Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 15
No. 1 (57)

Received:
2024-05-15

Accepted:
2025-04-29

Pages: 33-45

Variations of Soil Physical Properties As Affected By Conventional Tillage in Rainfed Lands in Semi-Arid Region

Ali Reza Vaezi [1*], Khadijeh Sahandi[2] and Fereshteh Haghshenas[3]

1) professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.
2) Master student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.
3) Ph.D. student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.
*Corresponding author emails: vaezi.alireza@znu.ac.ir

Abstract:

Introduction: Soil structure is an important soil physical property that influences soil productivity and resistance to water erosion. Land use change is the most human activity in nature that can affect various soil properties, as well as soil productivity. The change of pastures to agricultural lands has been increasing rapidly in the semi-arid regions. Most of wheat farms are tilled and cultivated using conventional method. This method can destruct different soil physicochemical properties. Limited information is available on the effects of land use change and performing conventional tillage on soil physical properties in semi-arid regions. Therefore this study was conducted to find effects of conventional tillage on soil physical properties in rainfed lands of a semi-arid region in Iran..

Materials and Methods: The experiment was done in seven areas covering the two land uses (pasture and rainfed lands) in a semi-arid region in Zanjan located,north west of Iran. Mean annual precipitation and temperature are 340 mm and 11.7 °C, respectively. The area covers about 320000 hectare rainfed lands which about 90% from it is cultivated for winter wheat production with an average yield of 100 kg per hectare. In each area, soil particle size distribution was the same in the two land uses but it was different among the areas. Three Soil samples were taken from 0-30 cm depth in each land uses. In total, soil samples were collected from seven points in each area and forty two points in the study area. Soil physical properties consist of macropores volume, porosity, bulk density, water-holding capacity, saturated point, aggregate size, aggregate stability and saturated hydraulic conductivity were determined in the soil samples by laboratory methods. Comparisons among different areas in soil properties were done with means comparison procedure using the Tukey's test. In order to effects of conventional tillage on soil physical properties, a paired t-test was used for comparing each soil property between the two land uses (pasture and rainfed lands).

Results and Discussion: Based on the results, soil texture of the areas were clay loam, silty clay loam, sandy clay loam, silt loam, loam, sandy loam and loamy sand. Moreover there were significant differences among the areas in other soil properties (structure, porosity, water retention and hydraulic conductivity). Effect of conventional tillage on deterioration of soil physical properties was considerable, so that significant difference was found for each soil physical property between the two land uses. A considerable decline was found in macropores volume (41%), porosity (22%), mean aggregate size (60%), aggregate stability (71%) and saturated hydraulic conductivity (71%) in rainfed lands under conventional tillage, while bulk density (28%) and water-holding capacity (11%) increased by conventional tillage as compared to pastures soil. Decreases in saturated soil moisture (about 4%) weren't significant in most areas. Mean deterioration of soil physical properties was computed and varied from 34% in silty clay loam to 50% in loam which was associated with higher soil organic matter content and aggregate stability in this soil.

Conclusions: Soil physical properties are strongly affected by conventional tillage in wheat rainfed lands in semi-arid region. The rate of physical destruction is different among the soil properties. Aggregate stability and saturated hydraulic conductivity are the most susceptible soil physical properties by conventional tillage. The sensitivity of soils of the semi-arid region to physical destruction by conventional tillage is different. Medium-textured soils such as loam which relatively well aggregated are the most sensitive soils to physical destruction in the area. Prevention of land use change in areas with Medium-textured soils is the first step and performing conservation tillage is the second strategy to control physical destruction of semi-arid soils.

Keywords: Aggregate stability, Conservation tillage, Hydraulic conductivity, Medium-textured soils, Organic matter content, Rangland

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال پانزدهم
شماره ۱ (۵۷)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۲/۰۹

صفحات: ۴۵-۳۳

تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر خاکورزی سنتی در کشتزارهای دیم در منطقه نیمه‌خشک

علی‌رضا واعظی[1*]، خدیجه سهندی[2] و فرشته حق‌شناس[3]

۱) استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
۲) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
۳) دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
* ایمیل نویسنده مسئول: vaezi.alireza@znu.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: ساختمان خاک از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک است که بر باروری خاک و مقاومت به فرسایش آبی اثر می‌گذارد. تغییر کاربری زمین از جمله فعالیت‌های انسان در طبیعت است که بر ویژگی‌های مختلف خاک و در نتیجه باروری خاک اثر می‌گذارد. تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی در مناطق نیمه‌خشک در حال افزایش است. بسیاری از کشتزارهای دیم در این مناطق با روش‌های سنتی تحت شخم و کشت هستند. چنین روشی بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی فیزیکی مختلف خاک را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. اطلاعات اندکی در مورد اثرات تغییر کاربری زمین و خاکورزی سنتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در مناطق نیمه‌خشک وجود دارد. از این رو این مطالعه با هدف بررسی اثرات خاکورزی سنتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت.

روش پژوهش: این آزمایش در هفت منطقه تحت پوشش دو کاربری زمین (مرتع و دیم) در منطقه نیمه‌خشک زنجان واقع در شمال غرب ایران انجام شد. میانگین بارندگی ۳۴۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱/۷ $^{\circ}C$ می‌باشد. این منطقه حدود ۳۲۰۰۰۰ هکتار اراضی دیم دارد که حدود ۹۰ درصد آن برای تولید گندم زمستانه با میانگین عملکرد دانه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کشت می‌شود. در هر منطقه، توزیع اندازه ذرات خاک در دو کاربری زمین یکسان بوده اما آن بین نواحی مختلف بود. در هر کاربری زمین سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد. در مجموع از هفت نقطه در هر منطقه و چهل و دو نقطه در کل منطقه مورد مطالعه نمونه‌های خاک جمع‌آوری شد. ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل حجم درشت منافذ، تخلخل، چگالی ظاهری، ظرفیت نگهداری آب، نقطه اشباع، متوسط اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع در نمونه‌های خاک به روش‌های آزمایشگاهی تعیین شدند. مقایسه بین مناطق مختلف از نظر ویژگی‌های خاک با روش مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد. از آزمون t زوجی برای مقایسه هر ویژگی خاک بین دو کاربری زمین (مرتع و دیم) استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، بافت خاک در هفت منطقه مورد بررسی عبارت از لوم رسی، لوم رسی سیلتی، لوم رسی شنی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی و شن لومی بودند. همچنین در سایر ویژگی‌های خاک (ساختار، تخلخل، حفظ آب و هدایت هیدرولیکی) تفاوت معنی‌داری بین مناطق وجود داشت. اثر خاکورزی بر تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک قابل توجه بود، به طوری که برای هر ویژگی فیزیکی خاک بین دو کاربری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. کاهش قابل توجهی در حجم تخلخل درشت (۴۱ درصد)، تخلخل کل (۲۲ درصد)، اندازه خاکدانه (۶۰ درصد)، پایداری خاکدانه (۷۱ درصد) و هدایت هیدرولیکی اشباع (۷۱ درصد) در زمین‌های دیم تحت خاکورزی معمولی مشاهده شد، در حالی که چگالی ظاهری (۲۸ درصد) و ظرفیت نگهداری آب (۱۱ درصد) با خاکورزی معمولی نسبت به خاک مراتع افزایش یافت. کاهش رطوبت اشباع خاک (حدود ۴ درصد) در بیشتر مناطق معنی‌دار نبود. میانگین تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک محاسبه شد و از ۳۴ درصد در لوم رسی سیلتی تا ۵۰ درصد در لوم متغیر بود که با محتوای بالاتر ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها در این خاک همراه بود.

نتایج: ویژگی‌های فیزیکی خاک به شدت تحت تأثیر خاکورزی در اراضی دیم گندم در مناطق نیمه‌خشک قرار دارد. میزان تخریب فیزیکی در بین ویژگی‌های خاک متفاوت است. پایداری خاکدانه‌ها و هدایت هیدرولیکی اشباع حساس‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک با خاکورزی معمولی هستند. حساسیت خاک‌های منطقه نیمه‌خشک به تخریب فیزیکی توسط خاکورزی معمولی متفاوت است. خاک‌های با بافت متوسط مانند لوم که نسبتاً خوب انباشته شده‌اند، حساس‌ترین خاک‌ها به تخریب فیزیکی در منطقه هستند. پیشگیری از تغییر کاربری اراضی در مناطق دارای خاک‌های با بافت متوسط اولین گام و انجام خاکورزی حفاظتی دومین راهکار برای کنترل تخریب فیزیکی خاک‌های نیمه‌خشک است.

