تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱۱، بهمن ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۸۷۶-۲۸۶۵) DOI: 10.22059/ijswr.2020.299912.668557

# The Effect of Deforestration on Physicochemical Characteristics of the Soil in Southern Zagross

**ZOHRE KHODADADIE KHAMSELOIE[1], SIROOS JAFARI[1*]**
1. Soil Science Department, Agriculture Science and Natural Resource University of Khouzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran.
(Received: Apr. 13, 2020- Revised: May. 12, 2020- Accepted: Sep. 14, 2020)

## ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the effect of land use changes on the land quality under deforestation in semi-arid regions. Soil quality of the top layer (0-15 cm) was compared for two land uses. The results show that the organic matter (OM), aggregate stability (AS) and dispersible clay (DC) were changed from 1.19, 2.22, and 2.4% in oak forest to 0.67, 2.08, and 22.8% in deforestation area, due to land use change. These results showed a severe decrease in soil quality due to deforestation. Aggregate stability was decreased and dispersible clay was increased due to deforestration. In addition, the canopy cover and soil organic matter were reduced. With increasing the DC, it was increased the soil surface crust and accelerate the splash erosion. Bulk density increased, since the OM decreased. Also, the percentages of gravel, sand, coarse and fine silt changed from 6.3, 56, 12.6, and 5.4% to 35.6, 64.3, 14.6, and 2.5%, respectively, due to deforestration. Direct sunlight and higher soil heat, especially in hot seasons, accelerated the volatilization of soil nitrogen and despite the addition of nitrogen fertilizers to the farmland, the amount of nitrogen in the farmland decreased. Data analysis by PCA method showed that the different factors affect the varimax due to land use changes. Deforestation was the main factor changing the soil characteristics and seriously reducing the land quality. Land use change not only does not benefit the production of more food, but also destroys the quality of the land, causing floods and increasing sediment from these areas.

**Keywords:** Aggregate Stability, Clay, Volatilization, Dispersion.

❊ Corresponding Author's Email: siroosjafari@asnrukh.ac.ir

# اثرات جنگل تراشی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در زاگرس جنوبی

**زهره خدادادی خمسلویی[۱] و سیروس جعفری[۲*]**

۱. گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲۵- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۲۳- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۶/۲۴)

## چکیده

این پژوهش برای بررسی اثر تغییر کاربری جنگل بلوط به زراعت بر ویژگی‌های خاک منطقه نیمه‌خشک صورت گرفت. ویژگی‌های کیفی خاک دو کاربری در ۱۵ سانتی‌متری سطحی مقایسه شد. نتایج نشان داد در اثر تغییر کاربری از جنگل به زراعت، ماده آلی خاک بترتیب از ۱/۱۹ به ۰/۶۷درصد، پایداری خاک‌دانه‌ها از ۲/۲۲ به ۲/۰۸ درصد و رس قابل انتشار خاک از ۲/۴ به ۲۲/۸۷ درصد تغییر یافت. این نتایج نشان از کاهش شدید کیفیت خاک در اثر جنگل‌تراشی داشت. با حذف جنگل از یک سو چتر حفاظتی مقابل نیروی قطرات باران حذف و از سوی دیگر ورود ماده آلی به سطح خاک کاهش و سبب کاهش پایداری خاک‌دانه و افزایش رس قابل انتشار شد. رس قابل انتشار، سبب ایجاد سله سطحی و تسریع فرسایش خاک گردید. در اثر کاهش ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش یافت. هم‌چنین مقدار سنگ‌ریزه، شن، سیلت درشت و ریز در جنگل به ترتیب از ۶/۳ ،۵۶، ۱۲/۶ و ۵/۴ درصد به ۳۵/۶ و ۶۴/۳ و ۱۴/۶ و ۲/۵ درصد در اراضی زراعی تغییر یافت. برخورد مستقیم نور خورشید و گرمای بیشتر خاک به‌ویژه در فصول گرم، سبب تسریع در تصعید نیتروژن خاک شده و علی‌رغم افزودن کودهای نیتروژنه به اراضی زراعی، مقدار نیتروژن در خاک‌های زراعی کاهش یافت. تحلیل داده‌ها به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که عامل‌های مختلفی در اثر تغییر کاربری در چرخش واریمکس‌ها اثرگذارند. حذف جنگل عامل اصلی تغییر ویژگی‌های خاک و کاهش شدید کیفیت اراضی بود. تغییر کاربری نه تنها سودی برای تولید بیشتر مواد غذایی ندارد بلکه با تخریب کیفیت اراضی، سبب ایجاد سیل و افزایش رسوب از این مناطق می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** انتشار، پایداری خاک‌دانه، تصعید، رس.

## مقدمه

امروزه تغییر کاربری اراضی بیشتر به علت رشد روزافزون جمعیت، افزایش شهر نشینی، صنعتی شدن، تغییر سبک زندگی و به‌تبع آن مصرف‌گرایی بشر و تغییرات سیاسی و اقتصادی جوامع صورت می‌گیرد (Barbier, 2000). تغییر نادرست کاربری اراضی با تأثیرگذاری بر محیط زیست، کیفیت خاک (Frac *et al.*, 2017)، امنیت غذایی، تنوع زیستی و کیفیت آب (Celik, 2005; Islam and Weil, 2000) باعث تخریب خاک می‌شود. حدود ۷۷/۳ درصد از اراضی جنگلی و مرتعی دنیا به علت کشت و زراعت تغییر کاربری داده می‌شوند (Lal, 1997). از جمله مهم‌ترین تغییر کاربری، حذف جنگل و تبدیل کاربری آن به زراعت است. در خوزستان زیست‌بوم‌های طبیعی زیادی تغییر کاربری داده شده‌اند که از آن جمله می‌توان به تبدیل اراضی جنگلی یا مرتعی به زراعی را اشاره نمود. بسته به نوع کاربری جدید، تغییر کاربری سبب تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های اراضی می‌شود (Onweremadu *et al.*, 2010). از جمله حساس‌ترین این ویژگی‌ها در تغییر کاربری اراضی، تغییر در مراتع بعنوان ذخیرگاه-های کربن و ویژگی‌های وابسته به آن است. کربن آلی خاک، سومین منبع جهانی ذخیره کربن بوده و مقدار آن به ترتیب ۳/۳ برابر اتمسفر و ۴/۵ برابر کربن موجود در گیاهان و موجودات زنده زمین است (Lal, 2004). عوامل محیطی مانند رژیم‌های رطوبتی و حرارتی نقش بسیاری در پویایی و ذخیره ماده‌ی آلی خاک دارد. در سیستم‌های طبیعی و زراعی بدون شخم، به علت زیر و رو نشدن خاک، چرخش و بازگشت ماده آلی به خاک بیشتر است(Moscatelli *et al.*, 2007). عملیات شخم، ساختمان خاک را به هم می ریزد و اکسیداسیون کربن آلی خاک را با افزایش هوادهی تشدید می‌کند (Rezaei *et al.* 2012). به این دلیل مقدار کربن آلی در خاک‌های بکر و یا بدون عملیات خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌های با خاکورزی رایج می‌باشد (Moscatelli *et al.*, 2007).

