

Short Paper

## Evaluation of Soil Health in the Unstable Ecosystem of Gorgan City

Abolfazl Bameri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Lecturer, Department of Soil Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

### Article information

**Received:** February 15, 2021

**Revised:** June 17, 2021

**Accepted:** June 20, 2021

### Keywords:

Golestan Province

Land Use Change

Soil Quality

Soil Organic Carbon

### \*Corresponding author:

[rbameri@uoz.ac.ir](mailto:rbameri@uoz.ac.ir)



### Abstract

The aim of this study was to assess the effect of land use change on health and soil quality of sloping lands in the south of Gorgan. Sampling was performed in July 2019 from only 2 shoulder slope and back slope positions and completely randomly from a depth of 0-20 cm of forest soil and adjacent cultivated land. The properties evaluated include percentage of soil organic carbon, percentage of soil texture components (sand, silt and clay), specific gravity of soil, percentage of soil equivalent lime, soil reaction, amounts of highly consumed elements (nitrogen, phosphorus, potassium) and cation exchange capacity as indicators of soil quality. The results showed that the highest coefficient of change as a result of land use change was related to the parameter of soil organic carbon percentage. Analysis of variance and mean comparison showed that the change of land use from forest to agriculture has significantly reduced soil quality in all evaluated parameters except adsorbable phosphorus. Moreover, the study of soil organic carbon content as the most important indicator of soil quality showed that this parameter with an average of 6.07% in forest use and an average of 0.59% in agricultural use with a decrease of 90% as a result of land use change.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open access article distributed under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



**Introduction**

Improving soil quality and stability leads to continued soil fertility, maintaining environmental quality and increasing plant and human health. Land use change is one of the main drivers of changing soil quality by changing the structure and performance of ecologists. Increased population and double pressure on the ecosystem to provide food resources, has led to widespread changes in the use of natural land in the northern forests of the country to agricultural land. Therefore, this study was conducted to assess the effect of land use change on the health and soil quality of sloping lands south of Gorgan.

**Materials and Methods**

In this study, two hills, one with forest use and the other with marginal agricultural land, which has more than 50 yr of cultivation history, were selected. Sampling was performed in July 2020 due to severe land degradation from only two positions of shoulder and back slope and completely randomly from a depth of 0-20 cm of forest soil and adjacent cultivated land and then samples were analyzed. Properties evaluated include soil organic carbon content (OC), percentage of soil texture components and bulk density of soil, percentage of lime equivalent soil, EC, pH, the amounts of high consumption elements (NPK) and CEC were as indicators of soil quality.

**Results**

The research showed the highest coefficient of variation as a result of land use change was related to the two parameters of OC. Based on the correlation matrix, the physical parameters of saturated mud percentage, total porosity percentage with the percentage of organic carbon and soil clay at the level of one percent ( $P < 0.001$ ) show a positive and significant relationship (Fig. 1).

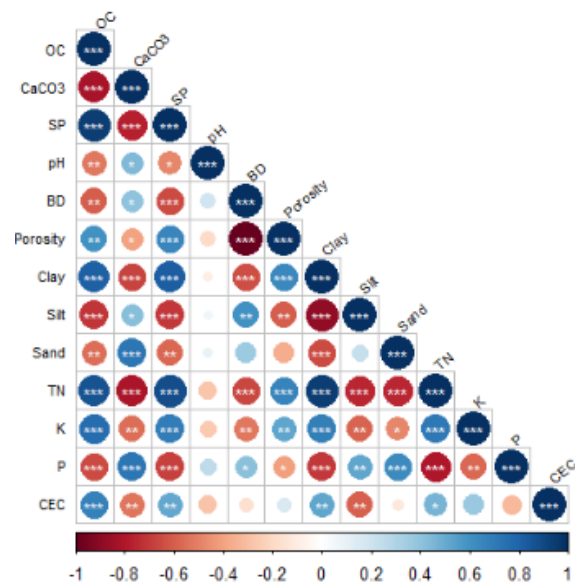


Fig. 1 Correlation matrix of physical and chemical parameters in the whole study area

Table 3 Summary of the statistical status of the chemical properties evaluated in the region

Land Use	Variable	Min.	Max.	Mean	Median	Standard Deviation	Range	CV(%)
Forest	OC (%)	3.54	9.95	6.02	5.85	2.15	6.40	35.67
Agricultural		0.19	1.07	0.59	0.56	0.25	0.88	42.13
Forest	CaCO3 (%)	6.00	19.50	14.12	14.75	3.57	13.50	25.31
Agricultural		20.00	35.00	26.71	24.25	5.37	15.00	20.12
Forest	pH	7.11	7.69	7.43	7.45	0.18	0.58	2.41
Agricultural		7.27	7.82	7.53	7.55	0.18	0.55	2.35
Forest	TN (%)	0.27	0.31	0.29	0.29	0.01	0.04	3.5
Agricultural		0.06	0.08	0.07	0.07	0.01	0.02	7.0
Forest	K (mg/kg)	57.00	78.98	67.90	65.60	6.59	21.98	9.7
Agricultural		48.27	66.36	56.10	54.48	5.39	18.09	9.6
Forest	P (mg/kg)	3.53	13.84	7.39	6.85	3.15	10.31	42.63
Agricultural		11.38	27.37	18.60	18.78	5.38	15.98	28.92
Forest	CEC (meq/100g)	22.14	41.96	32.10	31.75	6.19	19.82	19.3
Agricultural		14.690	35.65	25.00	22.76	7.45	20.95	29.8

