

## بررسی تغییرات ویژگی‌های خاک و عملکرد مرتع در اثر شدت‌های متفاوت چرای دام (مطالعه موردی: مرتع بیلاقی نشو مازندران)

امیرحسین کاویان‌پور<sup>۱\*</sup>، غلامعلی حشمتی<sup>۲</sup>، سیده حبیبه حسینی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۰۹

<sup>۱</sup> و <sup>۳</sup> دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۲</sup> استاد گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kavianpoor.a@gmail.com

### چکیده

خاک جایگاه مناسبی جهت رشد و نمو گیاه و ایجاد پوشش گیاهی بوده و چنانچه این سرمایه ارزشمند حفظ نگردد کمبود عناصر غذایی، فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی را به دنبال خواهد داشت. در این تحقیق تأثیر شدت‌های مختلف چرای دام در مناطق مرجع، کلید (چرای متوسط) و بحرانی (چرای شدید) بر ویژگی‌های خاک مرتع بیلاقی نشو بررسی شد. نمونه‌برداری در قالب طرح تصادفی سیستماتیک و واحد نمونه‌برداری ترانسکت خطی انجام شد. در هر منطقه چرای، ۳ ترانسکت ۵۰ متری با فاصله ۵۰ متر از یکدیگر در جهت شیب منطقه به طرف پایین دست مستقر شد. ۵ تکرار از قطعات به صورت تصادفی انتخاب و برای تعیین ۳ ویژگی عملکردی پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی، ۱۱ شاخص خاک طبق دستورالعمل روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA) امتیازدهی گردید. در طول هر ترانسکت در فواصل ۱۰ متری نیز پلات‌های ۱×۱ متری برای تعیین درصد پوشش تاجی و نمونه‌برداری خاک مستقر شد. نتایج روش LFA نشان داد که منطقه مرجع دارای بیشترین میزان پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر بوده و اختلاف معنی‌داری با دو منطقه کلید و بحرانی در سطح احتمال ۰/۰۵ داشته است. نتایج تحلیل واریانس داده‌های خاک برداشت شده از منطقه نشان داد که شدت‌های مختلف چرای دام بر برخی ویژگی‌های خاک از جمله درصد ماده آلی، پتاسیم قابل جذب و مقاومت خاک به نفوذ اثر معنی‌داری داشت. با مقایسه نتایج به دست آمده از روش LFA و اندازه‌گیری آزمایشگاهی خاک-های نمونه‌برداری شده از منطقه مشخص شد که هر دو روش نتایج تقریباً یکسانی در ارتباط با تأثیر شدت چرای دام بر ویژگی‌های خاک داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: شدت چرای دام، ویژگی‌های خاک، ویژگی‌های عملکردی مرتع

## Investigation of Changes in Rangeland Soil Characteristics and its Functional Attributes Affected by Different Grazing Intensities (Case study: mountainous rangelands of Nesho, Mazandaran province)

AH Kavianpoor<sup>1\*</sup>, GA Heshmati<sup>2</sup>, SH Hosseini<sup>3</sup>

Received: 10 May 2014

Accepted: 14 March 2015

<sup>1,3</sup> Ph.D. Candidate, Dept. of Range Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

<sup>2</sup> Prof., Dept. of Range Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

\* Corresponding Author Email: kavianpoor.a@gmail.com

### Abstract

Soil is a suitable place for vegetation and plant growth, and if this valuable wealth is not preserved, shortage of food, erosion and damage of natural resources will be occurred. In this paper effects of different grazing intensities in reference area, key area (moderate grazing) and critical area (heavy grazing) on soil characteristics were investigated at mountainous rangelands of Nesho in Mazandaran province. Sampling was performed by a random-systematic strategy and sampling unit was linear transect. In each region, 3 transects of 50 m were settled at a distance of 50 m on the downstream slope. Five repeats of patches were randomly selected and for determination of three functional attributes including stability, infiltration and nutrient cycling, 11 soil surface indicators were scored according to the Landscape function analysis (LFA) method instructions. Along each transect at intervals of 10 m, a square 1×1 m<sup>2</sup> plot was placed for measuring the canopy cover and soil sampling. The results of LFA method showed that the reference area had the highest stability, infiltration and nutrient cycling and also significant differences with moderate grazing and heavy grazing ( $p \leq 0.05$ ). Results of the statistical analysis of the soil characteristics showed that the different grazing intensities had significant effects on the organic matter percentage, available potassium and soil surface resistance to penetration. By comparing the results obtained from the LFA method and analysis of the soil samples taken from the area, it was found that both methods were almost led to similar results, regarding the effect of grazing intensity on soil characteristics.