تغییر کاربری سبب تغییر بسیاری از ویژگی های خاک در راستای تخریب این منابع می گردد. نتایج تحقیق Templer *et al* (2005) نشان داد که مقدار کاتیونهای بازی (کلسیم، منیزیم و

* نویسنده مسئول: siroosjafari@asnrukh.ac.ir

پتاسیم) در جنگل‌های احیا شده بیشتر از مناطق تحت کشت بوده است. جنگل‌زدایی و تغییر کاربری اراضی تأثیر معنی‌دار بر افزایش جرم مخصوص ظاهری، مقاومت فروروی و کاهش تخلخل تهویه‌ای خاک دارد. تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی باعث کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، تخلخل خاک و هدایت هیدرولیکی خاک می شود (Zolfaghari and Hajabassi, 2009). Fattet *et al*. (2011)، Carpenter and Chong (2010)، Khazaei *et al*. (2008) و Tajik (2004) نشان دادند که افزایش پوشش گیاهی و کربن آلی خاک یکی از مهم‌ترین عامل‌های تعیین کننده پایداری خاک‌دانه در خاک می‌باشد که با تغییر کاربری صدمه می بیند. پایداری خاکدانه‌ها در اکوسیستم‌های کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از شاخص‌های مهم کیفی خاک بوده که می‌تواند منجر به بهبود بسیاری از خصوصیات زراعی از جمله نفوذپذیری سطحی، کاهش سله سطحی، کاهش فرسایش آبی به ویژه فرسایش پاشمانی، کاهش فرسایش بادی، افزایش نگهداشت آب و غیره شود. مطالعه خاک‌های خوزستان نشان داده است که بین ویژگی‌های مؤثر بر پایداری خاکدانه‌ها، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی است (Ghorbani *et al*., 2016.) به این ترتیب این مطالعه به هدف بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی از جنگل برگ ریز بلوط به اراضی زراعی در جنوب زاگرس بر ویژگی‌های کیفی خاک در یک رژیم رطوبتی نیمه خشک صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت و ویژگی‌های بیوفیزیکی منطقه مورد مطالعه

به منظور انجام این تحقیق، نمونه‌های خاک از اراضی زراعی (جنگل‌تراشی شده بلوط) و جنگل‌های بلوط در منطقه شیمبار استفاده شد. این اراضی ۳۰ سال قبل جنگل تراشی شده و در آن زراعت می‌شده است و در حال حاضر تحت زراعت گندم، جو و حبوبات می‌باشد. منطقه شیمبار شامل محدوده‌ای در دامنه شمالی دریاچه سد شهید عباس‌پور در منطقه زاگرس جنوبی (از ناحیه جنگلی ایرانی-تورانی) و در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی شهر مسجدسلیمان و در محدوده بخش اندیکا است. مختصات جغرافیایی منطقه ۳۲ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد. مساحت منطقه حدود ۵۳ هزار هکتار است. تغییرات ارتفاعی منطقه بین ۴۰۰ تا ۳۴۰۰ متر از سطح دریا است. بر اساس پردازش آمار ۸ ساله ایستگاه هواشناسی مسجد سلیمان، حداکثر میانگین دمای ماهیانه هوا در تیر ماه (حدود ۳۴ درجه سانتی‌گراد) و حداقل میانگین دمای ماهیانه هوا (در دی ماه حدود ۶ درجه سانتی‌گراد) تعیین شد. متوسط دریافتی بارش‌های سالانه منطقه مطالعاتی به صورت باران و تگرگ در حدود ۴۰۰ میلی‌متر تعیین شده است (Anonymous, 2017). نوع بارش در ارتفاعات مجاور به منطقه به صورت برف است. ساختار زمین شناسی منطقه از سازندهای کربناته تشکیل شده است که در توالی بین آن‌ها تناوب‌هایی از تشکیلات مارنی مربوط به سازندهای پابده و گورپی رخنمون دارد (Anonymous, 2008).

در هر کاربری از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری سطحی خاک دست خورده و نخورده نمونه‌برداری شد. برای هر کاربری از شش موقعیت مجاور هم با درجه همگونی تقریبا یکسان، در هر موقعیت نیز از سه نقطه نمونه برداری شد. سه نمونه هر نقطه مخلوط شده و از هر کاربری جمعا ۶ نمونه برداشته شد. سعی شد که تکرار در هر کاربری به لحاظ ویژگی‌های خاک و ژئومورفولوژی بیشترین تشابه ممکن را دارا باشند به طوری‌که تنها تفاوت آن‌ها ناشی از نوع کاربری باشد. برای دستیابی به این هدف از نقاط با شیب یکسان و موقعیت یکسان عنصر و جهت شیب برای تشابه ژئومورفولوژی بهره گرفته شد. همچنین از حفر خاک در صحرا و بررسی آن برای تشابه ویژگی های خاک در هر موقعیت استفاده شد. مختصات دقیق هر نقطه توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، ثبت و در نرم افزار گوگل ارت جانمایی شد (شکل ۱). افزون‌بر نمونه‌های دست خورده، نمونه‌های دست‌نخورده نیز با استفاده از رینگ های فولادی و کلوخه برای برخی آزمایش‌ها از همین عمق برداشته شد. پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها برای تعیین ویژگی‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل و هوا خشک شدند.

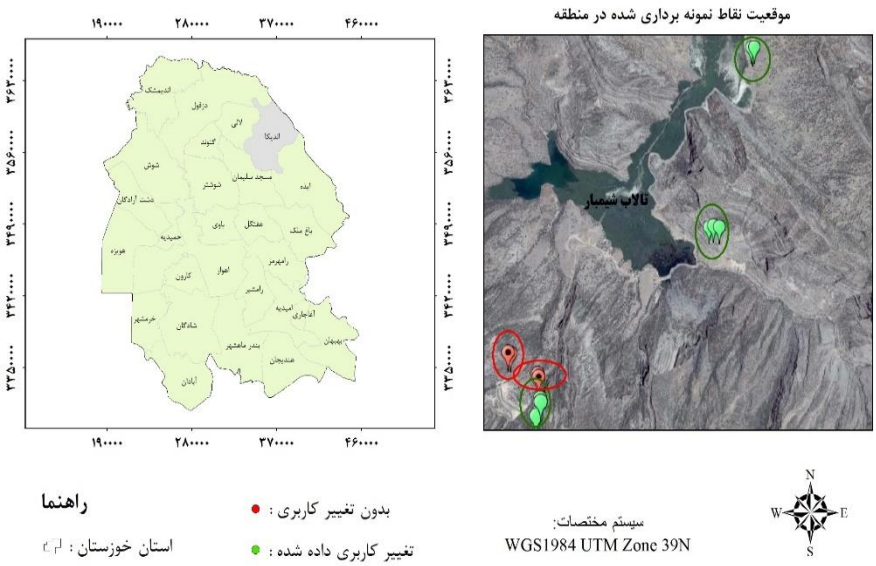
### تجزیه‌های آزمایشگاهی

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (Rhoades, 1982)، واکنش گل اشباع خاک به روش پتانسیومتری توسط دستگاه پهاش‌متر (Rhoades, 1982)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک (Nelson, 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با جایگزینی یون سدیم به جای کاتیون‌های تبادلی (Page *et al*., 1987)، مقدار کربن آلی خاک با اکسایش تر (Walkley and Black, 1934)، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال و هضم نمونه خاک در اسید (Gallaher *et al*., 1976)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری با استفاده از روش کلوخه خاک و پارافین به روش غوطه‌وری در سیلندر (Black and Hartge, 1986)، پایداری خاک‌دانه‌ها با روش الک تر (Marques *et al*., 2004) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این پارامتر از روش الک تر استفاده گردید و نتایج به

دست آمده به صورت میانگین قطر خاکدانه ها بیان شد. در ابتدا مقدار ۵۰ گرم خاک هوا خشک روی یک سری الک با اندازه‌های ۰/۴، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۵۰، ۰/۲۵، میلی‌متر ریخته و نمونه‌ها با آب معمولی اسپری شدند. زمان الک تر برای هر نمونه ۱۵ دقیقه بود. پس از آن خاک باقی مانده روی هر الک در ظروف جداگانه جمع آوری و به آون ۵۰ درجه سلسیوس منتقل و برای ۲ ساعت خشک شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها به دقت توزین و وزن خاکدانه‌های باقی مانده روی هر الک تعیین شد. در نهایت پایداری خاکدانه‌ها بر حسب میانگین وزنی قطر ذرات (MWD) به صورت زیر محاسبه شد (Marques *et al*., 2004).

$$MWD= \sum Xi\ wi$$

MWD: میانگین وزنی قطر ذرات بر حسب میلی متر، Xi: میانگین قطر خاکدانه‌های باقی مانده بر روی هر الک بر حسب میلی متر و wi: وزن خشک خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل خاک.