Among the chemical variables, as expected, there was a significant positive correlation between cation exchange capacity, percentage of total

nitrogen and potassium levels available with organic matter and percentage of clay at the level of 1%. Analysis of variance and mean

comparison showed land use change from virgin forest to agriculture has significantly reduced soil quality in all parameters evaluated except absorbable phosphorus (Table 1). The reason for this can be considered improper cultivation operations in arable lands, which causes the breakdown of aggregates and exposes the organic matter trapped in the aggregates to microbial decomposition. As a result, the surface horizon of the soil loses its original structure and is easily affected by erosion and physiographic processes of the hill.

### Conclusions

The study of OC as the most important indicator of soil quality showed that this parameter with an average of 6.07% in forest use and an average of 0.59% in agricultural use with a 90% decrease as a result of land use change. High reduction of

organic carbon and soil clay as the most important indicators for assessing soil quality in arable lands, indicates unstable use and highly unstable ecologists in the sloping lands of south of Gorgan. It is suggested that in future studies, the effect of land use change on erodibility and land production should be studied and evaluated, considering that the continuation of cultivation in this area causes an increasing decrease in soil quality.

### Data Availability

The data used in this research are presented in the paper.

### Conflict of Interests

The author of this paper declares no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir



مقاله کوتاه

## بررسی سلامت خاک در بوم‌سازگان ناپایدار شمال شهر گرگان

ابوالفضل بامری<sup>\*۱</sup>

<sup>۱</sup>مربی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۱۱/۲۸]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۳/۲۷]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۳/۳۰]

### واژه‌های کلیدی:

استان گلستان  
تغییر کاربری اراضی  
کربن آلی خاک  
کیفیت خاک

\*نویسنده مسئول:

rbameri@uoz.ac.ir

این پژوهش با هدف مطالعه اثر تغییر کاربری بر سلامت و کیفیت خاک اراضی شیب‌دار جنوب شهر گرگان انجام شد. نمونه‌برداری در تیرماه ۱۳۹۸ به دلیل تخریب شدید اراضی تنها از ۲ موقعیت شانه شیب و شیب پستی و به صورت کاملاً تصادفی از عمق ۰-۲۰ cm خاک جنگل و زمین کشت‌شده مجاور انجام شد. خصوصیات مورد ارزیابی شامل درصد کربن آلی خاک، درصد اجزای بافت خاک (شن، سیلت و رس)، وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد آهک معادل خاک، واکنش خاک، مقادیر عناصر پرمصرف (ازت، فسفر، پتاسیم) و ظرفیت تبادل کاتیونی به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک بودند. نتایج نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات در نتیجه تغییر کاربری مربوط به پارامتر درصد کربن آلی خاک بوده است. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین حاکی از آن بود که تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی موجب کاهش معنی‌دار کیفیت خاک در تمامی پارامترهای مورد ارزیابی به استثناء فسفر قابل جذب شده است. همچنین بررسی درصد کربن آلی خاک به عنوان مهم‌ترین شاخص کیفیت خاک نشان داد که این پارامتر با میانگین ۶/۰۷٪ در کاربری جنگل و میانگین ۰/۵۹٪ در کاربری زراعی با کاهش ۹۰٪ در نتیجه تغییر کاربری روبرو شده است.

### ۱- مقدمه

جلوگیری کرده و توانایی آن‌ها در ارائه خدمات محیط‌زیستی کاهش دهد (Bryan et al. 2018). این امر می‌تواند معضلاتی مانند فرسایش خاک و تخریب اراضی را تشدید کند که به نوبه خود بر کیفیت تولیدات غذایی، امنیت غذایی و سلامت انسان تأثیر جدی می‌گذارد و در نهایت امنیت محیط‌زیستی منطقه‌ای را تهدید می‌کند.

رشد جمعیت جهان، نیاز غذایی انسان، دخالت انسان در بوم‌سازگان طبیعی و تغییر ویژگی‌های ذاتی خاک از طریق تخریب آن، نیاز به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر

کیفیت خاک، ظرفیت خاک جهت ایفای نقش در درون مرزهای بوم‌سازگان طبیعی یا تحت مدیریت است (NRCS 2001). بهبود کیفیت و پایداری خاک سبب تداوم باروری اراضی، حفظ کیفیت محیط‌زیستی و افزایش سلامتی گیاه و انسان می‌شود (Ashenafi et al. 2010). تغییر کاربری اراضی یکی از اصلی‌ترین عوامل محرکه تغییر کیفیت خاک با تغییر ساختار و عملکرد بوم‌سازگان است (Collazo 2020). تغییر کاربری اراضی از سامانه‌های طبیعی به محیط‌های کشاورزی یا شهری می‌تواند از پایداری بوم‌سازگان‌ها

