خاک می‌باشد (۲۵). ناردی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۹) کاهش حفاظت فیزیکی مواد آلی خاک در اثر خرد

عملیات کشاورزی طولانی مدت بر زمین‌های کشاورزی موجب هدررفت کربن به اتمسفر و همچنین کاهش مواد آلی خاک می‌گردد. این نتایج با مطالعات نیک قوماخر و مارامایی (۳۲) مشابه است. در مطالعات نیک قوماخر و مارامایی میزان ماده آلی از ۴/۴ درصد در اراضی جنگلی به ۲/۲۷ درصد در کاربری مرتع و ۰/۷۵ درصد در کاربری زراعی کاهش یافته است. تغییرات کربن آلی خاک، مشخصه‌ای مناسب برای ارزیابی تأثیر عملیات مدیریتی در اراضی کشاورزی و جنگلی می‌باشد (۳۶). مهم‌ترین عاملی که در تسریع کاهش مواد آلی در خاک تأثیر بسزایی می‌گذارد، کشت و کار می‌باشد، زیرا عملیات خاک‌ورزی (شخم) در اراضی کشاورزی منجر به بهم خوردن ساختمان خاک (شکسته شدن و خرد شدن خاکدانه‌ها) گشته و در نتیجه میزان تجزیه مواد آلی موجود در ساختمان خاک (بواسطه قرارگرفتن مواد آلی در معرض میکروارگانیسم‌ها) نیز افزایش می‌یابد. بدین صورت که بدنال معدنی شدن کربن و آزادسازی گاز دی‌اکسید کربن، میزان زیادی از کربن آلی از سولوم خاک خارج می‌گردد (۴۶). همچنین در این اراضی

1- Wilhelm *et al.*

2- Nardi *et al.*

خاکی پور: تاثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های ...

(۱:۱۰) قرار گرفته‌اند، در حالی که خاکهای شالیزارها زیر این خط قرار دارند. در ضمن در مورد کاربری چایکاری نیز نقاط در دو طرف خط پراکنده شده‌اند. نقاط بالای خط خاک‌های کمپلکس نشده با کربن آلی و نقاط زیر خط مربوط به خاک‌های کمپلکس شده با کربن آلی می‌باشند. می‌توان نتیجه گرفت خاک‌های جنگل از کیفیت بالاتری نسبت به خاک‌های کاربری کشاورزی برخوردار می‌باشند.

بررسی میزان درصد کربنات کلسیم معادل خاک نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ در بین هر سه کاربری می‌باشد (جدول ۲). در این بین کاربری شالیزار بیشترین مقدار (۹/۵۵ درصد) و کاربری جنگل طبیعی مقدار (۰/۰۲ درصد) را دارا می‌باشند. علت این موضوع را می‌توان به عملیات کشت و زرع و زیرو رو کردن خاک نسبت داد که موجب بالا آمدن آهک لایه‌های زیرین گردیده و موجب بالا بودن مقدار آهک در کاربری شالیزار می‌شود (۴). کاربری جنگل به علت نفوذپذیری بالا و آبشویی بیشتر، مقدار آهک کمتری از کاربری شالیزار دارد. در باغات چای به علت موقعیت شیب‌دار و آبشویی فراوان، آهک سطحی شسته شده و به افق‌های زیرین منتقل گردیده‌است. این نتایج با مطالعات ریاحی و همکاران<sup>۳</sup> (۳۸) مطابقت دارد. کیانی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۳) بیان نمودند که عملیات شخم می‌تواند موجب انتقال آهک از افق کلسیک زیرین به سطح خاک در ناحیه جنگل‌تراشی شود. مقایسه مقادیر ازت کل در سه کاربری نشان داد که بیشترین آن در کاربری شالیکاری مشاهده شد که بخش عمده‌ای از آن به دلیل کوددهی توسط زارعین محلی است.