کلید واژه‌ها: پایداری خاکدانه، خاکورزی حفاظتی، خاک‌های میان بافت، ماده آلی، مرتع

مقدمه

رشد گیاهان و عملکرد محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل گوناگون به‌ویژه ویژگی‌های خاک است. ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت، ساختمان، نفوذپذیری و تهویه تأثیر به سزایی در رشد و تولید محصول می‌گذارد (Diaz-Zorita et al., 2007). برخلاف بافت خاک که یک ویژگی تقریباً تغییرناپذیر است، ساختمان خاک به‌شدت تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی تغییر پیدا می‌کند (Zhang et al., 2008). ساختمان خاک، با تشکیل خاکدانه‌ها نمود پیدا می‌کند. خاکدانه سازی فرآیندی است که ذرات معدنی خاک در اثر مواد سیمانی، به هم چسبیده و واحدهای ثانویه به نام خاکدانه را به و وجود می‌آورند. مواد مختلفی مانند کانی‌های رسی، هوموس، کاتیون-های کلسیم و منیزیم در اتصال ذرات به همدیگر نقش ایفاء می‌کند. در کنار این، فرآیندهای مانند یخ بستن و آب شدن و گسترش ریشه‌ها در خاک، تشکیل ساختمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Amézketa, 1999). میزان تشکیل ساختمان به وجود مواد پیوند ذرات در خاک و حضور فرآیندهای خاکدانه سازی وابسته است (Barthès et al., 2008; Nikpour et al., 2011). میزان تشکیل ساختمان را می‌توان بر اساس فراوانی خاکدانه‌ها ارزیابی کرد. متوسط اندازه خاکدانه یکی از معیارها در این زمینه است. پایداری خاکدانه مشخصه دیگر ساختمان خاک است که مقاومت خاک را در برابر نیروهای تخریب‌کننده نشان می‌دهد. نیروهای تخریب‌کننده مانند ضربه قطرات باران، خیس شدن ناگهانی، عملیات خاک‌ورزی، رفت و آمد دام و حرکت ماشین‌های کشاورزی نقش مهمی در تخریب ساختمان خاک دارند (Vaezi and Sadeghi, 2020). میزان تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها بر توزیع اندازه منافذ خاک، جریان آب در خاک، تهویه ریشه، چرخه کربن، جذب و ذخیره عناصر غذایی اثر می‌گذارد (Dıaz-Zorita et al., 2002) و بدین ترتیب بر باروری خاک و تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در کنار این، ساختمان خاک نقش اساسی در مقاومت خاک در برابر فرسایش یا فرسایش‌پذیری خاک ایفا می‌کند (Vaezi et al., 2010). گزارش‌ها نشان می‌دهد که خاک‌هایی که از فراوانی بیشتر خاکدانه‌های پایدار بهره‌مندند. به‌عنوان خاک‌های بارو هستند که کمتر تحت تأثیر فرآیندهای فرسایشی قرار می‌گیرند (Karimi et al., 2018).

فراوانی خاکدانه‌های پایدار علاوه بر شرایط محیطی مانند نوع مواد مادری، آب‌وهوا، توپوگرافی و پوشش گیاهی به عوامل مدیریتی یا انسانی نیز وابسته است. در عرصه‌های مرتعی و کشاورزی، فعالیت‌های انسان بر روند تشکیل ساختمان خاک و پایداری آن‌ها اثر می‌گذارد. در مراتع، به دلیل چرای دام ساختمان خاک سطحی تخریب‌شده، حجم منافذ درشت خاک کاهش می‌یابد و نفوذپذیری خاک افت پیدا می‌کند. این شرایط زمینه را برای تولید رواناب بیشتر و فرسایش شدید خاک فراهم می‌آورد (Hamza and Anderson, 2005). در زمین‌های کشاورزی، نوع سیستم‌های خاک‌ورزی، زمان اجرای آن‌ها، الگوی کشت رعایت تناوب زراعی و آیش بر روند تشکیل ساختمان و پایداری خاکدانه‌ها اثر می‌گذارد. در کشاورزی تک‌محصولی که غالباً بدون رعایت اصول کشاورزی (تناوب و آیش) انجام می‌شود؛ ساختمان‌های مناسب در خاک تشکیل نمی‌شود و درنتیجه باروری خاک طی سال‌ها افت پیدا می‌کند (Vaezi, 2021). در بیشتر کشتزارهای کشور به دلیل عدم توسعه دستگاه‌های خاک‌ورزی، عملیات شخم به‌صورت سنتی یا مرسوم است. در این شیوه که به‌وسیله‌ی گاوآهن برگردان و به‌طور سراسری انجام می‌شود، به دلیل عدم حفظ بقایای گیاهی و برگردان آن به خاک، خاک‌ها عموماً از ماده آلی کم و ساختمان ضعیف برخوردار هستند. چنین شرایطی حساسیت خاک‌ها را به فرآیندهای فرسایشی مانند پاشمانی، تشکیل سله و فرسایش سطحی بیشتر می‌کند (Indoria et al., 2017).

بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت تأثیر توأم بافت و ساختمان خاک هستند. با تخریب ساختمان خاک ویژگی‌های دیگر فیزیکی مانند تخلخل، حجم منافذ درشت، تخلخل کل، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت ذخیره آب، تهویه و نفوذپذیری خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اجرای عملیات مناسب خاک‌ورزی که همراه با حفظ و برگردان بقایای گیاهی به خاک باشد به دلیل تقویت ماده آلی خاک موجب بهبود تشکیل ساختمان و پایداری آن می‌شود (Kranz et al., 2020). بورلی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش‌های مختلف به نقش ساختمان خاک در افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و تولید محصول اشاره‌شده است؛ پژوهشگران نشان دادند که هدایت هیدرولیکی خاک از مؤثرترین ویژگی‌های خاک بر فرسایش‌پذیری خاک بوده؛ که به پایداری خاکدانه و نسبت جذب سدیم خاک بستگی دارد (Borrelli et al., 2017). پروانک (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و کیفیت خاک پرداختند. نتایج نشان دادند که تأثیر تغییر کاربری اراضی باغ بادام به زمین زراعی، سبب کاهش کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه، تخلخل و نفوذپذیری خاک و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک،pH، هدایت هیدرولیکی و آهک گردید (Parvanak, 2023). در مطالعه‌ای کودشووا و همکاران (۲۰۰۹) نقش ساختمان خاک در فرسایش پاشمانی در منطقه نیمه‌خشک بررسی کردند و نشان دادند که با تخریب ساختمان خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع به‌شدت کاهش می‌یابد و موجب فرسایش پاشمانی می‌شود (Kodešová

et al., 2009). خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر تغییر کاربری جنگل به کشتزار نشان داده شد که مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه کاهش و چگالی ظاهری خاک افزایش می‌یابد و به این دلیل نفوذپذیری خاک کاهش پیدا می‌کند (Khormali et al., 2009). در پژوهشی دیگر غلامی و همکاران (۲۰۱۶) اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ارزیابی کردند. نتایج نشان دادند که تأثیر تغییر کاربری اراضی سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری، کاهش تخلخل، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و کاهش پایداری خاک گردید (Gholami et al., 2016). جعفری و همکاران (۲۰۱۸) اثر شدت چرای دام (کم، متوسط و شدید) بر ویژگی‌های خاک بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش شدت چرا میزان پتاسیم محلول و آهک خاک، افزایش و میزان سدیم محلول و درصد سیلت خاک کاهش می‌یابد (Jafari et al., 2018). در تحقیقی کریمی و همکاران (۲۰۱۸) جهت بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین مرتعی به کشتزار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مشاهده کردند که تخلخل کل و درصد شن در کاربری مرتع بیشتر از کاربری کشت دیم و آبی بود. هم‌چنین در کاربری کشاورزی به‌خصوص کشت دیم در مقایسه با کاربری مرتع، هدایت هیدرولیکی اشباع کمتر بود (Karimi et al., 2018). اخزری و احمدی (۲۰۱۹) با بررسی اثر تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی در منطقه گنبد نشان دادند که مقدار سیلت، سدیم و کلسیم و منیزیم در کاربری مرتعی بیشتر از کاربری اراضی مرتعی تبدیل‌شده به کشاورزی بود (Akhzari and Ahmadi, 2019). در پژوهشی دیگر آقابیگی و فتاحی (۲۰۱۷)، بررسی کیفیت خاک در انواع پوشش گیاهی نشان دادند که بیشترین کیفیت خاک در شرایط وجود بقایا و پوشش گیاهی و کمترین آن در شرایط آیش بود (Aghabeigi and Fatahi, 2017).