Sadaghiani et al. نشان داد در اثر تغییر کاربری جنگل به سایر کاربری‌ها، مقدار ماده آلی در مرتع، باغ و زراعت در مقایسه با جنگل به ترتیب ۱۶، ۴۷ و ۵۷/۵٪ کاهش یافت. میزان نیتروژن کل (TN)<sup>۱</sup>، پتاسیم (K)<sup>۲</sup> و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)<sup>۳</sup> در کاربری جنگل نسبت به زراعت به ترتیب ۲/۵، ۱/۳۹ و ۱/۴ برابر بیشتر بود. نتایج (Karami (2020) and Sharifi نشان داد که تغییر کاربری از اراضی طبیعی به زمین کشاورزی سبب کاهش معنی‌دار کیفیت خاک در مورد تمامی شاخص‌های موردبررسی، از قبیل بافت خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، CEC، هدایت الکتریکی، واکنش خاک، کربن آلی (OC)<sup>۴</sup> و TN و همچنین میزان قابل‌دسترس عناصر کلسیم، پتاسیم شد. این موضوع نشان‌دهنده تخریب کیفیت خاک در نتیجه عملیات کشت و کار است. تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعی به‌خصوص در زمین‌های شیب‌دار و فرسایش‌پذیر لسی در استان گلستان از مسائلی است که با تأثیر مستقیم روی پارامترهای کیفیت خاک علاوه بر خسارت و کاهش استعداد بالقوه خاک در باروری، صدمات جبران‌ناپذیری را از طریق افزایش فرسایش‌پذیری خاک وارد نموده است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی مدیریت خاک در برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و مطالعه تغییرات کربن آلی خاک و بافت خاک به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای کیفیت خاک در اثر تغییر کاربری اراضی لسی جنوب شهر گرگان است.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش تغییرات OC خاک، درصد اجزای بافت خاک (شن، سیلت و رس) و چگالی ظاهری خاک به‌عنوان شاخص‌های ساختاری خاک و درصد آهک معادل خاک (CaCO<sub>3</sub>)، واکنش خاک (pH)، مقادیر عناصر پرمصرف (K، P، TN) و CEC به‌عنوان شاخص‌های کیفیت خاک در اثر تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی در جنوب شهر گرگان موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور ۲ تپه‌ماهوری، یکی با کاربری جنگل و دیگری زمین زراعی حاشیه آن که بیش از ۵۰ Y از سابقه کشت و کار داشت انتخاب شدند. نمونه‌برداری در تیرماه ۱۳۹۸ به‌دلیل تخریب شدید اراضی تنها از ۲ موقعیت شانه شیب و شیب پستی و

کیفیت خاک را افزایش می‌دهد (Sadaghiani et al. 2016). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در خدمات بوم‌سازگان براساس سناریوهای مختلف می‌تواند به توسعه راهبردهای مدیریت انطباقی کمک کند و باعث بهبود خدمات بوم‌سازگان و کاهش خطرات فرسایش خاک شود که برای تقویت توسعه پایدار منابع محیط‌زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (Fu et al. 2017). ارزیابی کیفیت خاک شامل اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و استفاده از این اندازه‌گیری‌ها، جهت تشخیص تغییرات خاک در نتیجه تغییر کاربری اراضی یا عملیات مدیریتی است (Sun et al. 2021). برخی پژوهشگران جهت ارزیابی کیفیت خاک پیشنهاد کرده‌اند که حداقل مجموعه داده‌ها را شناسایی کنید که می‌تواند اطلاعات حساس، قابل‌اعتماد و معنی‌دار را ارائه دهند. به‌گونه‌ای که منتج به تصمیمات و مدیریت واقع‌بینانه‌ای از ارزیابی روند کیفیت خاک در سایت‌های مختلف مکانی و زمانی شود (Adolfo Campos et al. 2007; Kogaa et al. 2020).

میزان مواد آلی خاک یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت خاک به‌شمار می‌رود، چون نقش بسیار مهمی در تثبیت ساختمان و بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک دارد (Martel and Mackenzie 1980). خاک‌های بکر مثل جنگل‌ها به علت دارا بودن مواد آلی زیاد، همواره دارای ساختمان مطلوب و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مناسبی می‌باشند. ولی تغییر در مدیریت و کاربری آنها و اعمال عملیات خاکورزی و سیستم‌های کشت و کار سنتی، تأثیر زیادی بر میزان ماده آلی خاک و به دنبال آن دیگر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن دارد (Kogaa et al. 2020). از طرفی، Lal (2006) پارامتر پایداری خاکدانه را به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت خاک معرفی می‌کند و اظهار می‌دارد این پارامتر به همراه سایر پارامترهای شاخص کیفیت خاک بیان‌کننده وضعیت کلی سیستم خاک می‌باشند و وضعیت عملکرد گیاه و نوع مدیریت اراضی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. خاکدانه‌ها یکی از خصوصیات مهم خاک بوده و پایداری آنها شاخصی است که ظرفیت نگهداری کربن آلی و فرسایش‌پذیری خاک را نشان می‌دهد. خاکدانه‌ای شدن خاک می‌تواند با کاهش فرسایش ورقه‌ای و جلوگیری از معدنی شدن کربن، باعث حفاظت کربن آلی خاک شود (Balesdent et al. 2000). نتایج (2016)

