تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۸، دی ۱۳۹۸ (ص ۱۹۲۵-۱۹۱۱) DOI:10.22059/ijswr.2019.277913.668148

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

ZAHRA VARASTEH KHANLARI[1*], AHMAD GOLCHIN[1], PARISA ALAMDARI[1], SAEAD ABDOLLAH MOSAVI KUPAR[2]

1. Department of Soil Science. College of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
Iran
2. Research Assistant professor, Research center of Agriculture and Natural, Resources of Gilan province, (AREEC), Rasht, Iran

(Received: March. 27, 2019- Revised: May. 15, 2019- Accepted: May. 19, 2019)

ABSTRACT

Agricultural activity, especially cultivating rice, is one of the main reason of the destruction of natural forests in the north of Iran. This study was performed to investigate the effects of changing natural forest to Paddy Field on some physical and chemical properties of the soil and to determine the most sensitive indices to the disturbance of an ecosystem. Moreover, in this study, the Principal Component Analysis (PCA) method was used to create a minimum set of data from measured physical and chemical parameters. Accordingly, two land uses (natural forest and paddy field) were selected in Gilan province and soil samples were collected from five different depths (0-20, 20-40, 40-60, 60-80, and 80-100) three times. Soil texture, density, field capacity, dispersible clay, mean weight diameter (MWD), pH, electrical conductivity, calcium carbonate, organic carbon, total nitrogen, cation exchange capacity, extractable carbohydrates with acid and extractable carbohydrates with hot water at each depth were measured and the results were analyzed as factorial in a completely randomized design. The results indicated that by changing the land use from forest to paddy field, the average apparent density of the soil profile (15%) and dispersible clay (33%) were increased. However, the MWD (76%), organic carbon content (57%), total nitrogen (53%), and cation exchange capacity (31%) were reduced. The sensitivity index (SI) showed that among the physical and chemical parameters, MWD and organic carbon content were respectively more sensitive than the other parameters to land use change. The results of PCA revealed that the four factors could almost justify more than 90% of the variance in MWD, organic Carbone, density, moisture content in field capacity, extractable carbohydrates with acid, and extractable carbohydrates with hot water. These parameters showed the highest commonality and the clay percentage had the minimum relative importance among the estimation of commonality values.

Keywords: Soil quality, Land use change, Dispersible clay, Organic Carbone, PCA

* Corresponding Author's Email: z.khanlari93@gmail.com

اثرات تبدیل یک خاک جنگلی به شالیزار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تعیین شاخص‌های حساس به تغییر کاربری اراضی

زهرا وارسته خانلری*[۱]، احمد گلچین[۱]، پریسا علمداری[۱]، سید عبدالله موسوی کوپر[۲]

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تات، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۷- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۲/۲۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۲۹)

چکیده

فعالیت کشاورزی، به ویژه کشت برنج مسئول عمده تخریب جنگل‌های طبیعی در شمال ایران است. این پژوهش به منظور بررسی اثر تبدیل جنگل طبیعی به شالیزار بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تعیین حساس‌ترین این پارامترها به آشفتگی یک اکوسیستم انجام گرفت. همچنین در این مطالعه برای ایجاد حداقل مجموعه داده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده، از روش تجزیه به مؤلفه اصلی، استفاده گردید. لذا دو کاربری (جنگل طبیعی و شالیزار) در استان گیلان انتخاب و نمونه‌برداری از ۵ عمق (۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متر) در سه تکرار صورت پذیرفت. بافت خاک، چگالی، رطوبت در گنجایش زراعی، رس قابل‌انتشار، میانگین وزنی قطر خاکدانه، پ. هاش، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم، کربن آلی، نیتروژن کل، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با اسید و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیری با آب داغ در هر عمق تعیین و نتایج به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی گردید. نتایج نشان داد با تغییر کاربری اراضی از جنگل بکر به شالیزار به‌طور میانگین در کل خاکرخ چگالی ظاهری (۱۵ درصد) و رس قابل‌انتشار (۳۳ درصد) افزایش یافت. درحالی‌که میانگین وزنی قطر خاکدانه (۷۶ درصد)، محتوای کربن آلی (۵۷ درصد)، نیتروژن کل (۵۳ درصد) و ظرفیت تبادل کاتیونی (۳۱ درصد) کاهش یافت. شاخص حساسیت (SI) نشان داد که در بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه و کربن آلی در مقایسه با سایر پارامترها به تغییر کاربری اراضی حساس‌تر بودند. استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) در این مطالعه نشان داد که چهار عامل تقریباً بیش از ۹۰ درصد واریانس را در مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربن آلی، چگالی، درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه، کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با اسید و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با آب داغ توجیه نمودند. این پارامترها بیش‌ترین برآورد اشتراکی بودن را نشان دادند و درصد رس کم‌ترین اهمیت نسبی در بین تخمین مقادیر اشتراک را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت خاک، تغییر کاربری، رس قابل‌انتشار، کربن آلی، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به تأمین مواد غذایی، راهی به‌جز استفاده از اراضی کشاورزی بیشتر و افزایش میزان تولید در واحد سطح وجود ندارد، ولی استفاده از اراضی باید به نحوی باشد که حداقل آسیب به آن‌ها وارد شود. تغییر کاربری زمین و جنگل تراشی یکی از دلایل اصلی اختلالات زیست‌محیطی جهان است (Lambin and Meyfroidt, 2011). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در چهار قرن گذشته حدود ۳۰ درصد از اراضی جنگلی و مراتع طبیعی دنیا به چراگاه‌های دام و زمین کشاورزی تبدیل شده‌اند که این امر منجر به بروز تغییراتی قابل توجه در ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک شده است (Haghighi *et al*., 2010). تغییر نوع کاربری از جنگل به زمین‌های کشت‌شده ممکن است باعث کاهش ورودی بقایای آلی گردد که این امر منجر به کاهش باروری (Munoz-Rojas *et al*., 2015)، کاهش پایداری خاکدانه‌ها (Ceilk, 2005)، کاهش هدایت هیدرولیکی (Gol., 2009)، افزایش جرم مخصوص ظاهری (Salehi *et al*., 2011)، افزایش میزان فرسایش (Biro *et al*., 2013)، از دست رفتن ماده آلی و مواد مغذی خاک (Saha and Kukal, 2015) و تسریع در تخریب خاک (Barua and Haque, 2013) می‌شود. همچنین اهمیت جنگل‌ها به لحاظ ارزش‌های زیست‌محیطی و نقش آن‌ها در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و تغییرات جهانی اقلیم مشخص بوده، لذا اثر تبدیل این اراضی به اراضی کشاورزی باید

* نویسنده مسئول: z.khanlari93@gmail.com

مشخص گردد.

Gholami, *et al*. (2016) با بررسی تأثیر سه کاربری مرتع، جنگل و اراضی زراعی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های استان کردستان به این نتیجه رسیدند که نوع کاربری تأثیری بر درصد شن، سیلت و رس نداشت در حالی‌که تغییر کاربری سبب افزایش pH، کاهش تخلخل، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها شد. Adugna and Abegaz (2016) با مطالعه تأثیر تغییر کاربری در سه کاربری مختلف (جنگل، چراگاه و زمین‌های کشت‌شده) بر پویایی خواص خاک به این نتیجه رسیدند پایین‌ترین سطح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، به‌جز میزان رس و فسفر در زمین‌های کشت‌شده وجود داشت که نشان‌دهنده تخریب خاک در زمین‌های کشت‌شده بود. Tesfahunegn (2016) نشان داد که شاخص‌های کیفیت خاک در تمام کاربری‌ها و سیستم‌های مدیریتی خاک متفاوت بود. جنگل‌های طبیعی و مناطق حفاظت‌شده مهمترین سیستم‌ها در حفظ کیفیت خاک بودند درحالی‌که زمین‌های کشت‌شده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ویژگی‌های فیزیکی بدتری داشتند.(2014) Hunke *et al*. با بررسی ویژگی‌های خاک تحت تأثیر کاربری‌های مختلف در برزیل نشان دادند که تغییر کاربری اراضی منجر به کاهش نفوذپذیری خاک، کاهش پایداری خاکدانه‌ها و همچنین افزایش pH خاک می‌شود. Emiru and Gebrekidan (2013) نشان دادند که جنگل‌زدایی منجر به تخریب مواد آلی خاک شد. Ayoubi *et al*. (2012) اثر شیب و تغییر کاربری اراضی بر روی پایداری ساختمان، کربن آلی خاک و نیتروژن کل خاک را در مناطق غربی ایران بررسی نمودند. در این مطالعه، سه کاربری شامل جنگل طبیعی، جنگل تخریب‌شده و اراضی کشاورزی در سه درجه شیب (۰-۱۰، ۱۰-۳۰ و ۳۰-۵۰) در نظر گرفته شدند و نمونه‌برداری در این مناطق انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در جنگل تخریب‌شده و اراضی کشاورزی به طور معنی‌داری شاخص‌های پایداری ساختمان خاک در هر سه کلاس شیب کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که کم‌ترین مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل در کلاس شیب ۳۰-۵۰ درصد مشاهده شد که گویای تشدید فرسایش خاک در این موقعیت بود. Fantaw and Abdu (2011) در یک مطالعه در اتیوپی افزایش چگالی و کاهش مقدار مواد آلی خاک، نیتروژن کل، کاتیون‌های قابل‌تبادل و محتوای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را به دنبال تبدیل جنگل‌های بومی به زمین‌های کشاورزی مشاهده کردند. Niknahad Gharmakher and Maramaei (2011) در بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات خاک در استان گلستان به این نتیجه رسیدند که متوسط قطر خاکدانه، تخلخل، ماده آلی، ازت کل و ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری زراعی در مقایسه با کاربری‌های جنگل به مرتع کاهش معنی‌دار داشت.