مناطق نیمه‌خشک که از بارندگی حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر برخوردار هستند، از مناطق مهم کشت دیم در دنیا و ایران هستند. در این مناطق همچنین مراتع از پوشش گیاهی غیردائمی و پراکنده برخوردارند. در چنین مناطقی انجام عملیات خاکورزی سنتی و نیز چرای بی‌موقع و بی‌رویه دام شرایط را برای تخریب ساختمان خاک فراهم می‌کند. گندم یکی از کشت‌های غالب در اراضی کشاورزی دیم در این مناطق است؛ که معمولاً به روش سنتی و به‌وسیله‌ی گاوآهن برگردان شخم و کشت می‌شود. بیشتر اراضی دیم گندم در عرصه‌های شیب‌دار واقع‌شده و عدم اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی منجر به تخریب خاک و تشدید فرسایش می‌شود (Vaezi and Heidari, 2019). از ۶/۱ میلیون هکتار اراضی تحت کشت گندم، ۳/۶ میلیون هکتار به کشت گندم دیم اختصاص دارد. استان زنجان یکی از منطقه اقلیمی نیمه‌خشک در شمال غرب ایران است که حدود ۳۲۰ هزار هکتار اراضی دیم برخوردار است و از آن، حدود ۹۰ درصد تحت کشت گندم دیم قرار دارد. خاک‌ورزی در این اراضی به‌صورت سنتی و به‌وسیله گاوآهن برگردان به‌طور سراسری انجام می‌شود. عملیات شخم و کاشت در اوایل پاییز همزمان با آغاز بارش‌های فصلی انجام می‌شود. شخم و کشت به‌موازات شیب عامل دیگری است که منجر به هدر رفت فیزیکی خاک و تخریب ویژگی‌های خاک به‌ویژه ازنظر ساختمان می‌شود و این‌همه عواملی مهم در افت باروری خاک‌ها و افزایش فرسایش‌پذیری خاک هستند. کشاورزی معیشتی موجب شده است کشت به صورت تک محصولی و بدون رعایت اصول کشاورزی پایدار (آیش و تناوب) انجام گیرد. اگرچه در پژوهش‌های مختلف به نقش ساختمان در ویژگی‌های فیزیکی پرداخته‌شده است (Emami et al., 2016; Doa'I et al., 2020)، اما اطلاعات کافی در مورد نقش عملیات خاکورزی سنتی در افت ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی دیم منطقه نیمه‌خشک موجود نیست. ازاین‌رو این پژوهش باهدف بررسی تأثیر خاکورزی سنتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی دیم منطقه نیمه‌خشک در استان زنجان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

این پژوهش در خاک‌های با بافت مختلف در استان زنجان انجام گرفت. این منطقه با وسعت ۲۲۱۶۴ کیلومترمربع در طول بین شمال غرب کشور بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱/۰۱۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱/۰۳ دقیقه شمالی و بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴/۴۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۴/۵۲ دقیقه شرقی قرارگرفته است. این استان از اقلیم نیمه‌خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۱/۷ درجه سلسیوس برخوردار است. این منطقه پستی‌وبلندی‌های زیادی دارد و بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه‌ماهورها فراگرفته است (Abdinejad et al., 2018). با توجه به کمبود بارندگی و پراکنش غیریکنواخت آن طی سال، پوشش گیاهی به صورت گیاهان مرتعی پراکنده و غیردائمی است. منطقه غالباً از خاک‌های با بافت سنگین و با نیمرخ توسعه‌نیافته پوشیده شده است و خاک‌ها عمدتاً از ماده آلی کم (کمتر از یک درصد) برخوردارند. خاک‌ها ازنظر ساختمانی ضعیف هستند و به‌شدت به تخریب فیزیکی در اثر ضربه قطرات باران و عملیات خاک‌ورزی حساس می‌باشند. حساسیت زیاد خاک‌ها آن‌ها را به‌شدت در معرض فرایندهای تخریب قرار می‌دهد. خاکورزی سنتی که بدون حفظ بقایای گیاهی بوده و همراه با شخم سراسری با گاوآهن برگردان‌دار صورت می‌گیرد از عوامل مهم تخریب خاک و افت باروری زمین است.

نمونه‌برداری خاک

آزمایش در هفت عرصه که با توزیع اندازه ذرات خاک متفاوت بودند و در آن دو نوع کاربری زمین (۱-مرتع ضعیف و ۲- کشت دیم) وجود داشت، به اجرا درآمد. در هر عرصه نمونه-های خاک از هر دو شرایط کاربری زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در سه تکرار جمع‌آوری گردید. در مجموع ۲۱ نقطه مورد نمونه‌برداری خاک قرار گرفت. برای بررسی تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک، نمونه‌های خاک از الک ۸ میلی‌متر عبور داده شدند. علاوه بر نمونه خاک گذرانده از الک ۸ میلی-متر، نمونه‌های دیگری از خاک از هر دو کاربری زمین از عمق مذکور برای انجام تجزیه‌های رایج آزمایشگاهی برداشت شد و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شدند.

تعیین ویژگی‌های خاک‌ها

ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات خاک، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل، شوری و واکنش که دستخوش تغییرات فیزیکی نمی‌شوند، در نمونه‌های خاک گذرانده از الک ۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این منظور توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucs, 1962) تعیین شد. مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی کل کربنات‌های خاک با اسیدکلریدریک و محاسبه بر اساس کربنات کلسیم (Page et al., 1982) به دست آمد. واکنش خاک در گل اشباع به‌وسیله pH سنج و درجه شوری خاک در عصاره گل اشباع خاک به‌وسیله دستگاه هدایت الکتریکی سنج (Western and Blöschl, 1999) اندازه‌گیری شدند. با تعیین مقدار رطوبت خاک در حالت گل اشباع، درصد رطوبت اشباع خاک‌ها (SP) تعیین شد. چگالی ظاهری خاک (BD) با استفاده از روش سیلندر فلزی اندازه‌گیری شد (Blake and Hartgem, 1986). برای تعیین تخلخل کل از رابطه آن با چگالی ظاهری و حقیقی خاک به‌دست آمد. حجم منافذ درشت خاک از تفاوت رطوبت اشباع و رطوبت ظرفیت نگهداری آب خاک تعیین شد (Alakukku, 1996) ظرفیت نگهداری آب در خاک (FC) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری در مکش ۳۳ کیلو پاسکال تعیین شد (Dewis and Freitas,1984)؛ و هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت در ستون خاک اندازه‌گیری شد (McKenzie et al., 2002). به‌منظور تعیین میانگین قطر خاکدانه، از سری الک‌های ۸، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۲، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ میلی‌متر استفاده شد و میانگین وزنی اندازه خاکدانه با استفاده از رابطه زیرحساب شد:

$$\bar{x}_i \quad .\text{Ag.size} = \sum_{i=1}^{n} w_i \qquad (۱)$$

که در آن: Ag.size اندازه خاکدانه (میلی‌متر)، w_i جرم نسبی خاکدانه‌ها روی الک iام و x_i میانگین قطر خاکدانه‌ها (میلی‌متر) است. برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها ابتدا ۱۰۰ گرم خاکدانه از هر نمونه خاک با قطر ۵/۶ تا ۸ میلی‌متر توزین گردید. سری الک‌های ۵/۶، ۲، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ میلی‌متر برای اندازه‌گیری الک تر مورد استفاده قرار گرفت. نسبت جرمی خاکدانه‌های پایدار در آب (w_i) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها پایدار (MWD) از روابط زیر محاسبه شد (Kemper and Rosenau, 2006):

$$\bar{x}_i. = \sum_{i=1}^{n} w_i \text{ MWD} \qquad (۲)$$

$$w_i = \frac{w_i\,(\text{a+ s}) - w_i\,(\text{s})}{\sum_{i=1}^{n} w_i\,(a+s) - \sum_{i=1}^{n} w_i\,(s)} \qquad (۳)$$

که در آن: $w_{i(a+s)}$ جرم خاک باقی‌مانده روی هر الک (شامل خاک و شن) برحسب گرم $w_i(s)$ جرم شن روی هرکدام از الک‌ها، x_i میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک (میلی‌متر) و MWD میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها پایدار (میلی‌متر) است.

تعیین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی

با توجه به اینکه ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ساختمان و چگالی ظاهری تحت تأثیر عملیات خاکورزی قرار می‌گیرند، مقدار این ویژگی‌ها در دو نوع کاربری زمین (۱-مرتع ضعیف و ۲- کشت دیم) اندازه‌گیری شدند. تغییرات چگالی ظاهری، تخلخل، حجم منافذ درشت، ظرفیت مزرعه، رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع در اثر خاکورزی سنتی از رابطه زیر تعیین شد:

$$\Delta A = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \times 100 \qquad (۴)$$

که در آن: A_1 مقدار ویژگی در شرایط مرتع (برحسب درصد) و A_2 مقدار ویژگی در شرایط کشت دیم و ΔA میزان تغییرات ویژگی است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین پراکنش داده‌ها، از ضریب تغییرات داده‌ها استفاده شد که مقدار آن از نسبت انحراف معیار داده‌ها بر میانگین داده‌ها به دست آمد. برای مقایسه بین بافت‌های خاک از نظر ویژگی‌های فیزیکی از روش تجزیه واریانس با آزمون توکی استفاده شد. برای بررسی شدت تخریب فیزیکی خاک، مقایسه هر ویژگی فیزیکی بین دو نوع کاربری زمین (۱-مرتع ضعیف و ۲- کشت دیم) با استفاده از آزمون t جفتی انجام گرفت. برای شناسایی حساس‌ترین خاک‌ها به تخریب فیزیکی در اثر خاکورزی سنتی از شاخص میانگین تخریب ویژگی‌های فیزیکی استفاده شد. بر این اساس میانگین تغییرات حجم منافذ درشت، چگالی ظاهری، تخلخل کل، اندازه خاکدانه،

پایداری خاکدانه، ظرفیت نگهداری آب، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع محاسبه شد. برای بررسی نقش تخریب ساختمان خاک در تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک از توابع ریاضی استفاده شد. برای رسم نمودار از برنامه Excel نسخه ۲۰۱۰ و برای تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک‌ها

