

## ارتباط بین حساسیت به فرسایش و تخریب پذیری فیزیکی خاک در اثر تغییر کاربری زمین در عرصه‌های مرتعی منطقه نیمه‌خشک

علی‌رضا واعظی\*، خدیجه سهندی و فرشته حق شناس<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۵)

### چکیده

فرسایش آبی به شدت تحت تأثیر تغییر کاربری زمین و تخریب فیزیکی خاک در اثر عملیات کشاورزی می‌تواند قرار گیرد. این پژوهش به منظور بررسی اثرات تغییر کاربری مراتع ضعیف بر تخریب پذیری فیزیکی خاک و فرسایش خاک در عرصه‌های مرتعی منطقه نیمه‌خشک انجام گرفت. آزمایش در ۴۲ نمونه خاک مربوط به هفت عرصه با کاربری مرتع ضعیف و زراعت دیم که از خاک متفاوت (لوم رسی، لوم رس سیلتی، لوم رس شنی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی و شن لومی) برخوردار بودند، انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی خاک در نمونه‌های هر دو نوع کاربری زمین اندازه‌گیری شد و تغییرات آن به عنوان تخریب فیزیکی خاک بیان شد. حساسیت به فرسایش در خاک‌ها، تحت باران شبیه‌سازی شده با شدت ۵۰ میلی‌متری بر ساعت به مدت ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به زراعت دیم به شدت منجر به تخریب فیزیکی خاک‌ها می‌شود؛ به طوری که چگالی ظاهری، تخلخل کل، تخلخل درشت، رطوبت ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه به ترتیب ۲۸، ۲۲، ۴۱، ۱۱، ۵، ۶۲ و ۶۳ درصد در اثر تغییر کاربری زمین تخریب شدند. ویژگی‌های ساختمانی خاک (اندازه خاکدانه و پایداری خاکدانه) بیشترین تخریب پذیری فیزیکی را داشتند. تغییر کاربری زمین حساسیت خاک‌ها را به فرسایش افزایش داد. میان حساسیت به فرسایش در اثر تغییر کاربری و تخریب پذیری فیزیکی خاک رابطه معنی دار وجود داشت. نتایج نشان داد که خاک‌هایی که از خاکدانه‌های درشت و پایداری بر خوردارند، بیشترین تخریب پذیری فیزیکی را در اثر تغییر کاربری زمین دارند و بیشترین حساسیت را به فرسایش نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: زراعت دیم، ساختمان خاک، شبیه‌ساز باران، فرسایش آبی، ویژگی‌های فیزیکی

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

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: vaezi.alireza@gmail.com

## مقدمه

خاک یک منبع طبیعی گران‌بهاست که نقش بنیادی در زیست‌بوم دارد. در مقیاس عمر انسان، خاک منبع تجدید ناپذیر هست چرا که فرایند تشکیل خاک از صدها سال طول می‌کشد (۲۳)؛ تخریب خاک، فرایندی تدریجی است که در نتیجه عوامل طبیعی مانند فرسایش آبی و فعالیت‌های انسانی به صورت مستقیم و غیرمستقیم رخ می‌دهد (۱۲). تخریب خاک از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است: فیزیکی، شیمیایی و زیستی. در تخریب فیزیکی خاک ویژگی‌های فیزیکی مانند تخلخل، نسبت منافذ درشت، قابلیت تهویه، توان نگهداری آب در خاک و نفوذپذیری خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کاهش تخلخل خاک، کاهش نسبت منافذ درشت، افت توان نگهداری، نفوذپذیری خاک از پیامدهای بارز تخریب فیزیکی خاک هستند. حساسیت خاک‌ها به تخریب فیزیکی در اثر عوامل مختلف را تخریب‌پذیری فیزیکی خاک می‌گویند. عوامل مختلفی مانند ضربه قطرات باران، نیروی جریان آب، حرکت دام و ماشین‌های کشاورزی روی خاک، تغییر کاربری زمین، چرای بی‌رویه و جنگل‌تراشی نقش اساسی در تخریب فیزیکی خاک‌ها روی کره‌ی زمین داشته‌اند. عوامل مذکور با تحت‌تأثیر قرار دادن فرایندهای تشکیل و پایداری ساختمان خاک در شدت تخریب خاک‌ها اثر می‌گذارند (۱۵). فرسایش خاک یک چالش جهانی بوده که منابع آب‌و‌خاک را تهدید می‌کند. این پدیده تحت تأثیر عواملی مانند اقلیم، خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و مدیریت زمین قرار دارد و منجر به افت باروری خاک خواهد شد (۱۸). شدت و گسترش فرسایش در زمان و مکان‌های مختلف و به عواملی مانند پستی و بلندی، خصوصیات خاک و چگونگی کاربری زمین بستگی دارد. در طی فرایند فرسایش نیروهای مختلفی بر روی خاک اثر می‌گذارند (۲۶).

عرصه‌های مرتعی واقع در مناطق نیمه‌خشک از جمله مناطق حساس به تغییر کاربری زمین هستند. در این مناطق پوشش گیاهی ضعیف است و در نتیجه فرایندهای فرسایش خاک فعال هستند (۳۷). کمبود بارندگی و توزیع غیریکنواخت سالانه

بارندگی از عواملی هستند که باعث ضعف پوشش گیاهی و پایداری آن طی سال می‌شوند. وقوع خشک‌سالی‌های دوره‌ای عاملی است که نقش اساسی در تضعیف منابع گیاهی در این رویشگاه‌های طبیعی دارد (۳۴). افزایش نیاز به مواد غذایی به دلیل رشد فزاینده جمعیت موجب شده است این عرصه‌ها به شدت در معرض تغییر کاربری زمین قرار گیرند. این موضوع در کنار از بین بردن تنوع زیستی موجب تخریب خاک و تشدید فرایندهای فرسایشی می‌شود. خرد شدن خاکدانه‌ها، تراکم خاک، افت تهویه و نفوذپذیری، کاهش ماده آلی و افت ظرفیت نگهداری آب از جمله پیامدهای تخریب خاک در این مناطق است (۳۶). در اراضی مرتعی که در دامنه‌های شیب‌دار واقع شده‌اند، تغییرات ویژگی‌های خاک می‌تواند در کنار افت باروری خاک منجر به تشدید فرسایش آبی شود (۴۰). فرسایش شیاری در کنار فرسایش سطحی از جمله انواع فرسایش آبی است که در چنین دامنه‌های به تکرار به وقوع می‌پیوندد. به نظر می‌رسد بین شدت تخریب ویژگی‌های خاک در اثر تغییر کاربری زمین و افزایش حساسیت خاک به فرسایش شیاری ارتباطی وجود داشته باشد.