در مطالعات تعیین کیفیت خاک هر کدام از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما همیشه یک مجموعه کامل از داده‌ها در تجزیه و تحلیل‌ها بکار نمی‌رود زیرا زمانی که تعداد زیادی متغیر اندازه‌گیری می‌شود، علاوه بر این‌که یکسری مشکلات عملی به‌وجود می‌آید، تعداد روابط نیز بیش از حد تصور خواهد شد. لذا نیاز به تکنیک‌هایی است که تعداد داده‌ها را کاهش دهد (Yao *et al*., 2013). یکی از مهمترین روش کاهش تعداد داده و تعیین حداقل مجموعه داده مؤثر و مطلوب در ارزیابی کیفیت خاک استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[1] (PCA) است. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، هدف کاهش تعداد متغیرها به یک مجموعه کوچک‌تر است به‌نحوی‌که این مجموعه کوچک بیشتر تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کند و اطلاعات موجود در متغیرها نیز حفظ شود. Asghari *et al*. (2015) به ارزیابی اثرات تغییر کاربری بر روی شاخص‌های کیفیت خاک در شرق استان اردبیل پرداختند. نتایج تجزیه عامل‌ها در پژوهش آن‌ها نشان داد که سه عامل تقریباً ۷۳ درصد واریانس را در مقادیر اسیدیته، تنفس و تخلخل توجیه نمودند و کربنات کلسیم معادل کم‌ترین اهمیت نسبی را در بین تخمین مقادیر اشتراک داشت.

بنابراین جهت حفظ حاصلخیزی و افزایش بهره‌وری خاک در کشاورزی پایدار، آگاهی از تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک و تعیین حساس‌ترین این پارامترها به تغییر کاربری ضروری می‌باشد. همچنین علی‌رغم وجود داده‌های فراوان در زمینه تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تلاش اندکی در زمینه ایجاد حداقل مجموعه داده جهت ارزیابی تغییرات کیفیت خاک ناشی از جنگل‌زدایی به‌ویژه در منطقه موردمطالعه صورت گرفته است. در این مطالعه کوشش شد تا با بررسی تأثیر تغییر کاربری خاک جنگلی بکر به شالیزار بر خصوصیات خاک و تعیین حساس‌ترین این ویژگی‌ها به تغییر کاربری، گام مؤثری در مسیر جلوگیری از تخریب هر چه بیشتر اراضی بکر جنگلی برداشته شود. همچنین استفاده از حداقل مجموعه داده جهت بررسی کیفیت خاک می‌تواند در تغییر کیفیت پویایی خاک و پس از آن مدیریت پایدار اراضی با کمترین هزینه و حداقل زمان ما را یاری

1. Principal Component Analysis

برساند. بنابراین اهداف این پژوهش عبارت بودند از:

۱- بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی از جنگل به شالیزار و عمق خاک بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

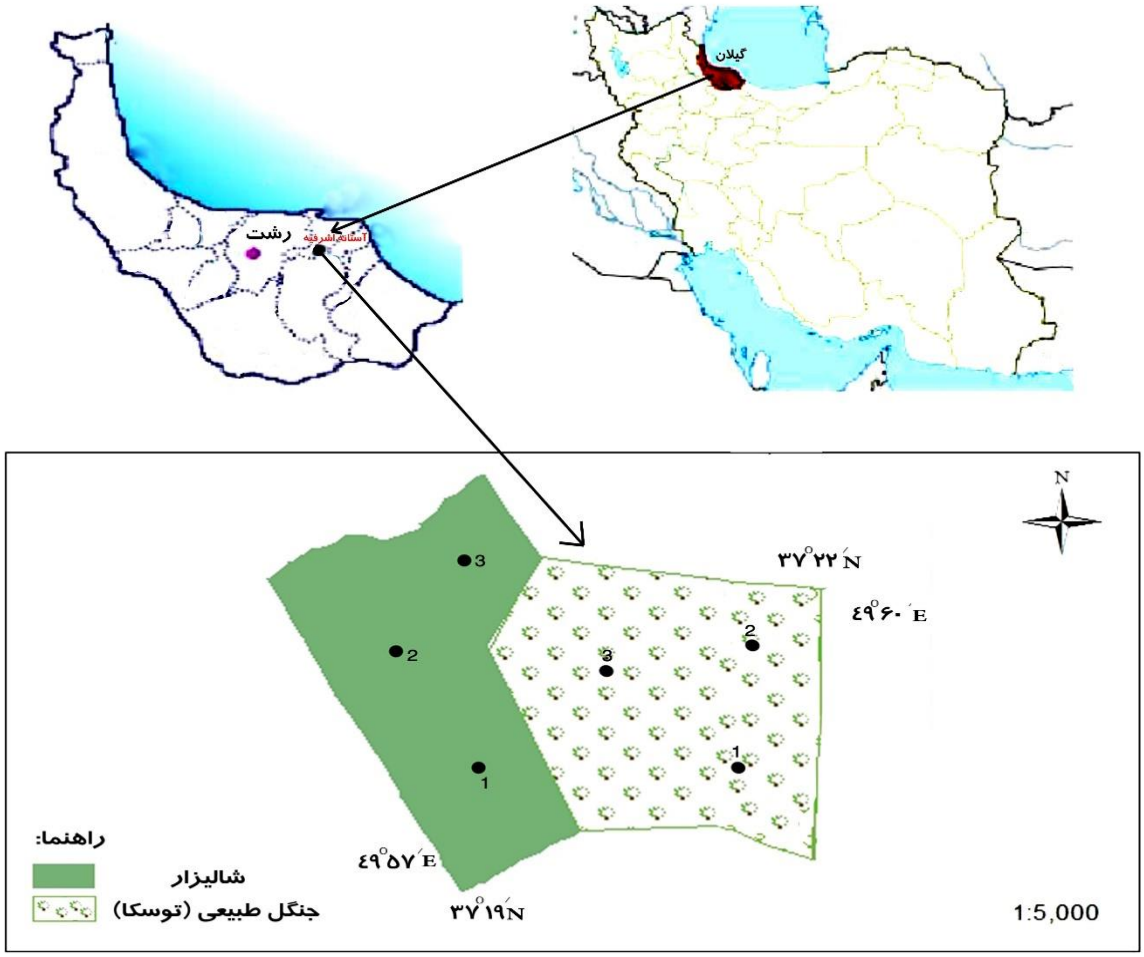
۲- تعیین حساس‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت خاک به تغییر کاربری اراضی

۳- ایجاد حداقل مجموعه داده از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کیفیت خاک با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

مواد و روش‌ها

۱- توصیف منطقه موردمطالعه

به منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر تغییر کاربری اراضی، ایستگاه تحقیقاتی صنوبر در استان گیلان انتخاب شد. سعی گردید نمونه‌های خاک از مناطق مجاور یکدیگر با اقلیم، توپوگرافی، جهت و درجه شیب یکسان تهیه شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

به‌طوری‌که تمام فاکتورهای خاک‌سازی به‌جز پوشش گیاهی برای همه کاربری‌های انتخاب‌شده مشابه باشد. ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته در ۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان آستانه اشرفیه در نزدیکی رودخانه سفیدرود با ارتفاع ۱۵ متر بالاتر از سطح دریای خزر و ۱۰ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد (خلیج فارس) با موقعیت ´۴۹°۵۷ تا ´۴۹°۶۰ طول شرقی و ´۳۷°۱۹ تا ´۲۲°۳۷ عرض شمالی واقع شده از نظر پستی بلندی فاقد هر گونه عارضه بوده و کاملاً مسطح می‌باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شهرستان آستانه اشرفیه مقدار بارندگی ۱۱۸۶ میلی‌متر در سال و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۵درجه سانتی‌گراد است. منطقه موردمطالعه دارای وسعت

بیش از ۱۰ هکتار است. این منطقه شامل خاک‌های بکر جنگلی (جنگل توسکا) و شالیزار مجاور آن‌ها می‌باشد که بیش از ۳۰ سال از تغییر کاربری آن (تبدیل جنگل طبیعی به شالیزار) می‌گذرد.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

به‌منظور نمونه‌برداری از خاک منطقه، هر کاربری به سه قسمت مختلف تقسیم و هر قسمت به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد و در هر قسمت خاکرخ حفر گردید و اقدام به جمع‌آوری نمونه از اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتی‌متری شد. بعد از نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید نمونه‌ها هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برای انجام آزمایش‌های لازم نگه‌داری گردید.

پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده

در نمونه‌های خاک بافت، جرم مخصوص ظاهری، درصد رس قابل‌انتشار، پایداری خاکدانه‌ها، میزان رطوبت در نقطه ظرفیت مزرعه و آب قابل‌استفاده خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Kiese *et al*., 2002; Jafari Haghighi, 2003).

پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده

در نمونه‌های خاک کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با دی-کرومات پتاسیم به روش والکی - بلک، نیتروژن کل به روش کجلدال، نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، واکنش خاک (pH) و هدایت الکتریکی خاک (EC)، کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی (Kiese *et al*., 2002; Jafari Haghighi, 2003) و کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری در نمونه‌ها با دو روش عصاره-گیری با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد (Adesodun *et al*., 2001) اندازه‌گیری شد.

شاخص حساسیت برای پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در ارتباط با تغییر کاربری از جنگل بکر به شالیزار با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Mgango *et al*., 2016).

$$SI = [(QI_N - QI_A)/QI_A] * 100$$

SI[۱]: شاخص حساسیت، (QI_N): پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده‌ی خاک در اراضی بکر، (QI_A): پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده‌ی خاک در شالیزار

به عنوان مثال میانگین وزنی قطر خاکدانه در اراضی بکر ۲/۵۶ میلی‌متر و در شالیزار ۰/۶۵ میلی‌متر بود. شاخص حساسیت برای این پارامتر به‌صورت زیر محاسبه گردید:

$$SI = \left(\frac{2.56-0.65}{2.56}\right) * 100 \qquad SI = 291.3\%$$

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

داده‌های این پژوهش به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اطلاعات بدست آمده از آزمایش با کمک نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جدول تجزیه واریانس تهیه گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج حاصل از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) مورد بررسی قرار گرفت. از روش PCA برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به این دلیل استفاده شد که این روش به تخمین اولیه مقدار تغییرات هر یک از متغیرهای خاک که باید توسط مؤلفه‌ها توضیح داده شود، نیازی ندارد (Ayoubi *et al*., 2011). حداکثر تعداد مؤلفه‌های استخراج‌شده در هر مدل برابر با تعداد متغیرهایی است که بررسی می‌شوند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، بیشترین ارزش ویژه[۲] متعلق به مؤلفه نخست (F_1) می‌باشد و به‌تدریج با افزایش رده مؤلفه‌ها این مقدار کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است در این روش هر مؤلفه مستقل از مؤلفه‌های دیگر است (Yao *et al*., 2013). هر مؤلفه ترکیب خطی از متغیرهاست که می‌توان رابطه آن را به-صورت معادله زیر نمایش داد (Jolliffe, 1986):

$$F=a_{11}x_1+a_{12}x_2+\ldots\ldots+a_{ij}x_j$$

در این معادله F مؤلفه اصلی، a_{ij} ضریب یا بردار ویژه (Eigenvector) و x_j متغیر مورد نظر می‌باشد (Jolliffe, 1986). اما می‌توان جهت انتخاب تعداد مؤلفه‌های مؤثر، مؤلفه‌هایی را انتخاب کرد که مقدار ارزش ویژه (Eigenvalue) آن‌ها از یک بیشتر باشد (Brejda *et al*., 2000). آنگاه نمرات حاصل از PCA به‌وسیله ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج حاصل از تأثیر نوع کاربری، عمق و اثر متقابل آن‌ها بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک‌های موردمطالعه در جدول (۱) ارائه گردیده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تنها اثر عمق بر میزان شن خاک معنی‌دار $(P \leq 0.01)$ بود و تغییر کاربری اراضی سبب تغییر معنی‌دار $(P \geq 0.05)$ در میزان شن موجود در اعماق خاک نگردید. نتایج جدول (۱) حاکی از این بود اثر نوع کاربری (P<0.001) و عمق (P<0.001) بر مقدار رس خاک معنی‌دار بود ولی اثر متقابل آن‌ها بر این ویژگی معنی‌دار نشد و مقدار رس در کاربری بکر بیش از کاربری زراعی بود. نوع کاربری، عمق و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری $(P \geq 0.05)$ روی مقدار سیلت نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده این بود

1. Sensitivity Index

2. Eigenvalue

که بافت خاک برای هر دو کاربری مشابه است. یعنی تغییر کاربری اراضی تأثیر معنی‌داری بر توزیع اندازه ذرات نداشته و این پارامتر دستخوش تغییر خاصی نگردید.

اثر کاربری و عمق بر روی چگالی ظاهری معنی‌دار بود ($P \leq 0.001$) و با افزایش عمق چگالی ظاهری افزایش یافت. این افزایش در اراضی بکر ۳۳ درصد و در برنجزار ۲۹ درصد بود. همچنین با تغییر کاربری، چگالی ظاهری تغییر کرد و در برنجزار بیشتر از اراضی بکر بود. این افزایش تنها در لایه سطحی (۱۷ درصد) معنی‌دار شد. اثر متقابل عمق و کاربری بر روی این ویژگی اثر معنی‌داری نداشت ($P \geq 0.05$). دلیل افزایش چگالی در اثر تبدیل اکوسیستم طبیعی به زمین‌های کشاورزی احتمالاً در نتیجه تخریب خاکدانه‌های بزرگتر در اثر شخم می‌باشد. این نتایج با نتایج Golchin and Asgari (2008) و Khormali *et al.* (2009) هم‌خوانی داشت که دریافتند در اثر تبدیل جنگل به اراضی، میانگین وزنی قطر خاکدانه کمتر و چگالی خاک بیشتر می‌شود. برخی از محققان مانند (Gebeyaw, 2006) دریافتند که با تغییر کاربری، چگالی ظاهری تغییر نمی‌کند ولی مطالعات دیگر (Mogas and Holden, 2008; Sintayehu, 2006) نشان دادند که چگالی ظاهری به‌صورت معنی‌دار با تغییر و نوع کاربری تغییر می‌کند. Saha and Kukal (2015) چگالی بیشتر، منافذ درشت کمتر و نگهداشت کمتر آب خاک‌های کشت‌شده نسبت به خاک-های جنگلی را گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده تخریب خاک در اثر تبدیل اکوسیستم طبیعی به سیستم‌های کشاورزی بود.

همچنین نتایج جدول (۱) حاکی از این بود که کاربری و اثر متقابل کاربری و عمق بر رطوبت موجود در گنجایش زراعی و آب قابل‌استفاده معنی‌دار بود ($P \geq 0.001$). تنها در لایه سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) مقدار این دو به ترتیب ۲۳ و ۱۴ درصد در شالیزار بیشتر از اراضی بکر بودند. گنجایش زراعی و آب قابل‌استفاده در جنگل طبیعی از سطح به عمق افزایش ولی در شالیزار روند عکس این حالت بود.

میزان رس قابل‌انتشار و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در هر دو کاربری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱). مقدار رس قابل‌انتشار در شالیزار به طور معنی‌داری بیشتر از جنگل طبیعی بود به‌طوری‌که تبدیل جنگل به برنجزار موجب افزایش ۸۴ درصدی این ویژگی تنها در لایه سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متری) شد. دلیل این افزایش را می‌توان به شکسته شدن خاکدانه‌ها بر اثر عملیات کشت و کار و تخریب ساختمان خاک نسبت داد. بررسی پایداری خاکدانه‌ها این نتایج را تصدیق می‌کند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در خاک جنگل طبیعی و شالیزار، منطقه آستانه اشرفیه، عمق ۱۰۰-۰ سانتی‌متری

نوع کاربری Land use	عمق Depth (cm)	بافت خاک Texture	شن Sand	سیلت Silt (%)	رس Clay	چگالی BD ($g\ cm^{-3}$)
جنگل طبیعی						
	۲۰-۰	لوم سیلتی	۴۳/۸۷Aa	۵۰/۳۰Aa	۵/۸۳Aa	۱/۳۱Aa
	۴۰-۲۰	لوم سیلتی	۳۸/۵۹ABa	۵۳/۸۲ABa	۷/۵۸Aa	۱/۴۵Ba
	۶۰-۴۰	لوم سیلتی	۳۶/۰۴Ba	۵۴/۲۶ABa	۹/۶۹ABa	۱/۵۲Ca
	۸۰-۶۰	لوم سیلتی	۲۷/۲۳Ca	۵۹/۰۲BCa	۱۳/۷۵BCa	۱/۷۷Da
	۱۰۰-۸۰	لوم سیلتی	۱۹/۲۴Da	۶۴/۵۳Ca	۱۶/۲۳Ca	۱/۹۷Ea
شالیزار						
	۲۰-۰	لوم سیلتی	۴۵/۲۹Aa	۵۱/۲۷Aa	۳/۴۴ Aa	۱/۵۷Ab
	۴۰-۲۰	لوم سیلتی	۳۹/۴۵ABa	۵۶/۹۸Aa	۳/۵۷ Ab	۱/۶۹ABa
	۶۰-۴۰	لوم سیلتی	۳۷/۱۷ABa	۵۸/۲۰Aa	۴/۶۳ Ab	۱/۸۷BCa
	۸۰-۶۰	لوم سیلتی	۳۴/۰۳ABa	۶۰/۰۴Aa	۵/۹۳ Ab	۲/۰۸CDa
	۱۰۰-۸۰	لوم سیلتی	۲۲/۴۴Ba	۶۶/۸۶Aa	۱۰/۷۰ Ba	۲/۲۲Da
نتایج تجزیه واریانس						
کاربری			$۵۳/۸۵^{ns}$	$۳۹/۱۰^{ns}$	$۱۸۴/۷۳^{***}$	$۰/۶۱^{***}$
عمق			$۴۹۲/۰۵^{**}$	$۱۸۳/۶۹^{ns}$	$۷۶/۵۷^{***}$	$۰/۴۴^{***}$
کاربری*عمق			$۹/۲۱^{ns}$	$۲/۵۷^{ns}$	$۶/۰۱^{ns}$	$۰/۰۱^{ns}$

ادامه جدول ۱.