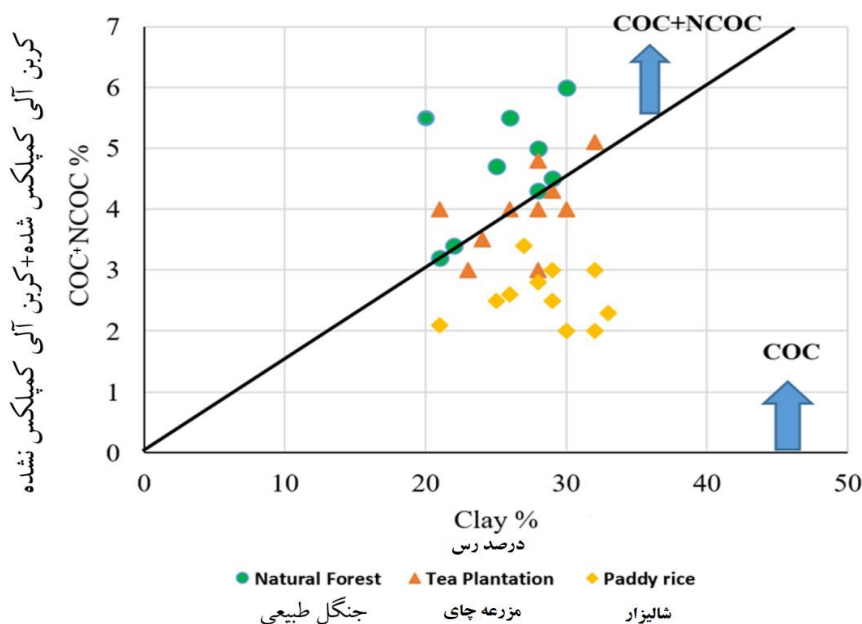
شدن خاکدانه‌های درشت طی عملیات شخم، کارتر و همکاران<sup>۱</sup> (۱۰) افزایش دمای خاک به دلیل کاهش پوشش گیاهی سایه‌انداز را در تجزیه مواد آلی در خاک اراضی زراعی مؤثر می‌دانند. نتایج مطالعات برومند و همکاران<sup>۲</sup> (۸) در مناطقی از شهرستان ساری در استان مازندران نشان داد که تغییر کاربری سبب کاهش درصد کربن آلی خاک گردیده است به گونه‌ای که خاک جنگل با ۲ درصد کربن آلی در بالاترین سطح و کاربری دیم با ۰/۷۲ درصد در پایین‌ترین مقدار کربن آلی قرار دارد. در این مطالعات علت این نتایج را عدم کشت و زرع و نیز وجود لاشبرگ فراوان دانستند. بین تجزیه سریع لاشبرگ توازن وجود دارد، اما در اراضی زراعی و باغ این توازن به چشم نمی‌خورد.

مواد آلی ذره‌ای حدواسط بقایای تازه و هوموس و یک مخزن موقتی مواد آلی می‌باشد (۱۹). در این مطالعه اختلاف معنی‌داری بین کاربری‌های مورد مطالعه در مورد مواد آلی ذره‌ای مشاهده شد به طوری که حداکثر آن در اراضی جنگلی و حداقل در اراضی شالیزاری مشاهده شد.

در این مطالعه همچنین میزان کربن آلی محبوس شده توسط رس‌ها همراه با کربن آلی آزاد بر طبق تئوری دکستر محاسبه و طبق شکل ۲ ارائه شد. دکستر و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که برای خاک‌های معدنی مقدار کل کربن کنترل‌کننده رفتار فیزیکی خاک نیست (۱۲) و اظهار داشتند این موضوع به مقدار کربن آلی کمپلکس شده با رس (COC) و مقدار کربن آلی کمپلکس نشده (NCOC) بستگی دارد. بر این اساس به منظور بررسی ذخایر ماده آلی با استفاده از نظریه دکستر بین مقدار کربن کمپلکس شده و مقدار ماده آلی کمپلکس نشده با درصد رس برای کل داده‌ها بر اساس تفکیک کاربری ارتباط برقرار شد. براساس شکل ۲ تمام نقاط مربوط به کاربری جنگل طبیعی بالای خط اشباع

3- Riahi et al.  
4- Kiani et al.