اگرچه در پژوهش‌های زیادی تأثیر تغییر کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک و فرسایش آبی مورد بررسی قرار گرفته است اما اطلاعات در مورد ارتباط بین تخریب ویژگی‌های خاک در اثر تغییر کاربری زمین و افزایش حساسیت به فرسایش کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش کریمی و همکاران (۲۰) با بررسی تغییرات زمانی- مکانی سرعت جدا شدن ذرات در فرسایش شیاری در اراضی دیم استان فارس نشان دادند که تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان در طول شیارها بر مقدار سرعت جدا شدن ذرات مؤثر بود. واعظی و وطنی (۳۲) نشان دادند که با افزایش درصد شن و سنگریزه، نفوذپذیری خاک افزایش و در نتیجه تولید جریان متمرکز و فرسایش‌پذیری شیاری کاهش یافت. لیو و همکاران (۲۲) در مطالعه در فلات‌های لسی چین دریافتند که با تغییر کاربری زمین ویژگی‌های خاک (کربن آلی خاک، نسبت خاکدانه‌های پایدار

بالای خاک به فرایندهای فرسایش آبی از سوی دیگر موجب شده تا این عرصه‌ها از جمله مناطق تحت فرسایش آبی و تولید رسوب باشند. تغییر کاربری مراتع ضعیف به کشتزارهای دیم، شرایط خاک‌ها را به فرایندهای فرسایشی حساس کرده است. شخم به موازات شیب و به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار باعث می‌شود سطح خاک در بیشتر مواقع بدون پوشش گیاهی باشد و نوارهای کشت ظرفیت نگهداشت آب را نداشته باشند. چنین نوارهایی شبیه شیارهای مصنوعی هستند و هدررفت آب و فرسایش خاک از آن‌ها بسیار زیاد است. این موضوع در کنار از دست دادن منابع آب در کشتزارهای دیم در تخریب خاک نیز اثر می‌گذارد. شدت هدر رفت آب و خاک از این اراضی، به نوع خاک بستگی دارد. از این‌رو، بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین در عرصه‌های مرتعی ضعیف بر ویژگی‌های خاک و فرسایش ضروری است. در این پژوهش به ارتباط بین تخریب‌پذیری فیزیکی خاک و فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری زمین در عرصه‌های مرتعی منطقه نیمه‌خشک پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

این پژوهش در خاک‌های با بافت مختلف در استان زنجان انجام گرفت (شکل ۱). این منطقه 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 قرار گرفته است و از اقلیم نیمه‌خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۱/۷ درجه سلسیوس برخوردار است. بیشترین وسعت منطقه را بخش‌های کوهستانی و تپه‌ماهورها فراگرفته است (۲). با توجه به کمبود بارندگی و پراکنش غیریکنواخت آن طی سال، پوشش گیاهی به‌صورت 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. تغییر کاربری مراتع به

در آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه) به‌طور معنی‌دار نسبت به اراضی جنگل و مرتع کاهش یافته است. پاچند (۲۷) در مطالعه‌ای در حوزه آبخیز امامه شهرستان شمیرانات نشان دادند که تغییر کاربری مقادیر درصد کربن، رطوبت اشباع خاک، پتانسیم و فسفر کاهش یافته و در مقابل هدایت هیدرولیکی، سدیم و آهک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. واعظی و سهندی (۳۵) به بررسی نقش ساختمان خاک در فرسایش پاشمانی در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک نشان داد که بیشترین فرسایش پاشمانی در خاک لوم شنی که در اثر تخریب ساختمان خاک ۵۲ درصد افزایش داشت. بررسی‌های آن‌ها نشان داد که در اثر تخریب ساختمان خاک هدایت هیدرولیکی اشباع کاهش می‌یابد که موجب افزایش فرسایش پاشمانی می‌شود. وهاب‌زاده کبریا (۳۳) در پژوهشی در حوزه آبخیز به‌شهر به این نتیجه رسیدند که با تغییر کاربری اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی میزان فرسایش خاک به‌دلیل کاهش پوشش گیاهی و ماده آلی و تخریب ساختمان خاک، ۱/۵ برابر بیشتر از اراضی جنگلی است. در پژوهشی چن و همکاران (۸) فرسایش شیاری از ریخت‌شناسی فرسایش یافته با استفاده از روش جایگزینی حجم را بررسی کردند. نتایج نشان داد حجم فرسایش تجمعی و غلظت رسوب با طول شیار برای همه سرعت جریان‌ها و درجات شیب به‌طور نمایی افزایش یافته است و با سرعت جریان به‌آرامی کاهش یافته است. علاوه‌بر این، فرسایش شیاری با افزایش سرعت جریان و درجه شیب افزایش یافت. به‌طور کلی فرسایش شیاری همبستگی بالایی با درجه و سرعت جریان دارد ( $R^2=0/95$ ).