**Keywords:** Functional attributes, Grazing intensity, Soil characteristics

### مقدمه

(۲۰۰۶). با وجود تغییرات مکانی و زمانی در ویژگی‌های خاک، آگاهی از چگونگی تغییرات خاک در پوشش‌های مختلف گیاهی برای انتخاب مناطق مناسب چرای و حفاظت از منابع یک حوضه آبخیز برای کاهش هدررفت خاک ضروری هست. تغییرات مکانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های اکوسیستم مرتعی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و زیستی شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، میکروکلیمای خاک،

ثبات و تعادل اکوسیستم‌های مرتعی متأثر از برهمکنش عوامل اقلیمی، خاکی و موجودات زنده است. مطالعه و شناخت صحیح روابط متقابل اجزاء اکوسیستم مرتع یک ابزار مهم جهت اتخاذ تدابیر صحیح مدیریتی جهت بهره‌برداری پایدار، حفاظت و ارزیابی پتانسیل مرتع هست. ویژگی‌های خاک به‌طور پیوسته در زمان و مکان تغییر می‌نمایند (روجریو و همکاران

طبیعی خصوصیات خاک به دلیل حذف اثر لگدکوبی چرای دام، تأثیر بیشتری نسبت به قرق ۲/۵ ساله در افزایش ضریب آبگذری خاک‌های سطحی داشته است. جلیوند و همکاران (۱۳۸۶) اثر چرای دام را بر پوشش گیاهی و ویژگی‌های شیمیایی خاک در منطقه کجور مازندران مطالعه نمودند. نتایج آنان نشان داد افزایش شدت چرا میزان کربن، نیتروژن، ماده آلی و هدایت الکتریکی را کاهش و بر مقدار پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، اسیدیته و نسبت کربن به نیتروژن افزوده و چرای بیش از حد با ایجاد تغییرات منفی در عناصر غذایی خاک و پوشش گیاهی، پایداری اکوسیستم مرتعی را به خطر می‌اندازد.

مطالعات ارزیابی مرتع این امکان را به کارشناس می‌دهد تا در مورد تأثیر فعالیت‌های مدیریتی قضاوت نماید. بسیاری از متخصصان بر این باورند که از میان عواملی که جهت ارزیابی مراتع مورد استفاده قرار می‌گیرند، شاید وضعیت مرتع مهم‌ترین عاملی باشد که ارزیابی آن در مدیریت مرتع ضرورت بیشتری داشته باشد (پایپر و رلدون ۱۹۹۰). وضعیت مرتع<sup>۲</sup> عبارت است از شرایط موجود پوشش گیاهی و خاک مرتع نسبت به جامعه گیاهی اوج<sup>۳</sup>، که پوشش پتانسیل یا پتانسیل تولیدی مرتع هست. در مباحث مربوط به وضعیت مرتع یکی از موضوعات اصلی و اساسی این است که از چه شاخص یا شاخص‌هایی برای تعیین وضعیت مرتع استفاده نماییم. در گذشته جهت پایش و ارزیابی مرتع از شاخص‌های گیاهی (درصد پوشش تاجی، درصد حفاظت خاک، فراوانی لاشبرگ، ترکیب گیاهی، زادآوری و درصد تولید از حد نهایی) به عنوان عامل‌های اصلی برای شناسایی میزان انحراف شرایط فعلی مرتع نسبت به جامعه گیاهی اوج (کلمنتس ۱۹۱۶) استفاده می‌شد. امروزه استفاده از روش ارزیابی کارکرد اکوسیستم‌های مرتعی در دامنه وسیعی سبب شده است تا درک بهتری از عکس‌العمل‌های محیطی و