**شکل ۱- نمایی از موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه شیمبار در شمال استان خوزستان**

برای تعیین رس قابل انتشار نیز از روش راسموسن و کولینز استفاده شد (Rasmussen and Collins, 1991). برای این منظور، ابتدا به نمونه‌های خاک به نسبت ۱/۱۰ (خاک به آب) آب افزوده شد. سپس نمونه‌ها بهم زده شدند و پس از یک ساعت، میزان رس قابل انتشار به وسیله هیدرومتر تعیین و به صورت نسبتی از کل رس خاک بیان شد.

افزون بر این برای تعیین ویژگی‌های کیفی مواد آلی خاک و تعیین گروه‌های عامل آن‌ها در هر یک از انواع کاربری‌های مورد بررسی، از روش طیف‌سنجی با اشعه مادون قرمز استفاده شد. برای این منظور ماده آلی خاک با پیروفسفات سدیم عصاره گیری شده و عصاره مورد نظر با استفاده از دستگاه مادون قرمز طیف سنجی شد. سپس نتایج حاصله با استفاده از داده‌های طیف مرجع تحلیل و برای دو کاربری نیز با یکدیگر مقایسه گردید.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و برای محاسبه میانگین و انحراف معیار پارامترها و رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگرو-اسمیرنوف استفاده شد. برای بررسی وجود اختلاف بین پارامترهای مورد مطالعه در کاربری‌های مختلف در داده‌های دارای توزیع نرمال از روش های پارامتریک شامل آزمون نمونه‌های t مستقل و آنالیز واریانس یک-طرفه و برای داده‌های فاقد توزیع نرمال از روش‌های غیرپارامتریک شامل آزمون‌های نمونه‌های مستقل من-ویتنی و کروسکال-والیس استفاده شد ($p\leq0.05$). آزمون توکی نیز در صورت وجود اختلاف معنی‌دار استفاده گردید.

## نتایج و بحث

بر اساس Behboodian (2016) چنانچه حتی جامعه دارای توزیع نرمال نباشد، توزیع نمونه گیری میانگین نرمال خواهد بود. ایشان حجم این نمونه بزرگ را معادل ۲۵ نمونه می داند. با توجه به اینکه تعداد نمونه های این تحقیق ۳۶ نمونه می باشد، محدودیتی برای نرمال یا غیرنرمال بودن داده ها وجود نداشت.

ویژگی‌های آماری برخی از خصوصیات فیزیکی مورد مطالعه در اراضی مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است.

بر اساس نتایج این جدول در اثر تغییر کاربری، میانگین

مقدار ذرات درشت از ۶ درصد در جنگل به ۳۵/۶ درصد پس از جنگل‌تراشی افزایش یافته است. به همین ترتیب میانگین مقدار رس در خاک اراضی جنگلی حدود ۲۶ و در کاربری اراضی زراعی حدود ۱۸/۵تعیین شد. حداکثر مقدار رس قابل انتشار در اراضی جنگلی حدود ۱ درصد و در اراضی تغییر کاربری یافته به کاربری زراعی حدود ۳۹/۲ درصد اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در اراضی تغییر کاربری یافته حدود ۲/۲ میلی‌متر و در اراضی جنگلی حدود ۳/۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری ویژگی‌های فیزیکی مورد مطالعه متأثر از تغییر کاربری برای منطقه شیمبار در جدول (۲) ارائه شده است.

**جدول ۱- توصیف آماری برخی از ویژگی‌های فیزیکی دو کاربری مورد مطالعه در عمق ۱۵-۰ سانتی متری**

| | | جنگل بلوط | | جنگل‌تراشی | |
|---|---|---|---|---|---|
| متغیر | واحد | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر |
| سنگ‌ریزه | ٪ | ۰/۰۱۵ | ۲۸/۸ | ۱۹/۰ | ۵۵/۰۱ |
| شن | ٪ | ۴۹/۵ | ۶۰/۵ | ۵۹/۰ | ۷۴/۰ |
| رس | ٪ | ۲۳/۰ | ۲۹/۵ | ۱۰/۰ | ۲۴/۰ |
| سیلت | ٪ | ۱۰/۰ | ۲۶/۵ | ۱۳/۰ | ۵/۲۵ |
| سیلت ریز | ٪ | ۲/۵ | ۹/۵ | ۰/۵ | ۵/۰ |
| سیلت درشت | ٪ | ۷/۰ | ۱۹/۰ | ۱۰/۰ | ۲۲/۵ |
| رس قابل انتشار | ٪ | ۱۱/۰ | ۰/۹ | ۱۰/۳ | ۳۹/۲ |
| میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه | mm | ۱/۱۲ | ۲/۲۲ | ۰/۹۴ | ۳/۴۳ |
| چگالی ظاهری (BD) خاک | $Mg/m^3$ | ۱/۲ | ۱/۱۸ | ۰/۷۸ | ۱/۵۷ |

**جدول ۲- تحلیل آماری ویژگی‌های فیزیکی مورد بررسی در کاربری‌های جنگل و زراعی منطقه شیمبار**

| | میانگین | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | سیلت درشت | سیلت ریز | رس | شن | سیلت | رس قابل انتشار | MWD | BD | سنگ‌ریزه |
| تغییر کاربری | ۱۳/۶۲ ns | ۳/۹۲** | ۲۲/۳** | ۶۰/۱۷** | ۱۷/۵۴ ns | ۱۲/۶** | ۲/۱۵ ns | ۱/۲۷* | ۲۰/۹** |
| انحراف معیار | ۳/۳۰ | ۲/۵۳ | ۴/۸۷ | ۵/۶۵ | ۳/۹۱ | ۱۲/۳ | ۰/۷۸ | ۰/۲۱ | ۱۸/۴۴ |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد و عدم معنی‌داری

با توجه به جدول (۲) ملاحظه می‌گردد که مقدار رس قابل انتشار در اثر تغییر نوع کاربری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد. بر اساس جدول (۱)، حداکثر مقدار رس قابل انتشار در کاربری جنگل حدود ۱ درصد و در کاربری اراضی کشاورزی در حدود ۳۹ درصد بود که به نوعی نشان‌دهنده تخریب خاک در اراضی تغییر کاربری یافته است. این امر نشانگر نقش مخرب مدیریت‌های نامناسب در کشاورزی و تخریب ساختمان خاک در این‌گونه اراضی است. به نظر می‌رسد تخریب جنگل احتمالا به سه روش موجبات تخریب ساختمان خاک را در محدوده مطالعاتی فراهم آورده است. ۱- در اثر حذف جنگل، سپر حفاظتی برگ‌های جنگل از بین رفته و باران مستقیم به سطح خاک برخورد نموده و در اثر نیروی مکانیکی زیاد، سبب تخریب خاک‌دانه‌ها می‌گردد. ۲- در جنگل‌های برگ ریز بلوط، ریزش برگ‌ها در طول فصل پاییز سبب ایجاد حفاظ سطحی برای ممانعت از برخود قطرات باران به سطح خاک شده و سبب حفاظت از خاک و خاک‌دانه‌ها در برابر فرسایش پاشمانی که شروع فرسایش خاک است، می‌شود و ۳- کاهش ورود مواد آلی به خاک سبب می‌شود که پایداری خاک‌دانه‌ها کاهش یابد. به این ترتیب در اثر ناپایداری خاک‌دانه و آزادسازی رس‌ها از ساختار آن‌ها، رس‌های آزاد شده سبب ایجاد سله در سطح خاک شده و مانع از نفوذ آب به درون خاک می‌گردند. این فرآیند سبب ایجاد رواناب سطحی و فرسایش شده که عامل اصلی تشدید فرآیند تغییر توزیع اندازه ذرات در بخش نرم خاک می‌باشد. یافته‌های محققان دیگر نشان داده است که در تبدیل زیست‌بوم‌های طبیعی به زیست‌بوم‌های زراعی، اغلب کاهش کربن آلی خاک رخ می‌دهد و با کاهش ماده آلی خاک، کاهش حفاظت فیزیکی کربن آلی خاک بر اثر عملیات شخم‌زنی، تغییر رژیم رطوبتی و حرارتی خاک و افزایش سرعت جزئی فرسایش خاک اتفاق می‌افتد. Tigo *et al.* (2011) نتیجه گرفته‌اند که لاشبرگ‌های روی زمین و پوشش گیاهی، دمای ثابت‌تر و میکرو اقلیمی را در خاک به وجود می‌آورد که باعث فعالیت بیشتر موجودات ریز میکروبی خاک شده و سبب افزایش پایداری خاک دانه می‌گردد.