<sup>1</sup>Total Nitrogen

<sup>2</sup>Potassium

<sup>3</sup>Cation Exchange Capacity

<sup>4</sup>Organic Carbon

ناهمگنی پارامترهای خاک را در هر موقعیت و کاربری نشان می‌دهد. بر اساس طبقه‌بندی ( Wilding and 1983) Dress، متغیرهایی با ضریب تغییرات کمتر از ۱۵٪ دارای تغییرات کم، متغیرهایی با ضریب تغییرات بین ۱۵-۳۵٪ دارای تغییرات متوسط و متغیرهایی با ضریب تغییرات بالای ۳۵٪ دارای تغییرات زیاد می‌باشند. بنابراین همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود می‌توان شدت تغییرات همه پارامترهای فیزیکی خاک در هر دو کاربری ضعیف در نظر گرفت.

به‌صورت کاملاً تصادفی از عمق ۰-۲۰ cm خاک جنگل و زمین کشت‌شده مجاور انجام و سپس نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Rstudio مورد تجزیه قرار گرفتند. در نهایت خصوصیات ۲۴ زوج نمونه خاک‌ها تعیین و مورد مقایسه قرار گرفتند.

### ۳- یافته‌ها و بحث

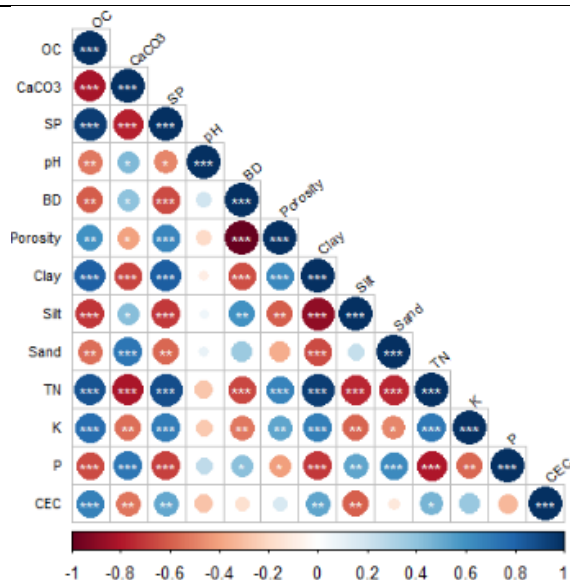
#### ۳-۱- خصوصیات فیزیکی خاک

ضریب تغییرات به‌عنوان یک شاخص، تغییرات کلی از

جدول ۱- خلاصه‌ای از وضعیت آماری خصوصیات فیزیکی مورد ارزیابی در منطقه

Table 1 Summary of the statistical status of the physical properties evaluated in the region

Land Use	Variables	Min	Max	Mean	Median	Standard Deviation	Range	CV (%)
Forest	SP (%)	57.42	79.31	68.00	67.06	7.84	21.89	11.52
Agricultural		43.57	47.87	46.00	46.15	1.23	4.29	2.67
Forest	Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.17	1.44	1.33	1.36	0.09	0.26	6.61
Agricultural		1.36	1.82	1.52	1.47	0.14	0.46	8.99
Forest	Porosity (%)	0.46	0.56	0.50	0.49	0.03	0.10	6.61
Agricultural		0.31	0.49	0.43	0.45	0.05	0.17	12.07
Forest	Clay (%)	40.00	43.33	41.11	40.00	1.48	3.33	3.6
Agricultural		23.33	31.67	28.82	29.17	3.13	8.33	10.85
Forest	Silt (%)	40.00	46.67	43.53	43.33	2.19	6.67	5.03
Agricultural		45.00	61.67	51.11	50.42	4.58	16.67	8.97
Forest	Sand (%)	10.00	16.67	15.36	16.67	2.12	6.67	13.80
Agricultural		15.00	23.33	20.07	20.00	2.15	8.33	10.69



شکل ۱- ماتریس همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی کل منطقه مورد مطالعه

Fig. 1 Correlation matrix of physical and chemical parameters in the whole study area

در شکل (۱) ماتریس همبستگی پارامترهای فیزیکی خاک را در کل منطقه با سایر پارامترهای مورد ارزیابی نشان می‌دهد. براساس ماتریس همبستگی درصد گل اشباع، درصد تخلخل کل با درصد کربن آلی و رس خاک در سطح یک درصد ( $P < 0.001$ ) رابطه مثبت و معنی‌داری را نشان می‌دهند. میزان بالای کربن آلی سبب افزایش فعالیت میکرو و ماکروارگانیزم‌های خاک می‌شود و این امر ضمن ایجاد منافذ بیشتری در خاک باعث نرمی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش تخلخل خاک و خاکدانه‌سازی می‌شود. در ارتباط با پارامترهای درصد شن و سیلت و جرم مخصوص ظاهری، این پارامترها با کلسیم کربنات معادل رابطه مثبت و با سایر پارامترها رابطه منفی داشتند.