1-Carter et al.  
2- Broumand et al.



شکل (۲) کاربرد مدل دکستر در مورد کربن COC-NCOC در سه کاربری مورد مطالعه. خط مورب خط اشباع است (خط ۱:۱۰). نقاط زیر خط به محتوای کربن آلی کمپلکس (COC) اشاره دارد و نقاط بالای خط، محتوای کربن آلی کمپلکس نشده (NCOC) هستند.

Figure.(2) Application of Dexter's COC-NCOC theory in the three land uses studied. The diagonal line is saturation line (1:10 line). The points below the line refer to the contents of complexed organic carbon (COC) and points above the line are contents of non-complexed organic carbon (NCOC)

باشد که نشان دهنده تأثیر کشت و زرع بر MWD و GMD است. به علت بالاتر بودن ماده آلی در جنگل‌ها و نقش محافظت‌کنندگی ماده آلی از خاکدانه‌ها که موجب ایجاد خاکدانه‌های درشت در خاک می‌گردد، پایداری خاکدانه‌ها در کاربری جنگل بیشتر است. (جدول ۳).

طبق مطالعات مباگو (۲۶) پایداری خاکدانه‌ها به عوامل متفاوتی از جمله عوامل زیستی، فیزیکی و ترکیبات خاک بستگی دارد. چلیک (۱۱) در پژوهش‌های خود به این نکته اشاره می‌کند که بر اثر کاهش مواد آلی، خاکدانه‌ها به آسانی شکسته شده و ذرات ریز خاک طی فرسایش آبی حمل خواهد شد. از طرفی ستا و کاراتاناسیس (۴۱) دریافتند که تنها کربن آلی خاک مسئول پایداری خاکدانه‌ها نیست، بلکه سایر عوامل

### تغییر پذیری شاخص‌های فیزیکی خاک

وزن مخصوص ظاهری خاک به عنوان ساده‌ترین روش برای ارزیابی ساختمان خاک در بافت‌های مشابه برای ارزیابی کیفیت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه نشان داد که وزن مخصوص ظاهری به خوبی تأثیرات کاربری را نشان داده و کمترین آن در اراضی جنگل طبیعی (میانگین ۱/۳۲ گرم بر سانتی متر مکعب) و بیشترین آن در کاربری شالیکاری (میانگین ۱/۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب مشاهده شد. عملیات کشت و کار مداوم در شالیزارها باعث تخریب خاکدانه‌ها و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود. بررسی نتایج تأثیر کاربری اراضی بر پایداری خاکدانه‌ها نشان دهنده بیشتر بودن ضرایب پایداری خاکدانه‌ها در کاربری جنگل نسبت به دو کاربری زراعی دیگر می-

خاکی پور: تاثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی شاخص‌های ...

در تحت اشکوب جنگل طبیعی مشاهده شد که دارای بیشترین کربن آلی است و فعالیت میکروبی بیشتری همراه داشته‌است. تفاوت معنی‌داری بین کاربری جنگل و دو کاربری کشت چای و شالیکاری مشاهده شد (جدول ۳). تنفس خاک، انتشار CO<sub>2</sub> از خاک به اتمسفر، یکی از مهمترین اجزای متابولیسم کره زمین است و عمدتاً نتیجه فرآیندهای تجزیه میکروبی در خاک و تنفس توسط ریشه گیاهان است (۲۸). تبادل گاز دی اکسید کربن دارای تغییرات مکانی و زمانی بالایی در اکوسیستم‌های مختلف می‌باشد. تنفس خاک نیز بخش مهمی از گردش کربن در اکوسیستم‌های جنگلی است. مقدار دی اکسید کربن حاصل از تجزیه در سطح زمین را می‌توان به طور مستقیم از میزان تولید کربن خاک تخمین زد. با این حال، محاسبه سهم منابع کربن مختلف خاک دشوار است. برخی برآوردها نشان می‌دهد که تنفس ریشه ۵-۳٪ است، در حالی که برخی دیگر نشان می‌دهند که ممکن است تا ۶۰ درصد باشد. کربن خاک، که به طور متوسط تقریباً دو برابر کربن ذخیره شده در زیست توده در جنگل‌ها است، می‌تواند تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نیز قرار گیرد: جنگل زدایی می‌تواند به طور قابل توجهی تجزیه مواد آلی خاک را تسریع کند و خطر فرسایش را افزایش دهد. شدت تنفس خاک مبنایی برای ارزیابی کیفیت خاک است و همراه با مطالعات زیست توده باکتریایی و فعالیت آنزیمی، می‌تواند به مشخص کردن پیامدهای بسیاری از تغییرات فیزیکی، زیستی و شیمیایی موثر بر خاک کمک کند.