نوع کاربری	عمق	گنجایش زراعی	آب قابل‌استفاده	رس قابل‌انتشار	میانگین وزنی قطر خاکدانه
Land use	Depth (cm)	FC	AW (%)	DC	MWD (mm)
جنگل طبیعی					
	۲۰-۰	۲۳/۰۴Aa	۱۲/۷۶Aa	۷/۴۴Aa	۲/۵۶Aa
	۴۰-۲۰	۲۳/۵۸Aa	۱۲/۷۹Aa	۹/۸۹ABa	۱/۵۰Ba
	۶۰-۴۰	۲۵/۷۷ABa	۱۳/۳۵Aa	۱۲/۲۲Ba	۰/۸۶Ca
	۸۰-۶۰	۲۶/۳۳Ba	۱۴/۲۹Ba	۲۰/۱۳Ca	۰/۵۹Da
	۱۰۰-۸۰	۲۸/۱۹Ba	۱۵/۵۳Ca	۲۹/۰۸Da	۰/۴۵Ea
شالیزار					
	۲۰-۰	۲۹/۷۸Ab	۱۴/۸۹Ab	۴۴/۹۵Ab	۰/۶۵Ab
	۴۰-۲۰	۲۴/۷۱ABa	۱۲/۳۶ABa	۳۵/۴۴ABb	۰/۳۸Bb
	۶۰-۴۰	۲۱/۱۷BCa	۱۰/۵۹BCb	۲۹/۲۸Bb	۰/۲۲Cb
	۸۰-۶۰	۱۸/۵۰Cb	۹/۲۵Cb	۲۶/۱۷Bb	۰/۱۶Cb
	۱۰۰-۸۰	۱۶/۲۸Cb	۸/۱۴Cb	۱۴/۰۵Cb	۰/۰۷Db
نتایج تجزیه واریانس					
کاربری		۸۵/۷۲**	۵۶/۱۸***	۱۵۱۷/۹۴***	۶/۰۴***
عمق		۱۵/۹۱*	۴/۰۲ns	۱/۴۴ns	۱/۷۹***
کاربری*عمق		۸۰/۱۸***	۲۰/۲۴***	۳۳/۲۶***	۰/۶۰***

***، **، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱، تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ ، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

حروف متفاوت (حروف بزرگ برای عمق‌های متفاوت و حروف کوچک برای کاربری مختلف) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ در آزمون دانکن است.

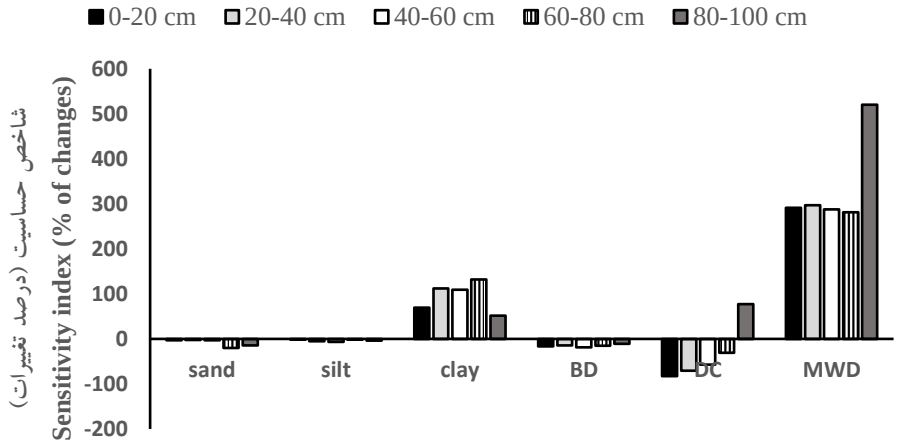
تغییر کاربری اراضی از جنگل به شالیزار موجب کاهش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه از ۲/۶۵ به ۰/۶۵ میلی‌متر در لایه سطحی (۰-۲۰ سانی‌متری) شد. این ویژگی در جنگل ۴/۵ برابر بیشتر از برنجزار بود. این نتایج مبین آن است که عملیات کشت و کار در زمین‌های بکر از یک طرف با کاهش ورود بقایای آلی به خاک (به علت برداشت محصول) و از سوی دیگر با شکستن خاکدانه‌ها و تخریب ساختمان خاک باعث کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها می‌شود. Gol (2009) به نتایج مشابهی دست یافت و مشاهده نمود که میزان خاکدانه‌های پایدار در آب تحت تأثیر کاربری اراضی، شیب و اثر متقابل این دو قرار می‌گیرد. تبدیل جنگل‌های طبیعی به اراضی زراعی (به مدت ۵۰ سال) باعث تخریب و تنزل خاکدانه‌های مقاوم در آب در لایه شخم شد و به‌طورکلی خاک‌های زراعی دارای خاکدانه‌هایی با پایداری کمتر بودند. همچنین در جنگل‌ها و مراتع طبیعی خاکدانه‌های پایدار در آب به‌طور معنی‌دار بزرگ‌تر از خاکدانه‌های اراضی کشت فندق بودند.

شاخص حساسیت در مورد پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در شکل (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است سه پارامتر میزان رس، رس قابل‌انتشار و میانگین وزنی قطر خاکدانه از سایر پارامترها به تغییر کاربری حساس‌تر بوده به‌طوریکه دو پارامتر میانگین وزنی قطر خاکدانه و رس در جنگل بالاتر از شالیزار و رس قابل‌انتشار در شالیزار بالاتر از اراضی بکر بود.

تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس خواص شیمیایی خاک در منطقه جنگلی و شالیزار (جدول ۲) نشان داد که تغییر کاربری تأثیر زیادی روی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک از جمله مواد آلی، نیتروژن کل و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) داشت. به‌طوریکه تبدیل جنگل طبیعی به شالیزار موجب کاهش معنی‌دار مواد آلی در خاک سطحی و زیرسطحی شد. میزان کاهش تنها در لایه سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متری) حدود ۵۰ درصد بود. به‌طورکلی مقدار کربن آلی کمتر در شالیزار نسبت به جنگل طبیعی می‌تواند به دلیل کاهش ورود ماده آلی به خاک، میزان بیشتر اکسیدشدن مواد آلی در نتیجه کشت و کار (Girmay *et al*., 2008)، از دست رفتن مواد آلی به‌وسیله فرسایش آبی (Abegaz *et al*., 2016)، پتانسیل

بزرگتر کربن ناپایدار در محصولات و کاهش حفاظت فیزیکی کربن آلی خاک بر اثر شخم (Beheshti *et al*., 2012) باشد. در حقیقت کشت و کار در نتیجه در معرض قرار گرفتن کربن آلی میکرو خاکدانه‌ها برای تجزیه میکروبی، هدررفت کربن آلی خاک را ارتقا می‌بخشد. علاوه بر این محتوای کربن آلی بیشتر در اراضی جنگلی نسبت به مناطق کشاورزی می‌تواند به دلیل تجمع بیشتر مواد آلی در نتیجه ورودی بیشتر از زیست‌توده ریشه و زیست‌توده اندام‌های هوایی باشد (Reicosky and Forcella, 1998). در هر دو کاربری مقدار کربن آلی خاک به‌طور معنی‌داری در لایه سطحی بیش از لایه زیرسطحی بود ($P \leq 0.001$). نتایج ما با نتایج Shahbazi *et al*. (2013) که گزارش نمودند در اثر تغییر کاربری از مرتع به زمین زراعی، میانگین کربن آلی به ترتیب از ۶/۸ به ۲/۲ درصد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت، مطابقت داشت. همچنین Beheshti *et al*. (2012) گزارش نمودند تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی موجب کاهش ۶۵ درصدی مواد آلی در اراضی جنگلی شد. Moges and Holden (2008) نیز گزارش نمودند که محتوای کربن آلی خاک در خاک‌های بکر بیشتر از خاک‌های کشت‌شده است.



شکل ۲. شاخص حساسیت پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در کل پروفیل خاک جنگل بکر در مقایسه با شالیزار: (sand) شن، (silt) سیلت، (clay) رس، (BD) چگالی، (FC) گنجایش زراعی، (AW) آب قابل‌استفاده، (DC) رس قابل‌انتشار، (MWD) میانگین وزنی قطر خاکدانه

توزیع نیتروژن کل از یک الگویی مشابه با توزیع کربن آلی در خاک تبعیت کرد (جدول ۲) به‌طوری‌که مقدار نیتروژن در کل خاکرخ جنگلی (۸/۶-۱/۲) برابر بیش از خاک شالیزار بود. زیاد بودن میزان ازت کل در توده جنگلی در ارتباط با مقدار مواد آلی غنی از ازت می‌باشد. مواد آلی که منجر به افزایش محتوای مواد مغذی خاک گشته، از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده ازت خاک حمایت کرده و در نتیجه باعث افزایش مقدار این مشخصه در خاک این عرصه می‌گردد (Hajabbasi *et al*., 1997). Kiyani *et al*. (2006) نیز در استان گلستان مشاهده کردند که نیتروژن بر اثر تبدیل جنگل به اراضی کشاورزی به‌طور تقریبی به مقدار یک‌سوم کاهش یافته است. همچنین Gol (2009) با بررسی تغییرات نیتروژن کل بر اثر تبدیل جنگل طبیعی به اراضی زراعی (به مدت ۵۰ سال)، کاهش معنی‌دار مواد آلی و نیتروژن کل را مشاهده نمود. Khormali *et al*. (2009) نیز با مطالعه روی جنگل‌های ناحیه کلاله در شمال شرقی ایران به نتایج مشابهی دست یافتند. کاهش کربن آلی و نیتروژن کل خاک در اثر تغییر کاربری اراضی جنگلی به زراعی توسط سایر پژوهشگران مثل Ajami *et al*., 2006، Khazayi *et al*., 2011 و Niknahad Gharmakher and Maramaei, 2011 نیز گزارش شده است.