مناطق نیمه‌خشک یکی از مهم‌ترین مناطق کشت دیم در سراسر دنیا هستند. در این نواحی، برخی اراضی مرتعی تغییر کاربری یافته و به دیم‌زار تبدیل شده است. حدود ۵۴ درصد از زمین‌های قابل کشت ایران به‌صورت دیم است و بخش عمده آن‌ها در مناطق نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند (۳۰). فرسایش شیاری و ورقه‌ای به‌طور گسترده در زمین‌های شیب‌دار در این مناطق دیده می‌شود. ضعف پوشش گیاهی از یک‌سو و حساسیت



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه در استان زنجان

معدنی آن‌ها در آزمایشگاه به روش هیدرومتری (۲) تعیین شد و در ادامه کلاس بافت خاک‌ها تعیین شد. در نهایت از میان خاک‌های مختلف، هفت عرصه (تحت کاربری زراعت دیم و بکر) با بافت متفاوت خاک (لوم رسی، لوم رس سیلتی، لوم رس شنی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی و شن لومی) انتخاب شدند. در هر عرصه، نمونه‌های خاک از هر دو نوع کاربری زمین مجاور هم (مرتع و کشت دیم) هر کدام در سه تکرار برداشت شدند. برای تجزیه‌های رایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. برای بررسی تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک و حساسیت خاک‌ها به فرسایش، نمونه‌های خاک از الک ۸ میلی‌متر گذرانده شدند. به این ترتیب ۴۲ نمونه خاک برای هر یک از اهداف آزمایش تهیه شد و به آزمایشگاه منتقل شد.

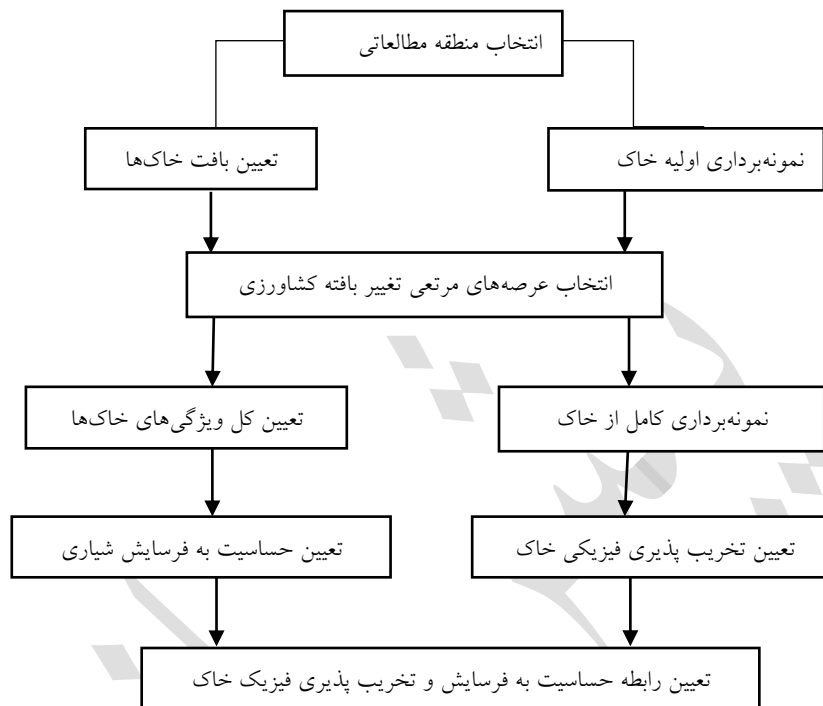
#### تعیین ویژگی‌های خاک‌ها

برای تعیین چگالی ظاهری خاک، نمونه‌های خاک در ۴۲ نقطه به وسیله سیلندر فلزی (به قطر ۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر)

زراعت دیم به ویژه در سال‌هایی که بارندگی نسبتاً زیاد است، مشاهده می‌شود. خاک‌ها از نظر ساختمانی ضعیف هستند و به شدت به تخریب فیزیکی در اثر تغییر کاربری زمین و عملیات خاک‌ورزی حساس هستند. حساسیت زیاد خاک‌ها آن‌ها را به شدت در معرض فرایندهای تخریب قرار می‌دهد. خاک‌ورزی سنتی که بدون حفظ بقایای گیاهی بوده و همراه با شخم سراسری با گاواهن برگردان‌دار صورت می‌گیرد از عوامل مهم تخریب خاک و افت باروری زمین است.

#### انتخاب عرصه‌ها و نمونه‌برداری خاک

شکل ۲ نمودار مراحل انجام مطالعه را نشان می‌دهد. در منطقه مطالعاتی، عرصه‌هایی که تحت کشت دیم بوده و در مجاورت آن‌ها مرتع ضعیف وجود داشت، به طوری که از نظر توزیع اندازه ذرات مشابه بودند، برای نمونه‌برداری خاک در نظر گرفته شدند. برای این منظور، ابتدا از خاک‌های مختلف که در روش لمسی بافت متفاوتی داشتند، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و توزیع اندازه ذرات



شکل ۲. نمودار مراحل انجام مطالعه

از سری الک‌های ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۶، ۱/۱۸، ۲، ۵/۶ میلی‌متر عبور داده شد و جرم خاکدانه‌های هر بخش و متوسط قطر آنها تعیین شد. بر اساس روش میانگین‌گیری وزنی، متوسط اندازه خاکدانه‌ها برای هر خاک به دست آمد:

$$Ag.size = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \bar{x}_i \quad (3)$$

برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها از روش الک تر استفاده شد. برای این منظور، ابتدا ۱۰۰ گرم نمونه خاکدانه با قطر ۵/۶ تا ۸ میلی‌متر از هر نقطه نمونه برداری تهیه شد. نمونه‌ها درون محفظه آب مقطر از سری الک‌های ۰/۱۵، ۰/۶، ۱/۱۸، ۲، ۵/۶ میلی‌متر عبور داده شدند و با استفاده از روابط زیر، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر ( $MWD_{wet}$ ) برحسب میلی‌متر محاسبه شد (۱۳).