مطالعه خاک در منطقه حاکی از آن است که جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک اختلاف معنی‌داری بین دو کاربری نشان می‌دهد، به طوری که جرم مخصوص ظاهری پس از تغییر کاربری به میزان قابل توجهی افزایش و تخلخل خاک کاهش یافته است. در کاربری زراعی به دلیل تردد ماشین‌آلات کشاورزی در سطح خاک و تجزیه ماده آلی خاک و گسیخته شدن خاکدانه‌ها بر اثر عملیات زراعی، جرم مخصوص ظاهری نسبت به کاربری جنگل بیش‌تر می‌باشد (Abid and Lal 2008). Dang et al. (2002) تراکم خاک بر اثر عملیات شخم را موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک معرفی کرده و آن را نشانه‌ای از تخریب کیفیت خاک می‌دانند. ماتریس همبستگی نتایج آزمایشگاهی (شکل ۱) نشان می‌دهد در خاک‌های مورد مطالعه این تحقیق درصد رطوبت اشباع خاک از میزان رس و ماده آلی خاک تبعیت کرده و با افزایش مقادیر این دو پارامتر، درصد رطوبت اشباع خاک افزایش یافته است.

آنالیز تحلیل واریانس و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار جهت بررسی این موضوع که آیا تغییرات پارامترهای خاک مورد ارزیابی در کاربری‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب معنی‌دار می‌باشد، انجام شد. در بررسی میانگین ذرات بافت خاک مشاهده شد (جدول ۲) که بین اراضی جنگلی و زراعی اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری وجود دارد. در این میان اراضی جنگلی بالاترین میزان و اراضی زراعی کمترین میزان درصد رس را از خود نشان دادند ( $P < 0.001$ ). به نظر می‌رسد بالا بودن درصد شیب در این موقعیت و ناپایداری ساختمان خاک، تشدید فرسایش به دنبال انجام عملیات زراعی و از بین بردن پوشش طبیعی خاک دلیل این‌گونه تغییرات شدید بافتی باشد.

در مطالعه اراضی شیب‌دار لسی استان گلستان گزارش شد شدیدترین تغییرات بافت خاک در لایه سطحی به خصوص از لحاظ میزان رس و سیلت، در موقعیت‌های شانه شیب و شیب پستی رخ داده است (Khormali et al. 2009).

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی خاک در منطقه

Table 2 Mean comparison of soil physical properties in the region

Land use	Forest		Agricultural	
	Back Slope	Shoulder	Back Slope	Shoulder
Slope position	Back Slope	Shoulder	Back Slope	Shoulder
Texture	Silty Clay	Silty Clay	Clay Loam, Silty Clay Loam, Silt Loam	Clay Loam, Silty Clay Loam
SP	67.49(a)	68.53(a)	45.92(b)	46.08(b)
BD (g/cm <sup>3</sup> )	1.3286 (b)	1.3217 (b)	1.5061(a)	1.5311(a)
Porosity (%)	0.4986 (a)	0.5012 (a)	0.4222 (b)	0.4317 (b)
Clay (%)	41.38 (a)	40.833 (a)	30.833 (b)	26.806 (c)
Silt (%)	42.5 (c)	44.556 (c)	48.472 (b)	53.75 (a)
Sand (%)	16.19 (b)	14.611 (b)	20.694 (a)	19.444 (a)

\*Similar averages with lowercase letters according to LSD test are not significantly different at the 5% level

دنبال انجام عملیات زراعی و از بین بردن پوشش طبیعی خاک دلیل این‌گونه تغییرات شدید بافتی باشد.

در مطالعه اراضی شیب‌دار لسی استان گلستان گزارش شد شدیدترین تغییرات بافت خاک در لایه سطحی به خصوص از لحاظ میزان رس و سیلت، در موقعیت‌های شانه شیب و شیب پستی رخ داده است (Khormali et al. 2009). مطالعه خاک در منطقه حاکی از آن است که جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک اختلاف معنی‌داری بین دو کاربری نشان می‌دهد، به طوری که جرم مخصوص ظاهری پس از تغییر کاربری به میزان قابل توجهی افزایش و تخلخل خاک کاهش یافته است. در کاربری زراعی به دلیل تردد ماشین‌آلات کشاورزی در سطح خاک و تجزیه ماده آلی خاک

آنالیز تحلیل واریانس و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) جهت بررسی این موضوع که آیا تغییرات پارامترهای خاک مورد ارزیابی در کاربری‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب معنی‌دار می‌باشد، انجام شد. در بررسی میانگین ذرات بافت خاک مشاهده شد (جدول ۲) که بین اراضی جنگلی و زراعی اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری وجود دارد. در این میان اراضی جنگلی بالاترین میزان و اراضی زراعی کمترین میزان درصد رس را از خود نشان دادند ( $P < 0.001$ ). به نظر می‌رسد بالا بودن درصد شیب در این موقعیت و ناپایداری ساختمان خاک، تشدید فرسایش به

<sup>1</sup>Least Significant Difference

در هر دو کاربری جنگل و زراعی به همراه فسفر در کاربری زراعی دارای ضریب تغییرات متوسط و سایر پارامترها داری ضریب تغییرات شدید هستند (جدول ۳). نکته قابل توجه این است که به استثناء فسفر قابل استفاده همانند پارامترهای فیزیکی با تغییر کاربری از جنگل به زراعی شدت تغییرات خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل محتوای آلی خاک افزایش یافته است. در این میان، درصد ضریب تغییرات محتوای آلی خاک با افزایش ۷/۵٪ دارای بیشترین افزایش می باشد. که در واقع این امر نشان دهنده وابستگی و حساسیت بالای پارامتر کربن آلی به مدیریت اراضی می باشد. تغییرات زیاد فسفر قابل استفاده در کاربری جنگل می تواند به دلیل درجات مختلف تجزیه مواد آلی در این کاربری باشد چراکه اکثر فسفری که برای گیاهان قابل دسترس است از مواد آلی خاک مشتق می شود (Solomon et al. 2002).

