



تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۲ | شماره ۱۲ | اسفند ۱۴۰۰ (ص ۳۰۹۸-۳۰۸۳)

<https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2021.329439.669055>

(مقاله علمی - پژوهشی)

Investigation of Some Physical Properties and Evaluation of Fractal Dimension of Primary Soil Particles in Different Uses

SOMAYEH DEGHANI^{*1}, MAHDI NADERI KHORASGANI¹, AHMAD KARIMI¹

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.

(Received: Aug. 25, 2021- Revised: Dec. 7, 2021- Accepted: Dec. 26, 2021)

ABSTRACT

Despite the diversity of land use in arid and semi-arid areas of the country, land use can change the soil quality characteristics, as well as soil physical quality. The aim of this study was to investigate the effects of different land use on soil characteristics in the Baghan watershed in the southeast of Bushehr province with an area of about 929 square kilometers. That region has an important role in the production of agricultural products. From the surface soil (0-20 cm) of range, croplands and orchards, 120 composite soil samples were taken. Sampling sites were determined using the Latin hypercube technique. sand (Sa), silt (Si), clay (Cl), bulk density (pb), porosity (F), air content (AC), effective porosity (Φ_{eff}), macro pores (MAP), mean weight (MWD), geometry mean of aggregate diameter (GMD), water aggregate stability (WSA), aggregate stability index (SI), relative water content (RWC), saturated moisture (Θ_s), field capacity moisture (FC), permanent wilting point (PWP) and available water content (AWC) were determined by conventional methods and fractal dimension (D_b) was calculated by mass-diameter method. range, crop land and orchard land uses had significant effect ($P < 0.01$) on all studied characteristics except AC. Mean comparison showed that in range and crop land, among all studied characteristics, only PWP, FC and Θ_s were significantly different. In orchard, compared to range, there is a significant increases trend in Sa, F, Φ_{eff} , MAP, MWD, GMD, WSA, SI, Θ_s , FC, PWP, AWC and RWC and a significant decreases trend in Si, Cl, Pb and D_b were observed. Fitting of the linear equation to the measured data showed that with decreasing the clay and silt and increasing the sand, the fractal dimension decreased. The coefficients of explanation of the linear function of the fractal dimension with the percentages of sand, silt and clay were 0.8, 0.55 and 0.82, respectively. Based on the studied characteristics, the most desirable physical quality of soil was observed in orchard land use.

Keywords: Baghan Watershed, Different Managements, Fractal Dimension, Soil Physical Properties.

*Corresponding Author's Email: somayehdeghany@yahoo.com

بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی و ارزیابی قابلیت بعد فراکتالی ذرات اولیه خاک در کاربری‌های مختلف

سمیه دهقانی^{۱*}، مهدی نادری خوراسگانی^۱، احمد کریمی^۱

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۳ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۰/۵)

چکیده

باتوجه به تنوع کاربری زمین در نواحی خشک و نیمه‌خشک در کشور، نوع بهره‌برداری از زمین می‌تواند خصوصیات کیفی خاک، به‌ویژه کیفیت فیزیکی، را دستخوش تغییر نماید. این پژوهش، با هدف بررسی اثر کاربری‌های مختلف اراضی بر ویژگی‌های خاک در حوضه آبخیز باغان در جنوب شرقی استان بوشهر با وسعتی حدود ۹۲۹ کیلومترمربع که از دیدگاه کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد، اجرا شد. از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتیمتر) کاربری‌های مرتع، اراضی زراعی و باغات، ۱۲۰ نمونه مرکب برداشته شد. محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از تکنیک ابر مکعب لاتین تعیین شدند. ویژگی‌های شن (Sand)، سیلت (silt)، رس (clay)، جرم مخصوص ظاهری (ρ_b)، تخلخل (F)، تخلخل مؤثر (Φ_{eff})، منافذ درشت (MAP)، میانگین وزنی (MWD) و هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD)، پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA)، شاخص پایداری خاکدانه‌ها (SI)، تخلخل تهویه‌ای (AC)، آب قابل‌استفاده گیاه (AWC)، مقدار نسبی آب (RWC)، نقطه پژمردگی دائمی (PWP)، رطوبت گنجایش زراعی (FC) و رطوبت اشباع (Θ_s)، با روش‌های معمول تعیین و بعد فراکتال (D_b)، به روش جرم - قطر محاسبه شد. کاربری‌های مرتع، زراعی و باغ بر تمام ویژگی‌های مورد مطالعه به جز شاخص گنجایش هوایی (AC) اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) را نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین کاربری مرتع و زراعت نشان داد که از تمام ویژگی‌های مورد مطالعه فقط بر ویژگی‌های PWP، FC و Θ_s تفاوت معنی‌داری داشتند. در کاربری باغ در مقایسه با کاربری مرتع افزایشی معنی‌داری در Sand، Φ_{eff} ، F، MAP، MWD، GMD، WSA، SI، Θ_s ، FC، PWP، AWC، RWC و کاهش معنی‌داری در Clay، Silt، ρ_b و D_b مشاهده شد. برازش معادله خطی بر داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که با کاهش مقدار رس و سیلت و افزایش مقدار شن، بعد فرکتال کاهش یافت. ضرایب تبیین تابع خطی بعد فرکتال با درصد شن، سیلت و رس به ترتیب ۰/۸، ۰/۵۵ و ۰/۸۲ بود. بر اساس ویژگی‌های مورد مطالعه، مطلوب‌ترین کیفیت فیزیکی خاک در کاربری باغ مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بعد فرکتالی، حوضه آبخیز باغان، مدیریت‌های مختلف، ویژگی‌های فیزیکی خاک.

مقدمه

خاک یکی از اصلی‌ترین منابع طبیعی و به‌عنوان یک مؤلفه اصلی اکوسیستم‌های زمینی تحت فشارهای فزاینده‌ای قرار می‌گیرد (Jost et al., 2021). فشار فزاینده جمعیت بر منابع طبیعی و محیط‌زیست منجر به زوال کیفیت خاک و منجر به شور شدن خاک، تخلیه و بیابان‌زایی می‌شود (Zhang, 2020; Peng, 2002). تغییرات در کاربری‌های زمین جهانی شده است و این نتیجه رشد نمایی جمعیت همراه با شهرنشینی که به‌منظور حمایت از توسعه، نیازمند تأمین مواد غذایی و سایر مواد اولیه مورد نیاز می‌باشد (Zhao et al., 2021; Macias et al., 2020). اخیراً تخریب تأثیرات بسیار مهمی مانند از بین رفتن حاصلخیزی خاک و تنوع زیستی و تأثیرات منفی بر تولید محصولات کشاورزی می‌گذارد

(Ayoubi et al., 2018; Babur et al., 2021; Zhao et al., 2021; Maximillian et al., 2019). ارزیابی خصوصیات خاک در اثر تبدیل منابع طبیعی به زمین‌های کشاورزی در تشخیص تغییرات اولیه در کیفیت خاک بسیار مهم می‌باشد (Nunes et al., 2011; Akinde et al., 2020). کیفیت خاک که در ارزیابی میزان تخریب اراضی یا اصلاح و تعیین نوع فعالیت‌های مدیریتی برای کاربری پایدار اراضی اهمیت دارد، معمولاً از سه جنبه شیمیایی، فیزیکی و زیستی مورد توجه قرار می‌گیرد. تغییر کاربری اراضی و شیوه‌های مدیریتی زمین علاوه بر تأثیر فراوانی که بر ویژگی‌های خاک دارد، می‌تواند منجر به ازدست‌رفتن بسیاری از کاربردهای خاک شود (Molaei et al., 2020). باتوجه به این که ویژگی‌های خاک به طور مداوم تحت تأثیر استفاده از زمین قرار می‌گیرند مطالعاتی

در مورد تغییر، تحول و تغییرات ویژگی‌های خاک و در نهایت تخریب خاک به دنبال تغییر کاربری و کشت طولانی مدت صورت گرفته است (Zhao et al., 2021; Zhang, 2020; Jost et al., 2021; Taghipour et al., 2015 and Mehmandoust et al., 2018). Akinde et al (2020) به منظور بررسی تغییرات برخی ویژگی‌های خاک تحت کاربری‌های مختلف کشاورزی نشان دادند کشت مداوم منجر به کاهش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود، درحالی‌که جنگل‌کاری و کشت محصولات درختی، خواص خاک را بهتر حفظ می‌کند. نتایج (Molaei et al (2020) به منظور تأثیر چهار کاربری جنگل بکر، باغ گردو، زمین کشاورزی و جنگل تخریب شده در منطقه بازفت چهارمحال و بختیاری تأثیر معنی‌دار تغییر کاربری روی تمام ویژگی‌های مورد بررسی (درصد شن، درصد رس، میانگین وزنی قطر خاکدانه، تخلخل کل، جرم مخصوص ظاهری خاک، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی و کربنات کلسیم) به غیر از درصد سیلت را نشان داد. همچنین تخریب جنگل موجب کاهش شدید کیفیت خاک شد. با این وجود تغییر کاربری از کشاورزی به باغ گردو منجر به بهبود کیفیت خاک شد. نتایج (Riahi et al (2016) نشان داد که چگالی ظاهری، کربنات کلسیم، اسیدیته و میزان درصد شن خاک طی تغییر کاربری جنگل به مرتع و زراعت افزایش و تخلخل خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان درصد سیلت و رس خاک و میزان ماده آلی کاهش یافته است.

توزیع اندازه ذرات خاک، یکی از ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک است که بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی به صورت مستقیم و غیرمستقیم به آن مرتبط است. علاوه بر خصوصیات مانند نفوذپذیری خاک، تغییر کاربری اراضی و فرسایش خاک نیز سبب تغییر توزیع اندازه ذرات خاک‌ها می‌شوند. اگرچه ممکن است که سبب تغییر در کلاس بافتی خاک نشوند (Kakeh et al., 2015). بعد فرکتال شاخص مناسبی برای درک بهتر و بیان چگونگی توزیع اندازه ذرات با حداقل تعداد مؤلفه‌های مورد نیاز برای تعیین آن است (Filgueira et al., 2003). هندسه فرکتالی ایده‌هایی جدید برای توصیف ریاضی بی نظمی و ناهمگنی زیاد در محیط‌های متخلخل مانند خاک را فراهم می‌کند. هندسه فرکتالی، هندسه‌ای بسیار پیچیده است که در سرتاسر محدوده‌ای وسیع از مقیاس‌ها به طور آماری تکرار شده و باعث افزایش مقیاس تغییرناپذیری می‌گردد. تغییرپذیری در محیط‌های متخلخلی همچون محیط غیرهمگن خاک، باید از طریق بُعدهای فرکتالی که در مقیاس‌های مختلف متفاوت هستند، مورد مطالعه قرار گیرد (Lee, 2002). مفهوم فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک متکی بر وجود یک رابطه توانی بین تعداد