بر اساس نتایج جدول (۲) اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین نتایج مقدار سیلت کل و سیلت درشت در اثر تغییر کاربری ملاحظه نمی‌شود ولی مقدار سیلت ریز اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول

(۱) و شکل (۲) در اراضی زراعی، مقدار سلیت ریز در خاک کاهش یافته است. سیلت ریز نه چسبندگی رس را دارد که با اتصال ذرات به یکدیگر مانع از خارج شدن ذرات گردد و نه اندازه آن به‌حدی درشت است که در اثر وزن زیاد در اثر نیروی مکانیکی انتقال نیابد. ذرات سیلت حساس‌ترین بخش اجزاء اندازه‌ای ذرات خاک است که در اثر فرسایش بخصوص در مناطق شیب‌دار کوهستانی از ذرات دیگر جدا شده و فرسایش می‌یابد (Jafari *et al*., 2016). در اکثر خاک‌های کشاورزی ایران، به‌دلیل کمبود مواد آلی و عدم وجود پوشش گیاهی مناسب، ساختمان خاک از پایداری کافی برخوردار نیست. در مواقع آبیاری و بارندگی به‌دلیل خیس شدن سریع، خاک‌دانه‌ها متلاشی شده و ذرات حاصل از خاک‌دانه‌های متلاشی شده باعث مسدود شدن خلل و فرج خاک شده و موجب کاهش نفوذپذیری، ایجاد رواناب سطحی و فرسایش می‌شوند. چنین خاکی پس از خشک شدن افزون‌بر سله بستن، بسیار سخت و محکم بوده و مانع نفوذ ریشه می‌گردد (Golchin *et al*., 1995؛ Spaccini *et al*., 2004).

بر اساس تحلیل آماری جدول (۲)، مقدار رس در اثر تغییر کاربری کاهش یافته است. ذرات رس عموما به‌دلیل کاتیون‌های دو یا چند ظرفیتی هماور بوده و در واکنش با ماده آلی به صورت خاک‌دانه درآمده و در خاک ماندگاری دارند. به این ترتیب کاهش مقدار ماده آلی و افزایش مقدار رس قابل انتشار، سبب می‌شود که پتانسیل انتقال و جابه‌جایی رس خاک افزایش یابد. با توجه به شکل (۲) ملاحظه می‌گردد که مقدار رس در اراضی زراعی به مراتب کمتر از اراضی جنگلی است. به‌دلیل تشابه در مقدار آهک و واکنش خاک در دو منطقه، کاتیون‌های دو ظرفیتی در خاک-های آهکی مورد مطالعه تفاوت چندانی ندارند (جدول ۳). در صورت زیاد بودن مقدار سدیم، پ‌هاش خاک افزایش می‌یافت که نیافته است (جدول ۳ و شکل ۳). به این ترتیب مهم‌ترین عامل اثرگذار، همان کاهش مقدار ترکیبات آلی و کیفیت مناسب آن‌ها بر افزایش رس‌های قابل انبساط خاک است. رس قابل انبساط عموما رس‌های ریز با تراکم زیاد بار الکتریکی هستند که به‌شدت توسط بنیان‌های آزاد مواد آلی واکنش نشان داده و منجر به ایجاد خاک‌دانه می‌شوند. کاهش ورود مواد آلی به خاک از یک سو و افزایش شدت تجزیه این مواد، سبب آزادی این رس‌ها و در نتیجه افزایش رس قابل انبساط در این مناطق شده است. Lado *et al*., (2004) نتیجه گرفته‌اند که در خاک‌دانه‌های با اندازه کوچکتر از ۲ میلی‌تر و ۲ تا ۴ میلی‌متر در غیاب اثر ضربه قطره باران، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های با مقدار ماده آلی زیاد (۳/۵ درصد) نسبت به خاک‌های با مقدار ماده آلی کم (۲/۳ درصد) بیشتر می-باشد. این اختلاف در مقدار هدایت هیدرولیکی در دو خاک، از تخریب ساختمانی ناشی از تغییر میزان ماده آلی ناشی می‌گردد.

همچنان‌که در جدول (۲) نشان داده شده است، مقدار شن در اراضی زراعی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با اراضی بکر جنگلی دارد. بر اساس شکل (۲)، مقدار شن در مناطق زراعی بیشتر است. ذرات شن به‌دلیل اندازه درشت مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش داشته و در اثر آب‌دوی کمتر جابه‌جا و منتقل می‌شوند (Varasteh khanlari *et al*., 2019). بر اساس تجزیه مکانیکی اجزاء نهایی سازنده خاک، نوع بافت خاک در اراضی جنگلی، لوم رسی شنی و در اراضی تغییر کاربری یافته لومی شنی تعیین شد. Khormali *et al*. (2009) بیان کرده‌اند که در اثر تغییر کاربری جنگل به زراعت در یک دامنه‌ی شیب‌دار پس از ۵۰ سال کشت و کار، کلاس بافت خاک از لوم رس سیلتی در کاربری جنگل به لوم سیلتی در کاربری زراعی (بافت درشت‌تر) تغییر یافته است. آنان دلیل این تغییر بافت خاک را به شیب زیاد زمین و ناپایداری ساختمان خاک و اثر فرسایش آبی نسبت داده‌اند. در این زمینه نتایج مشابهی نیز گزارش شده است (Martinez *et al*., 2008).

مقدار سنگ‌ریزه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین دو کاربری داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج ارائه شده در شکل (۲)، تغییر کاربری منجر به افزایش مقدار سنگ‌ریزه شده است. با حذف ذرات در اندازه کوچکتر از ۲ میلی‌متر (بخش نرم خاک)، نسبت ذرات درشت خاک افزایش می‌یابد. به این ترتیب مقدار سنگ‌ریزه در اثر فرسایش ذرات نرم خاک، افزایش یافته است.

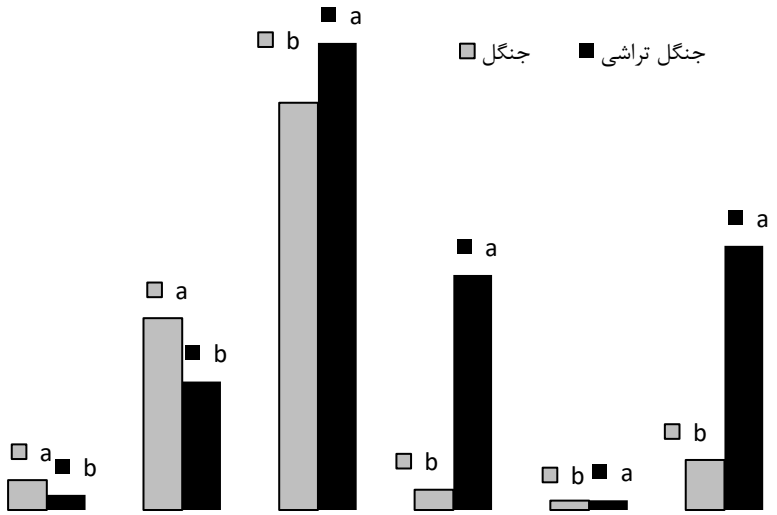
میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در اثر تغییر کاربری از جنگل به اراضی زراعی روند کاهشی دارد به‌طوری‌که از ۲/۴۵ میلی‌متر در جنگل به ۲/۰۳ میلی‌متر در اراضی زراعی کاهش یافت ولی از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. خاک دانه‌سازی نتیجه تاثیر متقابل جامعه میکروبی، مواد آلی و معدنی خاک است و منعکس کننده نوع کاربری و مدیریت زراعی است (Gricheru *et al*., 2004). تغییر کاربری اراضی کوهستانی مدیترانه به اراضی زراعی، منجر به کاهش معنی‌دار پایداری خاک دانه‌ها، هدایت هیدرولیکی و مواد آلی خاک تا ۴۹ درصد در مدت ۱۲ سال شده به‌طوری‌که حساسیت به فرسایش در اراضی زراعی به ترتیب ۴/۲ و ۲ برابر بیشتر از اراضی جنگلی و مرتعی شده بود (Chelik, 2005).