$$MWD = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \bar{x}_i \quad (4)$$

$$w_i = \frac{w_i(a+s) - w_i(s)}{\sum_{i=1}^n w_i(a+s) - \sum_{i=1}^n w_i(s)} \quad (5)$$

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 هر کدام از

برداشت شد (۳). چگالی حقیقی خاک به وسیله پیکنومتر تعیین شد (۶). برای تعیین تخلخل کل از رابطه زیر استفاده شد:

$$100.F = \left(1 - \frac{BD}{PD}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

که در آن:  $F$  تخلخل خاک،  $BD$  چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و  $PD$  چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است. تخلخل درشت خاک (بزرگ‌تر از ۳۰ میکرون) با استفاده از رابطه‌ی زیر به دست آمد (۱):

$$R.P = \frac{R.P - R.P(0.3)}{R.P} \quad (2)$$

رطوبت اشباع، در نمونه‌های گل اشباع به روش جرمی تعیین شد. ماده آلی خاک‌ها به روش والکی-بلاک (۳۸)، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها به روش بار ثابت (۲۵)، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای به وسیله دستگاه صفحات فشاری پس از به تعادل رسیدن نمونه‌های اشباع خاک در شرایط فشار هوای ۳۳ کیلو پاسکال تعیین (۱۰) و به صورت جرمی در نمونه‌های خاک تعیین شدند.

برای تعیین متوسط اندازه خاکدانه‌ها، نمونه‌های خاک طبیعی

۲۴ ساعت) تعیین شد. مقدار فرسایش خاک برای هر خاک برحسب گرم بر مترمربع در ثانیه به دست آمد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای مقایسه بین هفت عرصه با خاک متفاوت از نظر تخریب پذیری فیزیکی و فرسایش خاک از روش تجزیه واریانس به روش آزمون توکی (روش آماری دقیق برای مقایسه‌های چندگانه بر مبنای آماره استیودنت) استفاده شد. برای مقایسه‌های ویژگی‌های فیزیکی خاک و حساسیت به فرسایش بین دو نوع کاربری زمین از آزمون t نمونه‌های جفتی استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین حساسیت به فرسایش در اثر تغییر کاربری زمین و تغییر هر یک از ویژگی‌های خاک از روش رگرسیون استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (۲۷) استفاده شد. برای رسم نمودارها از برنامه Excel نسخه ۲۰۱۰ و برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### ویژگی‌های خاک‌ها

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. چگالی ظاهری خاک‌ها از کمترین مقدار در خاک لوم رسی (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) تا بیشترین مقدار در خاک شنی (۱/۶۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) تغییر می‌کند. بیشترین مقدار تخلخل کل نیز در خاک لوم رسی (۵۵/۸ درصد) و کمترین مقدار در خاک شنی (۳۶/۶ درصد) است. بیشترین درصد رطوبت اشباع در خاک لوم بالاترین ظرفیت نگهداری آب در خاک لوم (۲۳/۳ درصد) و پایین‌ترین مقدار در خاک شنی (۵ درصد) است. خاک لوم سیلتی از بیشترین اندازه خاکدانه (۲/۵۳ میلی‌متر) و پایداری خاکدانه در حالت تر (۰/۹۸ میلی‌متر) برخوردار است؛ درحالی‌که کمترین

الک‌ها، Xi میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک (میلی‌متر) و MWD میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها پایدار (میلی‌متر) است.

#### تعیین تخریب پذیری فیزیکی خاک

ویژگی‌های فیزیکی خاک (چگالی ظاهری، تخلخل کل، تخلخل درشت، رطوبت ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه) در نمونه‌های خاک دو کاربری زمین (بکر و دیم) اندازه‌گیری شدند. با مقایسه مقدار هر متغیر در دو کاربری زمین، میزان تغییرات (افزایش یا کاهش) ویژگی‌های فیزیکی خاک و فرسایش خاک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\Delta A = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \quad (6)$$

که در آن:  $\Delta A$  میزان تغییرات هر ویژگی،  $A_2$  مقدار ویژگی در خاک تخریب‌شده و  $A_1$  مقدار آن ویژگی‌های در خاک طبیعی را نشان می‌دهد. علامت منفی  $\Delta A$  نشان‌دهنده کاهش آن ویژگی و علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش آن ویژگی در اثر تخریب ساختمان خاک است. برای تعیین تخریب پذیری فیزیکی خاک، میانگین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک مد نظر قرار گرفت.

#### تعیین حساسیت به فرسایش

برای اندازه‌گیری حساسیت خاک‌ها به فرسایش آبی، نمونه‌های خاک‌ها درون فلومی به ابعاد ۶۰ سانتی‌متر در ۱۰۰ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متر ریخته شدند. شیارهایی شبیه نوارهای کشت گندم دیم به صورت مکانیکی در آن‌ها ایجاد شدند. در هر فلوم، حدود ۲۸۰ کیلوگرم خاک ریخته شد و شیارها به وسیله لوله و به روش مکانیکی به عرض ۲۰ سانتی‌متر و عمق ۵ سانتی‌متر ایجاد شدند. فلوم محتوی هر خاک تحت شیب ۱۰ درصد گذاشته شد و دستگاه شبیه‌ساز باران با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت تنظیم شد. مدت بارندگی در همه آزمایش‌های شبیه‌سازی باران، یکسان و برابر ۶۰ دقیقه بود. در طی این مدت حجم کل رواناب و رسوب و جرم کل درون ظروف درجه‌بندی شده جمع‌آوری شد. جرم خاک فرسایش یافته از هر فلوم پس از خشک شدن در آن (۱۰۵ درجه سانتی‌گراد،