و قطر ذرات است و معمولاً به صورت تعداد تجمعی ذرات بزرگ‌تر از یک اندازه معین در مقابل قطر ذرات نشان داده می‌شود (Xiao et al., 2014). شکل دیگری از بیان توزیع فرکتالی ذرات به وسیله برخی محققین ارائه شده است که جرم تجمعی ذرات کوچک‌تر از یک اندازه معین در مقابل قطر ذرات ترسیم می‌شود. بر این اساس Tyler and Wheatcraft (1992) مدل فرکتالی را بر پایه جرم ذرات اولیه خاک توسعه دادند. آن‌ها با فرض ثابت بودن جرم ویژه ذرات، رابطه تعداد - اندازه را به صورت جرم تجمعی ذرات کوچک‌تر از یک اندازه معین بیان کردند. بعد فرکتال ذرات اولیه خاک را می‌توان با استفاده از روابط متفاوتی محاسبه نمود. برای تعیین بعد فرکتال ذرات اولیه خاک باید اساساً، داده‌های منحنی جرم - زمان نتایج هیدرومتری یا جرم - قطر منحنی دانه‌بندی خاک در دست باشد. با برازش منحنی به دو روش خطی و غیرخطی مقدار بعد فرکتال استخراج می‌شود. بعد فرکتال مستخرج از ذرات اولیه خاک در بازه ۰-۳ قرار می‌گیرد (Filgueira et al., 2006). هرچه مقدار بعد فرکتالی بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پراکندگی بیشتر ذرات خاک است و در نتیجه، مقدار ذرات با اندازه کوچک‌تر بیشتر می‌باشند. بعد فرکتال ذرات اولیه خاک با افزایش درصد رس و گاهی سیلت خاک به صورت غیرخطی افزایش و با افزایش درصد شن خاک به صورت خطی کاهش می‌یابد (Su et al., 2003). در برخی مطالعات، سامانه زراعی تأثیر معنی‌داری بر بعد فرکتالی نشان داده است (Ataee and Gorji., 2015).

(Ataee and Gorji (2015) دریافتند بعد فرکتالی خاکدانه‌ها عامل گویایی در انعکاس تأثیر اقدامات مدیریتی بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها می‌باشد. خاکدانه‌های پایدار و در نتیجه بعد فرکتالی کمتر در مزارعی مشاهده شد که در آن‌ها مدیریت‌های مناسب همانند افزودن کود دامی، کاهش عملیات خاک‌ورزی و مدیریت نظام تناوب حاکم است. در مقابل خاکدانه‌های ناپایدار، خردشوندگی بیشتر و بعد فرکتالی بزرگ‌تر خاکدانه‌ها، منعکس‌کننده شرایط نا به سامان مدیریتی همانند خاک‌ورزی متراکم و شدید، شخم در جهت شیب و مدیریت نادرست بقایای گیاهی می‌باشد.

از آنجایی که شاخص‌های کیفیت خاک و مقادیر آن‌ها و حفظ و نگهداری حاصلخیزی و محصول دهی خاک با توجه به شرایط منطقه‌ای متفاوت می‌باشند؛ درک مکانیزم تغییر کاربری‌های مختلف روی کیفیت خاک می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب برای تصمیم‌گیری در مدیریت کاربری اراضی در مناطق مشابه باشد. منطقه مورد مطالعه از دیدگاه فعالیت‌های کشاورزی و تراکم جمعیتی با اهمیت به شمار می‌رود و برخی کشاورزان منطقه برای

باغان رودخانه اصلی زیر حوضه باغان است که از شرق به غرب جریان دارد. طول رودخانه ۷۰ کیلومتر و شیب متوسط بستر حوضه ۱۵/۴ درصد می‌باشد. این منطقه از دیدگاه زمین‌شناسی دارای سنگ‌های مقاوم آهکی و دولومیت سازندهای آسماری - جهرم، سروک، فهلیان و کنگلومرای بختیاری می‌باشد. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۸۶۷ متر می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک اریدیک^۱ ضعیف تا زیریک^۲ و رژیم حرارتی خاک هایپرترمیک^۳ و متوسط بارندگی سالانه ۲۴۲ میلی‌متر می‌باشد (Banaei, 1998).

نمونه‌برداری و تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک

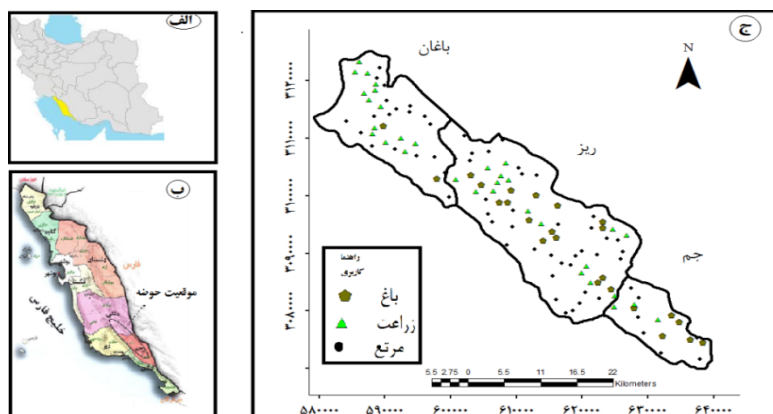
موقعیت نقاط نمونه‌برداری خاک به روش ابرمکعب لاتین^۴ و با استفاده از نقشه‌های کاربری، خاک، مدل رقومی ارتفاعی، زمین‌شناسی در محیط نرم‌افزار R، مشخص شد (Roudier et al., 2013). کاربری اراضی در حوضه آبخیز باغان شامل مرتع، زراعت دیم (غلات) و باغ (مرکبات و نخل) بودند. ۶۳ نمونه از خاک سطحی مراتع، ۳۳ نمونه از اراضی زراعی و ۲۴ نمونه از باغات به صورت مرکب به طوری که یک نمونه از مرکز و چهار نمونه به فاصله ۳۰ متر از مرکز در چهار جهت اصلی جغرافیایی (شکل ۲) از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر با یک بیلچه از جنس پلی‌اتیلن برداشته شد (Yang, et al., 2016 and Li et al., 2016).

امرارمعاش خود، اراضی شیب‌دار منطقه مرتعی را با تغییر کاربری به دیم‌زارهای غلات، مرکبات و نخیلات تبدیل کرده‌اند. باتوجه‌به مطالب ذکر شده و با شناخت عمیق اثرات تغییر کاربری اراضی یک منطقه می‌توان برنامه‌های مدیریتی و آمایش سرزمین انواع اکوسیستم‌های آن منطقه را طراحی کرد و جهت بازسازی اصولی و احیای اکوسیستم‌های تخریب شده و ضعیف اقدام نمایند؛ لذا در این تحقیق کوشش شد تغییرات برخی از ویژگی‌های مهم کیفیت خاک بررسی و قابلیت بعد فرکتال در تعیین اثر مدیریت و کاربری‌های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز باغان در جنوب شرقی استان بوشهر و در ۹۰ کیلومتری شرق شهرستان خورموج واقع شده است. این حوضه با وسعت ۹۲۹ کیلومترمربع دارای مختصات ۵۸۰۰۰۰ تا ۶۴۰۰۰۰ متر طول شرقی و ۳۰۷۰۰۰۰ تا ۳۱۲۵۰۰۰ متر عرض شمالی می‌باشد (شکل ۱). حوضه مورد مطالعه باغان از شمال به کوه‌های سرخان و زیرکوه، از شمال غرب به کوه سرچشمه، از غرب به کوه‌های احمد سلمان و گجهر و از سمت شرق و جنوب شرق به کوه‌های بیخو و ارتفاعات سرکان محدود می‌گردد. رودخانه فصلی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و مکان‌های نمونه‌برداری در کاربری‌های مختلف حوضه آبخیز باغان، استان بوشهر و کشور

$$F = 1 - \left(\frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن: ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک و ρ_s جرم مخصوص حقیقی خاک بر حسب مگاگرم بر مترمکعب و F تخلخل کل خاک است. میانگین وزنی^۵ (MWD) و میانگین هندسی قطر

درصد شن، رس و سیلت به روش هیدرومتری (بایکوس، ۱۹۶۲)، چگالی ظاهری (pb) خاک توسط استوانه نمونه‌برداری (کلوت و دایرکون، ۱۹۸۶) و تخلخل کل (F) از رابطه ۱ محاسبه شد (Miller and Keeney., 1992):

مجموع درصد سیلت و رس در نمونه می‌باشد. ظرفیت زراعی^۹، نقطه پژمردگی دائم^۴، تخلخل مؤثر^۵، تخلخل درشت^۶، گنجایش هوایی (تخلخل تهویه‌ای)^۷، گنجایش آب قابل‌استفاده گیاه^۸، گنجایش نسبی آب^۹ با استفاده از دستگاه جعبه شنی^{۱۰} و محفظه فشاری^{۱۱} و ترسیم منحنی مشخصه رطوبتی خاک^{۱۲} تعیین شد. منحنی مشخصه رطوبتی به صورت رطوبت حجمی خاک در برابر لگاریتم مکش خاک رسم می‌گردد. ابتدا رطوبت را در مکش‌های صفر، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر به وسیله دستگاه Sand box (اندازه‌گیری میزان رطوبت در محدوده اشباع تا ۰/۱ بار) و در مکش‌های ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر با استفاده از محفظه فشاری (اندازه‌گیری رطوبت تحت مکش ۰/۳ تا ۱۵ بار) تعیین و سپس با ضرب مقادیر رطوبت وزنی در چگالی ظاهری خاک، درصد رطوبت حجمی در مکش‌های تعیین شده به دست آمد. ظرفیت زراعی مزرعه (FC) رطوبت خاک در مکش ۳۳ کیلو پاسکال (۰/۳ بار) و پژمردگی دائم (PWP) رطوبت در مکش ۱۵۰۰ کیلوپاسکال (مکش ۱۵ بار) محاسبه شد. تخلخل مؤثر خاک^{۱۳} (Φ_{eff}) نیز از تفاضل تخلخل کل خاک (F) از رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه (FC)، گنجایش هوایی (AC) از تفاضل رطوبت اشباع خاک در مکش صفر (Θ_s) از رطوبت حجمی در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر (۰/۱ بار)، تخلخل درشت^{۱۴} (حجم منافذ درشت خاک که قطر بزرگ‌تر از ۰/۳ میلی‌متر است) از تفاضل رطوبت در نقطه اشباع و رطوبت حجمی خاک در مکش ۱۰ سانتی‌متر، ظرفیت زراعی نسبی (RFC) یا شاخص گنجایش نسبی آب (RWC) از تقسیم رطوبت زراعی (مکش ۰/۳ بار) بر رطوبت اشباع خاک (Reynolds et al., 2009)، شاخص گنجایش هوایی (AC) از تفاضل رطوبت اشباع خاک و رطوبت ظرفیت زراعی و آب قابل‌استفاده (AWC) از تفاضل رطوبت در نقاط گنجایش زراعی (مکش ۰/۳ بار) و پژمردگی دائم (مکش ۱۵ بار) تعیین شد.