خاکی نیز مؤثرند. مباگو (۲۶) بیان داشت که با کاهش کربن آلی خاک طی گذشت زمان بر پایداری خاکدانه‌ها افزوده می‌شود. میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب نشان می‌دهد که عملیات کشت و زرع و تغییر کاربری از جنگل به باغات چای و شالیزار به طرز معناداری موجب کاهش پایداری خاکدانه‌ها بدلیل کاهش مواد آلی می‌گردد. این نتایج با نتایج مطالعات محققین زیادی از جمله حاج عباسی و همکاران<sup>۱</sup> (۱۸) مطابقت دارد. با توجه به شکل ۳ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد ماده آلی و شاخص MWD برای خاک‌های منطقه مشاهده شد که با نتایج سایر محققین مانند ایوبی و همکاران<sup>۲</sup> (۶) همخوانی دارد.

کریمی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۱)، فقیر بودن خاک از ماده آلی را از دلایل عدم پایداری خاکدانه‌ها دانسته‌اند. کارتر (۱۰) بیان می‌کند که کاهش پایداری خاکدانه‌ها بیانگر کاربری ناپایدار اراضی است. عملیات زراعی، خاکدانه‌های درشت را شکسته و ماده آلی خاک را در معرض اتلاف قرار می‌دهد. پراکندگی خاکدانه‌ها منجر به ایجاد سله در سطح خاک گشته و این امر موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب می‌گردد. کاهش پایداری خاکدانه‌ها در طی کشت باغات چای و شالیزار را می‌توان به کاهش ماده آلی طی روند کشت و کار و نتیجه‌ی افزایش سرعت تجزیه ماده آلی دانست (۸).

### تغییر پذیری شاخص زیستی خاک

مهم‌ترین شاخص بیولوژیکی برای تبیین کیفیت و سلامت خاک تنفس میکروبی می‌باشد (۲۴). مقدار تنفس میکروبی به ترتیب در کاربری جنگل، کشت چای و کشت برنج به ترتیب معادل ۳۵۰، ۲۰۰ و ۱۲۰ میلی گرم کربن بر در روز در هر گرم خاک محاسبه شد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که بیشترین تنفس میکروبی