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های بکر

بافت خاک								ویژگی‌های خاک
شن	شن لومی	لوم شنی	لوم	لوم سیلتی	لوم رس شنی	لوم رس سیلتی	لوم رسی	
۸۷/۲۵	۷۵/۰۰	۶۷/۱۷	۴۵/۷۲	۳۳/۹۰	۵۵/۰۰	۱۹/۰۱	۲۶/۸۸	شن (درصد)
۷/۷۵	۱۷/۵۰	۲۵/۳۲	۳۶/۷۷	۵۳/۶۰	۲۲/۵۰	۴۳/۴۸	۳۵/۶۰	سیلت (درصد)
۵/۰۰	۷/۵۰	۷/۵۰	۱۷/۵۰	۱۲/۵۰	۲۲/۵۰	۳۷/۵۰	۳۷/۵۰	رس (درصد)
۱/۶۸	۱/۲۹	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۳	۱/۱۷	چگالی ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )
۳۶/۶	۵۱/۳۰	۴۷/۱۰	۵۴/۷۰	۵۱/۷۰	۴۷/۹۰	۴۳/۷۰	۵۵/۸۰	تخلخل کل (درصد)
۳۵/۰۰	۳۴	۳۲	۳۱	۳۰	۳۳	۲۳	۳۵	تخلخل درشت (درصد)
۵/۰۰	۱۷/۱۰	۱۴/۴۰	۲۳/۳۰	۲۰/۸۰	۱۴/۰۰	۲۰/۳۰	۲۰/۲۰	ظرفیت مزرعه (درصد)
۰/۴۰	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۵۸	۰/۹۶	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۴۴	ماده آلی (درصد)
۸/۰۰	۳۱/۵۰	۳۶/۸۰	۴۵/۷۰	۴۲/۳۰	۳۱/۰۰	۴۱/۱۰	۳۹/۴۰	درصد رطوبت اشباع
۰/۰۰	۱/۶۸	۰/۸۰	۲/۲۲	۲/۵۳	۲/۴۳	۱/۵۴	۱/۰۷	اندازه خاکدانه (mm)
۰/۰۰	۰/۷۶	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۴۴	۰/۵۲	پایداری خاکدانه (mm)
۳۷/۰۸	۳/۲۴	۱۳/۸۶	۲/۸۲	۱۰/۲۰	۸/۲۲	۶/۴۸	۵/۳۴	هدایت هیدرولیکی اشباع (cm.h <sup>-1</sup> )

و پایداری خاکدانه نسبتاً پایینی برخوردار بودند. به‌طور کلی در خاک‌های مورد بررسی میانگین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در اثر تغییر کاربری زمین از نظر چگالی ظاهری، تخلخل کل، تخلخل درشت، رطوبت ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه به ترتیب ۲۸/۴، ۲۲/۴، ۴۱/۰، ۱۱/۰، ۴/۶، ۶۲/۳، ۶۳/۰ درصد بود. این موضوع اهمیت اثرات منفی تغییر کاربری زمین در تخریب ویژگی‌های فیزیکی را در خاک میان بافت با ساختمان مناسب نشان می‌دهد. از میان ویژگی‌های فیزیکی خاک، ویژگی‌های ساختمانی خاک (اندازه و پایداری خاکدانه) بیشترین آسیب را از تغییر کاربری زمین از مرتع به زراعت دیم پیدا می‌کنند. ذوالفقاری و حاج عباسی (۳۹) به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی جنگلی به کشاورزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقدار ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه، هدایت هیدرولیکی و تخلخل کل به ترتیب

تشکیل خاکدانه در خاک لوم شنی (۰/۸ میلی‌متر) و ضعیف‌ترین خاکدانه در خاک لوم رس سیلتی (۰/۴۴ میلی‌متر) است. با وجود ضعف تشکیل خاکدانه در خاک شنی، این خاک از بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks) (۱۳/۸۶ سانتی‌متر بر ساعت) برخوردار است.

#### تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک و فرسایش خاک

تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک و فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری مرتع به زراعت دیم در هفت کلاس بافت خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. در بین خاک‌ها، بیشترین تغییرپذیری فیزیکی در خاک لوم، مشاهده شد. در مقابل، کمترین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در خاک لوم رس سیلتی (حدود ۳۵ درصد) و در گام بعدی در خاک شن لومی (حدود ۳۸ درصد) بود. این دو خاک از محتوای ماده آلی، اندازه

جدول ۲. تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک و فرسایش خاک

بافت خاک	چگالی ظاهری	تخلخل کل	تخلخل درشت	رطوبت ظرفیت مزرعه	رطوبت اشباع	اندازه خاکدانه‌ها	پایداری خاکدانه‌ها	تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک (%)	
								میانگین تغییرات فیزیکی (%)	تغییرات فرسایش خاک (%)
لوم رسی	۳۰/۲	-۲۴/۴	-۴۲/۸	۸/۶	۴/۱	-۷۵/۹	-۶۹/۶	۴۵/۱	۱۵۶/۲
لوم رس سیلتی	۳۰/۷	-۹/۴	-۲۵/۹	۸/۱	۲/۳	-۳۹/۳	-۴۴/۳	۳۵/۱	۳۹/۳
لوم رس شنی	۳۱/۰	-۲۴/۴	-۳۹/۳	۱۳/۹	۶/۴	-۸۲/۱	-۷۹/۳	۴۹/۵	۱۲۱/۳
لوم سیلتی	۱۷/۲	-۱۶/۱	-۳۳/۲	۵/۶	۶/۴	-۵۴/۲	-۵۵/۰	۴۰/۴	۳۹/۹
لوم	۳۵/۸	-۲۸/۳	-۵۴/۷	۱۷/۶	۲/۷	-۸۲/۶	-۷۵/۳	۴۹/۷	۸۱/۴
لوم شنی	۲۶/۴	-۲۹/۵	-۴۶/۹	۱۰/۵	۳/۲	-۳۶/۵	-۷۵/۱	۴۵/۹	۴۵/۴
شن لومی	۲۷/۳	-۲۴/۹	-۴۴/۱	۱۱/۰	۵/۹	-۶۵/۶	-۳۹/۷	۳۷/۶	۳۵/۴
میانگین	۲۸/۴	۲۲/۴	۴۱/۰	۱۱/۰	۴/۶	۶۲/۳	۶۳/۰		