محاسبه بعد فراکتال به روش جرم - قطر

بعد فرکتال ذرات اولیه خاک شاخص فیزیکی مناسبی برای توصیف توزیع اندازه ذرات خاک بوده است. به منظور محاسبه آن، در این روش ابتدا توزیع اندازه ذرات در زمان‌های ۰/۶۷، ۱، ۱/۵، ۳، ۶، ۲۵، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۵۱۰، ۱۴۴۰ دقیقه با هیدرومتر H ۱۵۲ قرائت شدند (Gee and Bauder., 1986). سپس داده‌های هیدرومتری به داده‌های کسر تجمعی جرم - قطر تبدیل شدند.

خاکدانه‌ها^۱ (GMD) با استفاده از روش الک تر محاسبه شد. برای این منظور هر یک از نمونه‌های خاک از الک ۴ میلی‌متر عبور داده و ۵۰ گرم آن توزین و بر روی سری الک‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ میلی‌متر ریخته شد. برای جلوگیری از تخریب خاکدانه‌ها ابتدا با آب فشان خاک را مرطوب، سپس الک‌ها برای مدت ۵ دقیقه در آب غوطه‌ور خواهند شد. الک‌ها ۴۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه حدود ۳ سانتی‌متر در آب بالا و پایین رفته و مواد باقیمانده روی الک‌ها در آن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس وزن خشک خاکدانه‌ها بر روی هر الک محاسبه و به کمک روابط ۲ و ۳ MWD محاسبه شد (Kemper and Rosenau., 1986). برخی محققان ترجیح می‌دهند از میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) به جای MWD برای ارزیابی ساختمان خاک استفاده کنند، چون در بسیاری از موارد، توزیع اندازه خاکدانه‌ها، یک توزیع لگ - نرمال (نیمه لگاریتمی) است (Kemper and Rosenau., 1986) از این رو GMD مطابق رابطه ۳ محاسبه شد.

$$MWD = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \bar{x}_i \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$GMD = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آنها: \bar{x}_i میانگین قطر خاکدانه‌ها بر روی هر الک (میانگین قطر سوراخ‌های الک بالایی و پایینی بر حسب میلی‌متر) و w_i نسبت وزنی خاکدانه‌ها روی هر الک به وزن نمونه خاک در ابتدای آزمایش پس از کسر ذرات شن و سنگ ریزه می‌باشد که از فرمول زیر محاسبه شد:

$$w_i = \left(\frac{w_i - w_i(s)}{w_t - \sum_{i=1}^n w_i(s)} \right) * 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن: w_i وزن ذرات باقی‌مانده در دامنه i ، $w_i(s)$ وزن ذرات شن و سنگ‌ریزه در دامنه i و w_t وزن آن - خشک خاک می‌باشد.

درصد خاکدانه‌های پایدار در آب^۲ (WSA) نیز همان درصد خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر یا خاکدانه‌های درشت تعریف شده است که با تعیین نسبت این خاکدانه‌ها به وزن کل نمونه خاک محاسبه شد (Sing and Khera., 2009).

شاخص پایداری (SI) از رابطه ۵ محاسبه شد.

$$SI = \frac{1.72 \times O.C}{\text{Silt} + \text{Clay}} \times 100 \quad 0 \leq SI \leq 100 \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن: O.C درصد کربن آلی خاک و (Silt+Clay)

9 Relative Water Content
10 Sand box
11 Pressure Plate
12 Soil Moisture Characteristic Curve
13 effective porosity
14 Macro Pore

1 Geometric Mean Diameter
2 Water Stable Aggregate
3 Field Capacity
4 Permanent Wilting Point
5 Pore Efficiency
6 Macro Pore
7 Air Content
8 Available Water Content

آن ویژگی از توزیع یکنواختی برخوردار است. کلاس تغییرپذیری ضریب تغییرات بر اساس معیار ارائه شده به وسیله Wilding (1985) بدین صورت به دست آمده است که اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ درصد باشد در کلاس تغییرپذیری کم و اگر ضریب تغییرات بین ۱۵ تا ۳۵ درصد باشد در کلاس تغییرپذیری متوسط و اگر ضریب تغییرات بیشتر از ۳۵ درصد باشد در کلاس تغییرپذیری زیاد قرار می‌گیرد. بر این اساس در کاربری مرتع WSA و در کاربری زراعی WSA، SI و در کاربری باغی Silt در کلاس تغییرپذیری زیاد و سایر ویژگی‌ها در کلاس تغییرپذیری کم و متوسط قرار می‌گیرند.

نتایج تجزیه واریانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها به جز شاخص گنجایش هوایی (AC) بر سایر ویژگی‌های فیزیکی (Silt, Sand, Clay, SI, WSA, GMD, MWD, MacroPore, Φ_{eff} , AFP, F, ρ_b , AWC, RWC, PWP, FC و Θ_s و D_b) اختلاف معنی‌داری ($P < 0.01$) بین کاربری‌های مختلف را نشان داد (جدول ۲). تغییر کاربری اراضی یکی از اقداماتی است که می‌تواند بر کیفیت خاک تأثیرگذار باشد. تأثیر نوع کاربری اراضی بر نحوه عملکرد خاک در اکوسیستم، از طریق مطالعه و ارزیابی تغییرات شاخص‌های کیفیت خاک امکان‌پذیر است. انتخاب ویژگی‌هایی که بتواند بیانگر کیفیت خاک باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. در بررسی ویژگی‌های فیزیکی، وضعیت فیزیکی خاک در ارزیابی کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار است. میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت کاربری‌های مختلف (مرتع، زراعت و باغ) با استفاده از آزمون دانکن در جدول ۲ نشان داده شده است.

توزیع اندازه ذرات

مطابق نتایج در جدول ۲، کاربری‌های زراعی و غیرزراعی علی‌رغم تفاوت در کاربری دارای کلاس بافتی (Sandy Loam) یکسان بودند. تغییر کاربری از مرتع به زراعت تأثیر معنی‌داری بر درصد شن، سیلت و رس نداشت در حالی که میانگین درصد شن، سیلت خاک در کاربری باغ با دیگر کاربری‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان داد. (2009) Khormali and Shamsi نیز گزارش کردند که در کاربری باغات مورد مطالعه آنها کاهش رس قابل توجه بوده است. نتایج (2016) Riahi et al در اراضی جنگلی مازندران و (2008) Martinez-Mena et al در خاک‌های جنوب شرقی اسپانیا در کاهش ذرات سیلت و رس با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. (2011) Niknahad gharmaei and maramaei گزارش کردند در اثر تغییر کاربری اراضی، بافت خاک از شنی رسی لومی در اراضی جنگلی به شنی لومی در اراضی مرتعی و زراعی تغییر یافته است. (2007) Ajami نیز تغییر بافت خاک از لومی

قطر ذرات در زمان‌های قرائت هیدرومتر از رابطه زیر محاسبه شد.

$$d = \sqrt{\frac{30 \times \theta \times L}{(980 \times (\rho_s - \rho_w) \times t)}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در آن: d قطر ذره بر حسب میلی‌متر، L عمق مؤثر هیدرومتر بر حسب سانتی‌متر، θ ویسکوزیته بر حسب سانتی‌پواز، ρ_s جرم ویژه حقیقی خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، ρ_w چگالی آب و t زمان ته‌نشینی بر حسب دقیقه است. عمق مؤثر هیدرومتر (L) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$L = 16.3 - (0.164 \times HYD) \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن HYD عدد واقعی هیدرومتر بعد از اعمال تصحیح کالگون است.

سپس برای محاسبه بعد فراکتال از رابطه زیر استفاده شد

(Tyler and Wheatcraft., 1992; Filgueira et al., 2006).

$$\frac{M(r < R)}{M_T} = \left(\frac{R}{R_U}\right)^{3-D} \quad (\text{رابطه ۸})$$

که در آن: $M(r < R)$ جرم ذرات خاک با شعاع کمتر از R و M_T جرم کل ذرات خاک با شعاع کمتر از R_U است. R_U بالاترین شعاع ذرات با رفتار فراکتالی و D بعد فراکتالی ذرات است. با لگاریتم‌گیری از دو طرف معادله فوق معادله زیر بدست می‌آید (Filgueira et al., 2006).

$$\log \frac{M(r < R)}{M_T} = (3 - D) \log \frac{R}{R_U} \quad (\text{رابطه ۹})$$

برای هر نمونه خاک $\log \frac{M(r < R)}{M_T}$ در برابر $\log \frac{R}{R_U}$ ترسیم شد. سپس بعد فراکتالی در محدوده خطی پراکنش نقاط با برازش رابطه فوق تعیین شد که همان شیب خط است. شیب خط در این محدوده (S) برابر است با:

$$S = 3 - D \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

نتایج و بحث

خلاصه آماری

خلاصه آماری (کمترین، بیشترین، میانگین و ضریب تغییرات) برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه در سه کاربری مرتع، کشت دیم و باغات آبی در جدول ۱ نشان داده شده است. کلاس‌های بافت خاک با توجه به میانگین و محدوده درصد شن، سیلت و رس، عبارت‌اند از چهار کلاس Sandy Loam، Loamy Sand، Silty Loam و در بیشتر نقاط Sandy loam غالب بود. به‌طور کلی در بین متغیرهای مورد مطالعه کمترین ضریب تغییرات (CV) در کاربری مرتع، زراعت و باغ به ترتیب مربوط به درصد رطوبت اشباع (Θ_s)، جرم مخصوص ظاهری خاک (ρ_b) و نقطه پژمردگی دایم (PWP) و بیشترین مقدار CV به ترتیب مربوط به WSA، WSA و درصد سیلت خاک می‌باشد. CV نشان‌دهنده تغییرپذیری یک ویژگی می‌باشد به طوری که هرچه مقدار CV کمتر باشد نشان‌دهنده این است که

رسی سیلتی در کاربری جنگل به بافت سبک‌تر لوم سیلتی را در

جدول ۱- خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی در کاربری مرتع (۶۴ نمونه)، زراعت (۳۴ نمونه) و باغ (۲۳ نمونه).