1- Hajabbasi *et al.*

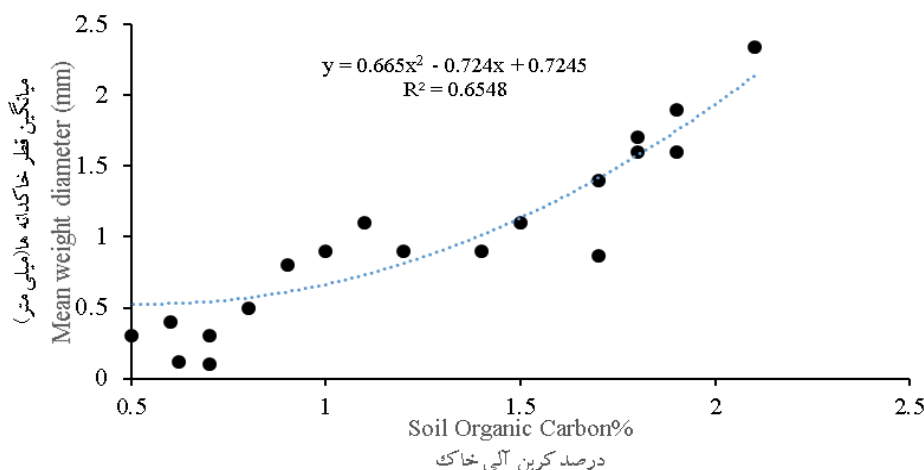
2- Ayoubi *et al.*

3- Karimi *et al.*

جدول (۳) مقایسه میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) بین سه کاربری مورد بررسی برای برخی ویژگی‌های فیزیکی و زیستی خاک. حروف متفاوت کنار اعداد نشان دهنده تفاوت معنی دار بین کاربری‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است

Table(3) Mean comparison among three land uses for some selected soil physical and biological properties. Different letter shows significant difference among land uses at 5 % probability level

شالیزار Paddy rice	مزرعه چای Tea plantation	جنگل طبیعی Natural forest	
0.45 $\pm$ 0.03 c	1.2 $\pm$ 0.09 b	1.90 $\pm$ 0.18 a	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها MWD(mm)
1.42 $\pm$ 0.08 a	1.33 $\pm$ 0.13 b	1.33 $\pm$ 0.09b	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )
0.20 $\pm$ 0.01a	0.55 $\pm$ 0.04 b	0.95 $\pm$ 0.07 a	میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها GMD (mm)
100 $\pm$ 9 c	200 $\pm$ 18 b	350 $\pm$ 28 a	نرخ تنفس خاک Soil respiration rate (mg/g soil/ day)



شکل (۳) ارتباط معنی دار بین کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در تمامی کاربری‌های مورد مطالعه  
Figure (3) Relationship between soil organic carbon and mean weight diameter in all studied land uses.

آلی در دو کاربری دیگر وزن مخصوص ظاهری افزایش و شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافته است. عملیات شدید کشت و کار در دو کاربری دیگر مخصوصاً در اراضی شالیکاری ساختمان خاک را تخریب کرده است. همچنین کربن آلی بیشتر در خاک-های جنگلی منجر به تنفس میکروبی بیشتر شده است. در مجموع کلیه شاخص‌های کیفیت خاک با تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. لذا در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی باید از تبدیل اراضی و به ویژه جنگل تراشی در منطقه جلوگیری گردد.

### نتیجه گیری

این پژوهش به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی در شمال کشور (استان گیلان) روی برخی شاخص‌های کیفیت خاک صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک بر اثر تغییر کاربری اراضی تغییرات معنی‌داری از خود نشان داده است. در خاک‌های جنگلی بیشترین مقدار کربن آلی، و کمترین میزان پ-هاس گزارش شد که ناشی از تجمع بالای مواد آلی و شستشوی زیاد مواد معدنی است. به علت تخریب کربن