جرم مخصوص ظاهری در اثر تغییر کاربری در سطح ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف داشت. این عامل به‌دلیل انحراف معیار کم، دارای اختلاف آماری معنی‌داری شد. در اثر تغییر کاربری، جرم مخصوص ظاهری از ۱/۲۷ به ۱/۳۲ گرم بر سانتی-مترمکعب افزایش یافته بود (شکل۲).

این امر می‌تواند به اثرات ناشی از کاهش ورود ماده آلی به خاک از یک سو و هم‌چنین تردد ماشین‌آلات از سوی دیگر مربوط شود. Krzic *et al*. (2004) نشان داده‌اند که جرم مخصوص ظاهری به شدت تحت تاثیر مقدار مواد آلی موجود در خاک است ولی تاثیر مواد آلی بر کاهش تراکم پذیری فقط محدود به چند سانتی‌متر فوقانی خاک می‌شود.

**مقایسه تغییرات ویژگی‌های شیمیایی متأثر از تغییر کاربری در منطقه شیمبار**

توصیف آماری برخی از ویژگی‌های شیمیایی برای دو کاربری مورد مطالعه در جدول (۳) ارائه شده است.




**شکل ۲- میانگین تغییر مقادیر عامل‌های مختلف فیزیکی در کاربری‌های مختلف منطقه شیمبار با اختلاف معنی‌دار کمتر از ۵ درصد ($p\leq0.05$)**

**جدول ۳- توصیف آماری برخی از ویژگی‌های شیمیایی دو کاربری مورد مطالعه**

| نوع کاربری | واحد | جنگل‌تراشی | | جنگل بلوط | |
|---|---|---|---|---|---|
| متغیر | | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر |
| pHe | - | ۷/۳۵ | ۷/۹۶ | ۷/۱۸ | ۷/۶۶ |
| هدایت الکتریکی عصاره اشباع | ($dS\ m^{-1}$) | ۰/۷۴ | ۲/۰۶ | ۰/۷۸ | ۲/۴۰ |
| کربن آلی | (%) | ۰/۰۷ | ۰/۷۴ | ۰/۵۳ | ۰/۸۹ |
| نیتروژن خاک | ($g\ kg^{-1}$) | ۰/۰۳۹ | ۰/۱۳ | ۰/۱۰ | ۰/۲۹ |
| C/N | (%) | ۰/۵۰ | ۱۷/۱۲ | ۱/۹۴ | ۶/۸۶ |
| ظرفیت تبادل کاتیونی | ($mol\ kg^{-1}$) | ۴۵ | ۶۰ | ۴۵/۰۴ | ۶۰/۶۸ |
| کربنات کلسیم معادل | (%) | ۲۴/۶۲ | ۳۷/۷۷ | ۳۶/۴۳ | ۳۲/۲۸ |

تحلیل آماری ویژگی‌های شیمیایی مورد مطالعه در جدول (۴) ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول ویژگی‌هایی چون شوری، پ‌هاش، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار کربنات‌ها در دو کاربری تفاوت معنی‌داری ندارد ولی مقدار کربن، نیتروژن و نسبت آن‌ها از لحاظ آماری تفاوت آماری معنی‌داری دارد. شرایط مناسب زهکشی در هر دو کاربری سبب شده است که اختلافی بین شوری پدید نیاید. هم‌چنین وجود مقادیر متنابهی از کربنات‌ها در این خاک‌ها سبب بافر شدن خاک و عدم تغییر پ‌هاش خاک می‌گردد. مقادیر مقدار آهک در خاک‌های زراعی روند افزایشی دارد که می‌تواند به اثر فرسایش در حذف لایه سطحی خاک مربوط گردد. حذف لایه سطحی، سبب رخنمون لایه‌های زیرین در سطح می‌گردد که مقدار بیشتری آهک دارند. اثر آهک بر تشکیل خاک‌دانه‌ها بسیار قابل توجه است. Mahmmodabadi and Ahmadbeigi (2011) نشان داده‌اند که کربنات کلسیم موجود در خاک سبب رهاسازی کلسیم به صورت محلول شده و مانع پراکنش ذرات رس می‌گردد. افزون‌بر این یون کلسیم با ترکیب با مواد آلی، در تشکیل خاک‌دانه‌های کوچک نقش دارد (Rousta *et al*., 2002).

جدول ۴- تحلیل آماری اثر نوع کاربری بر شاخص‌های شیمیایی مورد مطالعه در اراضی منطقه شیمبار

| | میانگین | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | ECe | pHe | CEC | CCE | OC | N | C/N |
| تغییر کاربری | ۱/۱۵$^{ns}$ | ۷/۵۶$^{ns}$ | ۵۰/۱۶$^{ns}$ | ۳۲/۷۰$^{ns}$ | ۰/۵۳$^{**}$ | ۰/۱$^{**}$ | ۵/۷۹$^{*}$ |
| انحراف معیار | ۰/۴۹ | ۰/۱۸ | ۳/۷۲ | ۴/۰۷ | ۰/۲۶ | ۰/۰۶ | ۴/۰۲ |

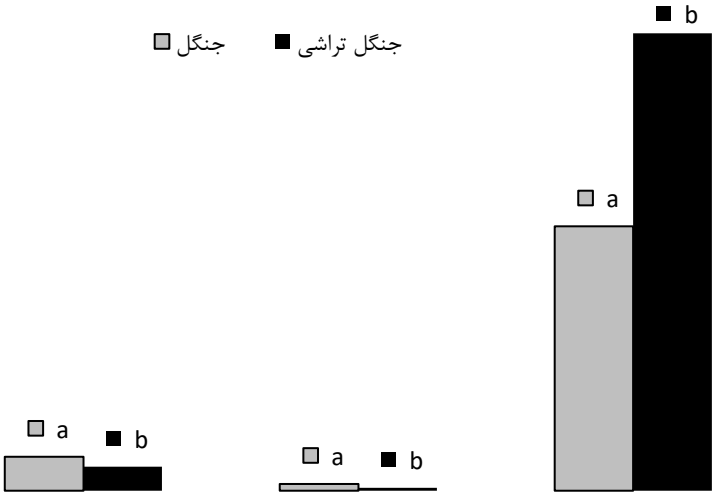
$^{*}$، $^{**}$ و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد و عدم معنی‌داری

اثر تغییر کاربری بر مقدار کربن آلی خاک در سطح یک درصد از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). مقدار کربن آلی خاک از ۰/۶۵ درصد در کاربری جنگل بلوط به ۰/۴۶ درصد در اراضی زراعی کاهش یافته است (شکل ۳). کاهش در اثر دو عامل رخ داده است: یکی کاهش مقدار ورود ماده آلی از طریق حذف جنگل برگ‌ریز با مقدار زیاد برگ و عامل دوم شخم در اراضی زراعی است که سبب تهویه بیشتر و تجزیه مواد آلی می‌گردد. حساسیت بیش‌تر اراضی زراعی در برابر فرسایش سطحی خاک، عامل دیگری برای کاهش مقدار کربن و ماده آلی خاک به‌شمار می‌آید به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از مقدار کربن آلی خاک از طریق فرآیند فرسایش و به همراه ذرات کلوئیدی همراه با رواناب از دسترس خاک خارج می‌گردد. کاهش کربن آلی در اثر تغییر کاربری توسط سایر پژوهشگران چون Niknahad Gharmakher and Maramaei (2011) نیز گزارش شده است. در مطالعه دیگری Assad *et al*. (2013) مشاهده نمودند که در لایه ۱۰-۰ سانتی‌متری اراضی با پوشش طبیعی و بومی، مقدار ذخیره کربنی ۲۹ مگا گرم بر هکتار ولی برای اراضی زراعی و مرتعی، ۷/۵ مگا گرم بر هکتار کمتر از اراضی با پوشش گیاهی بومی بود. Pabst *et al*. (2015) گزارش نمودند که کربن زیست توده میکروبی در زیست‌بوم‌های طبیعی تانزانیا بیشترین مقدار است و کاهش آن تحت تأثیر تغییر کاربری جنگل‌های ساوانا به اراضی با کشت ذرت و یا قهوه به ترتیب ۶۰ و ۷۶ درصد بود.