و گسیخته شدن خاکدانه‌ها بر اثر عملیات زراعی، جرم مخصوص ظاهری نسبت به کاربری جنگل بیش تر می باشد (Abid and Lal 2008). Dang et al. (2002) تراکم خاک بر اثر عملیات شخم را موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک معرفی کرده و آن را نشانه‌ای از تخریب کیفیت خاک می دانند. ماتریس همبستگی نتایج آزمایشگاهی (شکل ۱) نشان می دهد در خاک‌های مورد مطالعه این تحقیق درصد رطوبت اشباع خاک از میزان رس و ماده آلی خاک تبعیت کرده و با افزایش مقادیر این دو پارامتر، درصد رطوبت اشباع خاک افزایش یافته است.

### ۳-۲- خصوصیات شیمیایی خاک

بررسی اطلاعات توصیفی پارامترهای شیمیایی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که پارامترهای pH، ازت کل و پتاسیم قابل دسترس در هر دو کاربری دارای شدت تغییرات ضعیف، پارامترهای کربنات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی

جدول ۳- خلاصه‌ای از وضعیت آماری خصوصیات شیمیایی مورد ارزیابی در منطقه

Table 3 Summary of the statistical status of the chemical properties evaluated in the region

Land Use	Variable	Min.	Max.	Mean	Median	Standard Deviation	Range	CV(%)
Forest	OC (%)	3.54	9.95	6.02	5.85	2.15	6.40	35.67
Agricultural		0.19	1.07	0.59	0.56	0.25	0.88	42.13
Forest	CaCO <sub>3</sub> (%)	6.00	19.50	14.12	14.75	3.57	13.50	25.31
Agricultural		20.00	35.00	26.71	24.25	5.37	15.00	20.12
Forest	pH	7.11	7.69	7.43	7.45	0.18	0.58	2.41
Agricultural		7.27	7.82	7.53	7.55	0.18	0.55	2.35
Forest	TN (%)	0.27	0.31	0.29	0.29	0.01	0.04	3.5
Agricultural		0.06	0.08	0.07	0.07	0.01	0.02	7.0
Forest	K (mg/kg)	57.00	78.98	67.90	65.60	6.59	21.98	9.7
Agricultural		48.27	66.36	56.10	54.48	5.39	18.09	9.6
Forest	P (mg/kg)	3.53	13.84	7.39	6.85	3.15	10.31	42.63
Agricultural		11.38	27.37	18.60	18.78	5.38	15.98	28.92
Forest	CEC (meq/100g)	22.14	41.96	32.10	31.75	6.19	19.82	19.3
Agricultural		14.690	35.65	25.00	22.76	7.45	20.95	29.8

معنی داری بین دو کاربری و سایت‌های مختلف در سطح ۱٪ نشان داد به طوری که بیشترین میزان کربن آلی در کاربری جنگل و شیب پستی مشاهده شد که این امر به دلیل وجود شرایط پایدارتر از قبیل پوشش گیاهی مناسب، پایداری بیش تر سطوح زمین نما و متعاقباً نفوذ عمقی آب و از طرفی کاهش پتانسیل فرسایش پذیری به دلیل وجود درصد رس بیش تر می باشد.

شکل (۱) ماتریس همبستگی پارامترهای شیمیایی خاک را در کل منطقه با سایر پارامترهای مورد ارزیابی نشان می دهد. از بین متغیرهای شیمیایی، همان گونه که انتظار می رفت ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد ازت کل و مقادیر پتاسیم قابل استفاده با ماده آلی و درصد رس همبستگی مثبت معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد. بررسی نتایج مقایسه میانگین کربن آلی بین چهار سایت مورد مطالعه اختلاف



جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه

Table 4 Mean comparison of soil chemical properties in the region

Land use	Forest		Agricultural	
	Back Slope	Shoulder	Back Slope	Shoulder
Slope position				
OC (%)	6.644 (a)	5.497 (a)	0.618 (b)	0.557 (b)
CaCO <sub>3</sub> (%)	13.25 (b)	15 (b)	28.8333 (a)	24.5833(a)
pH	7.36(b)	7.5(ab)	7.67(a)	7.4(b)
TN (%)	0.294(a)	0.256(a)	0.071(b)	0.069(b)
K (mg/kg)	69.03(a)	66.77(ab)	58.03(bc)	54.172(c)
P (mg/kg)	7.86(b)	6.917(b)	19.265(a)	17.934(a)
CEC (meq/100g)	35.033(a)	29.167(b)	27.697(b)	22.303(c)

\*Similar averages with lowercase letters according to LSD test are not significantly different at the 5% level