باغ				زراعت				مرتع				متغیر
CV	Mean	Max	Min	CV	Mean	Max	Min	CV	Mean	Max	Min	
۱۲/۲	۶۵/۹	۷۷	۴۰	۱۳/۲	۵۹/۱	۷۲	۴۴	۱۴/۶	۵۶/۸۱	۷۲	۳۴	Sand*
۳۶/۹	۱۹/۱	۴۴	۱۰	۳۱/۲	۲۴/۴	۴۰	۱۲	۳۱/۵	۲۴/۸۹	۴۶	۱۶	Silt
۱۸	۱۴/۹	۲۱	۱۲	۲۴/۸	۱۶/۵	۲۵	۱۲	۲۵	۱۸/۲	۲۶	۱۲	Clay
۱۲/۳	۱/۳	۱/۶	۱	۳/۵	۱/۵۵	۱/۶	۱/۴	۶/۷	۱/۵۲	۱/۷۰	۱/۳۰	ρ_b
۱۲/۶	۵۰/۹	۵۷	۳۶/۶	۶/۹	۴۱/۵	۴۷/۱	۳۸/۹	۹/۱	۴۲/۵	۵۰/۹	۳۵/۸	F
۳۲/۵	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۰	۲۱/۶	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۱	۳۴/۲	-۰/۱۲	-۰/۲۲	-۰/۰۴	Φ_{eff}
۷/۶۴	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۹	-۰/۰/۰۰۷	۲۹/۲۹	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۳	۲۷/۳۵	-۰/۰۰۴۳	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۲	MAC.P
۱۵/۹	-۰/۹	۱/۱	-۰/۶	۲۰/۴	-۰/۶	۱	-۰/۴	۱۴/۹	-۰/۶۹	۱/۰۰	-۰/۴۰	MWD
۹/۵	-۰/۷	-۰/۸	-۰/۶	۲۵/۵	-۰/۶	۱	-۰/۳	۲۲/۳	-۰/۶۰	-۰/۹۹	-۰/۳۲	GMD
۲۰/۵	۲۲/۷	۲۸/۸	۹/۱	۵۷/۶	۱۰/۴	۲۱/۸	۱/۳	۵۳/۹	۱۰/۴۵	۲۳/۰۰	۲/۰۰	WSA
۲۰/۰	۵/۷	۷/۸	۳/۵	۴۲/۸	۲/۰	۴/۶	-۰/۷	۳۴/۶	۲/۴۷	۴/۶۴	-۰/۶۳	SI
۱۹/۲	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۱	۱۹/۵	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۱	۱۴/۷	-۰/۱۸	-۰/۲۵	-۰/۱۱	AC
۱۷/۰	-۰/۱	-۰/۲	-۰/۱	۲۳/۰	-۰/۱	-۰/۲	-۰/۰	۲۷/۸	-۰/۱۱	-۰/۱۶	-۰/۰۲	AWC
۸/۶	-۰/۶	-۰/۷	-۰/۵	۱۲/۰	-۰/۶	-۰/۷	-۰/۴	۸/۷	-۰/۵۸	-۰/۷۰	-۰/۴۴	RWC
۶/۵	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۱	۸/۶	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۱	۱۹/۲	-۰/۱۴	-۰/۲۰	-۰/۰۸	PWP
۶/۷	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۳	۱۰/۳	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۲	۸/۲	-۰/۲۵	-۰/۲۸	-۰/۲۰	FC
۷/۲	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۴	۶/۴	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۴	۵/۰	-۰/۴۳	-۰/۴۶	-۰/۳۷	Θ_s
۱۲/۷	۲/۶۳	۲/۶۸	۲/۵۲	۱۲/۱	۲/۶۹	۲/۷۹	۲/۶	۱۴/۲	۲/۷۱	۲/۸۱	۲/۶	D_b

* Sand, Silt, Clay, ρ_b , F, Φ_{eff} , MAC.P, MWD, GMD, WSA, SI, AC, AWC, RWC, PWP, Θ_s , FC, D_b و Θ_s : به ترتیب برابر است با درصد شن، درصد سیلت، درصد رس،

جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، تخلخل مؤثر، خلل و فرج درشت، میانگین وزنی قطر خاکدانه، میانگین هندسی قطر خاکدانه، پایداری خاکدانه در آب، شاخص پایداری،

گنجایش هوایی، گنجایش آب قابل استفاده، گنجایش نسبی، نقطه پژمردگی دائمی، ظرفیت زراعی، رطوبت اشباع و بعد فرکتال.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت کاربری‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن

تجزیه واریانس		مقایسه میانگین در کاربری				واحد	ویژگی فیزیکی
خطا	میانگین مجذور مربعات	باغ	زراعت	مرتع			
۶۵/۷۰۰	۶۹۱/۶۷**	۶۵/۸ ^a	۵۹/۱ ^b	۵۶/۸ ^b	%	Sand	
۵۸/۲	۲۹۱/۶**	۱۹/۱ ^b	۲۴/۳۵ ^{۳a}	۲۴/۸۸۹ ^a	%	Silt	
۱۷/۲	۱۰۱/۳۲**	۱۴/۹ ^b	۱۶/۵ ^{۲b}	۱۸/۲ ^a	%	Clay	
-۰/۱۰۰۴۳	-۰/۵۳**	۱/۳۰ ^b	۱/۵۵ ^a	۱/۵۲ ^a	mg.cm ⁻³	Pb	
۱۶/۱	۷۳۵/۶**	۵۰/۹ ^a	۴۱/۳ ^b	۴۲/۵ ^b	%	F	
-۰/۰۰۲	-۰/۰۱**	-۰/۲۱ ^a	-۰/۱۸ ^b	-۰/۱۷ ^b	cm ³ .cm ⁻³	Φ_{eff}	
-۰/۰۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۱۷**	-۰/۰۰۸ ^a	-۰/۰۰۴ ^b	-۰/۰۰۴۲ ^b	cm ³ .cm ⁻³	MAC.P	
-۰/۰۱۴۲۳	-۰/۴۳۱۸۳**	-۰/۸۸ ^a	-۰/۶۴ ^b	-۰/۶۹ ^b	mm	MWD	
-۰/۰۱۷۰۵	-۰/۰۵۶۶۷*	-۰/۶۸ ^a	-۰/۶۰ ^b	-۰/۶۱ ^b	mm	GMD	
۳۱/۸۳۶	۱۴۴۶/۰۹۳**	۲۲/۶۹ ^a	۹/۸۴ ^b	۱۰/۴ ^b	%	WSA	
-۰/۸۴۳	-۰/۴۳**	-۰/۶۹ ^a	-۰/۰۳ ^b	-۰/۴۶ ^b	%	SI	
-۰/۰۰۰۹۳	-۰/۰۰۰۱۸ ^{ns}	-۰/۱۸ ^a	-۰/۱۷ ^a	-۰/۱۷ ^a	cm ³ .cm ⁻³	AC	
-۰/۰۰۰۷۸	-۰/۰۰۴۱۴**	-۰/۱۳ ^a	-۰/۱۱۶ ^b	-۰/۱ ^b	cm ³ .cm ⁻³	AWC	
-۰/۰۰۳۱۹	-۰/۰۲۴۱۸**	-۰/۶۲ ^a	-۰/۵۶ ^b	-۰/۵۸ ^b	cm ³ .cm ⁻³	RWC	
-۰/۰۰۰۴۱	-۰/۰۲۰۱۴**	-۰/۱۶ ^a	-۰/۱۰ ^c	-۰/۱۳۷ ^b	cm ³ .cm ⁻³	PWP	
-۰/۰۰۰۴۴	-۰/۰۳۳۴۵**	-۰/۲۹ ^a	-۰/۲۲ ^c	-۰/۲۴ ^b	cm ³ .cm ⁻³	FC	
-۰/۰۰۰۶۵	-۰/۰۳۸۰۳**	-۰/۴۷ ^a	-۰/۴۰ ^c	-۰/۴۲ ^b	%	Θ_s	
-۰/۰۰۳	-۰/۰۵۸**	۲/۶۳ ^b	۲/۶۹ ^a	۲/۷۱ ^a	-	D	
-۰/۰۱	۹**	۱/۹ ^a	-۰/۸ ^c	۱ ^b	%	OM	

Sand, Silt, Clay, ρ_b , F, Φ_{eff} , MAC.P, MWD, GMD, WSA, SI, AC, AWC, RWC, PWP, Θ_s , FC, OM و Θ_s : به ترتیب برابر است با درصد شن، درصد سیلت، درصد رس،

جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، تخلخل مؤثر، خلل و فرج درشت، میانگین وزنی قطر خاکدانه، میانگین هندسی قطر خاکدانه، پایداری خاکدانه در آب، شاخص پایداری،

گنجایش هوایی، گنجایش آب قابل استفاده، گنجایش نسبی، نقطه پژمردگی دائمی، ظرفیت زراعی، رطوبت اشباع، بعد فرکتال و ماده آلی.

(جدول ۲). برخی محققین پایداری خاکدانه‌ها و مقدار خلل و فرج بیش‌تر را به مقدار کربن آلی خاک نسبت داده‌اند (Zou et al., 2008). کاربری اراضی و اعمال مدیریتی مانند خاک‌ورزی همگی خلل و فرج درشت و پیوستگی شبکه‌ای آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zhou et al., 2008). بیشترین جرم مخصوص (۱/۵) و (۱/۵۵) میلی‌گرم بر مترمکعب و کمترین درصد تخلخل کل (۴۲/۵ و ۴۱/۳) در مراتع و زراعت مشاهده شد. احتمالاً در کاربری مرتع و زراعت نسبت به باغ با فرسایش ذرات خاک، خلل و فرج خاک پر شده و به دنبال آن تخلخل خاک کاهش یافته و جرم مخصوص ظاهری افزایش یافته است. (Mohaghegh (2016) کاهش درصد تخلخل خاک (F) در مرتع ضعیف و کشت دیم نسبت به سایر کاربری‌ها را ناشی از چرای مفرط دام و عملیات زراعی نامطلوب (شخم زدن در جهت شیب و اضافه نکردن بقایای گیاهی به خاک) دانست که منجر به فشردن شدن خاک و ایجاد سله‌های فراوان در سطح خاک شده است. (Zoualfaghari and hajabbasi (2008) گزارش کردند تبدیل جنگل و مرتع به زمین کشاورزی سبب کاهش ماده آلی، تخلخل کل و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شده است. تأثیر کاربری‌ها بر افزایش میانگین تخلخل مؤثر خاک (Φ_{eff}) در کاربری باغ نسبت به سایر کاربری‌ها مشاهده می‌شود (جدول ۲). خاک‌ورزی توزیع اندازه منافذ را به طور گسترده‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات تخلخل کل خاک مرتبط با تغییرات در توزیع اندازه منافذ هستند این وابستگی می‌تواند بسته به نوع خاک متفاوت باشد. تخلخل مؤثر خاک وابسته به تخلخل کل خاک و رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه می‌باشد. که با توجه به افزایش تخلخل کل خاک در کاربری باغ، بیشترین مقدار تخلخل مؤثر (۰/۲۱) در کاربری باغ می‌باشد. با توجه به این که در بیش‌تر اراضی تحت کشت کشورمان مشکل کمبود آب وجود دارد از طرفی تأثیر کشت بر توزیع خلل و فرج خاک و منحنی رطوبتی با توجه به نوع بافت خاک و اندازه ذرات تغییر می‌کند؛ لذا بررسی ویژگی‌های مرتبط با منحنی رطوبتی حائز اهمیت است. مطابق نتایج این پژوهش تخلخل درشت (Macro Pore) یا حجم منافذ درشت خاک (قطر بزرگ‌تر از ۰/۳ میلی‌متر) در کاربری باغ نسبت به سایر کاربری‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). تخلخل درشت وابسته به رطوبت در نقطه اشباع و رطوبت حجمی خاک در مکش ۰/۱ بار می‌باشد. مطابق جدول ۳ همبستگی منفی تخلخل درشت با جرم مخصوص ظاهری (۰/۵۹-) و همبستگی مثبت با تخلخل کل (۰/۶۳)، ماده آلی (۰/۶۲) و میانگین قطر

کاربری زراعی در مقایسه با کاربری جنگل را گزارش نمود و دلیل آن را فرسایش و از بین رفتن لایه‌های سطحی و رخنمون شدن لایه‌های عمقی در کاربری زراعی دانست. خاک‌ورزی در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، فرسایش خاک را افزایش و موجب جداسازی ذرات خاک به‌ویژه ذرات رس و سیلت و در نتیجه شستشو و انتقال به مناطق پایین‌دست خاک سبب کاهش درصد ذرات (سیلت و رس) در کاربری کشاورزی می‌شود (Celik, 2005). (Gholam et al (2016) با مقایسه ویژگی‌های خاک در سه کاربری، مرتع، جنگل و اراضی زراعی در منطقه بانه استان کردستان، نتیجه‌گیری کردند که تغییر کاربری بر بافت خاک مؤثر نبوده است.