در این پژوهش کاهش کربن به‌طور متوسط ۵۷ درصد و کاهش نیتروژن به‌طور متوسط ۵۳ درصد بود. به دلیل اینکه کاهش کربن تقریباً متناسب با کاهش نیتروژن بود، در نتیجه تغییر معنی‌داری در اثر تبدیل جنگل به برنجزار در نسبت $\frac{C}{N}$ در کل پروفیل خاک مشاهده نگردید. به طور مشابه (Moges *et al*., 2013; Khresat *et al*., 2008) گزارش کردند که نسبت $\frac{C}{N}$ با تغییر نوع کاربری، تغییر معنی‌داری نداشت.

اثر نوع کاربری ($P \leq 0.001$)، عمق ($P \leq 0.001$) و اثر متقابل آن‌ها ($P \leq 0.01$) بر گنجایش تبادل کاتیونی خاک معنی‌دار بود. در این منطقه عملیات کشاورزی و شخم موجب کاهش تقریباً ۲۷ درصدی گنجایش تبادل کاتیونی تنها در لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری شد و در عمق‌های پایین‌تر (۱۰۰-۲۰ سانتی-متری) این کاهش بیشتر و حدود ۳۷ درصد بود. در هر دو کاربری

گنجایش تبادل کاتیونی با افزایش عمق کاهش یافت. دلیل این امر کاهش مواد آلی از سطح به عمق خاک است زیرا گنجایش تبادل کاتیونی با ماده آلی رابطه مستقیم دارد. این ادعا با همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ظرفیت تبادل کاتیونی با کربن آلی خاک ($R = 0.94, P \leq 0.001$) تائید می‌شود (جدول ۳). Lumbanraja *et al*., 1998 نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده نمودند که با تغییر کاربری اراضی و کشت و کار در اراضی بکر، ظرفیت تبادل کاتیونی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین Sanchez-Maranon *et al*., 2002 نیز طی تغییر کاربری اراضی مرتعی مدیترانه‌ای به مزارع دیم، کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی را معادل ۵۰ درصد گزارش کردند.

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی خاک جنگل طبیعی و شالیزار در منطقه آستانه اشرفیه، عمق ۱۰۰-۰ سانتی‌متری

نوع کاربری Land use	عمق Depth (cm)	پ.اچ pH	هدایت الکتریکی EC dS m^{-1}	کربنات کلسیم $CaCO_3$ (%)	کربن آلی SOC (g kg^{-1})	نیتروژن کل TN
جنگل طبیعی						
	۲۰-۰	۷/۴۷Aa	۰/۸۳ Aa	۸/۶۱ Aa	۴۹/۵۴ Aa	۴/۶۵ Aa
	۴۰-۲۰	۷/۴۲ABa	۰/۷۵Aa	۸/۴۶ Aa	۳۱/۷۱ Ba	۳/۱۱ Ba
	۶۰-۴۰	۷/۳۶ABa	۰/۵۹ Aa	۸/۳۶ Aa	۲۱/۹۱ Ca	۲/۱۷ Ca
	۸۰-۶۰	۷/۳۳ABa	۱/۴۹ Ba	۸/۲۰ Aa	۱۷/۱۲ Ca	۱/۷۱ Da
	۱۰۰-۸۰	۷/۲۷Ba	۱/۰۴ABa	۷/۹۶ Aa	۱۰/۵۱ Da	۱/۰۶ Ea
شالیزار						
	۲۰-۰	۷/۲۰Aa	۱/۲۶Aa	۷/۸۱ Aa	۲۵/۰۳ Ab	۲/۵۳ Ab
	۴۰-۲۰	۷/۴۰ABa	۰/۹۶ ABa	۸/۵۱ Aa	۱۴/۳۹ Bb	۱/۴۸ Bb
	۶۰-۴۰	۷/۴۹ABa	۰/۸۹ ABa	۸/۵۸ Aa	۹/۱۱ Cb	۰/۹۷ Cb
	۸۰-۶۰	۷/۵۶ABb	۰/۷۳Ba	۸/۷۱ Aa	۶/۰۷ CDb	۰/۶۵ Cb
	۱۰۰-۸۰	۷/۶۹Ab	۰/۶۴Bb	۹/۰۶ Aa	۴/۵۹Db	۰/۵۰ Cb
نتایج تجزیه واریانس						
کاربری		۰/۰۷ ns	۰/۲۲ ns	۰/۳۳ ns	۱۵۳۷/۷۵***	۱۲/۸۸***
عمق		۰/۰۲ ns	۱/۸۳ ns	۰/۰۹ ns	۸۲۳/۳۱***	۷/۳۵***
کاربری*عمق		۰/۱۰*	۵/۰۵**	۰/۷۲ ns	۷۳/۷۱***	۰/۵۳***

ادامه جدول ۲.

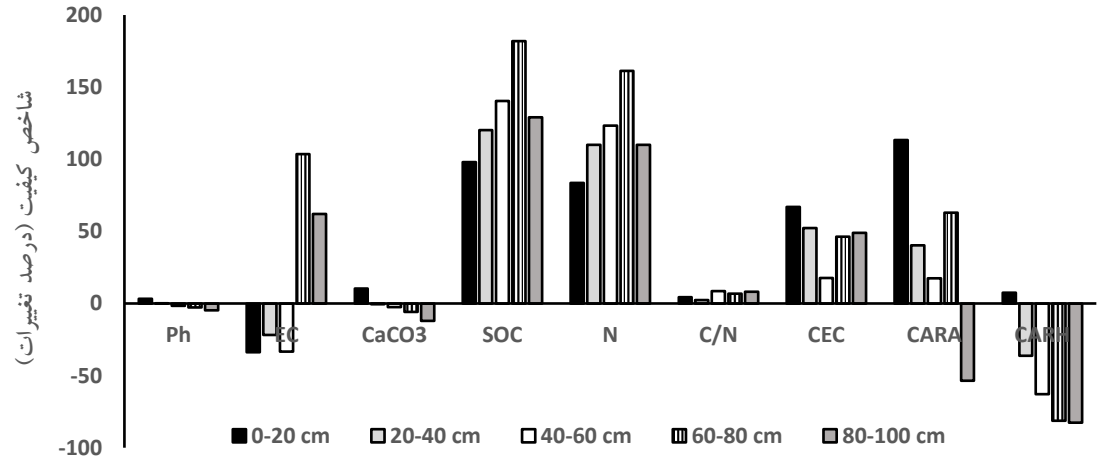
نوع کاربری Land use	عمق Depth (cm)	کربن / نیتروژن	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g^{-1} soil)	کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با اسید (g kg^{-1})	کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با در آب داغ
جنگل طبیعی					
	۲۰-۰	۱۰/۶۸ Aa	۳۶/۲۵ Aa	۰/۳۸Aa	۰/۰۹Aa
	۴۰-۲۰	۱۰/۲۲ Aa	۲۶/۲۸ Ba	۰/۲۷ABa	۰/۰۷Aa
	۶۰-۴۰	۱۰/۲۱ Aa	۱۹/۴۵Ca	۰/۲۵Aba	۰/۰۵Aa
	۸۰-۶۰	۱۰/۰۳ Aa	۱۹/۴۰ Ca	۰/۱۷Ba	۰/۰۳Aa
	۱۰۰-۸۰	۹/۹۶ Aa	۱۹/۲۸ Ca	۰/۱۶Ba	۰/۰۳Aa
شالیزار					
	۲۰-۰	۱۰/۲۳ Aa	۲۶/۶۳ Ab	۰/۱۸ABa	۰/۰۹Aa
	۴۰-۲۰	۹/۹۸ Aa	۱۶/۹۴ Bb	۰/۱۹ABa	۰/۱۱ABa
	۶۰-۴۰	۹/۴۲ Aa	۱۶/۲۰ Ca	۰/۲۱ABa	۰/۱۴ABa
	۸۰-۶۰	۹/۳۲ Aa	۱۳/۲۲ Cb	۰/۱۱Aa	۰/۱۷Bb
	۱۰۰-۸۰	۹/۲۷ Aa	۱۳/۰۳ Cb	۰/۳۳Ba	۰/۱۷Bb
نتایج تجزیه واریانس					
کاربری		۲/۴۷ ns	۳۵۹/۸۲***	۰/۰۱۳ ns	۰/۰۵***
عمق		۰/۷۱ ns	۲۴۶/۶۷***	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۰۰۱ ns
کاربری*عمق		۰/۰۸ ns	۱۰/۳۲***	۰/۰۲۸*	۰/۰۰۶**

***، **، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱، تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ ، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار حروف متفاوت (حروف بزرگ برای عمق‌های متفاوت و حروف کوچک برای کاربری مختلف) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ در آزمون دانکن است.