نسبت به جنگل طبیعی مجاور کاهش یافته است. فسفر قابل جذب تنها پارامتری می‌باشد که در نتیجه تغییر کاربری مقادیرش افزایش یافته است. همان‌طور که در جدول (۴) نشان داده شده است فسفر با مقادیر ۱۸/۶ mg/kg در کاربری زراعی دارای افزایش ۶۰ درصدی نسبت به کاربری جنگل (۷/۳۹ mg/kg) می‌باشد. در این زمینه Zheng et al. (2001)، بیان داشتند که عملیات زراعی و کوددهی به اراضی، تمامی شکل‌های فسفر خاک را تغییر می‌دهد. جدول (۴) نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های جنگلی و زراعی وجود دارد و بیش‌ترین میزان این پارامتر در خاک‌های موقعیت شیب پستی جنگل مشاهده شد. کاهش مواد آلی خاک و مقادیر رس به دلیل اجرای عملیات زراعی شدید موجب کاهش قابل توجه ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری زراعی شده است. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه (Akinde et al. 2020) همسو است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

جنگل‌زدایی و تغییر کاربری جنگل‌ها و به دنبال آن کشت زیاد این اراضی منجر به کاهش کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شود. در این مطالعه اثر تغییر کاربری بر سلامت و کیفیت خاک اراضی شیب‌دار جنوب شهر گرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد:

۱- تغییر کاربری از جنگل طبیعی به زراعی در اراضی شیب‌دار جنوب شهر گرگان به‌طور قابل توجهی شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک را کاهش داده است.

۲- کاهش زیاد درصد کربن آلی و رس خاک به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک در اراضی زراعی،

به نظر می‌رسد تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه توانسته است اثرات قابل توجهی بر روی مقدار آهک گذاشته و باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری بین کاربری‌ها شود ( $P < 0.01$ )، به‌طوری‌که میانگین کلسیم کربنات معادل در زراعت بالاترین و در جنگل پایین‌ترین میزان را دارد. عملیات خاک‌ورزی موجب انتقال کلسیم کربنات از اعماق پایین‌تر و لایه‌های زیرین خاک با درصد آهک بیش‌تر، به سطح خاک شده و با آهک کمتر لایه‌های فوقانی مخلوط می‌شود بنابراین کربنات کلسیم سطحی اراضی کشاورزی بیشتر از سایر کاربری‌هاست (Kiani et al. 2004). همچنین Lizaga et al. (2019)، بیش‌ترین میزان کلسیم کربنات معادل را در زمین کشاورزی در مقایسه با جنگل بومی، جنگل مصنوعی کاج و بیشه‌زار، گزارش کردند. موقعیت شیب پستی در کاربری زراعی و جنگل به ترتیب با مقادیر ۷/۶۷ و ۷/۳۶ دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان pH در منطقه مورد مطالعه بودند. براساس ماتریس همبستگی (شکل ۱) و رابطه مثبت آهک با واکنش خاک، دلیل این امر را می‌توان، درصد آهک در این موقعیت‌ها ذکر کرد که با افزایش مقدار آهک مقادیر کاتیون‌های بازی نیز افزایش می‌یابند. بررسی مقادیر ازت کل و پتاسیم قابل استفاده نشان‌دهنده کاهش این دو عنصر با تغییر کاربری می‌باشد. به‌طوری‌که ازت کل با مقادیر ۰/۲۷۵٪ در کاربری جنگل و میانگین ۰/۰۷٪ در کاربری زراعی با کاهش ۷۵ درصدی در نتیجه تغییر کاربری روبرو شده است. با توجه به اینکه بیش از ۹۵٪ ازت خاک به شکل آلی است (Malakouti and Homayi 1994)، مطالعه تغییر کاربری اراضی در منطقه نیز به‌خوبی نشان می‌دهد تغییرات ماده آلی و TN خاک تقریباً به‌موازات هم اتفاق افتاده است. به‌طوری‌که مقایسه دو کاربری نشان داد (جدول ۴) میزان این دو پارامتر در کاربری زراعی با اختلاف بسیار معنی‌داری

پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه ادامه کشت و کار در این منطقه باعث کاهش روزافزون کیفیت خاک می‌شود در مطالعات آتی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش پذیری و تولیددهی اراضی موردبررسی و ارزیابی قرار گیرد.

### دسترسی به داده‌ها

داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

### تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

نشان‌دهنده کاربری ناپایدار و بوم‌سازگان بسیار ناپایدار این اراضی می‌باشد.

۳- در زمین‌های زراعی به علت عملیات کشت و کار و خاک‌ورزی و زیرورو شدن خاک، تهویه در خاک بهبود یافته که این امر اکسیداسیون ماده آلی را تسریع می‌کند.

۴- عملیات کشت و کار باعث شکسته شدن خاکدانه‌ها شده و مواد آلی محبوس در خاکدانه‌ها را که امکان دسترسی موجودات به آن کم است را در معرض تجزیه میکروبی قرار می‌دهد. در نتیجه افق سطحی خاک ساختار و ساختمان اولیه خود را از دست داده و به‌راحتی تحت تأثیر فرسایش و فرآیندهای فیزیوگرافی تپه‌ماهوری قرار می‌گیرد.