جرم مخصوص ظاهری

بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری (۱/۵۴ و ۱/۵۸) در مراتع و کاربری زراعی منطقه مشاهده شد. علت بالا بودن جرم مخصوص ظاهری ممکن است خاک‌ورزی و ترافیک دام و ماشین‌آلات در این کاربری‌ها و کم‌شدن ماده آلی خاک دانست که این افزایش می‌تواند سبب محدودیت‌هایی در رشد ریشه گیاهان و حرکت هوا و آب در خاک شود و ممکن است منجر به عمق کم ریشه گیاهان و رشد ضعیف آن‌ها شده و بر راندمان محصولات تأثیر گذاشته و پوشش گیاهی موجود جهت حفاظت خاک در برابر فرسایش را کاهش دهد. برخی محققین کاهش مواد آلی را باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل و در نتیجه کاهش پایداری خاکدانه‌ای شده و میزان نگهداشت آب در خاک کاهش می‌یابد (Celik, 2005). کاربری باغ در مقایسه با مرتع و زراعت به ترتیب به میزان ۱۴ و ۱۶ درصد کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک را نشان داد. نتایج این پژوهش (جدول ۳) همبستگی منفی بین ρ_b و OM (۰/۴۹-) را نشان می‌دهد. افزایش ماده آلی و مقدار رس، موجب بهبود ساختمان خاک و به تبع آن، افزایش تخلخل کل خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود (Amirinejad et al (2018). Lal (1987) نیز همبستگی بالایی بین جرم مخصوص ظاهری و مقدار ماده آلی خاک گزارش کرد.

تخلخل کل، مؤثر و درشت خاک

اندازه‌گیری ویژگی‌های منفذی برای تعیین ویژگی‌های ساختمانی خاک بسیار مهم هستند، زیرا عوامل بسیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. میانگین تخلخل کل خاک (F) در کاربری باغ اختلاف معنی‌داری را نشان داد به طوری که با کاهش جرم مخصوص ظاهری در کاربری باغ افزایش در تخلخل خاک مشاهده شد

(WSA) در کاربری باغ افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). نتایج همبستگی مثبت WSA با OM، F و MWD و همبستگی منفی با ρ_b و pH در جدول ۳ مشهود می‌باشد. Moncada et al (2014) نشان دادند خاک‌ورزی به طور معنی‌داری ویژگی‌های ساختمانی خاک مانند MWD و WSA را تغییر داده است.

پایداری ساختمان (SI) مطابق معادله ۵، شاخص غیرمستقیمی از پایداری خاکدانه‌هاست و محاسبه آن به مقدار کربن آلی و بافت خاک (درصد رس و سیلت خاک) وابسته است و باتوجه‌به اینکه اختلاف معنی‌داری در میزان کربن آلی و تغییرات ناچیز اندازه ذرات بین کاربری‌ها مشاهده می‌شود شاخص SI تغییرات محسوسی را نشان داد به طوری که SI در کاربری باغ ۲/۳ برابر میانگین آن در مرتع می‌باشد (جدول ۲). همبستگی مثبت SI با OM (۰/۸۷)، F (۰/۵) و MWD (۰/۴۷) و همبستگی منفی با ρ_b (-۰/۴۹) مطابق جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین میانگین SI (۵/۶۹) در کاربری باغ می‌باشد و افزایش در ماده آلی و کاهش درصد رس و سیلت بر SI تاثیر گذاشته است. به عقیده Pieri (1992) برای حد بهینه شاخص پایداری ساختمان خاک (SI) این مقادیر می‌بایست بالاتر از ۷ درصد باشد که باتوجه‌به میانگین SI در کاربری مرتع، زراعت و باغ به ترتیب ۲/۶، ۲ و ۵/۶ درصد در این منطقه با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در حد کمتر از بهینه قرار گرفته است. نتایج (Moosavi et al (2018) نشان داد. مقادیر SI، MWD و OC در کاربری گندم نسبت به باغات انار و زیتون کم‌تر بودند. Reynolds et al (2009) نیز گزارش کردند، کاهش کربن آلی، تجزیه و معدنی‌شدن این ماده و همچنین کاهش جمعیت ریز جانداران می‌توانند دلایلی بر تخریب ساختمان خاک و کاهش کیفیت خاک در مراتع تخریب یافته باشند. به‌طورکلی در این پژوهش حضور ماده آلی و افزایش کودهای دامی به خاک سبب پایداری ساختمان خاک شده به طوری که کشت طولانی مدت (باغ) نتوانسته ساختمان خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت‌تأثیر قرار دهد.

ویژگی‌های هیدرولیکی خاک

ویژگی‌های هیدرولیکی خاک از خواص مهم خاک هستند که تعیین آن‌ها در عرصه کشاورزی از نظر آب قابل جذب گیاه، تبخیر و تعرق، برنامه‌ریزی آبیاری اهمیت دارند (Mosaddeghi et al., 2011 and Khodaverdiloo et al., 2011). تأثیر کاربری باغ بر گنجایش هوایی (AC) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. تخلخل تهویه‌ای یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک بوده و بیان‌کننده هوای خاک و مقدار اکسیژن قابل‌دسترس برای ریشه

خاکدانه (۰/۴۶) را نشان می‌دهد. برخی محققین ماده آلی را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تشکیل خاکدانه‌ها و اثرگذاری بر منافذ درشت خاک معرفی کردند (Fornarelli and Antenucci, 2011; Lal, R 1999; Giacometti et al., 2013).

ویژگی مرتبط با ساختمان خاک

شاخص‌های فیزیکی مرتبط با پایداری ساختمان خاک و برقراری نسبت مناسب از آب‌وهوا در ناحیه رشد ریشه، یکی از جنبه‌های اساسی در کیفیت خاک است. بنا بر نتایج حاصله کاربری زراعی نسبت به مرتع بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD)، اثر معنی‌داری نداشت اما نتایج تأثیر معنی‌دار کاربری باغ را در مورد MWD و GMD نسبت به دیگر کاربری‌ها نشان داد (جدول ۲). بیشترین مقادیر MWD و GMD در کاربری باغ و کمترین آن در کاربری زراعت بود. از عوامل اساسی در پایداری خاکدانه‌ها می‌توان به عوامل چسباننده و زمان لازم برای تأثیر عوامل می‌باشد هرچه این عوامل محدود شوند خاکدانه‌سازی نیز محدود می‌شود. کربن آلی خاک به‌عنوان یک ویژگی کلیدی مؤثر بر کیفیت خاک معرفی شده است. فرآیندهای پایداری خاکدانه‌ها با ماده آلی نه تنها به مقدار و ترکیب شیمیایی ماده آلی بستگی دارد، بلکه بیش از آن به آرایش و چگونگی پیوندهای ماده آلی با اجزاء معدنی خاک نیز وابسته است (Aringhieri, 1979). برخی محققین بیان کردند که ماده آلی در خاک هم در شکل‌گیری خاکدانه و هم در پایداری آن اثر مثبت دارد (Lynch and Bragg., 1985). احتمالاً کربن آلی از طریق ویژگی فلوکوله شدن و چسبندگی ذرات خاک در کاربری باغ توانسته ویژگی‌های ساختمانی خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد (Nosrati, 2012 and Mohaghegh, 2016). مطابق نتایج جدول ۲ در منطقه مورد مطالعه کاهش پایداری خاکدانه‌ها در آب (WSA) در کاربری زراعی و مرتع اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۲) این امر احتمالاً به دلیل ضریب تغییرات زیاد این ویژگی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد اما در صورت ادامه کشت و کار به‌صورت سنتی و همراه با کاهش بیشتر ماده آلی خاک، پایداری خاکدانه‌های درشت کمتر نیز خواهد شد. حضور خاکدانه‌های درشت معمولاً به مقدار ماده آلی خاک و درصد رس وابسته است، خاک‌ورزی با شکستن خاکدانه‌های درشت و در معرض قراردادن مواد آلی درون آن‌ها که قبلاً در دسترس میکروارگانیسم‌ها نبوده‌اند، موجب تشدید در تجزیه و معدنی شدن کربن می‌شود و بعلاوه میزان خاکدانه‌های درشت را نیز کاهش می‌دهد (Sankey et al., 2006). شاخص پایداری خاکدانه در آب

مشهودی را نشان نداده است. نتایج Soltanalinezhad et al (2016) نشان داد که با کاهش تخلخل تهویه‌ای غلظت یون بی کربنات (از سطح صفر تا ۲۴ درصد) و مقدار pH در محلول خاک افزایش یافت؛ این افزایش ناشی از زیاد شدن مقدار رطوبت و زیادی کربنات کلسیم بود. چگالی ظاهری خاک، یکی از ویژگی‌های فیزیکی مؤثر خاک است و می‌تواند WSA و AC را تحت تأثیر قرار دهد (Reynolds et al., 2009).

گیاهان است و تهویه خاک نقش مهمی در جذب و انتقال عناصر غذایی از طریق ریشه گیاهان دارد (Stepniwski et al., 1994). دامنه تخلخل تهویه‌ای تحت تأثیر رطوبت خاک و جرم مخصوص ظاهری تغییر می‌کند (بجت و همکاران، ۱۹۹۶). به‌طور کلی AC بیشتر از $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ در محیط رشد ریشه سبب می‌شود که گیاهان کمتر آسیب و یا کاهش عملکرد را در اثر تهویه نامناسب داشته باشند (White, 2006). احتمالاً به دلیل تغییرات همسو در افزایش درصد رطوبت اشباع و ظرفیت زراعی، AC تغییرات

جدول ۳- همبستگی برخی ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده با جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، ماده آلی، اسیدیته و ساختمان خاک

متغیر	Pb	F	OM	pH	MWD
Pb	۱	-۰/۹۸**	-۰/۴۹**	۰/۲۳*	-۰/۳۴**
F	-۰/۹۸**	۱	۰/۵**	-۰/۲۵**	۰/۳۵**
Φ_{eff}	-۰/۸۱**	۰/۸۳**	۰/۲*	-۰/۱۶	۰/۱۴
MAC	-۰/۵۹**	۰/۶۳**	۰/۶۲**	-۰/۳۲**	۰/۴۶**
MWD	-۰/۳۴**	۰/۳۵**	۰/۵۱**	-۰/۲۲*	۱/۰۰
GMD	-۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۵	-۰/۱۶	۰/۱۳
WSA	-۰/۴۸**	۰/۴۹**	۰/۴۶**	-۰/۲۹**	۰/۵۱**
SI	-۰/۴۹**	۰/۵**	۰/۸۹**	-۰/۳۹**	۰/۴۷**
AC	-۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۳
AWC	-۰/۲۴**	۰/۲۶**	۰/۱۸*	-۰/۱۴	۰/۰۶
RWC	-۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۴**	-۰/۱۱	۰/۲۲*
Θ_{PWP}	-۰/۲۵**	۰/۲*	۰/۴۴**	-۰/۰۷	۰/۴**
Θ_{FC}	-۰/۴۳**	۰/۴۲**	۰/۵۵**	-۰/۱۸*	۰/۴**
Θ_{S}	-۰/۴**	۰/۴۱**	۰/۵۲**	-۰/۱۵	۰/۳۲**