نتایج تجزیه فیزیکی خاک نشان داد که خاک‌ها دارای بافت لوم رسی، لوم رس سیلتی، لوم رس شنی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی و شن لومی هستند. چگالی ظاهری خاک‌ها از ۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب در خاک لوم رسی تا ۱/۴۰ گرم بر سانتی-متر مکعب در خاک لوم شنی تغییر می‌کند. کمترین تخلخل کل در خاک لوم رس سیلتی (۴۴ درصد) و بیشترین در خاک لوم رسی (۵۶ درصد) است. کمترین حجم منافذ درشت در خاک لوم رس سیلتی (۲۳ درصد) و بیشترین آن در خاک شن لومی (۳۴ درصد) است. خاک‌های با بافت ریز و متوسط برخلاف خاک‌های درشت‌بافت غالباً از درصد رطوبت اشباع بیشتری برخوردارند و بیشترین میزان آن (۴۶ درصد) در خاک لوم بود؛ درحالی‌که کمترین مقدار (۳۱ درصد) در خاک شن لومی است. بررسی قابلیت نگهداری آب در خاک (FC) نیز مؤید آن است که خاک‌های میان بافت مانند لوم (۲۳ درصد) از ویژگی‌های نگهداری آب بالاتری برخوردار دارند که دلیل آن وجود مقادیر زیاد ذرات رس (۱۷/۵ درصد) و ماده آلی (۰/۵۸ درصد) در مقایسه با سایر خاک‌ها است. بررسی ویژگی‌های اندازه خاکدانه و پایداری خاکدانه نشان داد که خاک لوم سیلتی از بیشترین اندازه خاکدانه‌ها (۲/۵۳ میلی‌متر) و پایداری خاکدانه‌ها (۰/۹۸ میلی‌متر) برخوردار است؛ در حالی که کمترین مقدار این ویژگی‌ها در خاک لوم رسی، لوم رس سیلتی (به ترتیب ۱/۰۷ و ۰/۴۴ میلی‌متر) بود. این خاک از محتوای ماده آلی بسیار کمتری (۰/۴۴ درصد) برخوردار است. بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) در خاک لوم شنی (نزدیک به ۱۴ سانتی‌متر بر ساعت) است. در خاک‌های ریزبافت مانند لوم رسی مقدار K_S کمترین (۵/۳۴ سانتی‌متر بر ساعت) بود. در کنار نقش مثبت ذرات شن بر هدایت هیدرولیکی اشباع، ساختمان خاک نیز نقش مهمی در این ویژگی ایفا می‌کند. خاک‌هایی مانند لوم سیلتی و لوم رس شنی که از ماده آلی نسبتاً زیاد و ساختمان مناسب‌تر (اندازه و پایداری خاکدانه بهتر) برخوردارند، هدایت هیدرولیکی بیشتری دارند. به دلیل خاک‌ورزی مرسوم و عدم حفظ و برگشت بقایا به خاک خاک‌ها از نظر ماده آلی دچار کمبود اساسی هستند به طوری که مقدار آن از ۰/۳۴ در خاک لوم رس شنی تا ۰/۵۸ درصد در خاک لوم تغییر می‌کند. با توجه به وجود دست‌کم ۲۰ درصد کربنات کلسیم معادل در خاک‌ها، همه خاک‌های مطالعاتی در گروه خاک‌های آهکی (Owliaie et al., 2006) هستند (جدول ۱).

اثرات خاکورزی سنتی بر غیریکنواختی فیزیکی خاک

تفاوت بین خاک‌ها در مراتع تنها به دلیل بافت خاک نبود بلکه خاک‌ها از نظر سایر ویژگی‌های مورد بررسی نیز با یکدیگر تفاوت اساسی دارند. نتایج مقایسه‌های میانگین بین خاک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی در شکل ۱ نشان داده شده است. کمترین تفاوت بین خاک‌ها از نظر حجم منافذ درشت (با ضریب تغییرات ۱۲ درصد) و بیشترین تفاوت میان آن‌ها از نظر هدایت هیدرولیکی اشباع (با ضریب تغییرات ۹۸ درصد) بود.

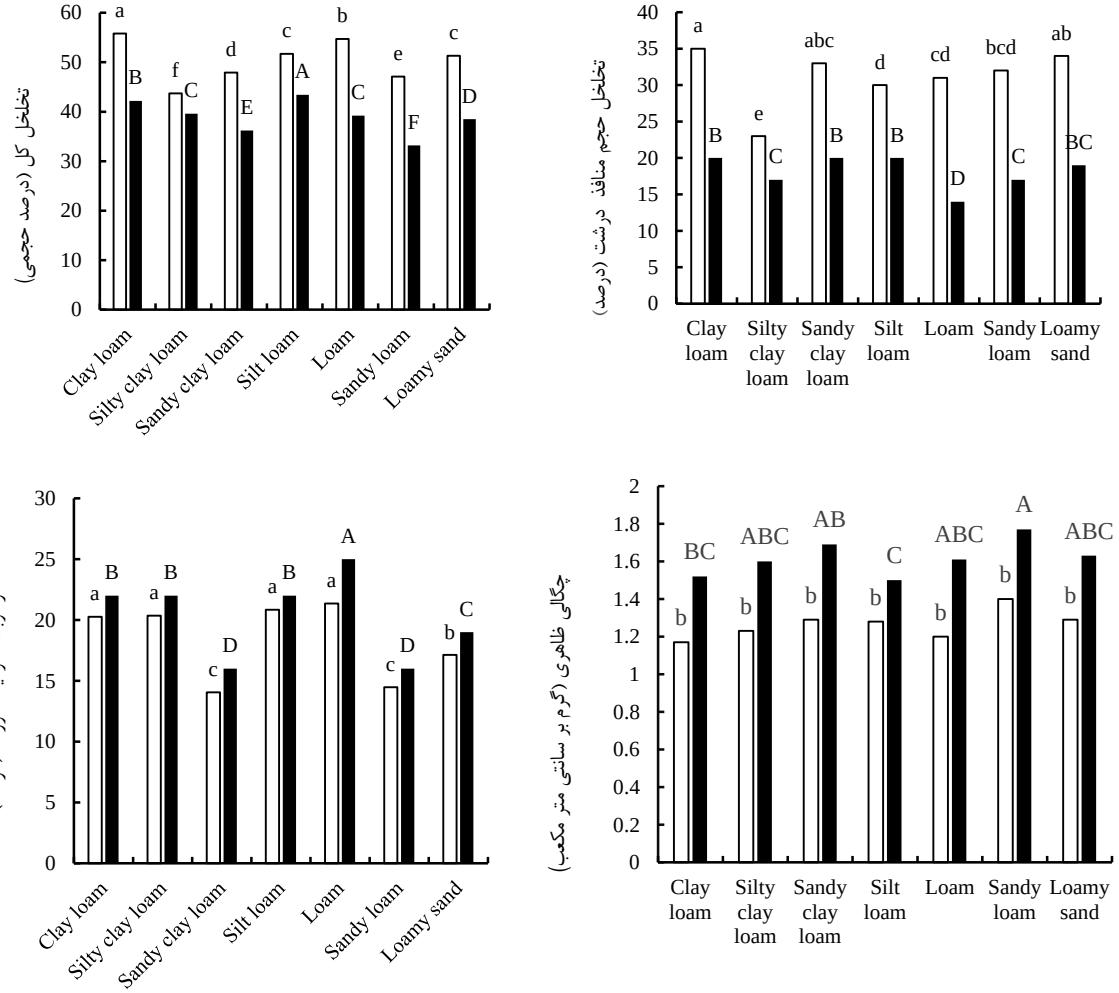
جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