کربنات کلسیم، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با اسید و پ. هاش با نوع کاربری و عمق هیچ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($P \geq 0.05$). Moges *et al.* (2013) نیز گزارش دادند که کاربری و عمق تأثیر معنی‌داری روی مقدار اسیدیته خاک نداشت. ولی کربوهیدرات‌ها قابل عصاره‌گیر با آب داغ با نوع کاربری اختلاف معنی‌دار داشتند. به‌طورکلی در هر دو کاربری مقادیر کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با آب داغ کمتر از کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک غلیظ بود. دلیل این تفاوت این است که در عصاره‌گیری با اسید نه تنها کربوهیدرات‌های محلول، بلکه کربوهیدرات‌ها با منشاء همی سلولزی نیز استخراج می‌گردد.

مقدار هدایت الکتریکی تحت تأثیر عمق و نوع کاربری قرار نگرفت ولی اثر متقابل عمق و کاربری روی این پارامتر تأثیر معنی‌داری داشت ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج این تحقیق با نتایج Niknahad Gharmaker and Maramaei, 2011 که نشان دادند بین هدایت الکتریکی خاک جنگلی و مرتعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مطابق بود. همچنین نتایج Soleimani and Azmoodeh, 2010 نیز نشان داد که تغییر کاربری جنگل به کاربری دیم و باغ تأثیر مشخص و معنی‌داری بر هدایت الکتریکی خاک نداشته است. ولی پژوهشگرانی همچون Kiyani *et al.*, 2006، Lemenih *et al.*, 2005 و Celik, 2005 نتایجی مبنی بر افزایش مقدار قابلیت هدایت الکتریکی خاک بر اثر تغییر کاربری از جنگل به اراضی کشاورزی بیان کردند که با نتایج این پژوهش تناقض داشت. مقدار هدایت الکتریکی در لایه سطحی خاک شالیزار بیشتر از اراضی جنگلی بود البته این افزایش معنی‌دار نبود. دلیل این امر آبیاری شالیزار با چاه‌های کم‌عمق اطراف است که مقدار زیادی از نمک‌های محلول به خاک اضافه می‌کند.

از بین پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده دو پارامتر میزان SOC و N به تغییر کاربری بسیار حساس بودند (شکل ۳). این دو پارامتر در اراضی جنگلی بسیار بالاتر از شالیزار بودند.



شکل ۳. شاخص حساسیت پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در کل پروفیل خاک جنگل بکر در مقایسه با شالیزار: (pH) پ.اچ، (EC) هدایت الکتریکی، ($CaCO_3$) کربنات کلسیم، (SOC) کربن آلی خاک، (N) نیتروژن، (C/N) نسبت کربن به نیتروژن، (CEC) ظرفیت تبادل کاتیونی، (CARA) کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با اسید، (CARH) کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با آب داغ

روابط همبستگی بین خصوصیات اندازه‌گیری شده در خاک

جدول (۳) همبستگی پیرسون بین خصوصیات اندازه‌گیری شده در هر دو کاربری موردمطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول اکثر خصوصیات خاک دارای همبستگی معنی‌دار با کربن آلی به دلیل اثرات تعیین‌کننده آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بودند. به عنوان مثال کربن آلی بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با نیتروژن کل($R = 0.97, P \leq 0.001$)، میانگین وزنی قطر خاکدانه ($R = 0.96, P \leq 0.001$) و ظرفیت تبادل کاتیونی ($R = 0.94, P \leq 0.001$) داشت. ماده آلی خاک منبع اصلی برای عنصر پرمصرف نیتروژن است و مقدار نیتروژن خاک نشات گرفته از بقایای گیاهی و جانوری بوده به‌طوری‌که مواد آلی خاک به‌منزله انبار نیتروژن هستند. بین ماده آلی خاک و خاکدانه‌ها به‌خصوص خاکدانه‌های درشت رابطه متقابلی وجود دارد، خاکدانه‌ها با حفاظت فیزیکی از ماده آلی، مانع در معرض قرار گرفتن آن برای تجزیه و معدنی‌شدن کربن می‌شوند و از طرفی ماده آلی از عوامل مهم در ایجاد پایداری خاکدانه‌های درشت است (Eynard *et al.*, 2004). Soosaar *et al.* (2011) بیان کردند که همبستگی مثبتی بین مقدار کربن آلی و پایداری خاکدانه وجود دارد. Onweremadu *et al.* (2010) بیان کردند که همبستگی بالای کربن آلی خاک با مقدار خاکدانه‌های پایدار در آب بیانگر

تأثیر مثبت ماده آلی بر پایداری خاکدانه‌ها است. Turrion *et al.* (2009) نیز نتایج مشابهی را در این خصوص گزارش کردند. از دیگر نکات مهم در جدول (۳) وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین چگالی با پارامترهای کربن آلی ($R = -0.88, P \leq 0.001$)، نیتروژن کل ($R = -0.86, P \leq 0.001$)، میانگین وزنی قطر خاکدانه ($R = -0.81, P \leq 0.001$) و ظرفیت تبادل کاتیونی ($R = 0.96, P \leq 0.001$) می‌باشد. در حقیقت تغییر کاربری از جنگل طبیعی به شالیزار در منطقه موردمطالعه موجب فشردگی خاک و افزایش چگالی شد و همین امر باعث کاهش پارامترهای ذکر شده در بالا و تضعیف کیفیت خاک گردید.

جدول ۳. ضریب همبستگی پیرسون (r) بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در لایه ۱۰۰-۰ سانتی‌متر در کاربری جنگل و شالیزار

	Silt	BD	DC	MWD	pH	EC	OC	TN	CEC	CARA
Silt	۱/۰۰									
BD	۰/۵۰**	۱/۰۰								
DC	۰/۰۶ ns	۰/۲۶ ns	۱/۰۰							
MWD	-۰/۴۲*	-۰/۸۱***	-۰/۵۳**	۱/۰۰						
pH	۰/۰۹ ns	۰/۲۷ ns	-۰/۳۷*	-۰/۰۹ ns	۱/۰۰					
EC	-۰/۱۶ ns	-۰/۲۷ ns	-۰/۱۸ ns	۰/۲۵ ns	-۰/۱۷ ns	۱/۰۰				
OC	-۰/۵۱**	-۰/۸۸***	-۰/۳۸*	۰/۹۶***	-۰/۲۱ ns	۰/۲۸ ns	۱/۰۰			
TN	-۰/۵۱**	-۰/۸۶***	-۰/۳۸*	۰/۹۹***	-۰/۲۰ ns	۰/۲۱ ns	۰/۹۷***	۱/۰۰		
CEC	-۰/۴۶*	-۰/۷۸***	-۰/۲۴ ns	۰/۹۲***	-۰/۲۷ ns	۰/۲۱ ns	۰/۹۴***	۰/۹۶***	۱/۰۰	
CARA	۰/۱۰ ns	--۰/۳۰ ns	-۰/۴۱*	۰/۴۵*	۰/۱۱ ns	۰/۰۹ ns	۰/۹۹***	۰/۹۷***	۰/۹۵***	۱/۰۰

*****، **، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱، تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ ، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار**

(Silt) سیلت، (BD) چگالی، (DC) رس قابل‌انتشار، (MWD) میانگین وزنی قطر خاکدانه، (pH) پ.اچ، (EC) هدایت الکتریکی، (OC) کربن آلی خاک، (TN) نیتروژن، (CEC) ظرفیت تبادل کاتیونی، (CARA) کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با اسید