Θ_{S} , Θ_{FC} , Θ_{PWP} , RWC, AWC, AC, SI, WSA, GMD, MWD, MacPore, Φ_{eff} میانگین هندسی قطر خاکدانه، پایداری خاکدانه در آب، شاخص پایداری، گنجایش هوایی، گنجایش آب قابل‌استفاده، گنجایش نسبی، نقطه پژمردگی دائمی، ظرفیت زراعی، رطوبت اشباع،

معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد. * و **

معمول‌ترین اشکال تخریب اراضی توسط انسان است (Glor et al., 2001). تأثیری که عملیات کشت و کار بر ویژگی‌های خاک می‌گذارد در نهایت می‌تواند منجر به کاهش توانایی خاک در نگهداری رطوبت گردد (Zhai et al., 1990). باتوجه‌به جدول ۳ نتایج نشان‌دهنده همبستگی مثبت AWC با OM (۰/۱۸)، F (۰/۲۸) و همبستگی منفی با pb (-۰/۲۴) می‌باشد. برخی محققین دریافته‌اند چنانچه سایر ویژگی‌های بافت، ساختمان و کانی‌شناسی ثابت فرض شود افزایش ماده آلی، به‌ازای یک درصد، موجب افزایش ۲ یا بیشتر از پنج درصدی AWC خواهد شد (Olness and Archer., 2005) نتایج (Mohaghegh 2016) در حوضه آبخیز چغاخور روند افزایش معنی‌دار AWC، AC و MWD در مرتع خوب و کشت باغ نسبت به مرتع ضعیف را نشان داد. جدول ۲ نشان می‌دهد که گنجایش نسبی آب (RWC) در

افزایش معنی‌دار رطوبت قابل‌دسترس خاک (AWC) در کاربری باغ مشاهده می‌شود. (جدول ۲). خاک‌ورزی سبب تغییر در ساختمان منافذ و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک می‌گردد. رطوبت خاک تابعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن است، ولی کشت با تغییر این خصوصیات می‌تواند AWC را دست‌خوش تغییرات کند. رطوبت قابل‌دسترس خاک (AWC) تفاوت رطوبت نقطه پژمردگی دائم و حد ظرفیت مزرعه است که تابعی از بافت و ساختمان خاک است؛ بنابراین هر عاملی مانند کشت و کار با تأثیر بر ساختمان خاک می‌تواند سبب تغییرات در PWP و FC شود. افزایش ماده آلی در کاربری باغ نسبت به مرتع و زراعت سبب ایجاد خاکدانه‌ها و منافذ درشت و افزایش تخلخل می‌گردد. در واقع افزایش مقادیر AWC در خاک ذخیره‌سازی و فراهمی آب برای ریشه گیاه و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. کشاورزی یکی از

مطابقت دارد. توزیع اندازه خلل و فرج و ارتباط آن با جرم مخصوص ظاهری، خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه‌ها، به دلیل تأثیر آن بر تخلخل بااهمیت است و به‌طور کلی، تأثیر آن بر دیگر ویژگی‌های فیزیکی خاک، به‌ویژه ارتباط آن با جرم مخصوص ظاهری زیاد است.

بعد فراکتالی اندازه ذرات خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از منطقه نشان داد به دنبال تغییر در مدیریت‌های مختلف کاهش معنی‌داری در سطح یک درصد در میانگین بعد فراکتال مشاهده شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در کاربری مرتع (۲/۷۱) نسبت به زراعت (۲/۶۹) اختلاف معنی‌دار بعد فراکتال مشاهده نشد. در حالی که این کاهش در کاربری باغ (۲/۶۳) نسبت به مرتع اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مطالعات گذشته حاکی از آن است که علفزارهای طبیعی، جنگل‌ها و بوته‌زارها معمولاً ابعاد فراکتال بیشتری نسبت به زمین زراعی دارند (Su., 2004). Beigi et al. (2017) بعد فراکتال ذرات اولیه خاک در منطقه تحت آبیاری با آب چاه - شاهد، تحت آبیاری با پساب به مدت ۱۳ سال و آبیاری به پساب به مدت ۲۳ سال را به سه روش جرم - قطر، جرم - زمان و کرچنکو - ژانگ به ترتیب با میانگین بعد فراکتال سه مزرعه ۲/۴۵، ۲/۸۲ و ۲/۷۹ گزارش کردند. (Emami 2016) میانگین بعد فراکتال با بافت لوم، لوم سیلتی و لوم شنی را به ترتیب ۲/۷۵، ۲/۷۶ و ۲/۶۹ گزارش کرد. نتایج همبستگی بعد فراکتال با درصد شن، سیلت و رس نشان می‌دهد با درشت شدن اندازه ذرات خاک بعد فراکتال کاهش می‌یابد (جدول ۴). همبستگی بعد فراکتال با درصد رس و شن بیشتر از سیلت در هر سه کاربری مشاهده شد. بیشترین مقادیر همبستگی بعد فراکتال با درصد شن، سیلت و رس در کاربری زراعت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. باتوجه به همبستگی بالای بعد فراکتال با درصد شن، سیلت و رس می‌توان از بعد فراکتال به‌عنوان شاخص مناسبی برای بررسی توزیع اندازه ذرات خاک استفاده نمود. (Su (2004) گزارش کردند که بعد فراکتالی ذرات اولیه با افزایش رس افزایش و با افزایش درصد شن کاهش می‌یابد. (Shabani et al. (2020) نشان دادند که بافت خاک روی مقدار بعد فراکتال تأثیرگذار است. رابطه خطی بعد فراکتال با درصد ذرات خاک منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. ضرایب تبیین تابع خطی بعد فراکتال با درصد شن، سیلت و رس در خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۸، ۰/۵۵ و ۰/۸۲ بدست آمد. Milla'net al (۲۰۰۳) نشان دادند که ارتباط خطی بین بعد فراکتال و درصد رس خاک برقرار است. Babrnejad et al (۲۰۱۷) با استفاده از آنالیز رگرسیونی گام به

کاربری‌های زراعت و مرتع تفاوت معنی‌داری نداشتند کاربری باغ اختلاف معنی‌داری را در این مورد نشان داد. این ویژگی به نسبت رطوبت زراعی (مکش ۰/۳ بار) بر رطوبت اشباع خاک وابسته می‌باشد. که همبستگی مثبتی را با OM و MWD نیز نشان داده است (جدول ۳). مطابق نتایج کمترین مقادیر رطوبت نقطه اشباع (Θ_s)، ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگی دائم (PWP) در کاربری زراعی نشان داده شده است (جدول ۲). در اراضی آیش و کشاورزی در اثر شخم و کشت و کار، خاک زیرورو می‌شود و در نتیجه در معرض هوا قرار می‌گیرد و این عامل خود باعث کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک می‌شود (Mayssoon., 2004). از طرفی (Ajami 2007) کاهش قابل توجه درصد رس و ماده آلی را دلیل اصلی کاهش میزان رطوبت اشباع خاک در اثر تغییر کاربری اراضی دانستند. (Bapiri 2020) گزارش کردند انجام عملیات کشت و کار، سبب کاهش برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند پایداری ساختمان خاک، فراوانی منافذ درشت و ظرفیت زراعی در خاک - های زراعی نسبت به غیرزراعی شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک می‌تواند به‌عنوان معیاری برای تغییرات ویژگی‌های هیدرولیکی خاک قلمداد شود (Yimer., 2008). از طرفی با افزایش میزان شن از میزان رطوبت خاک در مکش‌های بالا کاسته می‌شود. با بالا رفتن مقدار شن تخلخل ریز کم شده و از طرفی ذرات شن بر روی سطح ویژه تأثیر بسیار کمی دارند، بنابراین سبب نگهداری رطوبت کم‌تری در خاک می‌شوند (Rawls and Brakensiek., 1989) که این امر در کاربری زراعی مشهود می‌باشد اما در کاربری باغ به دلیل تأثیر ماده آلی خاک و افزایش سطح ویژه خاک، باعث نگهداری آب بیش‌تری در PWP می‌شود. افزایش معنی‌دار میانگین رطوبت Θ_s ، FC و PWP در کاربری باغ مشاهده شد (جدول ۲). (Rawls and Seyedmohammadi and Esmaeelnejad Pachepsky (2002) and (2016) تأثیر ماده آلی بر PWP را مثبت گزارش کردند. این تغییرات را می‌توان ناشی از تأثیر مثبت ماده آلی در تشکیل خاکدانه‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش تخلخل و منافذ درشت دانست. به‌طور کلی ساختمان خاک، توزیع اندازه منافذ و پیوستگی آن‌ها بر منحنی رطوبتی خاک مؤثر است. با وجود افزایش درصد شن در کاربری باغ، افزایش مقدار ماده آلی و کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود اندکی در ساختمان خاک، سبب شده است تا ویژگی‌های Θ_s ، FC و PWP افزایش معنی‌داری مشاهده شود. نتایج مطالعات (Mbagwu et al (1999) بر روی خاک‌های نیجریه نشان داد که رطوبت اشباع به طور مثبتی با تخلخل کل و درشت و به طور منفی با جرم مخصوص ظاهری همبستگی داشتند که با نتایج این تحقیق در جدول ۳

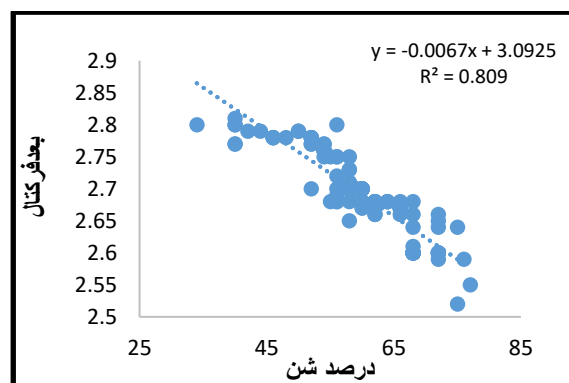
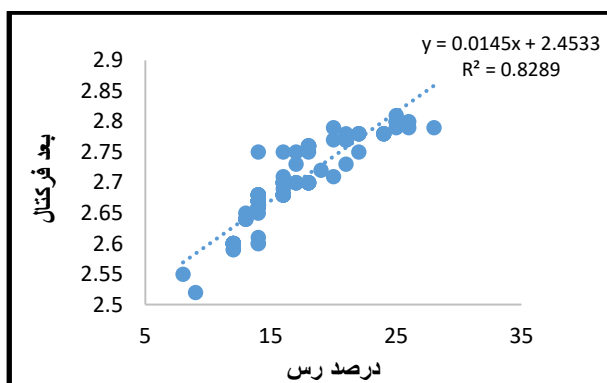
گام نشان دادند ارتباط قوی و معنی‌داری بین بعد فرکتال مدل تیلر و ویت گرفت با مقدار رس و شن خاک وجود دارد.