(۸۱ درصد). این نتیجه مؤید آن است که تغییر کاربری مرتع به زراعت در کنار تخریب ویژگی‌های فیزیکی موجب افزایش شدید حساسیت خاک‌ها به فرایندهای فرسایشی می‌شود. در میان خاک‌ها، خاک‌های ریزبافت برخلاف خاک‌های درشت‌بافت و نیز خاک‌های با بافت متوسط، بیشترین آسیب را می‌بینند. در مطالعه‌ای سلیک با بررسی شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری‌های مختلف نشان داد که خاک‌های کشت‌شده آسیب‌پذیری بیشتری به فرسایش آبی نسبت به خاک جنگل و مرتع دارند (۷).

#### مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شدت فرسایش خاک میان

##### عرصه‌ها

مقایسه تفاوت ویژگی‌های فیزیکی و شدت فرسایش خاک میان دو کاربری زمین با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که به‌جز رطوبت اشباع خاک، تفاوت‌های معنی‌دار از نظر سایر ویژگی‌های فیزیکی میان دو کاربری زمین مورد بررسی وجود دارد. همچنین تفاوت‌های معنی‌دار از نظر فرسایش خاک بین خاک‌ها وجود دارد ( $p < 0/05$ ) (جدول ۳).

کاهش ۲۹، ۴۵، ۴۸ و ۱۰ درصد کاهش و چگالی ظاهری ۱۰ درصدی افزایش یافت. خرمالی و همکاران (۱۹) با مطالعه‌ای روی خاک‌های لسی در استان گلستان نتیجه‌گیری گرفتند که جنگل‌تراشی و عملیات زراعی باعث کاهش پایداری خاکدانه، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، میزان تنفس میکروبی خاک و در نتیجه کاهش کیفیت خاک می‌شود. سلیک (۷)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر کاربری زمین بر شاخص‌های پایداری و فرسایش‌پذیری خاک پرداختند و نشان دادند که با تغییر کاربری اراضی جنگلی یا مرتعی به کشاورزی، چگالی ظاهری حدود ۵۰ درصد افزایش یافت و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از ۱/۴۹ به ۰/۸۸ میلی‌متر کاهش یافت. بررسی تغییرات فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری از مرتع ضعیف به زراعت دیم در هفت کلاس بافت خاک نشان داد که در بین خاک‌ها، بیشترین تغییرات فرسایش خاک در خاک لوم رسی (۱۵۶ درصد) بود؛ در حالی که خاک شن لومی (۳۵ درصد) کمترین تغییرات فرسایش خاک را نسبت به سایر خاک‌ها داشت (جدول ۲). خاک لوم از وضعیت بینابین برخوردار بود



جدول ۳. مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک بین دو نوع کاربری زمین با استفاده از آزمون t جفتی

معنی‌داری Sig	میانگین تفاوت‌ها	درجه آزادی	بافت خاک
۰/۰۰۰	-۰/۳۵۱	۴۰	چگالی ظاهری
۰/۰۰۰	۱۱/۴۱۴	۴۰	تخلخل کل
۰/۰۰۰	۱۳/۰۰۰	۴۰	تخلخل درشت
۰/۰۴۵	-۱/۹۳۸	۴۰	رطوبت ظرفیت مزرعه
۰/۳۱۱	-۱/۶۵۱	۴۰	رطوبت اشباع
۰/۰۰۰	۱/۱۰۲	۴۰	اندازه خاکدانه‌ها
۰/۰۰۰	۰/۵۸۴	۴۰	پایداری خاکدانه
۰/۱۷۴	-۰/۰۳۶	۴۰	فرسایش خاک

صورت تغییر کاربری زمین دچار تخریب فیزیکی شدیدی شده و بیشترین حساسیت را به فرسایش خاک پیدا می‌کنند. برخی پژوهشگران عنوان کردند که خاک‌ورزی باعث تخریب ساختمان خاک، کاهش مواد آلی و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (۱۱). مارتینز و همکاران (۲۴) در تحقیقات خود نشان دادند که تغییر کاربری جنگل، باعث کاهش میزان درصد رس و سیلت و افزایش درصد شن می‌شود و با کاهش ماده آلی خاک، موجب کاهش پایداری خاکدانه شده، میزان فرسایش افزایش پیدا می‌کند. اسلام و ویل (۱۶) با مطالعات خود در حوضه بنگلادش به بررسی اثرات تغییر کاربری جنگل به کشاورزی بر خصوصیات خاک پرداختند. نتایج نشان داد که تخریب جنگل‌های طبیعی و تبدیل به اراضی زراعی سبب تراکم خاک و کاهش تخلخل و پایداری خاکدانه‌ها و همچنین افزایش چگالی ظاهری خاک می‌شود. خضری و همکاران (۲۱) در پژوهشی به بررسی تأثیر کاربری اراضی بر فرسایش‌پذیری خاک و کیفیت خاک در حوضه آبخیز هشتیان پرداختند. نتایج نشان داد که کاربری مرتع به دلیل چرای بیش از حد دام و کاهش مواد مغذی خاک دارای فرسایش‌پذیری بالایی نسبت به کاربری زراعی و باغ است. سن و همکاران (۹) به بررسی ویژگی‌های خاک، شاخص‌های پایداری خاکدانه‌ها و فرسایش‌پذیری خاک بوته‌زار، مرتع، زمین‌های جنگلی مصنوعی و زمین‌های