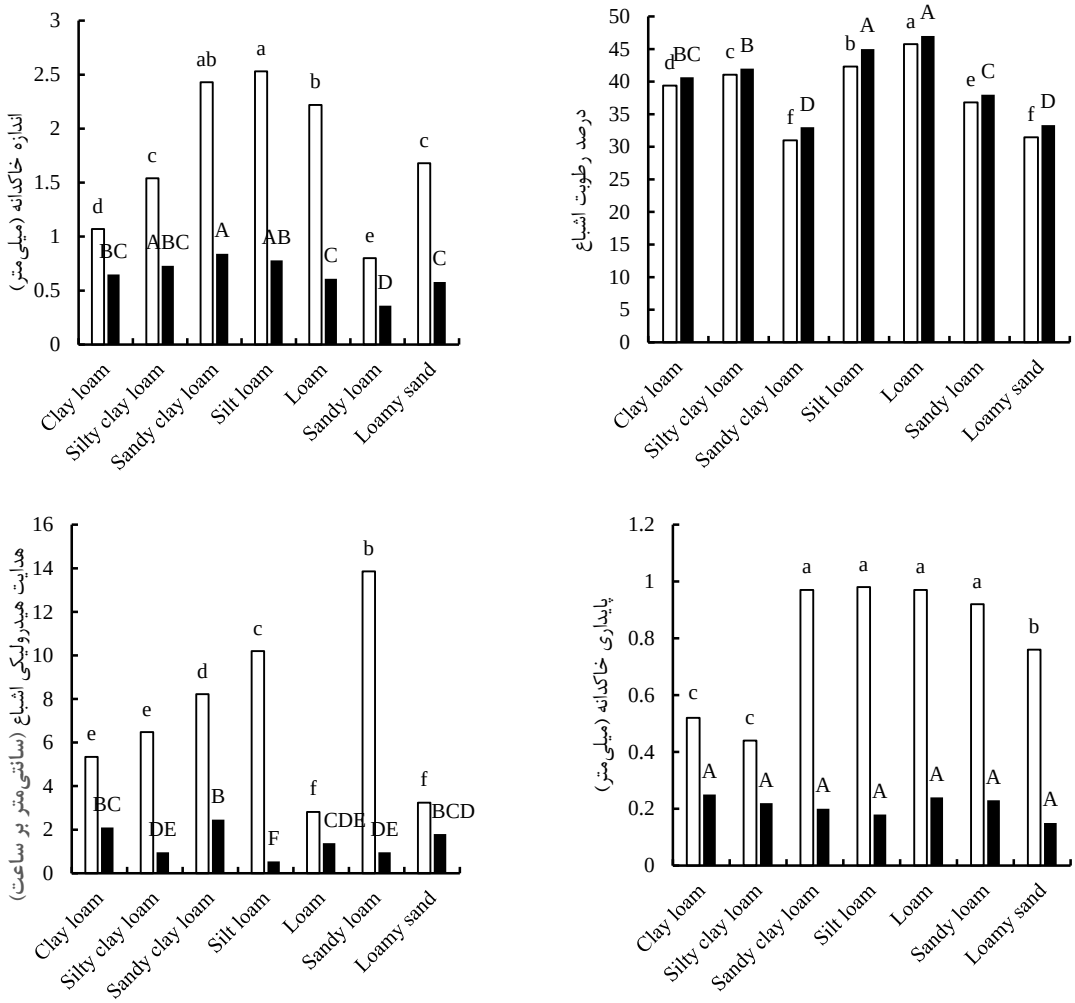
ویژگی‌های خاک	بافت خاک						
	لوم رسی	لوم رس سیلتی	لوم رس شنی	لوم سیلتی	لوم	لوم شنی	شن لومی
شن (٪)	۲۶/۸۸	۱۹/۰۱	۵۵/۰۰	۳۳/۹۰	۴۵/۷۲	۶۷/۱۷	۷۵/۰۰
سیلت (٪)	۳۵/۶۰	۴۳/۴۸	۲۲/۵۰	۵۳/۶۰	۳۶/۷۷	۲۵/۳۲	۱۷/۵۰
رس (٪)	۳۷/۵۰	۳۷/۵۰	۲۲/۵۰	۱۲/۵۰	۱۷/۵۰	۷/۵۰	۷/۵۰
چگالی ظاهری (g/cm^3)	۱/۱۷	۱/۲۳	۱/۲۹	۱/۲۸	۱/۲۰	۱/۴۰	۱/۲۹
تخلخل کل (٪)	۵۵/۸۰	۴۳/۷۰	۴۷/۹۰	۵۱/۷۰	۵۴/۷۰	۴۷/۱۰	۵۱/۳۰
حجم منافذ درشت (٪)	۳۳/۰۰	۲۳/۰۰	۳۳/۰۰	۳۰/۰۰	۳۱/۰۰	۳۲/۰۰	۳۴/۰۰
ظرفیت مزرعه (٪)	۲۰/۲۰	۲۰/۳۰	۱۴/۰۰	۲۰/۸۰	۲۳/۳۰	۱۴/۴۰	۱۷/۱۰
رطوبت اشباع (٪)	۳۹/۴۰	۴۱/۱۰	۳۱/۰۰	۴۲/۳۰	۴۵/۷۰	۳۶/۸۰	۳۰/۵۰
اندازه خاکدانه (mm)	۱/۰۷	۱/۵۴	۲/۴۳	۲/۵۳	۲/۲۲	۱/۰۹	۱/۶۸
پایداری خاکدانه (mm)	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۷۶
هدایت هیدرولیکی ($cm.h^{-1}$)	۵/۳۴	۶/۴۸	۸/۲۲	۱۰/۲۰	۶/۸۲	۱۳/۸۶	۳/۲۴
کربنات کلسیم (٪)	۱/۴۰	۲۵/۰۰	۲۰/۰۰	۲۶/۶۰	۲۷/۰۰	۲۹/۶۰	۲۵/۸۰
ماده آلی (٪)	۲۳/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۹۶	۰/۵۸	۰/۸۱	۰/۷۳

در کشتزارهای تحت کشت دیم، تفاوت بیشتری میان خاک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی وجود دارد؛ به طوری که ضریب تغییرات حجم منافذ درشت، تخلخل کل، چگالی ظاهری، رطوبت ظرفیت مزرعه، رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب ۳۰، ۸، ۶، ۳۳، ۳۳، ۴۷، ۴۸ و ۲۰۴ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که با انجام خاکورزی سنتی، غیریکنواختی فیزیکی خاک‌ها به ویژه از نظر هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتر می‌شود. وجود تفاوت اساسی میان خاک‌ها از نظر هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری قبلاً نیز در برخی پژوهش‌ها بیان شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد اندازه و پیوستگی خلل و فرج خاک سطحی بیشترین تأثیر را در شدت نفوذ آب به خاک دارد (Ramezani et al., 2020). سایر مطالعات که شخم برگردان از طریق کاهش مواد آلی باعث تخریب ساختمان و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (Lemann et al., 2019).

اثرات خاکورزی سنتی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک بین دو نوع کاربری زمین (۱- مرتع ضعیف و ۲- کشت دیم) نشان داد که عملیات خاکورزی و کشت، کمترین تأثیر را روی درصد رطوبت اشباع خاک‌ها دارد؛ به طوری که تنها ۴ درصد افزایش در رطوبت اشباع در کشتزارهای تحت کشت مشاهده شد. بیشترین تأثیر خاکورزی سنتی در کاهش پایداری خاکدانه بود؛ به طوری که از ۰/۶۹ میلی‌متر در شرایط مرتع به ۰/۱۸ میلی‌متر در کشت دیم (۷۴ درصد) کاهش یافت. همچنین در اثر کشت، ویژگی‌های دیگر فیزیکی شامل حجم منافذ درشت، تخلخل کل، چگالی ظاهری، رطوبت ظرفیت مزرعه، اندازه خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب ۳۶، ۲۰، ۲۳، ۱۰، ۶۳ و ۴۶ درصد تغییر یافتند. در کشتزارها نسبت به مراتع، حفظ آب در خاک (رطوبت مزرعه و رطوبت اشباع) و چگالی ظاهری افزایش و سایر ویژگی‌ها (حجم منافذ درشت، تخلخل کل، اندازه خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع) کاهش پیدا کردند. این نتایج نشان از افت ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر عملیات خاکورزی و کشت است.





شکل ۱. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های فیزیکی بین خاک‌ها در شرایط مرتع (سفید) و تحت کشت دیم (سیاه).

(حروف انگلیسی کوچک نتایج مقایسه‌ها را در مراتع و حروف انگلیسی بزرگ مقایسه‌ها را در کشتزارهای تحت کشت نشان می‌دهد.)

تحلیل آماری اثرات خاکورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک بین دو نوع کاربری زمین (۱-مرتع ضعیف و ۲- کشت دیم) با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که در همه خاک‌ها، خاکورزی سنتی باعث تغییرات اساسی در حجم منافذ درشت، تخلخل کل، چگالی ظاهری، رطوبت ظرفیت مزرعه (به جز خاک لوم شنی)، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه و هدایت هیدرولیکی اشباع می‌شود. رطوبت اشباع خاک کمترین اثرپذیری را از عملیات خاکورزی و کشت نشان داد؛ به‌طوری‌که تنها در خاک لوم رس شنی، لوم سیلتی و شن لومی تفاوت معنی‌دار از نظر رطوبت اشباع بین دو نوع کاربری زمین مشاهده شد (جدول ۲). در خاک‌های با بافت بسیار درشت مانند لوم شنی و نیز خاک‌های با بافت بسیار ریز مانند لوم رسی، به دلیل نبود ساختمان مناسب، تغییراتی از نظر رطوبت اشباع بین دو نوع کاربری زمین وجود نداشت. در خاک با بافت درشت به دلیل کمبود مواد پیونددهنده ذرات خاک، زمینه برای تشکیل ساختمان خاک فراهم نمی‌شود (Vaezi, 2021).