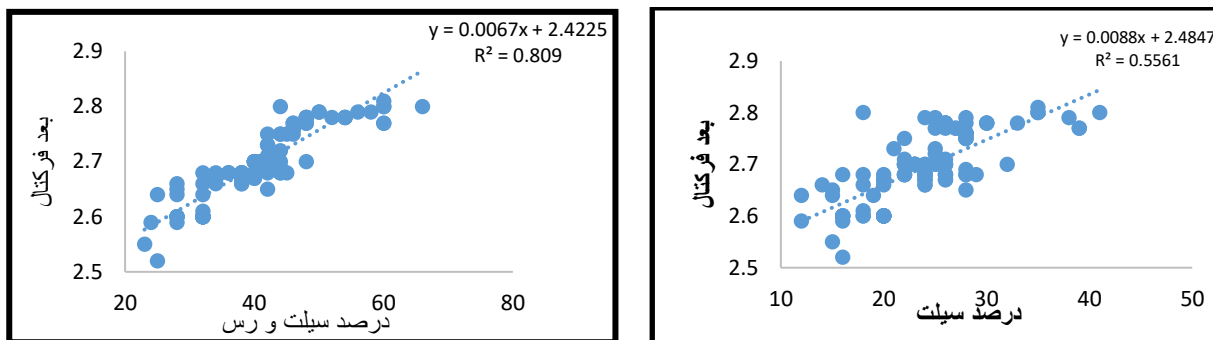
جدول ۴- همبستگی بعد فراکتال با درصد شن، سیلت و رس

ویژگی	کاربری	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس
بعد فرکتال	مرتع	-۰/۸۷**	۰/۶۹**	۰/۸۸**
	زراعت	-۰/۹۳**	۰/۷۷**	۰/۹۱**
	باغ	-۰/۷۲**	۰/۵۳**	۰/۸۹**

آن خاکدانه‌ها جسمی شبه فرکتالی در نظر گرفته می‌شوند (Zhao et al., 2006; Duhour et al., 2009). تئوری فرکتال یک ابزار سودمند برای توصیف پدیده‌های دارای خصوصیات خود تشابه از جمله توزیع اندازه ذرات می‌باشد. همچنین پارامتر مهمی است که می‌توان با استفاده از آن تغییرات کاربری و مقدار فرسایش‌پذیری یک منطقه را تحلیل نمود. در مناطق نیمه‌خشک مانند منطقه مورد مطالعه بیشتر نمونه‌های بافت خاک منطقه Sandy Loam می‌باشد و درصد شن آن نیز بالاست، ذرات ریز خاک به شدت در معرض فرسایش می‌باشند و به راحتی توسط جریان آب به پایین دست حمل می‌شوند. کاهش مقدار ذرات رس در بافت خاک می‌تواند پتانسیل فرسایش خاک را افزایش دهد. با وجود افزایش ماده آلی در کاربری باغ، با کاهش مقدار رس و سیلت و افزایش مقدار شن بعد فرکتال کاهش می‌یابد و این موضوع چنانچه در چهارچوب مدیریت صحیح قرار نگیرد می‌تواند با فرسایش بیشتر ارتباط داشته باشد.

Xiao et al. (2014) نیز رابطه‌ای لگاریتمی و قوی بین بعد فرکتال و درصد شن و رس خاک مشاهده کردند. این محققین نشان دادند که رابطه ضعیفی بین بعد فرکتال و درصد سیلت وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برآورد بعد فراکتال با استفاده از مقادیر شن و رس به خوبی امکان‌پذیر می‌باشد. (Tirgarsoltani et al. (2012 کارایی مدل‌های فرکتالی را برای توصیف توزیع اندازه ذرات خاک مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که تابع فرکتالی در خاک‌های درشت‌بافت بهتر از خاک‌های ریزبافت قادر به توصیف توزیع اندازه ذرات می‌باشند. روابط خطی قابل توجه بین ابعاد فرکتال و ذرات خاک نشان‌دهنده این است که ابعاد فرکتال اندازه ذرات خاک پارامتر مفیدی می‌باشد که اطلاعاتی در مورد میزان تخریب خاک ارائه می‌دهد و پتانسیل بیابان‌زایی خاک را نیز تخمین می‌زند. بعد فرکتالی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در مطالعات مربوط با خصوصیات فیزیکی خاک، فرسایش، فرآیندهای هیدرولوژیک و توضیح کمی ساختمان خاک و درجه به هم خوردگی خاک به کار رود که در





شکل ۲- رابطه بین درصد شن، سیلت و رس با بعد فرکتال (R^2 نشان‌دهنده ضریب تبیین برازش معادله خطی بر داده‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، تفاوتی معنی‌دار بین کاربری‌های زراعی و مرتع در حوضه آبخیز باغان فقط بر ویژگی‌های Θ_s ، FC، PWP مشاهده شد. درحالی‌که اختلاف معنی‌دار همه ویژگی‌های فیزیکی مورد مطالعه به جز شاخص گنجایش هوایی در کاربری باغ با مرتع مشاهده شد. همچنین نتایج نشان‌دهنده همبستگی منفی بعد فرکتال و میزان شن و همبستگی مثبت با ذرات می‌باشد. در این مطالعه پیامدهای مهم مدیریتی تأثیرپذیری ویژگی‌های مرتبط با مدیریت آب‌و خاک به‌ویژه ویژگی‌های فیزیکی خاک از تغییر کاربری به‌روشنی مشاهده می‌شود. باتوجه‌به اینکه ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت کشت و در مراتع از لحاظ کیفیت در حداقل است این امر نشان می‌دهد عملیات کشاورزی چنانچه در چهارچوب مدیریتی صحیح قرار نگیرد می‌تواند پیامدهایی زیان‌بار بر کیفیت خاک‌ها داشته باشد. علی‌رغم اثر مثبت کاربری باغ بر برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک نباید خسارات محیط‌زیستی آن به خاک و مراتع را نادیده گرفت یا توجیه کرد.

از سوپی با حضور ماده آلی به مقدار بهینه، می‌توان با ایجاد ساختمان مناسب و پایدار جلوی تخریب ساختمان در اثر عملیات کشت و در نتیجه تغییر توزیع خلل‌و فرج را گرفت؛ لذا ایجاد مزارع گیاهان زراعی، درختان و شیوه‌های محافظه‌کارانه مدیریت خاک مانند کود، مالچ، آهک زنی و خاک‌ورزی حفاظتی برای جلوگیری از تخریب اراضی کشاورزی در مناطقی که خاک تحت شرایط مشابه است پیشنهاد می‌شود.

سپاس‌گزاری

این مقاله بخشی از پایان‌نامه دکتری با عنوان تعیین منابع احتمالی رسوب، آلاینده‌های شیمیایی و تأثیر خشکسالی بر فرسایش در حوضه آبخیز باغان، استان بوشهر در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۹ انجام‌گرفته است. پروپوزال این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه شهرکرد تأیید شده است.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCE

- Ajami, M. (2007). Soil quality attributes micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su watershed. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 191p. (In Persian).
- Akinde, B. P., Olakayode, A. O., Oyedele, D. J., & Tijani, F. O. (2020). Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria. *Heliyon*, 6(9), e05090.
- Amirinejad, A. A., & Ghotbi, S. (2018). The impact of land use change on soil physical quality in Gilan-e-Gharb region. *Journal of Water and Soil Science*, 22(2).
- Aringhieri, R. and P. Sequi. 1979. The arrangement of organic mater in a soil crumb. PP. 145-150. In: Emerson, W.W. and A. R. Dexter. (Eds.), *Modification of Soil Structure*. John Wiley & Sons Pub., Chichester.
- Ataee, A., Gorji, M., & Parvizi, Y. (2015). Evaluation of the suitability of fractal dimension of soil aggregates in assessing different soil management practices. *Iranian Journal of Soil Research*, 28(4), 701-712.
- Ayoubi, S., Mokhtari, J., Mosaddeghi, M. R., & Zeraatpisheh, M. (2018). Erodibility of calcareous soils as influenced by land use and intrinsic soil properties in a semiarid region of central Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 190(4), 1-12.
- Babrnejad, z. H., zolfaghari, a. A., yazdani, m. R., hashemi, a. A., & kiyanian, m. K. (2017). Evaluation of fractal models in describing particle size distribution of sediment (case of study: fooladmahale of semnan). (in persian).
- Babur, E., Uslu, Ö. S., Battaglia, M. L., Diatta, A.,