سیستم‌های مختلف چرا و مدیریت‌های گوناگون مراتع است (چانتون و اودو ۱۹۹۶). چرای شدید تأثیر زیادی بر ویژگی‌های ساختاری و عملکردی مرتع دارد که توسط محققان مختلف بررسی شده است. کوبیدگی خاک<sup>۱</sup> در اثر چرای شدید دام موجب توزیع مکانی همگن ویژگی‌های خاک شده که موجب افزایش آسیب‌پذیری خاک به هدررفت آب و خاک و سرانجام کاهش ذخیره آب در دسترس گیاه شده، از لاشبرگ سطح خاک کاسته، ذخیره کربن آلی را در خاک تحت تأثیر قرار داده و در نهایت قدرت تولید مرتع را کاهش می‌دهد (ژائو و همکاران ۲۰۰۷). کونانت و پوستین (۲۰۰۲) کاهش ماده آلی خاک را در اثر چرای شدید و مدیریت ضعیف مرتع گزارش نموده‌اند. پوشش گیاهی به عنوان یک سپر حفاظتی از خاک عمل می‌کند، باعث استحکام تراکم خاک شده، حجم رواناب را کاهش داده و از تخریب خاک تا حد زیادی می‌کاهد و طبق یافته‌های تحقیقی کاهش پوشش گیاهی با فعالیت‌های انسانی مثل چرای شدید منجر به کاهش چسبندگی ذرات خاک شده و با کاهش پوشش گیاهی و حجم لاشبرگ، و قرار دادن سطح خاک در معرض فرسایش، تخریب و فشرده کردن خاک در اثر لگدکوبی و کاهش پایداری خاک سطحی نسبت به فرسایش، خطر هرزآب و فرسایش خاک افزایش می‌یابد (سینگر و بیزونایس ۱۹۹۸، اسنایمن و دوپریز ۲۰۰۵، صادقی و همکاران ۱۳۸۹). صادقی و همکاران (۱۳۸۹) میزان رسوب تولیدشده بخشی از مراتع بیلاقی کدیر در استان مازندران را با استفاده از باران‌ساز با شدت ۱/۶ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری نمودند. نتایج آنان نشان داد که میزان وزن و غلظت رسوب حاصل از تیمار چرای آزاد به‌طور متوسط ۱/۶۲ برابر تیمار قرق کوتاه‌مدت است که چرای بیش از حد و لگدکوبی دام، تأثیر معنی‌داری بر این افزایش داشته است. همچنین، گرین‌وود و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه - ای در استرالیا نشان دادند که قرق ۲۷ ساله با اصلاح

<sup>2</sup>- Range condition

<sup>3</sup>- Climax

<sup>1</sup>- Soil compaction

نشان‌دهنده تخریب مرتع هست. ۱۱ شاخص مورد استفاده در این روش، شاخص‌هایی حساس می‌باشند که سریع اندازه‌گیری شده و برای درک سه ویژگی مورد نظر استفاده می‌شوند. این شاخص‌ها عبارت‌اند از: پوشش خاک (حفاظت در برابر پاشمان)، پوشش گیاهان چندساله، پوشش لاشبرگ و منشأ و میزان تجزیه، پوشش نهان‌زادان، شکستگی پوسته، نوع و شدت فرسایش، مواد رسوبی (نهشته شده)، ناهمواری‌های سطح خاک، مقاومت به تخریب، آزمایش پایداری در برابر رطوبت و بافت خاک (تانگوی و هیندلی ۲۰۰۴ b). هدف این مطالعه بررسی شاخص‌های سطح خاک و ویژگی‌های عملکردی در تیپ گیاهی گندمیان تحت شدت‌های مختلف چرای با استفاده از روش LFA و مقایسه آن با نتایج اندازه‌گیری آزمایشگاهی نمونه‌های خاک برداشت‌شده از منطقه هست تا مشخص شود برآوردهای ارزیابی بصری (چشمی) شاخص‌های کارکرد یک اکوسیستم مرتعی توسط این روش تا چه میزان مطابق با نمونه‌برداری میدانی و اندازه‌گیری آزمایشگاهی بوده و قابلیت استفاده در برنامه‌ریزی‌های مدیریت مرتع را دارد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق تغییرات شاخص‌ها و ویژگی‌های عملکردی در مرتع بیلاقی نشو با غالبیت گندمیان بررسی شده است. میانگین بارندگی سالانه ۲۵۳ میلی-متر و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد کوهستانی است. میانگین کمینه و بیشینه درجه حرارت ماهانه در دی‌ماه و مردادماه ۴/۱- و ۲۸/۴ هست. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۲/۱۷ درجه سلسیوس هست. دام‌های منطقه عمدتاً گاو و گوسفند هست.