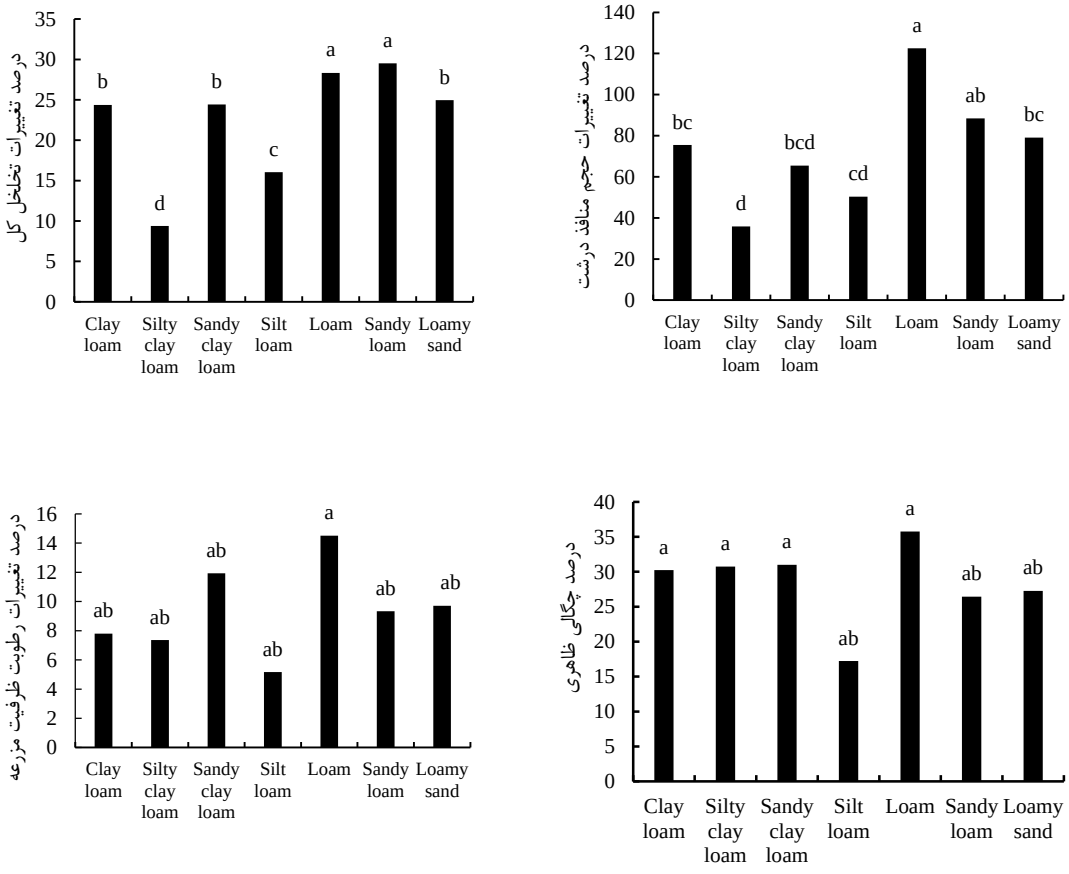
بیشترین تغییرات حجم منافذ درشت (۱۲۳ درصد)، چگالی ظاهری (۳۶ درصد) و اندازه خاکدانه (۷۳ درصد) در خاک لوم بود. بیشترین تغییرات تخلخل کل (۳۰ درصد) در خاک لوم شنی، پایداری خاکدانه (۸۲ درصد) در خاک لوم سیلتی، ظرفیت نگهداری آب (۱۵ درصد) در خاک لوم، رطوبت اشباع (۱۵ درصد) در خاک لوم رس شنی و هدایت هیدرولیکی اشباع (۹۵ درصد) در خاک لوم سیلتی بود (شکل ۲). این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین افت ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر کشت غالباً در خاک‌های میان بافت و تااندازه‌ای خاک‌های درشت‌بافت به وقوع می‌پیوندد. تشکیل خاکدانه‌ها در خاک‌های درشت‌بافت عمدتاً کمتر و پایداری آن‌ها اندک است. ازاین‌رو اثرات خاکورزی و کشت در افت ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها نیز کمتر است. در خاک‌های رسی نیز وجود ماده آلی اندک عاملی در ضعف تشکیل خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها است و این موجب می‌شود پیامدهای تغییر کاربری زمین و خاکورزی سنتی در افت ویژگی‌های فیزیکی در آن‌ها نیز کمتر از خاک‌های میان بافت نمود پیدا کند.

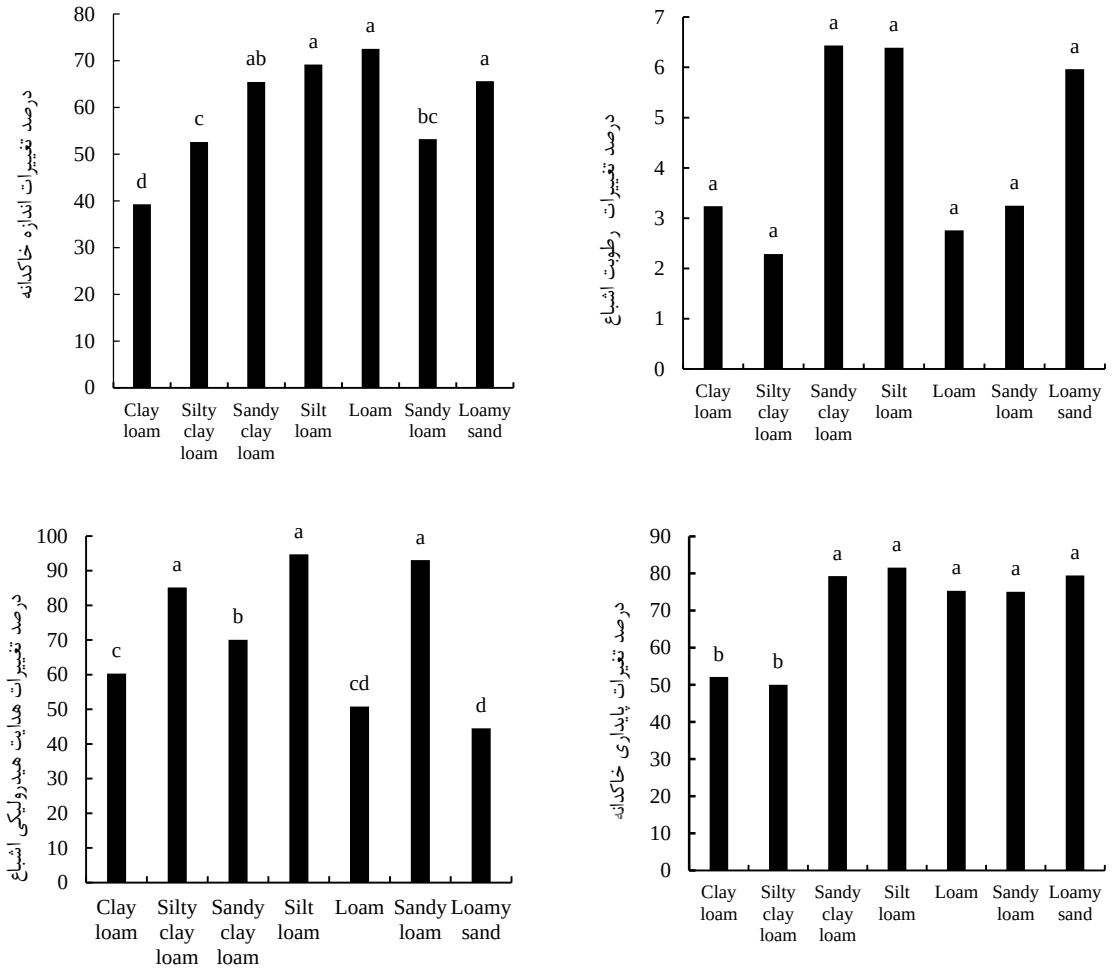
جدول ۲. مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک بین دو نوع کاربری زمین با استفاده از آزمون t جفتی

بافت خاک	میانگین تغییرات							
	حجم منافذ درشت	تخلخل کل	چگالی ظاهری	رطوبت ظرفیت مزرعه	رطوبت اشباع	اندازه خاکدانه	پایداری خاکدانه	هدایت هیدرولیکی
لوم رسی	۱۵^{xxx}	۱۳/۶^{xxx}	−۰/۳^{xx}	−۱/۷^{x}	^{ns}−۱/۲	۰/۴^{xx}	۰/۳^{xx}	۳/۲^{xxx}
لوم رس سیلتی	۶^{xx}	۴/۱^{xxx}	−۰/۴^{xx}	−۱/۶^{x}	^{ns}−۰/۹	۰/۸^{xx}	۰/۲^{xx}	۵/۵^{xxx}
لوم رس شنی	۱۳^{xxx}	۱۱/۷^{xxx}	−۰/۴^{xxx}	−۱/۹^{x}	−۲/۱^{x}	۱/۶^{xxx}	۰/۸^{xxx}	۵/۸^{xxx}
لوم سیلتی	۱۰^{xxx}	۸/۳^{xxx}	−۰/۲^{xxx}	−۱/۲^{x}	−۲/۷^{x}	۱/۷^{xxx}	۰/۸^{xxx}	۹/۷^{xxx}
لومی	۱۷^{xxx}	۱۵/۵^{xxx}	−۰/۴^{x}	−۳/۶^{x}	^{ns}−۱/۳	۱/۶^{xxx}	۰/۷^{xxx}	۱/۴^{xxx}
لوم شنی	۱۵^{xxx}	۱۳/۹^{xxx}	−۰/۴^{xxx}	^{ns}−۱/۵	^{ns}−۱/۲	۰/۴^{x}	۰/۷^{xxx}	۱۲/۹^{xxx}
شن لومی	۱۵^{xxx}	۱۲/۸^{xxx}	−۰/۳^{x}	−۱/۹^{x}	−۱/۹^{x}	۱/۱^{xxx}	۰/۶^{xx}	۱/۴^{xxx}

میانگین تغییرات با استفاده از معادله (۴) حساب شد. * و ** و ***: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطوح ۹۵ و ۹۹، ۹۹/۹۹ درصد و ^{ns}: عدم وجود اثر معنی‌داری.