- Fahad, S., Datta, R., ... & Danish, S. (2021). Studying soil erosion by evaluating changes in physico-chemical properties of soils under different land-use types. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- Bagarello, V., Provenzano, G., & Sgroi, A. (2009). Fitting particle size distribution models to data from Burundian soils for the BEST procedure and other purposes. *Biosystems Engineering*, 104(3), 435-441. (In Persian).
- Banaei, M. H. (1998). Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. *Soil and Water Research Institute*, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian).
- Bapiri, D., Barin, M., & Ghoosta, Y. (2020). Changes in quality of soils with contrasting moisture regimes as affected by cultivation: with an emphasis on soil physical quality. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 9(2), 49-70. (In Persian).
- Beigi Harchegani, H., Banitalebi, G., & Ghobadina, M. (2017). The effect of long-term irrigation with municipal treated wastewater on the saturated hydraulic conductivity of a silt loam soil and its estimation-a case study. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 21(1), 171-184. (In Persian).
- Bhagat, R. M., Bhuiyan, S. I., and Moody, K. (1996). Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: a review. *Agricultural Water Management*, 31(3), 165-184.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Celik I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research*, 83(2): 270-277.
- Duhour, A., Costa, C., Momo, F., Falco, L., & Malacalza, L. (2009). Response of earthworm communities to soil disturbance: Fractal dimension of soil and species' rank-abundance curves. *Applied Soil Ecology*, 43(1), 83-88.
- Emami, h. (2016). estimating some hydraulic characteristics of soil using fractal dimension of solid particles. *electronic journal of soil management and sustainable production*, 6(1), 219-232. (In Persian).
- Filgueira, R. R., Fournier, L. L., Cerisola, C. I., Gelati, P., & García, M. G. (2006). Particle-size distribution in soils: A critical study of the fractal model validation. *Geoderma*, 134(3-4), 327-334.
- Filgueira, r. R., pachepsky, y. A., & fournier, l. L. (2003). Time-mass scaling in soil texture analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 67(6), 1703-1706.
- Fornarelli, R., & Antenucci, J. P. (2011). The impact of transfers on water quality and the disturbance regime in a reservoir. *Water research*, 45(18), 5873-5885.
- Gee G.w. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis, In: A. Klute (Ed.). *Methods of soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy* :383-411.
- Gholami L., Davari M., Nabiollahi K., and Jafari H (2016) Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). *Journal of Water and Soil Resource Conservation*, 5(3): 13-27. (In Persian).
- Giacometti, C., Demyan, M. S., Cavani, L., Marzadori, C., Ciavatta, C., & Kandeler, E. (2013). Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 64, 32-48.
- Glor, R. E., Flecker, A. S., Benard, M. F., & Power, A. G. (2001). Lizard diversity and agricultural disturbance in a Caribbean forest landscape. *Biodiversity & Conservation*, 10(5), 711-723.
- Hoyos, N., & Comerford, N. B. (2005). Land use and landscape effects on aggregate stability and total carbon of Andisols from the Colombian Andes. *Geoderma*, 129(3-4), 268-278.
- Jost, E., Schönhart, M., Skalský, R., Balkovič, J., Schmid, E., & Mitter, H. (2021). Dynamic soil functions assessment employing land use and climate scenarios at regional scale. *Journal of Environmental Management*, 287, 112318.
- Takeh J., Zolfaghari A. A., Gorji M. (2015). Multifractal Characteristics of Soil Particle Size Distribution and Effect of Biological Soil Crusts on Multifractal Spectrum, *Iranian Journal of Soil Research*, 28(4), 673-687.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. 425-442.
- Khodaverdiloo, H., Homaei, M., van Genuchten, M. T., & Dashtaki, S. G. (2011). Deriving and validating pedotransfer functions for some calcareous soils. *Journal of hydrology*, 399(1-2), 93-99.
- Khormali, F., & Shamsi, S. (2009). Investigation of the quality and micromorphology of soil evolution in different landuses of a loess hillslope of Golestan province, a case study in Ghapan region. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(3), 14-26.
- Klute, A. (1986). Water retention: laboratory methods. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 635-662.
- Kravchenko, A., & Zhang, R. (1998). Estimating the soil water retention from particle-size distributions: a fractal approach. *Soil science*, 163(3), 171-179.
- Lal, R. 1987. *Tropical Ecology and Physical Edaphology*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Lal, R. 1999. Soil quality and food security: The global perspective. Pp. 3-16. In: R Lal., (ed.), *Soil Quality and Erosion*, Soil and water Conservation Society, CRC Press, Boca Raton.
- Lee, C. K. (2002). Multifractal characteristics in air pollutant concentration time series. *Water, Air, and Soil Pollution*, 135(1), 389-409.
- Li, F., Zhang, J., Huang, J., Huang, D., Yang, J., Song, Y., & Zeng, G. (2016). Heavy metals in road dust from Xiandao District, Changsha City, China: characteristics, health risk assessment, and integrated source identification. *Environmental*

- Science and Pollution Research*, 23(13), 13100-13113.
- Lynch, J. M., & Bragg, E. (1985). Microorganisms and soil aggregate stability. In *Advances in soil science* (pp. 133-171). Springer, New York, NY.
- Macías, M. D. J. G., Carbajal, N., & Vargas, J. T. (2020). Soil deterioration in the southern Chihuahuan Desert caused by agricultural practices and meteorological events. *Journal of Arid Environments*, 176, 104097.
- Martinez-Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Boix-Fayos, C., & Albaladejo, J. (2008). Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. *Soil and Tillage Research*, 99(1), 119-129.
- Maximillian, J., Brusseau, M. L., Glenn, E. P., & Matthias, A. D. (2019). Pollution and environmental perturbations in the global system. In *Environmental and Pollution Science* (pp. 457-476). Academic Press.
- Maysoon, M.M. and Charles, W.R. (2004). Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. Division S-3- *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 809-816.
- Mbagwu, J. S. C., & Auerswald, K. (1999). Relationship of percolation stability of soil aggregates to land use, selected properties, structural indices and simulated rainfall erosion. *Soil and Tillage Research*, 50(3-4), 197-206.
- Mehmandoost, F., Owliaie, H. R., Adhami, E., & Naghiha, R. (2018). Effect of land use change on some physicochemical and biological properties of the soils of Servak plain, Yasouj region. *Journal of Water and Soil*, 32(3).
- Millan, H., Gonzalez-Posada, M., Aguilar, M., Dominguez, J., & Céspedes, L. (2003). On the fractal scaling of soil data. Particle-size distributions. *Geoderma*, 117(1-2), 117-128.
- Miller R.H. and Keeney D.R. (1992) Methods of Soil Analysis. Part 1.2. Physical, Chemical and mineralogical properties. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp. 24-185.
- Mohaghegh. P.(2016). Evaluation of land use type impact on runoff and sediment production in the Chughakhor watershed (Chaharmahal va Bakhtiari province). The thesis of Ph.D in soil science. Faculty of Agriculture, Shahrekord University.
- Molaei, a. M., salehi, m., karimian, e. M., & mosleh, z. (2020). Effect of land-use change on some physical and chemical indices of soil quality in the bazoft region,(chaharmahal-va-bakhtiari province).
- Moncada, M. P., Penning, L. H., Timm, L. C., Gabriels, D., & Cornelis, W. M. (2014). Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. *Soil and Tillage Research*, 140, 20-28.
- Moosavi, s., & emami, h., & haghnia, g. (2018). Effect the changing of land use on soil physical and fertility properties in nehbandan area. *Agricultural engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(2), 59-69.
- Mosaddeghi, M. R., & Mahboubi, A. A. (2011). Point pedotransfer functions for prediction of water retention of selected soil series in a semi-arid region of western Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(4), 327-342.
- Niknahad gharmakher, h., & maramaei, m. (2011). Effects of land use changes on soil properties (case study: the kechik catchment). *Electronic journal of soil management and sustainable production*, 1(2), 81-95.
- Nunes, A. N., De Almeida, A. C., & Coelho, C. O. (2011). Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography*, 31(2), 687-699.
- Olness, A., & Archer, D. (2005). Effect of organic carbon on available water in soil. *Soil Science*, 170(2), 90-101.
- Peng, Z.H., 2002. China's forest ecological network system construction. China Forestry Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Pieri, C. J. (2012). Fertility of soils: a future for farming in the West African Savannah (Vol. 10). Springer Science & Business Media.
- Rawls, W. J., & Brakensiek, D. L. (1989). Estimation of soil water retention and hydraulic properties. In *Unsaturated flow in hydrologic modeling* (pp. 275-300). Springer, Dordrecht.
- Rawls, W. J., & Pachepsky, Y. A. (2002). Soil consistence and structure as predictors of water retention. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1115-1126.
- Reynolds, W. D., Bowman, B. T., Drury, C. F., Tan, C. S., & Lu, X. (2002). Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma*, 110(1-2), 131-146.
- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Tan, C. S., Fox, C. A., & Yang, X. M. (2009). Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, 152(3-4), 252-263.
- Riahi, M. R., Vahabzadeh, G., & Raei, R. (2016). The role of land use change on some soil physicochemical properties (case study: watershed basin of Keyasar Galooga). *Water and Soil Science*, 26(1-1), 159-171.
- Roudier, P., Beaudette, D. E., & Hewitt, A. E. (2012). A conditioned Latin hypercube sampling algorithm incorporating operational constraints. *Digital soil assessments and beyond*, 227-231.
- Sankey, T. T., Montagne, C., Graumlich, L., Lawrence, R., & Nielsen, J. (2006). Twentieth century forest-grassland ecotone shift in Montana under differing livestock grazing pressure. *Forest Ecology and Management*, 234(1-3), 282-292.
- Seyedmohammadi, J., & Esmaelnejad, L. (2016). Derivation the Suitable Pedotranfer Functions for Prediction of Some Difficulty Available Soil Properties. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(4), 203-217.
- Shabani,s Zeinalzadeh, k . Rezaei E.(2020). he performance of fractal models in estimating soil



- particle size distribution. *Applied soil research*, 8.(4).158-168.
- Soltanalinzhad, N., Samadi, A., Asgarzadeh, H., & Dovlati, B. (2016). The study of interaction air filled porosity and the use of urea and mono calcium phosphate on the availability of nitrogen, phosphorus and potassium in incubation period. *Applied Soil Research*, 3(2), 101-115.
- Stepniewski, W., Gliński, J., & Ball, B. C. (1994). Effects of compaction on soil aeration properties. In *Developments in agricultural engineering* (Vol. 11, pp. 167-189). Elsevier.
- Su, Y. Z., Zhao, H. L., Zhao, W. Z., & Zhang, T. H. (2004). Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma*, 122(1), 43-49.
- Taghipour, A., Rezapour, S., Dovlati, B., & Hamzenejad, R. (2015). Effects of land use changes on some soil chemical properties in Khoy, West Azerbaijan Province.
- Tirgarsoltani, M., Zolfaghari, A., Gorji, M., & Shorafa, M. (2012). Investigation on the limitations of power functions for describing Soil particle size distribution: *Soil and Water Sciences*, 26 , (1), 67 - 76 .
- Trivedi, P., Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I. C., & Singh, B. K. (2016). Response of soil properties and microbial communities to agriculture: implications for primary productivity and soil health indicators. *Frontiers in Plant Science*, 7, 990.
- Tyler, S. W., & Wheatcraft, S. W. (1992). Fractal scaling of soil particle-size distributions: Analysis and limitations. *Soil Science Society of America Journal*, 56(2), 362-369.
- White, R. E. (2013). Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource. John Wiley & Sons.
- Wilding, L. P. (1985). Spatial variability: its documentation, accomodation and implication to soil surveys. In *Soil spatial variability, Las Vegas NV, 30 November-1 December 1984* (pp. 166-194).
- Xiao, L., Xue, S., Liu, G., & Zhang, C. (2014). Fractal features of soil profiles under different land use patterns on the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Land*, 6(5), 550-560.
- Yang, Y., Li, Y., & Zhang, J. (2016). Chemical speciation of cadmium and lead and their bioavailability to cole (*Brassica campestris* L.) from multi-metals contaminated soil in northwestern China. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 28(1-4), 33-41.
- Yimer, F., Messing, I., Ledin, S., & ABdelkadir, A. (2008). Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands of Ethiopia. *Soil use and management*, 24(4), 344-349.
- Zhai, R., Kachanoski, R. G., & Voroney, R. P. (1990). Tillage effects on the spatial and temporal variations of soil water. *Soil Science Society of America Journal*, 54(1), 186-192.
- Zhang, J. (2020). Soil environmental deterioration and ecological rehabilitation. In *Study of Ecological Engineering of Human Settlements* (pp. 41-82). Springer, Singapore.
- Zhao, S. W., Jing, S. U., Yang, Y. H., Liu, N. N., Wu, J. S., & Shanguan, Z. P. (2006). A fractal method of estimating soil structure changes under different vegetations on Ziwuling Mountains of the Loess Plateau, China. *Agricultural Sciences in China*, 5(7), 530-538.
- Zhao, X., Tong, M., He, Y., Han, X., & Wang, L. (2021). A comprehensive, locally adapted soil quality indexing under different land uses in a typical watershed of the eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Indicators*, 125, 107445.
- Zhou, X., Lin, H. S., & White, E. A. (2008). Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. *Catena*, 73(2), 180-188.
- ZOU, A. A., & Hajabbasi, M. A. (2008). The effects of land use change on physical properties and water repellency of soils in Lordegan forest and Freidunshar pasture.