تجزیه تحلیل مؤلفه‌های اصلی

نتایج تجزیه PCA روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه-گیری شده در منطقه موردمطالعه در جدول (۴) و پراکنش ویژگی‌ها روی محورهای PCA در شکل (۴) نشان داده شده است. به همین منظور برای گروه‌بندی ۱۷ ویژگی، چهار مؤلفه از مؤلفه‌های مورد استفاده بیشترین میزان واریانس را توجیه کردند و با مقادیر ویژه بالاتر از یک از آن استخراج شدند. مؤلفه اول ۵۸/۱۶، مؤلفه دوم ۱۸/۵۰، مؤلفه سوم ۱۵/۶۵ و مؤلفه چهارم ۶/۱۵ درصد و در مجموع ۹۸/۷۶ درصد کل واریانس را توجیه نمودند (جدول ۴). به‌طوری‌که کاربری‌های مختلف اراضی و مشخصه‌های خاک بر روی محورهای نمودار، پراکنش متفاوتی را نشان داده‌اند (شکل ۴). سمت چپ نمودار بیانگر بالا بودن شن، هدایت الکتریکی، آب قابل استفاده، رطوبت در گنجایش زراعی، چگالی و رس قابل‌انتشار در کاربری شالیزار و سمت راست بیانگر بالا بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربن آلی، نیتروژن کل، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با اسید در اراضی بکر جنگلی می‌باشد. همان‌طور که بیان گردید یک مؤلفه شامل یک آرایش خطی از متغیرهاست که نقش (در تشکیل وزن یا مقدار) همه ۱۷ ویژگی انتخاب‌شده در آن حفظ می‌شود. وزن (مقدار) برای هر چهار مؤلفه در جدول (۴) شرح داده شده است. بزرگی مقدار ویژه به‌صورت معیاری برای تفسیر ارتباط بین ویژگی‌های خاک و مؤلفه‌ها استفاده می‌شود. ویژگی‌هایی از خاک به یک مؤلفه اختصاص داده می‌شود که مقدار ویژه آن‌ها بیشترین باشد. به عنوان مثال وزن یا مقدار شن در مؤلفه اول (۰/۳۹-)، در مؤلفه دوم (۰/۸۹-)، در مؤلفه سوم (۰/۲۰) و در مؤلفه چهارم (۰/۰۷-) است. این به آن معناست که ارتباط این ویژگی با مؤلفه دوم بیشتر است و علامت منفی به دلیل رابطه عکس بین این ویژگی با سایر ویژگی‌های درون مؤلفه است. بر اساس آنالیز صورت گرفته میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربن آلی، نیتروژن کل، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با اسید با بیشترین بار (مقدار) مثبت (>۰/۸) و بار (مقادیر) منفی برای چگالی، گنجایش زراعی، آب قابل‌استفاده، رس قابل‌انتشار و هدایت الکتریکی به عنوان اولین مؤلفه و درصد سیلت با بیشترین مقدار مثبت (>۰/۸) و مقادیر منفی برای درصد شن به عنوان مؤلفه دوم دسته‌بندی شدند که در مجموع ۷۹/۶۶ درصد کل واریانس را توجیه کردند (جدول ۴ و شکل ۴). بار مثبت بالا از میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربن آلی، نیتروژن کل، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با اسید در مؤلفه اول و درصد سیلت در مؤلفه دوم نتیجه ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار آماری در میان ویژگی‌های انتخاب‌شده برای مطالعه بود (جدول ۳). کربنات کلسیم و نسبت کربن به ازت با بیشترین مقدار مثبت (>۰/۸) و پ.هاش با بیشترین مقدار منفی (۰/۷۲-)

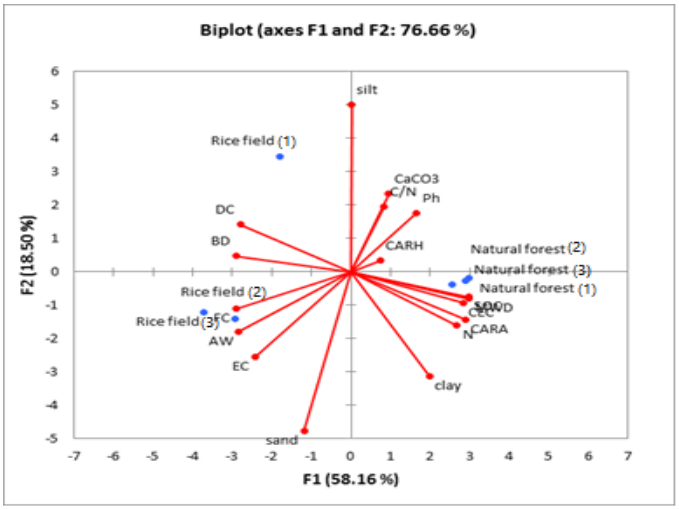
به عنوان عامل سوم جدا شدند که ۱۵/۶۵ درصد از کل واریانس را توجیه کرد. کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با آب داغ با بیشترین مقدار مثبت (۰/۹<) به عنوان عامل چهارم جدا شدند که ۶/۴۵ درصد از کل واریانس را توجیه کرد.

اهمیت نسبی هر ویژگی خاک (از لحاظ سهمش در بین مؤلفه‌ها) به‌وسیله مقادیر اشتراکش قضاوت می‌شود که این مقدار نشان‌دهنده واریانس باقی‌مانده ویژگی موردنظر در مقایسه با مقادیر مطمئن همگرایی بحرانی است (Joreskogo, 1977). اگر واریانس باقی‌مانده کمتر از مقادیر همگرایی باشد همبستگی اشتراکی ویژگی‌ها معادل یک است. به‌عبارت‌دیگر ضریب اشتراک به‌نوعی معرف همبستگی بین ویژگی با سایر ویژگی‌های عامل موردنظر نیز می‌باشد. در بررسی ضریب اشتراک ویژگی‌های هر عامل، اگر یک ویژگی ضریب اشتراک پائین داشته باشد به معنای این است که اولاً با ویژگی‌های دیگر آن عامل همبستگی پائین دارد و ثانیاً سهم بارزی در واریانس عامل مشترک موردنظر ندارد. ازاین‌رو نمی‌تواند به عنوان یک ویژگی مناسب در عامل باقی بماند. بنابراین هر چه ضریب اشتراک یک ویژگی به یک نزدیک‌تر باشد، ویژگی مناسبی در تبیین عامل موردنظر شناخته می‌شود. با توجه به این‌که هر ویژگی صرفاً باید در یک عامل قرار گیرد، به هر میزانی که ضریب اشتراک آن ویژگی به یک نزدیک‌تر باشد به همین جهت بیشترین سهم را در واریانس عامل مشترک ایفا می‌کند.

چهار عامل تقریباً بیش از ۹۵ درصد واریانس را در مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه و کربن آلی بیش از ۹۰ درصد واریانس را در چگالی، گنجایش زراعی، کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با اسید و کربوهیدرات‌های قابل‌عصاره‌گیر با آب داغ و بیش از ۸۰ درصد واریانس را در درصد سیلت، آب قابل‌استفاده، رس قابل‌انتشار و ظرفیت تبادل کاتیونی توجیه کردند. این پارامترها بیش‌ترین برآورد اشتراکی بودن را نشان دادند. یک نسبت بالا در تخمین مقادیر اشتراکی، سهم بالای واریانس توضیح داده شده توسط مؤلفه‌ها را پیشنهاد می‌دهد. بنابراین آن‌ها نسبت به ویژگی‌هایی که تخمین اشتراکی کمی دارند ترجیح داده می‌شود. درصد رس کم‌ترین اهمیت نسبی در بین تخمین مقادیر اشتراک را نشان داد.

جدول ۴. نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در لایه سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متری).

متغیرها	مؤلفه‌ها				اشتراک‌ها
	F_1	F_2	F_3	F_4	
شن	-۰/۳۹	-۰/۸۹	۰/۲۰	-۰/۰۷	۰/۷۹
سیلت	۰/۰۱	۰/۹۴	-۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۸۸
رس	۰/۶۶	-۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۰۴	۰/۴۳
چگالی	-۰/۹۶	۰/۰۹	-۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۹۳
درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه	-۰/۹۶	-۰/۲۱	۰/۰۸	-۰/۰۹	۰/۹۳
آب قابل‌استفاده	-۰/۹۴	-۰/۳۳	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۸۸
رس قابل‌انتشار	-۰/۹۳	۰/۲۶	۰/۲۶	-۰/۰۱	۰/۸۶
میانگین وزنی قطر خاکدانه	۰/۹۸	-۰/۱۵	-۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۹۷
پ. اچ	۰/۵۵	۰/۳۳	-۰/۷۲	-۰/۱۷	۰/۵۲
هدایت الکتریکی	-۰/۸۰	-۰/۴۷	-۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۶۴
کربنات کلسیم	۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۸۰	-۰/۱۹	۰/۶۴
کربن آلی	۰/۹۸	-۰/۱۴	۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۹۷
نیتروژن کل	۰/۸۹	-۰/۳۰	-۰/۲۹	-۰/۱۶	۰/۷۹
نسبت کربن به نیتروژن	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۸۸	۰/۰۸	۰/۷۸
ظرفیت تبادلی کاتیونی	۰/۹۴	-۰/۱۷	-۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۸۸
کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با اسید	۰/۹۵	-۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۹۱
کربوهیدرات قابل عصاره‌گیر با آب داغ	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۳
Eigenvalue	۹/۸۹	۳/۱۴	۲/۶۶	۱/۱۰	-
% Total	۵۸/۱۶	۱۸/۵۰	۱۵/۶۵	۶/۴۵	-
Cumulative	۵۸/۱۶	۷۹/۶۶	۹۲/۳۱	۹۸/۷۶	-



شکل ۴. مؤلفه‌های اصلی پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی کیفیت خاک بسته به نوع استفاده از زمین

نتیجه‌گیری

تغییر کاربری از جنگل بکر به اراضی شالیزاری تأثیر نامطلوب روی شاخص‌های کیفیت خاک داشت و باعث کاهش SOC و TN شد. کاهش SOC مسئول چگالی و رس قابل‌انتشار بیشتر و میانگین وزنی قطر خاکدانه کمتر به دنبال تبدیل اراضی بکر به شالیزاری بود. در بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه و کربن آلی در مقایسه با سایر پارامترها به تغییر کاربری اراضی حساس‌تر بودند. بر اساس روش تجزیه عامل-ها، چهار عامل اول حدود ۹۸/۷۶ درصد واریانس کل را توجیه نمودند. تخمین‌های اشتراکی نشان داد که میانگین وزنی قطر ذرات و کربن آلی مناسب‌ترین شاخص‌های ارزیابی فیزیکی و شیمیایی کیفیت خاک در پی تغییر کاربری اراضی در منطقه موردمطالعه بودند. تخریب خاکدانه‌ها به‌ویژه تبدیل خاکدانه‌های بزرگ به کوچک موجب آزاد شدن کربن آلی حفاظت‌شده گردید. در اثر عملیات خاک‌ورزی تهویه خاک افزایش می‌یابد که آن موجب افزایش سرعت تجزیه بقایا و کاهش ذخیره عناصر غذایی و تبع آن کاهش جمعیت میکروبی می‌گردد. بنابراین ادامه کشت و کار در این اراضی تخریب خاک را تشدید نموده و در صورت توقف کشت و کار زمان بهبود (Recovery time) و زمان احیا (Resilience time) طولانی‌تر می‌شود.