## References

1. Afshar, F.A., Ayoubi, S., and Jalalian, A. 2010. Soil redistribution rate and its relationship with soil organic carbon and total nitrogen using  $^{137}\text{Cs}$  technique in a cultivated complex hillslope in western Iran. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101:606–614.
2. Akif, M., Mahmoudi, Sh., Karimian Iqbal, M., and Sarmadian, F. 2003. Investigating changes in the physicochemical and micro morphological characteristics of the soil of natural forests converted to paddy fields in the Fomanat region of Gilan, Iranian *Journal of Natural Resources*, 56(4): 407-423. [In Persian]
3. Anderson, J.P.E., Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Soil Respiration. pp 831-871. In: Page AL (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Edition*. ASA and SSSA, Madison.
4. Angers, D. A. 1992. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Science Society of American Journal*, 56: 1244-1249.
5. Ayoubi, S., Mirbagheri, Z., and Mosaddeghi, M. R. 2020. Soil organic carbon physical fractions and aggregate stability influenced by land use in humid region of northern Iran. *Int. Agrophys.*, 34(3): 343–353.
6. Ayoubi, S., Mokhtari Karchegani, P., Mosaddeghi, M. R., and Honarjoo, N. 2012. Soil aggregation and organic carbon as affected by topography and land use change in western Iran. *Soil Tillage Research*, 121: 18-26.
7. Bowman, R. A., Vigil, M. F., Nielsen, D. C., and Anderson, R. L. 1999. Soil organic matter changes in intensively cropped dryland systems. *Soil Science Society of American Journal*, 63: 186-191.
8. Broumand, M., Qajar Spanalo, M., and Bahmanyar, M. A. 2018. The effect of land use change on some physical and chemical properties of soil (case study: Samskandeh Sari), *Watershed Management Research Journal*, 9: 78-94.
9. Camberdella, C. A., Gajda, A. M., Dorna, J. W., Wienhold, B. J., and Kettler, T. A. 2001. Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition. PP.349-360. In: R. Lal., J. M. Kimble., R. F. Follett and B. A. Stewart (Eds.), *Assessment Methods for Soil Carbon*, Lewis publishers, Boca Raton.
10. Carter, M. R., Gregorich, E. G., Angers, D. A., Donald, R. G., and Bolinder. M. A. 1998. Organic C and N storage and organic C fractions in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada. *Soil Tillage Research*, 47: 253-261.
11. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage research*, 83(2): 270-277.
12. Dexter, A. R., Richard, G., Arrouays, D., Czyz, E. A., Jolivet, C., and Duval, O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma*, 144: 620-627.
13. Doran, J. W., and Parkin, T. B. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. pp. 3-21. In: Doran, J. W., D. C. Coleman., D. F. Bezdicek and B. A. Stewart (Eds), *Defining and assessing soil quality*. Soil Science Society of America. Special Publication No 35, Madison, WI.
14. Franzluebbers, A. J. 2010. Depth distribution of soil organic carbon as a signature of soil quality. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. University of Brisbane, Australia.
15. Gallagher, J. N., Biscoe, P. V., and Hunter, B. 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature*, 264: 541-542.

16. Girma, T. 1998. Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. *Community of Soil Science and Plant Analysis*, 29: 587-598.
17. Golchin, A., and Asgari, H. 2008. Land use effects on soil quality indicators in north-eastern Iran. *Soil Research*, 46: 27-36.
18. Hajabbasi, M. A., Jalalian, A., and Karimzadeh, H. R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant and Soil*, 190: 301-308.
19. Haynes, R. J. 2005. Labile organic matter fraction as central components of the quality of agricultural soils: An overview. *Advanced Agronomy*, 85: 221-268.
20. Jiang, W., Li, Z., Xie, H., Ouyang, K., Yuan, H., and Duan, L. 2023. Land use change impacts on red slate soil aggregates and associated organic carbon in diverse soil layers in subtropical China. *Science of The Total Environment*, 856, p.159194.
21. Karimi, H., Soufi, M., Haghnia, G., and Khorasani, R. 2008. Investigation of aggregate stability and soil erosion potential in some loamy and sandy clay loam soils: case study in Lamerd watershed (south of Fars province). *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 14 (6): 11-19.
22. Kemper, W. D., and Rosenau, R. C. 1984. Soil cohesion as affected by time and water content. *Soil Science Society of American Journal*, 48: 1001-1006.
23. Kiani, F., Jalalian, A., Pashae, A., and Khademi, H. 2007. Effect of Deforestation, Grazing exclusion and Rangeland Degradation on Soil Quality Indices in Loess-Derived Land forms of Golestan Province. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 11: 453-464.
24. Kisaka, M.O., Shisanya, C., Cournac, L., Manlay, J.R., Gitari, H., and Muriuki, J. 2023. Integrating no-tillage with agroforestry augments soil quality indicators in kenya's dry-land agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 227, p.105586.
25. Martínez-Mena, M., López, M., Almagro, Boix-Fayos, C., and Albaladejo, J. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. *Soil Tillage Resource*, 99: 119-129.
26. Mbagwu, J. 2003. Aggregate Stability and Soil Degradation in the Tropics. *Geoderma*, 22: 3-21.
27. Mokhtari Karchegani, P., Ayoubi, S., Lu, S.G., and Honarju, N. 2011. Use of magnetic measures to assess soil redistribution following deforestation in hilly region. *Journal of Applied Geophysics*, 75:227-236
28. Momeal, C. M., Schnitzer, M., Schulten, H. R., Campbell, C. A., and Anderson, D. W. 1995. Soil organic structures in macro and microaggregates of a cultivated Brown Chernozem. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 845-853.
29. Nardi, S., Cocheri, G., and Dell Agnola, G. 1996. Biological activity of humus. pp. 361-406. In: Piccolo, A. (Eds.), *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.
30. Needelman, B. A. 2013. What Are Soils? *Nature Education.Knowledge*, 4(3): 2.
31. Nelson, D.W., and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 383-411. In: A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeny (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Agronomy Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.
32. Nik Nihad Qormakher, H., and Maramai, M. Q. 2018. Studying the effect of land use change on soil properties (case study: Kechik watershed), *Soil Management and Sustainable Production*, 1(2): 81-96. [In Persian]