به‌عبارت‌دیگر در مناطق نیمه‌خشک که عموماً تشکیل ساختمان خاک و پایداری آن کمتر است، خاک‌های میان بافت به دلیل برخورداری از خاکدانه بیشتر و نسبتاً پایدار به‌شدت تحت تأثیر تغییر کاربری زمین و کشت دچار تغییرات فیزیکی می‌شوند. عملیات خاکورزی سنتی که از یک‌سو با تخریب مکانیکی کلوخه‌ها و خاکدانه‌ها همراه است و از سوی دیگر منجر به کاهش ماده آلی خاک می‌شود، بیشترین پیامد منفی را در خاک‌ها میان بافت دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که هرچه شدت عملیات خاکورزی در کشتزارها بیشتر باشد بازگشت بقایای گیاهی کمتر می‌شود و این باعث کاهش ماده آلی و افزایش هدر رفت خاک می‌شود (Huang and Lo, 2015). در پژوهش‌های پیشین لیو و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داده شد که ماده آلی یکی از عوامل اثرگذار در پایداری خاکدانه‌ها است و مقدار زیاد آن در خاک مراتع نسبت به اراضی زراعی باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (Liu et al., 2019).

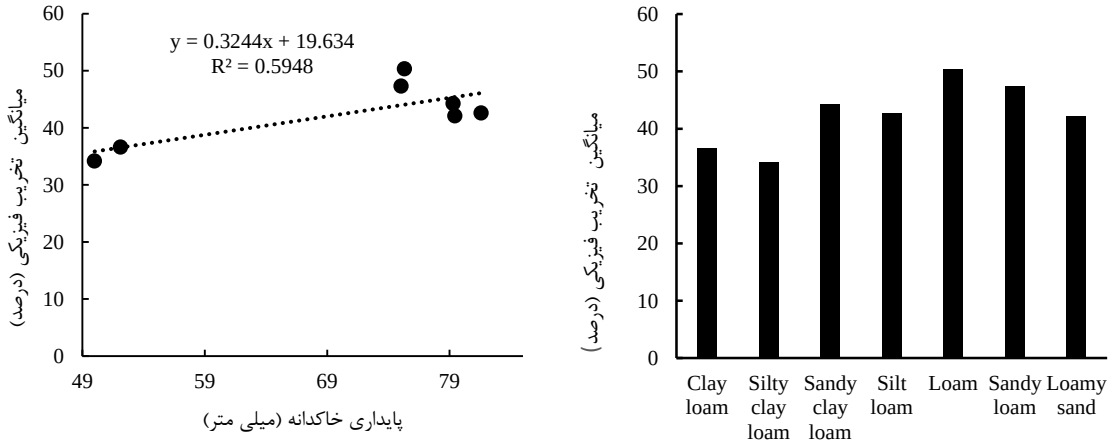




شکل ۲. تخریب فیزیکی خاک‌ها در اثر تغییر کاربری زمین در کشتزارهای دیم با خاک مختلف

حساس‌ترین خاک‌ها به عملیات خاکورزی

برای شناسایی حساس‌ترین خاک به افت ویژگی‌های فیزیکی در اثر تغییر کاربری زمین و خاکورزی سنتی، از شاخص میانگین تخریب ویژگی‌های فیزیکی استفاده شد. نتایج نشان داد بین خاک‌ها از نظر این شاخص تفاوت‌های اساسی وجود دارد؛ به‌طوری‌که بیشترین میانگین تخریب فیزیکی در خاک لوم (۵۰ درصد) و کمترین آن در خاک لوم رس سیلتی (۳۴ درصد) بود (شکل ۳ الف). خاک لوم به دلیل داشتن محتوای ماده آلی بیشتر (۵۸ درصد) از خاکدانه‌های پایداری‌تری برخوردار بود (MWD= 0.97mm). در خاک لوم رس سیلتی میزان تشکیل خاکدانه‌ها اندک و پایداری آن‌ها بسیار کمتر بود (MWD= 0.44 mm) که دلیل آن پایین بودن مقدار ماده آلی بود (۰/۳۳ درصد). این نتایج نشان می‌دهد خاک‌ها با ساختمان نسبتاً پایدار، بیشترین آسیب را از عملیات خاکورزی می‌بینند؛ در حالی که در خاک‌های با ساختمان ضعیف پیامدهای تخریب فیزیکی، نمود کمتری پیدا می‌کند. گزارش‌های مختلف به نقش شیوه‌های مدیریت خاک در اندازه و پایداری ساختمان خاک تأکید شده است و اثرپذیری ساختمان از شیوه‌های مدیریتی به نوع خاک وابسته است (Bouma, 2020). در مطالعه‌ای ابروغی و همکاران (۲۰۱۲) برای تشخیص بهترین شیوه‌های خاکورزی در خاک لوم شنی در فرانسه نشان دادند که مقاومت به نفوذ، در خاکورزی سطحی نسبت به خاکورزی عمیق به شدت کاهش یافت (Abrougui et al., 2012). بررسی‌ها روی اثرات خاکورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در کشتزار دیم گندم در پاکستان نشان داد که چگالی ظاهری، مقاومت به نفوذ و محتوای رطوبتی به شدت تحت تأثیر روش‌های خاکورزی هستند و در خاکورزی عمیق نسبت به خاکورزی کم‌عمق، ویژگی‌های خاک بهتر هستند.



شکل ۳. میانگین تخریب فیزیکی خاک در اثر خاکورزی سنتی در خاک‌های با بافت مختلف (الف) و ارتباط آن با پایداری خاکدانه (ب)

وابستگی تغییرات فیزیکی خاک به ویژگی‌های خاک

نتایج نشان داد که بین شدت تخریب فیزیکی خاک و ویژگی‌های خاک ارتباط برقرار است. پایداری خاکدانه، قوی‌ترین ارتباط را با شدت تخریب فیزیکی نشان داد؛ به طوری که رابطه خطی قوی بین شدت تخریب فیزیکی خاک و پایداری خاکدانه وجود داشت ($p<۰/۰۱$ و $R^2= ۰/۸۶$) (شکل ۳ ب). این نتیجه نشان می‌دهد در خاک‌های منطقه نیمه‌خشک که عموماً از پایداری اندکی در برابر آب برخوردارند، خاک‌هایی که ساختمان نسبتاً پایدارتری دارند، بیشتر تحت تأثیر تخریب فیزیکی قرار می‌گیرند. در حقیقت در خاک‌هایی که ذاتاً ساختمان خاک ضعیفی دارند، انجام عملیات خاکورزی باعث تغییرات شدید در ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها نمی‌شود؛ در حالی که عرصه‌های با خاک نسبتاً مقاوم، از خاکورزی سنتی بیشتر آسیب می‌بینند. برخی پژوهشگران عنوان کردند که خاک‌ورزی باعث تخریب ساختمان خاک، کاهش مواد آلی و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (Doaei et al., 2020). شیوه مدیریت و تغییر کاربری زمین به‌طور مستقیم ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی عامل اصلی برای کاهش شدید ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه در اراضی است (Wang et al., 2014). در پژوهش‌های مختلف، نقش منفی مدیریت نامناسب خاک در کاهش پایداری خاکدانه به اثبات رسیده است (Kabiri et al., 2015; Kabiri Dorji et al., 2017).

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان می‌دهد که تغییر کاربری مراتع به کشتزارهای دیم و انجام خاکورزی سنتی در آن‌ها از عوامل مهم تخریب خاک در منطقه نیمه‌خشک هستند. ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های این مناطق به‌شدت تحت تأثیر عملیات خاکورزی سنتی قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که در خاک‌های مورد بررسی به‌طور میانگین حجم منافذ درشت، چگالی ظاهری، تخلخل کل، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه، ظرفیت نگهداری آب، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب ۶۵، ۲۵، ۲۰، ۵۲، ۶۲، ۸، ۴ و ۶۲ درصد دچار تغییر شدند. این نتایج نشان می‌دهد که نسبت منافذ درشت خاک بیشترین اثرپذیری و رطوبت اشباع خاک کمتری اثرپذیری را از خاکورزی سنتی گرفتند. شدت تخریب فیزیکی در اثر خاکورزی سنتی، میان خاک‌های با بافت مختلف بسیار متفاوت بود. برای ارزیابی این موضوع، از شاخص میانگین تخریب فیزیکی استفاده شد. نتایج نشان داد کمترین میانگین تخریب فیزیکی در خاک لوم رس سیلتی (۳۴ درصد) و بیشترین مقدار آن در خاک لوم (۵۰ درصد) است. این نتیجه نشان می‌دهد که شدت تخریب فیزیکی خاک به پایداری ساختمان خاک بستگی دارد. معمولاً خاک‌های برخوردار از خاکدانه‌های پایدار که عمدتاً شامل خاک‌های میان بافت و تا اندازه‌ای خاک‌های درشت‌بافت است، حساسیت بیشتری به افت ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر تغییر کاربری زمین و اجرای عملیات خاکورزی دارند. از آن‌جا که تشکیل خاکدانه‌ها در خاک‌های درشت‌بافت، کمتر و پایداری آن‌ها اندک بوده، اثرات تغییر کاربری زمین و انجام خاکورزی سنتی در افت ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها نیز کمتر است. به‌طورکلی این پژوهش نشان داد که خاک‌های با بافت متوسط مانند لوم حساس‌ترین خاک‌ها به تخریب فیزیکی در اثر خاکورزی سنتی هستند و جلوگیری از تغییر کاربری زمین و اجرای خاکورزی حفاظتی برای حفظ ساختمان خاک و جلوگیری از تحلیل ویژگی‌های فیزیکی از اهمیت به سزایی برخوردار است.