اثرات تغییر کاربری بر مقدار نیتروژن خاک نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقدار نیتروژن از ۰/۱۳ درصد در کاربری جنگل به ۰/۰۵۶ درصد در کاربری زراعی کاهش یافته است. اگرچه در کاربری‌های زراعی، کود شیمیایی نیتروژن‌دار مصرف می‌شود و به این ترتیب سبب افزایش نیتروژن خاک می‌گردد، با این وجود آبیاری و فرسایش زیادتر از یک سو و مصرف بیشتر آن توسط گیاهان زراعی سبب کاهش نیتروژن بیشتر از خاک زراعی شده است. نیتروژن خاک‌های زراعی عمدتا به صورت معدنی است که پتانسیل آبشویی بیشتری دارد و سریع‌تر از خاک خارج می‌گردد در حالی که در خاک‌های جنگلی در ترکیب با مواد آلی است و پتانسیل آبشویی آن کمتر است. هم‌چنین در حالی‌که در کاربری جنگل، مواد آلی بیشتری در خاک وجود دارد، با کاهش مواد آلی در خاک‌های زراعی میزان فعالیت موجودات زنده تثبیت کننده‌ای که می‌توانند از مواد آلی به عنوان مواد غذایی برای تامین نیاز کربنی و انرژی خود برای تثبیت ازت استفاده کنند، کمتر می‌گردد. این ریز جانداران با تثبیت نیتروژن، نقش موثری در تامین نیتروژن این خاک‌ها و تجزیه مواد آلی دارند. چنین نتایجی توسط Pabst *et al*., (2015) نیز در مطالعه ذخیرگاه‌های کربن و ارتباط آن با تغییر کاربری اعلام گردیده بود. در اراضی تغییر کاربری یافته، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی به ویژه کودهای ازته که به طور معمول بدون استفاده از کودهای آلی به خاک افزوده می‌شوند، باعث برهم زدن تعادل خاک و نسبت کربن به نیتروژن می‌شود که دلایل تجزیه بیشتر ماده آلی توسط موجودات میکروبی را فراهم می‌آورد (Manna *et al*., 2007).

اثرات تغییر کاربری تفاوت آماری معنی‌داری در سطح یک درصد بر ویژگی C/N خاک دارد که به اثرات تغییر بر مقدار کربن و نیتروژن مربوط می‌شود که در بخش قبلی به آن پرداخته شد. C/N عاملی است که در مواد آلی خام مقدار عددی آن در خاک خیلی زیاد بوده و در اثر تجزیه مواد آلی، مقدار آن کاهش یافته و به حدود ۲۰-۱۵ درصد می‌رسد. این نسبت به‌دلیل نزدیکی به نسبت آن در بدن ریزجانداران خاک، پایدار می‌باشد. نسبت کربن به نیتروژن خاک‌های بکر در مقایسه با خاک‌های کشت شده با تناوب زراعی گندم- آیش تقریباً ۳ برابر بیشتر می‌باشد (Golchin *et al*., 1995). در سه کاربری جنگل (مخروط داران و پهن برگ)، مرتع (مرتع قرق شده با پوشش یونجه و علفزار تحت چرا) و زراعی (زراعی با مدیریت روش‌های سنتی و ارگانیک) کمترین مقدار C/N مربوط به خاک زراعی با مدیریت کشاورزی ارگانیک (۴/۲) و بیشترین مقدار آن مربوط به جنگل مخروط‌داران (۱۲/۵) بود (Moscatelli *et al*., 2007).

نتایج مربوط به تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه در خاک منطقه‌ی شیمبار در جدول (۵) ارائه شده است.




**شکل ۳- تغییرات میانگین ویژگی‌های شیمیایی مختلف خاک در کاربری‌های مختلف منطقه شیمبار ($p. \leq 0.05$)**

**جدول ۵ - نتایج تجزیه عاملی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد مطالعه در منطقه ی شیمبار**

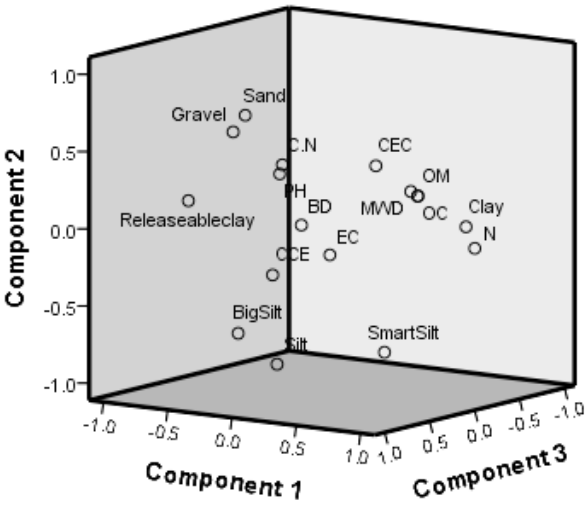
| ویژگی | عامل ۱ | عامل ۲ | عامل ۳ | عامل ۴ | اشتراک |
|---|---|---|---|---|---|
| درصد واریانس | ۳۶/۱۴۹ | ۲۰/۳۳۲ | ۱۵/۸۵۹ | ۱۰/۰۲۷ | |
| درصد واریانس تجمعی | ۳۶/۱۴۹ | ۵۶/۴۸ | ۷۲/۳۳۹ | ۸۲/۳۶۶ | |
| ECe | ۰/۴۵۱ | ۰/۰۷۶- | ۰/۶۶۶ | ۰/۴۲۲- | ۰/۷۹ |
| pHe | ۰/۶۹۸- | ۰/۱۷۶ | ۰/۴۱۸- | ۰/۳۰۴ | ۰/۷۳۷ |
| ظرفیت تبادل کاتیونی | ۰/۲۷۸ | ۰/۳۷۴ | ۰/۰۹۱- | ۰/۷۰۹- | ۰/۷۳۹ |
| کربنات کلسیم معادل | ۰/۵۶۵- | ۰/۴۲۶- | ۰/۱۴۸- | ۰/۰۵۸- | ۰/۵۶۶ |
| جرم مخصوص ظاهری | ۰/۱۷۸ | ۰/۰۷۹ | ۰/۵۹۳ | ۰/۲۱۷- | ۰/۸۱۱ |
| میانگین وزنی قطر خاکدانه | ۰/۲۳۷ | ۰/۱۳۹ | ۰/۵۳۷- | ۰/۴۷۳ | ۰/۹۳ |
| کربن آلی | ۰/۸۴۱ | ۰/۲۸۵ | ۰/۲۴۵ | ۰/۳۳۶ | ۰/۹۵۷ |
| نیتروژن | ۰/۷۹۷ | ۰/۱۵۹- | ۰/۴۴۹- | ۰/۲۵۲- | ۰/۷۵۴ |
| C/N | ۰/۰۷۹ | ۰/۴۷۱ | ۰/۶۶۳ | ۰/۵۲۱ | ۰/۸۹۳ |
| شن | ۰/۷۶۲- | ۰/۵۹۲ | ۰/۱۲۵- | ۰/۱۰۵- | ۰/۹۱۶ |
| سیلت | ۰/۲۱۸- | ۰/۹۰۴- | ۰/۲۹۸ | ۰/۱۰۴ | ۰/۹۲۳ |
| رس | ۰/۹۷۹ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۹۱- | ۰/۰۳۳ | ۰/۸۹۶ |
| سیلت درشت | ۰/۵۱۶- | ۰/۷۳۴- | ۰/۳۰۴ | ۰/۰۸۷ | ۰/۷۳ |
| سیلت ریز | ۰/۵ | ۰/۷۷۹- | ۰/۱۳ | ۰/۰۸۴ | ۰/۷۸۸ |
| رس قابل انتشار | ۰/۷۲۷- | ۰/۱۴۱ | ۰/۵۵۶ | ۰/۱۴ | ۰/۸۱۸ |
| سنگ‌ریزه | ۰/۵۳۲- | ۰/۵۷۴ | ۰/۳۳۸ | ۰/۱۸۷- | ۰/۷۱۸ |