33. Norouzi, M., Ayoubi, S., Jalalian, A., and Dehghani, A.A. 2010. Predicting rainfed wheat quality and quantity by artificial neural network using terrain and soil characteristics. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 60:241–352
34. Obidike-Ugwu, E.O., Bege, B., Ariwaodo, J.O., and Nwafor, O.E. 2023. Land-use changes and management impact on soil quality indicators in tropical ecosystem. *Environment, Development and Sustainability*, pp.1-15.
35. Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. *Methods of soil analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin, USA.
36. Pathak, P. K., Sahrawat, L., Rego, T. J. and Wani, S. P. 2004. Measurable Biophysical Indicators for Impact Assessment: Changes in Soil Quality. *In: B. Shiferaw, H. A. Freeman, S. M. Swinton (Eds.), Natural resource and management in agriculture. Methods for assessing economic and environmental impacts.* ICRISAT, Patancheru, India.
37. Raiesi, F. 2012. Land abandonment effect on N mineralization and microbial biomass N in a semi- arid calcareous soil from Iran. *The Journal of Arid Environments*, 76: 80-87.
38. Riahi, M., Vahabzadeh, R., and Rai, R. 2015. The role of land use change on some physical and chemical properties of soil (case study: Kiasar Golugah watershed). *Water and Soil Science*, 26 (1): 159-171.
39. Rodríguez, A., Durán, J., Yuste, J.C., Valladares, F., and Rey, A. 2023. The effect of tree decline over soil water content largely controls soil respiration dynamics in a Mediterranean woodland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 333 :109398.
40. Rossell, R. A., Gasparoni, J. C., and Galantini, J. A. 2001. Soil organic matter evaluation. pp. 311-322. *In: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follett, B. A. Stewart (Eds.), Assessment Methods for Soil Carbon.* Lewis publishers, Boca Raton.
41. Seta, A., and Karathanasis, A. 1996. Water dispersible colloids and factors influencing their dispersibility from soil aggregates. *Geoderma*, 74: 255-266.
42. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
43. Tisdall, J. M., and Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. 33(2): 141–163.
44. Wander, M. M. 2004. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. pp: 66-80. *In: F. Magdoff, R. R. Weil, (Eds.), Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
45. Wilhelm, W. W., Johnson, J. M. F., Hatfield, J. L., Voorhees, W. B., and Linden, D. R. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal: a literature review. *Agricultural Journal*, 96: 1–17.
46. Yousefi Fard, M., Khademi, H., and Jalalian, A. 2006. Degradation of soil quality during the change of pasture land use in Cheshme Ali region of Chaharmahal and Bakhtiari province. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1): 54-65. [In Persian]
47. Zahedifar, M. 2023. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis. *Catena*, 222, 106807.
48. Zolfaghari, Z., Mosaddeghi, M.R., Ayoubi, S., and Kelishadi, H. 2015. Soil Atterberg limits and consistency indices as influenced by land use and slope position in western Iran. *Journal of Mountain Science*, 12(6):1471–1483