Reference:

Abrougui, K., Chehaibi, S., Louvet, J.N., Hannachi, C., & Destain, M.F. (2012). Soil Structure and the Effect of Tillage Systems. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture, 69(1).

Aghabeigi, S., & Fatahi, B. (2017).Investigating the effect of vegetation cover and some soil properties on the hydrological behavior of watersheds (case study: Gombad Hamadan watershed). Pasture, 11(1), 83-93.

Akhzari, D., & Ahmadi, S. (2019). Studying the effects of rangeland conversion to agricultural on the chemical and physical soil properties (case study: gonbad area, hamadan province). Environmental Science and Technology, 21(8), 135-146 [in Persian]

Abdinejad, P., Faiz Nia, S., Pirovan, H., Fayazi, F., & Shabani A. (2018). Marl units classified of zanjan province based on physiochemical characteristics with using of factor analysis. Earth Science Research, 9(2), 113-97 [in Persian]

Alakukku, L. (1996). Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short-term effects on the properties of clay and organic soils. Soil and Tillage Research, 37, 211-222.

Amézketa, E. (1999). Soil aggregate stability: a review. Journal of Sustainable Agriculture, 14(2-3), 83-151.

Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., & Panagos P. (2017). A new assessment of soil loss due to wind erosion in European agricultural soils using a quantitative spatially distributed modelling approach. Land Degradation and Development, 28(1), 335-344.

Bouma, J. (2020). Effect of soil structure, tillage, and aggregation upon soil hydraulic properties. In Interacting Processes in Soil Science (pp. 1-36). CRC Press.

Barthès, B. G., Brunet, D., Hien, E., Enjalric, F., Conche, S., Freschet, G. T & Toucet-Louri, J. (2008). Determining the distributions of soil carbon and nitrogen in particle size fractions using near-infrared reflectance spectrum of bulk soil samples. Soil Biology and Biochemistry, 40(6), 1533-1537.

Blake, G.R. & Hartge, K.H. (1986). Particle density. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 5, 377-382.

Bouyoucs, G J. (1962).Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal, 54(5):464-465.

Doaei, S., Pazira, E., Mahmoodi, S., & Mohammadi Torkashvand, A. (2020). Role of conservative agriculture in the sustainability of soil structure in achieving sustainable management. International Journal of Agricultural Management and Development, 10(1), 59-69.

Doa'i S., Sobhara A., Mahmoudi S., & Mohammadi Turkashund, A. (2020). Role of conservative agriculture in the sustainability of soil structure in achieving sustainable management. International Journal of Agricultural Management and Development, 10(1), 59-69 [in Persian]

Dorji, T., Odeh, I. O.A., & Field, D.J. (2017). Effects of land use/land cover on aggregate fractions, aggregate stability, and aggregate-associated organic carbon in a montane ecosystem. In Proceedings of the Global Symposium on Soil Organic Carbon, 279-282.

Diaz-Zorita, M., Grove, J.H., & Perfect E. (2007). Sieving duration and sieve loading impacts on dry soil fragment size distributions. Soil and Tillage Research, 94(1), 15-20.

Dıaz-Zorita, M., Perfect, E., & Grove, J. H. (2002). Disruptive methods for assessing soil structure. Soil and Tillage Research, 64(1-2), 3-22.

Dewis, J. & Freitas, F. (1984). Physical and chemical methods of soil and water analysis. FAO soils Bulletin, (10).

Emami, S., Jalalian, A., & Khosravi, A. (2016). The role of soil chemical and physical characteristics in landslide occurrence (case study: afsar abad area in chaharmahal and bakhtiari province). Research Journal of Watershed Management, 7(13), 182-192 [in Persian]

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

Liu, M., Han, G., Li, Z., Zhang, Q., & Song, Z. (2019). Soil organic carbon sequestration in soil aggregates in the karst Critical Zone Observatory, Southwest China. Plant, Soil and Environment, 65(5), 253-259.

Indoria, A.K., Rao, C.S., Sharma, K.L., & Reddy, K.S. (2017). Conservation agriculture–a panacea to improve soil physical health. Current Science, 52-61.

Lemann, T., Sprafke, T., Bachmann, F., Prasuhn, V., & Schwilch, G. (2019). The effect of the Dyker on infiltration, soil erosion, and waterlogging on conventionally farmed potato fields in the Swiss Plateau. Catena, 174, 130-141.

Huang, T.C.C., & Lo, K.F.A. (2015). Effects of land use change on sediment and water yields in Yang Ming Shan National Park, Taiwan. Environments, 2(1), 32-42.

Hamza, M.A. & Anderson, W.K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research, 82(2), 121-145.

Jafari, S., Gorbani, A., Hashemimajd, K., & Ghafari, S. (2018). The effects of livestock grazing intensity on soil physicochemical properties in Moghan rangelands. Water and Soil Journal, 32(4), 751-762 [in Persian]

Karimi, A., Mughani, N., Mohammadi, J., & Naderi, M. (2019). Investigation of some soil physical quality properties in different land uses in bardeh catchment, shahrekord (bhaharmahal and bakhtiari province. Journal of Water and Soil Conservation Research, 25(5), 249-263 [in Persian]

Kabiri, V., Raiesi, F., & Ghazavi M.A. (2015). Six years of different tillage systems affected aggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. Soil and Tillage Research, 154, 114-125.

Kemper, W.D. & Rosenau, K. (2006). Size distribution of aggregates. Methods of Soil Analysis, 425-442

Kodešová, R., Vignozzi, N., Rohošková, M., Hájková, T., Kočárek, M., Pagliai, M., & Šimůnek, J. (2009). Impact of varying soil structure on transport processes in different diagnostic horizons of three soil types. Journal of Contaminant Hydrology, 104(1-4), 107-125.

Kranz, C.N., McLaughlin, R.A., Johnson, A., Miller, G., & Heitman, J.L. (2020). The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils–A concise review. Journal of Environmental Management, 261, 110209.

Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, C., & 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(3-4), 178-189.

McKenzie, N., Coughlan, K., & Cresswell, H. (2002). Soil physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation.

Nikpour, M., Mahboubi, A., Mossadeghi, M., & Safadoost, A. (2011). Assessment of effect of soil intrinsic properties on soil structural stability of some soils in Hamadan province. Journal of Water and Soil Science, 15(58), 85-96 [in Persian]

Owliaie, H. R., Heck, R. J., & Abtahi, A. (2006). The magnetic susceptibility of soils in Kohgilouye, Iran. Canadian journal of soil science, 86(1), 97-107.

Parvanak, k. (2023).The effect of changing land use of almond orchards in saman plain of chaharmahal and bakhtiari province to agricultural lands on some physical and chemical indicators of soil quality. Journal of Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ), 13(2), 67-82.

Page, A. L., & Page, A. L. (1982). Methods of soil analysis: chemical and microbiological proerpteis. Amen Society of Agronomy.

Ramezani, N., Sayyad, G. A., Barzegar, A. R., & Landi, A. (2020). Effect of soil structure on near-saturated hydraulic characteristics using a tension infiltrometer. Irrigation Sciences and Engineering, 43(2), 77-92.

Vaezi, A.R. 2021. Water Erosion: Processes and Models. University of Zanjan Press, Pages: 453.

Vaezi, A.R. & Sahandi, kh. (2020). Effect of soil structure breakdown on splash erosion in different soil textures. Journal of Watershed Science and Engineering, 14(48), 11-20[in Persian]

Vaezi, A.R. & Heidari, M. (2019). The effect of wheat straw on flow characteristics and rill erosion in wheat rainfed field. Journal of Soil and Water Research, 50(1), 53-63 [in Persian]

Vaezi, A.R., Bahrami, H.A., Sadeghi, S.H.R., & Mahdian, M.H. (2010). Modeling relationship between runoff and soil properties in dry-farming lands, NW Iran. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 7(2), 2577-2607.

Wang, H., Guan, D., Zhang, R., Chen, Y., Hu, Y., & Xiao, L. (2014). Soil aggregates and organic carbon affected by the land use change from rice paddy to vegetable field. Ecological Engineering, 70, 206-211.

Western, A.W. & Blöschl G. 1999. On the spatial scaling of soil moisture. Journal of Hydrology, 217(3-4), 203-224.

Walkley, A. & Black I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1), 29-38.

Zhang, Z., Wei, C., Xie, D.Gao, M., & Zeng X. (2008). Effects of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China. Particuology, 6(3), 157-166.