نتایج تجزیه به عامل‌ها روی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که از بین همه‌ی ویژگی‌ها، چهار عامل مهم از عوامل مورد استفاده بیش‌ترین مقدار واریانس را توجیه نموده و مقادیر ویژه بیشتر از یک داشتند. برای ویژگی‌های خاک این منطقه عامل‌های اول، دوم، سوم و چهارم مهم‌ترین عوامل در تبیین واریانس در مقایسه با عوامل باقی‌مانده بود. عامل اول ۳۶/۲، عامل دوم ۲۰/۳، عامل سوم ۱۵/۹ و عامل چهارم ۱۰/۰ درصد و در مجموع ۸۲/۳ درصد کل واریانس را توجیه نمودند. عامل اول با بیش‌ترین مقادیر مثبت (۰/۵<) برای ویژگی‌های نیتروژن، کربن آلی و رس و مقادیر منفی برای پ‌هاش، آهک، شن، سیلت، سیلت درشت، سنگ‌ریزه و رس قابل انتشار بود. عامل دوم با بیش‌ترین مقادیر مثبت (۰/۴۷<) برای شن و سنگ‌ریزه و مقادیر منفی برای شوری، نیتروژن، سیلت، سیلت درشت، سیلت ریز و آهک بود. عامل سوم با بیش‌ترین مقدار مثبت (۰/۵۶<) برای جرم مخصوص ظاهری، نسبت کربن به نیتروژن و شوری و مقادیر منفی برای ظرفیت تبادل کاتیونی، پ‌هاش، نیتروژن، آهک، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، شن و رس بود. عامل چهارم با بیش‌ترین مقدار مثبت برای نسبت کربن به نیتروژن (۰/۵۲) و بیش‌ترین مقدار منفی برای ظرفیت تبادل کاتیونی (۰/۷۱-) بود.

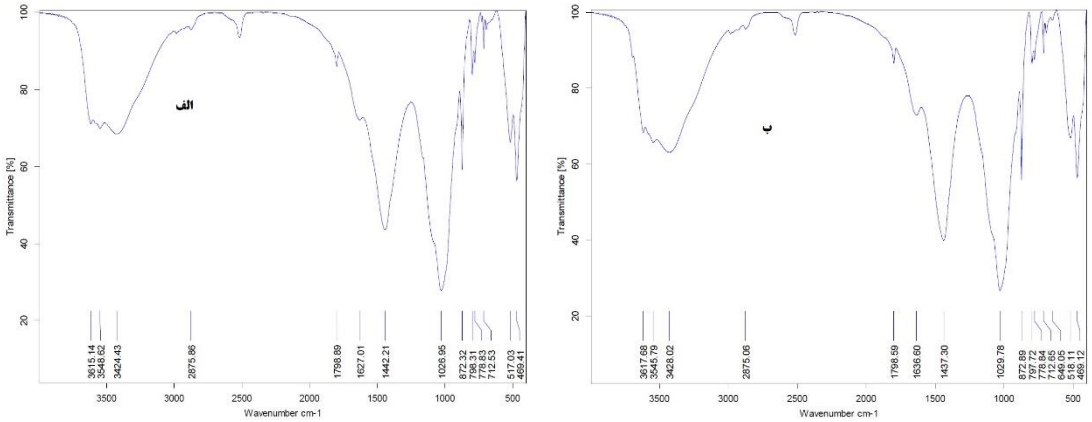
در شکل (۴) پراکنش فاکتورها پس از چرخش واریمکس برای فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی خاک حاصل از آنالیز تجزیه مولفه اصلی (PCA) در منطقه‌ی شیمبار نشان داده شده است.

چهار عامل بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، شن، سیلت و کربن آلی، بیش از ۸۰ درصد واریانس را در مقادیر نسبت کربن به نیتروژن، جرم مخصوص ظاهری، رس و رس قابل انتشار، بیش از ۷۰ درصد واریانس را در مقادیر شوری، پ‌هاش، ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن، سیلت درشت و سنگ‌ریزه و کمترین مقدار واریانس را در مقدار آهک (۵۶/۶ درصد) توجیه کرد. نمودار پراکنش این فاکتورها در شکل (۴) نشان داده شده است.

نتایج حاصل از طیف‌سنجی مادون قرمز برای دو کاربری مورد مطالعه در شکل (۵) ارائه شده است.




**شکل ۴- نمودار پراکنش فاکتورها پس از چرخش واریمکس برای فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی خاک حاصل از آنالیز تجزیه مولفه اصلی (PCA) در منطقه‌ی شیمبار**




**شکل ۵- طیف‌سنجی مادون قرمز برای کاربری جنگلی (الف) و جنگل‌تراشی شده (ب) در منطقه شیمبار**

بر اساس نتایج طیف سنجی مادون قرمز بنیان‌های آلی هیدروکسیل OH در پیک با طول موج ۳۵۴۰-۳۶۰۰ نانومتر مشخص است. این بنیان‌ها به دلیل تعداد زیاد، از شدت پیک بیشتری برخوردار هستند. همچنین در همین محدوده طول موج (۳۵۲۶ نانومتر) نیز بنیان آمیدی N-H- قابل ملاحظه است. پیک ۱۷۰۰ نانومتر که با شدت کمی نمایان شده است مربوط به بنیان کربوکسیل یا COOH می‌باشد. شدت این پیک به مراتب ضعیف‌تر از سایر پیک‌هاست که نشان از میزان کمتر آن در نمونه‌ها می‌باشد. پیک ۱۰۳۰ نانومتر مربوط به بنیان S=O می‌باشد که نسبتا قوی است. همچنین پیک ۱۴۰۰ نانومتر می‌تواند مربوط به بنیان C=O باشد که در مواد آلی بسیار متداول است. در مقایسه بخش‌های الف و ب شکل (۴)، تفاوت قابل‌توجهی بین پیک نتایج حاصله در اندازه‌گیری‌های مربوط به دو کاربری مورد مطالعه ملاحظه نمی‌شود. این به آن معنی است که مواد آلی موجود در این مناطق تفاوت قابل ملاحظه‌ای از لحاظ نوع و بنیان‌های آلی مورد بررسی ندارد. علت این امر می‌تواند به منشاء یکسان ماده آلی به‌جای مانده از جنگل بلوط برای دو منطقه مربوط باشد. به عبارتی منشاء مواد آلی در اراضی زراعی، همان مواد آلی بجای مانده از جنگل‌های بلوط است.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که حذف جنگل منجر به کاهش شدید کیفیت اراضی به خصوص ویژگی‌های خاک می‌گردد. در اثر حذف جنگل‌های برگ‌ریز بلوط، مقدار ماده آلی لایه سطحی به‌شدت کاهش یافته و سبب کاهش پایداری خاک‌دانه و افزایش رس قابل انتشار شده است. افزایش رس قابل انتشار، سبب ایجاد سله سطحی و افزایش مقدار فرسایش به‌خصوص فرسایش پاشمانی و در نتیجه کاهش مقدار سیلت در این اراضی شده است. این عامل خود سبب تشدید در کاهش کیفیت اراضی گردیده است. هم‌چنین هم‌راستا با کاهش مقدار ماده آلی، مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر تغییر کاربری، افزایش یافته است. تصعید