## References

- Abid, M. and Lal, R. (2008). Tillage and drainage impact on soil quality. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. *Soil Till. Res.*, 100(1-2), 89–98. doi: [10.1016/j.still.2008.04.012](https://doi.org/10.1016/j.still.2008.04.012)
- Adolfo Campos, C., Klaudia Oleschko, L., Jorge Etchevers, B. and Claudia Hidalgo, M. (2007). Exploring the effect of changes in land use on soil quality on the eastern slope of the Cofre de Perote Volcano (Mexico). *Forest Ecol. Manag.*, 248, 174–182.
- Akande, B. P., Olakayode, A. O., Oyedele, D. J. and Tijani, F. O. (2020). Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria. *Heliyon*, 6(9), e05090. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05090.
- Ashenafi, A., Abayneh, E. and Sheleme, B. (2010). Characterizing soils of Delbo Wegene watershed, Wolaita Zone, Southern Ethiopia for planning appropriate land management. *J. Soil Sci. Environ. Manag.*, 1, 184–199.
- Balesdent, J., Chenu, C. and Balabane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Till. Res.*, 53, 215–230.
- Bryan, B. A., Gao, L., Ye, Y., Sun, X., Connor, J. D., Crossman, N. D., Stafford-Smith, M. and Wu, J. (2018). China's response to a national land-system sustainability emergency. *Nat.*, 559, 193–204.
- Collazo, A. A. (2020). Land use planning, mobility and historic preservation in Aguascalientes city. Are cultural sustainability and circular economy possible?. *Int. J. Sustain. Develop. Plann.*, 15 (5), 647–654.
- Dang, V. M., Anderson, D. W. and Farrell, R. E. (2002). Indicators for assessing soil quality after long-term tea cultivation in Northern Mountainous Vietnam. 17<sup>th</sup> WCSS, Thailand. Pp:14-21.
- Fu, Q., Li, B., Hou, Y., Bi, X. and Zhang, X. S. (2017). Effects of land use and climate change on ecosystem services in Central Asia's arid regions: a case study in Altay Prefecture, China. *Sci. Total Environ.*, 607–608, 633–646.
- Karami, Z. and Sharifi, Z. (2020). Assessment effect of land use change from rangeland to rainfed wheat on soil physical and chemical properties using soil quality index. *Appl. Soil Res.*, 8(2), 201–213 [In Persian].
- Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, Sh., Srinivasarao, Ch. and Wani, S. P. (2009). Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan Province, Iran. *Agri. Ecosyst. Environ.*, 134, 178–189.
- Kiani, F., A. Jalalian, A., Pashae, A. and Khademi, H. (2004). Effect of deforestation on selected soil quality attributes in loess-derived landforms of Golestan province,

- northern Iran. Proceedings of the Fourth International Iran & Russia Conference, Pp:546-550.
- Kogaa, N., Shimodab, S., Shiratoc, Y., Kusabaa, T., Shima, T., Niimi, H. and Yamane T. (2020). Assessing changes in soil carbon stocks after land use conversion from forest land to agricultural land in Japan. *Geoderma*, 377, 114487.
- Lal, R. (2006). Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degrad. Develop.*, 17, 197–209.
- Lizaga, I., Quijano, L., Gaspar, L., Ramos, M. C. and Navas, A. (2019). Linking land use changes to variation in soil properties in a Mediterranean mountain agroecosystem. *Catena*, 172, 516-527.
- Malakouti, M. J. and Homayi, M. (1994). *Soil Fertility of Dry Areas*, Tarbiat Modares University Press, Tehran [In Persian].
- Martel, Y. A. and Mackenzie, A. F. (1980). Long-term effects of cultivation and land use on soil quality in Quebec. *Can. J. Soil Sci.*, 60, 411-420.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA. (2001). *Soil Quality Information Sheet. Soil Quality-Introduction*.
- Sadaghiani, M. H., Ghodrat, K., Ashrafi-Saeidlou, S., Jafari, M. and Khodaverdiloo, H. (2016). Evaluation of soil quality indicators in a deforested region of Northern Zagros (Case study: Oshnavieh-West Azerbaijan). *J. Soil Manag. Sustain. Product.*, 6(3), 83-99. [In Persian]
- Solomon, D., Lehmann, J., Mamo, T., Fritzsche, F. and Zech, W. (2002). Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. *Geoderma*, 105(1-2), 21–48.
- Sun, Q., Qi, W. and Yu, X. (2021). Impacts of land use change on ecosystem services in the intensive agricultural area of North China based on Multi-scenario analysis. *Alexandria Eng. J.*, 60, 1703–1716.
- Wilding, L. P. and Dress, L. R. (1983). Spatial variability and pedology. In: Wilding, L. P., Smeckand, N. E. and Hall, G. F. (eds.). *Pedology and Soil taxonomy. I. Concepts and interactions*. Elsevier Science Pub. 83-116.
- Zheng, Z., Simard, R. R., Lafond, J. and Parent, L. E. (2001). Changes in phosphorus fractions of a Humic Gleysol as influenced by cropping systems and nutrient sources. *Can. J. Soil Sci.*, 81(2), 175–183. doi:10.4141/s00-666.