### رابطه بین تغییرات فرسایش خاک و تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک

برای بررسی علت افزایش حساسیت خاک‌ها به فرسایش در اثر تغییر کاربری زمین، ارتباط میان تغییرات فرسایش خاک و تغییرات هر یک از ویژگی‌های فیزیکی خاک بررسی شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که از میان ویژگی‌های گوناگون فیزیکی خاک، تنها ارتباط معنی‌داری بین فرسایش خاک با اندازه خاکدانه ( $R^2 = 0/41$  و  $p < 0/05$ )، پایداری خاکدانه ( $R^2 = 0/32$  و  $p < 0/05$ ) و نیز میانگین تغییرات فیزیکی خاک ( $R^2 = 0/32$  و  $p < 0/05$ ) وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد که تشدید فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری زمین ناشی از تخریب ویژگی‌های ساختمانی خاک (اندازه و پایداری خاکدانه) هست. تخریب این ویژگی‌های فیزیکی خاک موجب می‌شود حساسیت به فرسایش افزایش یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در خاک‌هایی که عوامل طبیعی یا انسانی منجر به تخریب خاکدانه‌ها و از بین رفتن ساختمان خاک می‌شود سایر ویژگی‌های فیزیکی (تخلخل، نگهداری آب، تهویه، نفوذپذیری و غیره) دچار تحلیل می‌شود. این روند باعث افزایش حساسیت خاک به فرایندهای تولید رواناب و فرسایش آبی می‌شود (۱۵). نتایج نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه، خاک‌های مرتعی برخوردار از ساختمان مناسب (خاکدانه‌های درشت و پایداری)

۱۱، ۵، ۶۲، ۶۳ درصد در اثر تغییر کاربری زمین دچار تخریب شدند. در این میان، ویژگی‌های ساختمانی خاک (اندازه و پایداری خاکدانه) بیشترین تخریب‌پذیری فیزیکی و در مقابل رطوبت اشباع کمترین تخریب‌پذیری فیزیکی را داشت. بررسی حساسیت به فرسایش نیز نشان داد که تغییر کاربری زمین، به شدت حساسیت خاک‌ها را به فرسایش خاک افزایش می‌دهد. در میان خاک‌ها، بیشترین حساسیت در خاک لوم رسی (۱۵۶ درصد) و کمترین آن در خاک شن لومی (۳۵ درصد) بود. میان حساسیت به فرسایش در اثر تغییر کاربری و تخریب‌پذیری خاک ارتباطی وجود داشت و خاک‌هایی که از خاکدانه‌های درشت و پایداری بر خوردارند، بیشترین تخریب‌پذیری فیزیکی در اثر تغییر کاربری زمین داشته و بیشترین افزایش را در فرسایش خاک نشان می‌دهند. این نتایج نشان می‌دهد که تغییر کاربری مرتع به زراعت دیم بیشترین تخریب را در خاک‌های با ساختمان مناسب در پی داشته و حساسیت به فرسایش را به شدت بالا می‌برد. جلوگیری از تغییر کاربری مراتع ضعیف به زراعت دیم در منطقه در خاک‌های با ساختمان پایدار برای کاهش فرسایش خاک در مناطق نیمه‌خشک ضروری است.

#### تقدیر و تشکر

از دانشگاه زنجان و گروه علوم و مهندسی خاک به خاطر پشتیبانی از این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

کشاورزی شیب‌دار پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص‌های پایداری خاکدانه در علفزار و بوته‌زار ضعیف‌تر از زمین‌های کشاورزی شیب‌دار و زمین‌های جنگل مصنوعی بود. در نتیجه، این خاک‌ها از مقاومت بیشتری در برابر فرسایش خاک برخوردار بود. اصغری و بابایی (۳) تأثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل RUSLE در حوضه آبخیز شفا رود در استان گیلان بررسی کردند. نتایج نشان داد که در طول بیست سال اخیر کاربری‌های مراتع در منطقه کاهش یافته است. همچنین نتایج بررسی تغییرات فرسایش نشان داد میزان فرسایش طی دوره بیست ساله (از سال ۱۳۸۱ تا ۱۴۰۱) از ۵/۶۳ به ۸/۳۷ تن در هکتار در سال افزایش یافته است.

#### نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که خاک‌های منطقه نیمه‌خشک به شدت دچار تخریب فیزیکی ساختمان خاک در اثر تغییر کاربری زمین قرار می‌گیرند. بررسی‌ها در هفت عرصه با کاربری مرتع ضعیف و کشت دیم نشان داد که از بین خاک‌های با بافت مختلف، بیشترین تخریب‌پذیری فیزیکی در خاک لوم (حدود ۵۰ درصد) و کمترین آن در خاک لوم رسی (۳۵ درصد) بود. ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل چگالی ظاهری، تخلخل کل، تخلخل درشت، رطوبت ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت اشباع، اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه به ترتیب ۲۸، ۲۲/۴، ۴۱،

#### منابع مورد استفاده

- 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.
- Abdinejad, P., Faiz, S. Nia, H. Pirovan, F. Fayazi and A. Shabani. 2018. Investigating the most important physicochemical characteristics effective in the classification of marl units in Zanjan province using factor analysis. *Earth Science Research* 9(2): 113-97. (In Persian)
- Asghari Saraskanrood, S. and T. Babaei. 2024. Evaluation and investigation of the impact of land use changes in a period of twenty years on the amount of soil erosion in the Shafaroud Basin using the RUSLE model. *Journal of Environmental Science Studies* 9(2): 8530-8516.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54(5): 464-465.
- Blake, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Particle density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* 5: 377-382.