بیشتر نیتروژن در اثر برخورد تشعشع خورشید و گرمای بیشتر خاک به‌خصوص در فصول گرم، سبب تصاعد بیشتر نیتروژن از خاک شده و در اثر آن، مقدار نیتروژن در خاک‌های زراعی با وجود افزودن کودهای نیتروژنه به این اراضی کاهش یافته است. هم‌چنین به‌دلیل منشاء یکسان، کیفیت مواد آلی تفاوتی در دو کاربری نشان نداد. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل مهم از عوامل مورد استفاده، بیش‌ترین مقدار واریانس را توجیه نموده و مقادیر ویژه بیشتر از یک داشتند. برای ویژگی‌های خاک این منطقه، عامل‌های اول، دوم، سوم و چهارم مهم‌ترین عوامل در تبیین واریانس در مقایسه با عوامل باقی‌مانده بود. نتایج تخمین اشتراکی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که مقادیر شن، سیلت، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها و کربن آلی، مناسب‌ترین شاخص‌های ارزیابی در منطقه مورد نظر بودند. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از اراضی و منابع طبیعی دیر تجدید شونده باید متناسب با موقعیت فیزیکی و استعداد هر منطقه باشد، به این صورت که استفاده از این اراضی و منابع باید با کلیه پدیده‌ها و قوانین طبیعت همخوانی داشته باشد. در غیر این صورت تغییر کاربری اراضی سبب می‌شود که این اراضی پس از مدتی در اثر فرسایش و حذف ماده آلی باردهی خود از دست داده و قابلیت تولید محصولات زراعی را نداشته باشند. به این ترتیب تغییر کاربری نه تنها سودی برای تولید بیشتر مواد غذایی ندارد بلکه با تخریب کیفیت اراضی و افزایش میزان رسوب سبب کاهش عمر مفید سدها شده و همچنین با ایجاد سیل سبب نتایج زیانباری برای انسان بویژه در پایین دست این مناطق می‌شود.

**"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"**

## REFERENCES


Anonymous. (2008). Geology survy mineral expororation of Iran. Masjed-Soliman geology maps. Scale 1:25000.

Anonymous. (2017). Iran Meteorological Organization. Masjed-Soliman synoptic station.

Assad, E. D., Pinto, H. S., Martins, S. C., Groppo, J. D., Salgado, P. R., Evangelista, B. and Martinelli, L. A. (2013). Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, 10(10), 6141-6160.

Barbier, E. B. (2000). The economic linkages between rural poverty and land degradation: some evidence from Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 82(1-3), 355-370.

Behboodian, J. (2016). *Introductory Statistics and Probability*. Emam Reza University, Astan-Ghods publisher institute. Ed. 40.

Black, G. R. and Hartge, K. H. (1986). *Method of soil analysis*, Madison, Wisconsin, USA.

Carpenter, D. R. and Chong, G. W. (2010). Patterns in the aggregate stability of Mancos Shale derived soils. *Catena*, 80, 65-73.

Chelik, I. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean. *Soil & Tillage Research*, 83, 270-277.

Fattet, M. Fu. Y., Ghestem, M. Ma. W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., Bissonnais, Y.L. and Stokes, A. (2011). Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena*, 87, 60-69.

Frac, M., Lipiec, J., Usowicz, B., Oszust, K. and Brzezinska, M. (2017). Microbial and physical properties as indicators of sandy soil quality under cropland and grassland. *In EGU General Assembly Conference Abstracts*, 19, 95-95.

Gallaher, R. N., Weldon, C. O. and Boswell, F. C. (1976). A semi-automated procedure for nitrogen in plant and soil samples. *Soil Science Society of America Journal*, 40,887-889.

Gee, G. W. and Bauder, J.W. (1986). Particle size analysis. In A. Klute (Ed.), methods of soil analysis: *Physical and mineralogical methods*. (pp. 383-411). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Golchin, A., Clarke, P., Oades, J. M. and Skjemstad, J. O. (1995). The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Australian Journal of Soil Research*, 33(6), 975-993.

Gricheru, P., Gachene, C. h., Mbuvi, J. and Mare, E. (2004). Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil and Tillage Research*, 75,173-184.

Jafari, S., Golchin, A., Tolabifard, A. (2016). The impact of land use change on the properties of organic matter, propagable clay content and soil stability in some soils of Khuzestan province. *Water and Soil Research*, 47(3), 603-593. (In Farsi)

Khazaei, A., Mossadeghi, M. R. and Mahboubi, A. A. (2008). The effect of experimental conditions, the amount of organic matter, clay and calcium carbonate on soil aggregate mean weight diameter and tensile strength of some soils of Hamadan province. *Isfahan, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(44),134-123. (In Farsi)

Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch. and Wani, S. P. (2009). Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134, 178-189.

Krzic, M., Page, H., Newman, R. F. and Broersma, K.

(2004). Aspen regeneration, forage production and soil compaction on harvested and grazed boreal aspen stands. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 5,30-38.

Lado, M., Paz, A. and Ben-Hur, M. (2004). Organic Matter and Aggregate Size Interactions in Infiltration, Seal Formation, and Soil Loss. Soil *Science Society of America Journal*, 68(3), 935–942.

Lal, R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO2-enrichment. *Soil Tillage & Research*, 43, 81–107.

Lal, R. (2004). Soil carbon dynamic in cropland and rangeland. *Environment Pollution*, 116 (3), 353-362.

Mahmmodabadi, M. and Ahmadbeigi, B. (2011). Influence of physical and chemical properties of soil on aggregate stability in several types of cropping systems. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1 (2), 80-61. (In Farsi)

Manna, M. C., Swaru, A., Wanjari, R.H., Mishra, B. and Shahi, D.K. (2007). Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil and Tillage Research*, 94, 397–409.

Marques, C. O., Garcia. V. J., Cambardella, C. A., Schultz, R. C. and Isenhart, T. M. (2004). Aggregate-size stability distribution and soil stability. *Soil Science Society of America Journal*, 68,725-735.

Martinez, M., Lopez, J., Almagro, M. and Albaladejo, J. (2008). Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of south-east Spain. *Soil and Tillage Research*, 99, 119-129.

Moscatelli, M. C., Tizio, A. D., Marinari, S. and Grego, S. (2007). Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97, 51-59.

Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. In A. L. Page (Ed.), Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties (2nd Ed), *Agronomy monograph*. (pp. 181-196). American society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Niknahad Gharmakher, H. and Maramaei, M. (2011). Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment). *Soil Management and Sustainable Production*, 1(2), 81-96. (In Farsi)

Onweremadu, E., Izuogu, O. and Akamigbo, F. (2010). Aggregation and pedogenesis of seasonally inundated soils of a tropical watershed. *Chiang Mai Journal of Science*, 37, 74-84.

Pabst, H., Gerschlaue, F., Kiese, R., and Kuzyakov, Y. (2015). Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Land Degradation & Development*, 27(3):592-602.

Page, M. C., Sparks, D. L., Noll, M. R. and Hendricks, G. J. (1987). Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1460-1465.

Rasmussen, P. E. and Collins, H. P. (1991). Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semi-arid regions. *Advanced Agronomy*, 45,93-134.

Rezaei, N., Roozitalab, M. H. and Ramezanpour, H. (2012). Effect of Land Use Change on Soil Properties and ClayMineralogy of Forest Soils Developed in the Caspian Sea Region of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology,14, 1617-1624

Rhoades, J. D. (1982). Soluble salts. In A. L. Page (Ed.), methods of soil analysis: Chemical and mineralogical properties (2nd Ed). *Agronomy series*. (pp.167-179). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

Spaccini, R., Mbagwu H. S. C., Igwe, C. A., Conte, P. and Piccolo, A. (2004). Carbohydrate and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic input. *Soil and Tillage Research*, 75,161-172.

Tajik. F. (2004). Evaluation of soil aggregate stability in some regions of Iran. *Isfahan Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 8(1), 107-123. (In Farsi)

Templer, P.H., Groffma, P.M., Flecker, A.S. and. Power, A.G. (2005). Land use change and soil nutrient transformations in the Los Haitis region of the Dominican Republic. Soil BiologyBiochem, 37, 215–225.

Varasteh khanlari, Z., Golchin, A., Alamdari, P., Mosavi Kupar, S. (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. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(8), 1911-1925. (In Farsi)

Walkley, A., and Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251-263.

Zolfaghari, A. A., and Hajabassi, M. A. (2009). The effects of land use change on physical properties and water repellency of soils in Lordegan forest and Freidunshar pasture. *Journal of Water and Soil Agriculture*, 22(2), 251-262. (In Farsi)