REFERENCES

Abegaz, A., Winowiecki, A. A., Vågen, T.-G., Langan, S. and Smith, J. U. (2016). Spatial and temporal dynamics of soil organic carbon in landscapes of the upper Blue Nile Basin of the Ethiopian Highlands, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 218, 190–208.

Adesodun, J. K., Mbagwu, J. S. C. and Oti, N. (2001). Structural stability and carbohydrate contents of an Ultisol under different management systems. *Soil and Tillage Research*, 60, 135–142.

Adugna, A. and Abegaz, A. (2016). Effect of land use changes on the dynamics of selected soil properties in Northeast Wellega, Ethiopia. *Soil*, 2, 63-70.

Asghari, Sh., Hashemian Soofian, S, Goli Kalanpa, E. and Mohebodini, M. (2015). Impacts of land use change on soil quality indicators in eastern Ardabil province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22 (3), 1-20. (In Persian)

Ayoubi, Sh., Mokhtari, 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 and Tillage Research*, 121, 18-26.

Ayoubi, S., Khormali, F., Sahrawat, K.L. and Rodriguesde Lima, A.C. (2011). Assessing impact of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan province, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 13, 727-742. (In Persian)

Ajami, M., Khormali, F., Ayoubi, S. and Omrani, R.A. (2006). Changes in soil quality attributes by conversion of land use on a loess hillslope in Golestan province, Iran. 18th International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Maintaining Soil and Technology Proceedings. *Soil Science Society of Turkey*, Pp, 501-504. (In Persian)

Barua, S. K. and Haque, S. M. S. (2013). Soil characteristics and carbon sequestration potentials of vegetation in degraded hills of Chittagong, Bangladesh. *Land Degradation & Development*, 24, 63–71.

Beheshti, A., Raiesi, F. and Golchin, A. (2012). Soil properties, c fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 148, 121-133.

Biro, K., Pradhan, B., Muchroithner, M. and Makeschin, F. (2013). Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. *Land Degradation*

& Development, 24, 90–102.

Brejda, J. I., Moorman, T. B., Karlen, D. L. and Dao, T. H (2000). Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators. I. Central and Southern High Plains. *Soil Science Society of America Journal*.64, 2115-2124.

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, 270-277.

Emiru, N. and Gebrekidan, H. (2013). Effect of land use changes and soil depth on soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus contents of soils in Senbat watershed, western Ethiopia. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 8, 206–212.

Eynard A., Schumacher T.E., Lindstrom M.J. and Malo D.D. (2004). Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota prairie Ustolls and Usterts. *Soil Science Society of America Journal*. 68, 1360-1365.

Fantaw, Y. and Abdu, A. (2011). Soil property changes following conversion of acacia woodland into grazing and farmlands in the rift valley area of Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 22, 425–431.

Gebeyaw, T. (2006). Soil fertility satus as iflunced by different land uses in maybar areas of south wello zone, Ethopia [M.S. thesis], Harmoaya University, Haromaya, Ethiopia.

Gholami, L., Davari, M., Nabiollahi, K. and Joneidi Jafari, H. (2016). Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). Gorgan. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 5 (3), 14-25.

Girmay, G., Singh, B., Mitiku, H., Borresen, T. and Lal, L. (2008). Carbon stocks in Ethiopian soils in relation to land use and soil management. *Land Degradation & Development*, 19(4), 351-367

Gol, C. (2009). The effects of land use change on soil properties and organic carbon at Dagdami river catchment in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30, 825-830.

Golchin, A. and Asgari, H. (2008). Land use effects on soil quality indicators in northeastern Iran. *Soil Research*, 49, 27-36.

Haghighi, F., Gorji, M. and Shorafa, M. (2010). A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. *Land Degradation and Development*, 21, 496-502.

Hajabbasi, M.A., Jalalian, A., and Karimzadeh, H.R. (1997). Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant Soil*. 190: 301-308. (In Persian)

Hunke, P., Roller, R., Zeilhofer, P., Schröder, B. and Mueller, E. N. (2015). Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. *Geoderma Regional*, 4, 31-43.

Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of sampling and analysis of important physical and chemical soil analysis. Mashhad: the voice of Zoha. (In Persian)

Jolliffe, I.T. 1986. Principle component analysis. Springer-Verlag.

Joreskog, K. (1977). Factor Analysis by Least Squares and Maximum Likelihood Method, volume III, In:" *Statistical Methods for Digital Computers*", (Eds.): Enslein, K., Rolston, D. E. and Wilf, H. Wiley, New York, NY.

Khazayi, M., Sadeghi, S.H.R., and Mirnia, S.Kh. (2011). Hydrological effects of forest surface disturbance, a case study. Iran. *Journal Forest*, 3, 2. 145-155. (In Persian)

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

Khresat, S.E., Al-Bakri, J. and Al-Tahhan, R. (2008). Impacts of land use/cover change on soil properties in the Mediterranean region of northwestern Jordan. *Land degradation & development*, 19(4), 397-407.

Kiese, K., Papen, H., Zumbusch, E. and Butterbach-Bahl, L. (2002). Nitrification activity in tropical rainforest soils of the coastal lowlands and Atherton Tablelands, Queensland. *Plant Nutrition of Australian Journal*. 165, 682-685.

Kiyani, F., Jalalian, A., Pashaii, A. and Khademi, H.Y. (2006). Effect of Deforestation, degraded lands Murat on loess soil quality indicators in Golestan Province *Journal of Soil and Water Sciences, Science and Technology of Agriculture and Natural resources.*11, 41. 453-463. (In Persian)

Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 3465–3472.

Lemenih, M., Karltun, M. and Olsson, M. (2005). Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 105, 373-38.

Lumbanraja, J., Syam, T., Nishide, H., Mahi, A.K., Utomo, M., Sarno, M. and Kimura, M. (1998). Deterioration of soil fertility by land use changes in South Sumatra, Indonesia, erom 1970 to 1990. *Hydrological Processes*, 12, 2003-2013.

Mganga, K.Z., Razavi, B.S. and Kuzyakov, Y. (2016). Land use affects soil biochemical properties in Mt. Kilimanjaro region. *Catena*, 141, 22–29.

Moges, A., Dannachew, M. and Yimer, F. (2013). Land use effects on soil quality indicators: A case study of Abo-Wonsho southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. 1-9.

Moges, S. and Holden, M.N. (2008). Soil fertility in relation to slope position and agricultural land use: a case study of umbulo catchment in Southern Ethiopia. *Environmental Management*, 42, 753-763.

Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L. M., De La Rosa, D., Abd- Elmabod, S. K. and Anaya-Romero, M. (2015). Impact of land use and land

cover changes on organic carbon stocks in Mediterranean soils (1956–2007). *Land Degradation & Development*, 26, 168–179.

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

Onweremadu, E., Osuji, G., Eshett, T., Unamba-Oparah, I. and Onwuliri, C. (2010). Soil carbon sequestration in aggregate size of a forested iso hyper thermic Arenic Kandiudult. *Agriculture Science*, 43(1), 9-15.

Reicosky, D.C. and Forcella, F. (1998). Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53, 224-229.

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

Salehi, A., Mohammadi, A. and Safari, A. (2011). Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). Iran. *Journal Forest*.3, 1. 81-89. (In Persian)

Sanchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G. and Delgado, R. (2002). Soil quality in Mediterranean mountain environments: effects of land use change. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 948-958.

Shahbazi, F., Aliasgharzad, N., Ebrahimzad, S.A. and Najafi, N. (2013). Geostatistical analysis for predicting soil biological maps under different scenarios of land use. *European Journal Soil Biology*. 55, 20-27.

Sintayehu, M. (2006). Land Use Dynamics and its Impact on Selected Physicochemical Properties of Soils in Yabello Woreda of Borana Lowlands, Southern Ethiopia. [M.S. thesis], Haromaya University, Haromaya, Ethiopia.

Soosaar, K., Mander, U., Maddison, M., Kanal, A., Kull, A., Lõhmus, K., Truu, J. and Augustin, J. (2011). Dynamics of gaseous nitrogen and carbon fluxes in riparian alder forests. *Ecological Engineering*, 37, 40-53.

Soleimani, K. and Azmoodeh, A. (2010). Investigation the role of land use change on some soil physical, chemical and erodibility properties. *Physical Geography Research*, 74, 111-124. (In Persian)

Tesfahunegn, G. B. (2016). Soil quality indicators response to land use and soil management systems in Northern Ethiopia's catchment. *Land Degradation & Development*, 27, 438-448

Turrion, M.B., Schneider, K. and Gallardo, J.F. (2009). Carbon accumulation in umbrisols under QuercusPyrenaica forests: effect of bedrock and annual precipitation. *Catena*. 79, 1-8.

Yao, R.J., Yang, J.S., Zhao, X.F., Li, X.M. and Liu, M.X.(2013). Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area *Soil and Tillage Research*, 128, 137–148.