6. Blake, A. and M. Isard. 1996. The condensation algorithm-conditional density propagation and applications to visual tracking. *Advances in Neural Information Processing Systems* 9.
7. 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.
8. Chen, X., Y. Zhao, Y. Mi, H., X. and B. Mo. 2016. Estimating rill erosion process from eroded morphology in flume experiments by volume replacement method. *Catena* 136: 135-140.
9. Cen, L., X. Peng and Q. Dai. 2024. Response of the Stability of Soil Aggregates and Erodibility to Land Use Patterns in Wetland Ecosystems of Karst Plateau. *Forests* 15(4): 599.
10. Dewis, J. and F. Freitas. 1984. Physical and chemical methods of soil and water analysis. FAO soils Bulletin, (10).
11. Doaei, S., E. Pazirab, S. Mahmoudi and A. M. Torkashvand. 2020. Role of Conservative Agriculture in the Sustainability of Soil Structure in Achieving Sustainable Management. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)* 10(1): 59-69.
12. Eswaran, H., R. Lal and P. F.Reich. 2019. Land degradation: an overview. *Response to Land Degradation* 20-35.
13. Ghafary, A. 1998. The effects of land use on river erosion of the Marv Dasht. Art collection and scientific seminar lectures to study methods of the optimum land use, Tehran, *Watershed Management Branch* 324-344.
14. Govers, G. 1991. Rill erosion on arable land in central Belgium: rates, controls and predictability. *Catena* 18(2): 133-155.
15. Gebremedhin, M., M. S. Coyne and K. R. Sistani. 2022. How much margin is left for degrading agricultural soils? The coming soil crises. *Soil Systems* 6: 1.22.
16. Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79: 9-16.
17. Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* 5: 425-442.
18. Kelarestaghi, A., H. Ahmadi, A. Esmali, M. Jafari and J. Ghodosi. 2009. *Comparison of Runoff and Sediment Yield from Different Agricultural Treatments* 5: 41-52
19. Khormali, F., M. Ajami, S. Ayoubi, Ch. Srinivasarao and SP. Wani. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134: 178-189.
20. Karimi, E., A. Sadeghi, P. Abbaszade Dehaji, Y. Dalvand, M. Omidvari and M. Kakuei Nezhad. 2012. Biocontrol activity of salt tolerant Streptomyces isolates against phytopathogens causing root rot of sugar beet. *Biocontrol Science and Technology* 22(3): 333-349.
21. Khazari, M., K. Nosrati, Z. Mohammadi Raigani, S. Khaleghi and S. Jalali. 2023. The effect of land use on soil erodibility and quality (case study: Heshtian catchment area, Lake Urmia). *Geography and Environmental Sustainability* 13(2): 1-17.
22. Liu, M. Y., Q. R. Chang, Y. B. Qi, J. Liu and T. Chen. 2013. Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. *Catena* 115: 19-28.
23. McKenzie, N., K. Coughlan and H. Cresswell. 2002. Soil physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation.
24. Martinez-Mena, M., J. Lopez, M. Almagro, V. Boix-Fayos and J. Albaladejo. 2008. Effect of Water Erosion and Cultivation on the Soil Carbon Stock in a Semiarid Area of South-East Spain. *Soil and Tillage Research* 99: 119-129.
25. McBratney, A., D. J. Field and A. Koch. 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma*. 213: 203-213.
26. Mehrpour, b., R. Esmaili and A. Sarhangi. 2018. Evaluation of water erosion in Jutan (Almut) basin using RUSLE method. 24-25. (In Persian)
27. Pachand, M. 2017. Study of the effect of pasture conversion to other agricultural land Use on soil physical and chemical properties. *Journal of Natural Ecosystems* 8(1): 99-122.
28. Reynolds, W. D. and G. C. Topp. 2008. Soil water desorption and imbibition: tension and pressure techniques. *Soil Sampling and Methods of Analysis* 981-997.
29. Rangeh, K., D. Wanshngong and K. Pradip. 2013. Influence of hill slope on biological pools Of carbon, nitrogen, and phosphorus in acidic Alfisols of citrus orchard. *Catena* 111:1-8.
30. Rastgar, Sh., H. Barani, A. Darijani, Sh. Brady, C. Qurbani and M. Ghorbani. 2014. Comparison of the amount of soil loss and sedimentation of some geological formations in vegetation gradients using a rain simulator, case study: Balde Noor summer pastures, Mazandaran province. *Pasture and watershed* 67(1): 31-44. (In Persian)
31. Shapiro, S. and M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52(3/4): 591-611
32. Vaezi, A. R. and A. Vatani. 2013. Determining furrow erodibility in some soils of Zanjan province under simulated rain. *Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources. Water and Soil Sciences* (71): 67-59 (in Persian).

33. VahabzadehKebria, Gh., M. R. Riahi and S. Roshun, 2016. Investigation of Land Use Change on Physicochemical Characteristics and Soil Erosion in Kaftargar Basin of Behshahr, Quarterly *journal of Environmental Erosion Research* 22(2): 75-88. (In Persian)
34. Vaezi, A. R., M. Abbasi, S. Keesstra and A. Cerdà. 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments. *Catena* 157: 227-240.
35. Vaezi, A. R. and Kh. Sahandi. 2020. The effect of soil structure destruction on spray erosion in soils with different textures. *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering* 14(48): 11-20. (In Persian)
36. Vaezi, A. R. 2021. Water erosion processes and models. Pages: 453.
37. Westerm, R.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA. Madison Wisconsin, USA.
38. Walkley, A. and I. A. Black. 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.
39. Zulfaqari, A. and M. Haj Abbasi. 2006. The effect of change in land use on some physical and chemical properties of soils. *The 10<sup>th</sup> Iranian Soil Sciences Congress, Karaj* pp. 1008-1009(In Persian).
40. Zarin Abadi, E. and A. R. Vaezi. 2016. Runoff production and soil loss in pastures with poor coverage under the influence of land use change and plowing direction. *Iran Water and Soil Research* 47(1): 87-98.