**تعیین مناطق مختلف چرای دام با استفاده از روش فاصله از محل استقرار دام و آبشخور**

به منظور بررسی شدت چرا در تیپ گیاهی، پس از بازدید صحرایی ۳ منطقه با شدت چرای متفاوت مشخص شد. با توجه به سابقه تحقیقات انجام‌شده،

پوشش گیاهی مستقر در چشم‌اندازهای طبیعی فراهم گردد (لودویگ و همکاران ۱۹۹۷). دی سویزا و همکاران (۱۹۹۷) شاخص مناسب برای ارزیابی ویژگی‌های عملکردی مرتع را شاخصی می‌داند که مقادیر آن در مناطق تخریب‌شده و مرجع تغییر داشته باشد. تانگوی و هیندلی (۲۰۰۴ a) روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز<sup>۱</sup> را برای بررسی عملکرد اکوسیستم ارائه داده‌اند. این روش از شاخص‌های ساده و ارزان ارزیابی بصری (چشمی) استفاده می‌کند تا چگونگی کارکرد یک شیب دامنه به عنوان یک سیستم زیست فیزیکی را بسنجد و به طور عمده بر فرآیندهای مرتبط با هیدرولوژی سطحی مبتنی است: بارش، نفوذپذیری، رواناب، فرسایش، رویش گیاهان و چرخه عناصر غذایی. در رویشگاه‌های مختلف کاربرد دارد و در آن برای ارزیابی ۳ ویژگی عملکردی شامل پایداری (توانایی خاک برای مقاومت در برابر نیروهای فرساینده و بازسازی پس از تخریب)، نفوذ-پذیری (میزان نگهداشت آب در بین خاکدانه‌ها جهت دسترسی گیاه) و چرخه عناصر غذایی (میزان کارایی بازگشت مواد آلی به خاک) از ۱۱ شاخص سطح خاک استفاده شده است. نحوه عملکرد اکوسیستم نیز در قالب یک چارچوب مفهومی شامل آغازگر (ماشه)، انتقال دهنده، ذخیره کننده و تولید کننده (ضربان) تشریح شده است. به طور مثال وقوع یک ماشه، مانند بارندگی، می‌تواند سبب رواناب شود که از نظر مکانی در طول چشم‌انداز جابه‌جا می‌شود. ممکن است برخی منابع توسط رواناب از سیستم خارج شوند یا به هدر روند و برخی نیز در خاک جذب شوند. بسته به وضعیت ذخیره منابع ممکن است ضربانی از رویش گیاهان و فرآیند معدنی شدن عناصر غذایی روی دهد (تانگوی و هیندلی ۲۰۰۴ b). قلیچ‌نیا (۱۳۸۳)، مصداقی و قبادی (۱۳۸۹) و محتشم نیا (۱۳۹۰) ۳ ویژگی پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی را با استفاده از روش LFA بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد مقادیر ۳ ویژگی یادشده در منطقه بحرانی کمتر از سایر مناطق هست که

<sup>1</sup> Landscape function analysis (LFA)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم-افزار ضمیمه روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA) که در محیط Excel توسط تانگوی و هیندلی (b ۲۰۰۴) طراحی شده و نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای مقایسه میانگین مشخصه‌های سه‌گانه این روش (پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی) در سه تیمار چرای از آزمون دانکن استفاده شد. در نهایت از نتایج اندازه-گیری آزمایشگاهی نمونه‌های خاک برای مقایسه با ویژگی‌های عملکردی به‌دست‌آمده از روش LFA استفاده شد.

### نمونه‌برداری

در این تحقیق نمونه‌برداری در قالب طرح تصادفی سیستماتیک اجرا شد. واحد نمونه‌برداری ترانسکت خطی بوده که شامل فواصل پیوسته در طول ترانسکت است. در هر منطقه چرای، ۳ ترانسکت ۵۰ متری با فاصله ۵۰ متر از یکدیگر در جهت شیب منطقه به‌طرف پایین‌دست مستقر شد. در هر ترانسکت قطعات و میان قطعات مشخص گردید. سپس طول و عرض قطعات و نیز طول میان قطعات در ترانسکت ثبت شد. پس از تعیین موارد فوق ۵ تکرار از قطعات به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و سپس ۱۱ شاخص خاک مورد نظر طبق دستورالعمل امتیازدهی شد. در طول هر ترانسکت در فواصل ۱۰ متری پلات‌های ۱×۱ متری برای تعیین درصد پوشش تاجی و نمونه‌برداری خاک مستقر شد.

### اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس آزمایش‌ها مختلف بر روی آن‌ها انجام گرفت. بافت خاک از روش هیدرومتری (ژاکوب و کلارک ۲۰۰۲)، کربن آلی از روش والکی-بلاک اصلاح‌شده (نلسون و سامرز ۱۹۸۲) و درصد ماده آلی نیز با ضرب عدد کربن آلی در عدد ۱/۷۲ به‌دست آمد. نیتروژن به‌روش کجلدال (برمنر و مالونی ۱۹۸۲)، فسفر قابل‌جذب

مشخص شده است که در اطراف مناطق استقرار دام‌ها یا آبشخور، فشار چرا بیشینه است و هر چه از این ناحیه به‌صورت شعاعی دور شویم از شدت چرا کاسته شده و تا محدوده‌ای فشار چرا ثابت می‌شود. منطقه‌ای که چندین سال قرق داشته به‌عنوان ناحیه مرجع (قرق) انتخاب شد. برای تعیین محدوده‌های فشار چرای، نزدیک‌ترین آغل و آبشخور به منطقه مرجع انتخاب شد. اطراف آغل و آبشخور که در یک مکان قرار داشتند به‌عنوان منطقه بحرانی (با چرای شدید) انتخاب شد. شدت‌های مختلف چرای دام، پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی و ساختار بالا و زیر زمین را تغییر داده و لکه-های پوشش گیاهی منطقه بحرانی، عمدتاً گونه‌های مهاجم و مضر چون زولنگ (*Eryngium caeruleum*)، گوش‌بره (*Phlomis sp.*)، خرگوشک (*Verbascum sp.*)، بوده است. همچنین گونه‌های سنبله‌ای ارغوانی (*Stachys inflata*) و گاو زبان (*Borago officinalis*) به‌دلیل دارا بودن ترکیبات شیمیایی و تولید ساقه‌های گل‌دار باعث آسیب کمتر از چرای دام شده است. با فاصله از نقطه بحرانی؛ کیفیت و مرغوبیت پوشش گیاهی افزایش یافته و ترکیب گیاهی با افزایش سهم گونه‌های مرغوب بهبود یافت. با دور شدن از آغل و آبشخور دام و کاهش فشار چرا، ابتدا گونه‌های نامرغوب و علف‌های هرز مثل پنج انگشت (*Potentilla reptanse*) و پنیرک (*Malva neglecta*) ظاهر شده و پس‌از آن به‌دلیل کاهش تدریجی فشار چرا، گونه‌های با کیفیت بیشتر مانند شبدر سفید (*Trifolium repense*)، شبدر قرمز (*Trifolium pratense*)، جو پیازدار (*Hordeum bulbosum*)، علف‌باغی (*Dactylis glomerata*)، علف‌گوسفندی (*Festuca ovina*)، افزایش یافت. در منطقه مرجع تراکم و درصد گونه‌های علف‌باغی (*Dactylis glomerata*) و علف‌گوسفندی (*Festuca ovina*) بیشتر بوده است.

### روش کار

پوشش نهان‌زادان در منطقه مرجع بیشتر از دو منطقه دیگر چرایی بوده و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد. در منطقه مرجع میزان خرد شدن سله‌های خاک کم بوده و با افزایش شدت چرا میزان خرد شدن سله-های خاک افزایش یافت. در منطقه مرجع فرسایش سطحی در حد مورد انتظار برای رویشگاه دیده شد (جدول ۳) و با افزایش شدت چرا فرسایش سطحی شدیدتر شد. در منطقه مرجع میزان مواد رسوب‌گذاری شده در معرض فرسایش کم بوده و با افزایش شدت چرا میزان مواد رسوبی در معرض فرسایش افزایش یافت. در منطقه مرجع پستی و بلندی سطح خاک بیشتر از دو منطقه دیگر بوده و با افزایش شدت چرا میزان پستی و بلندی سطح خاک کاهش یافت (در منطقه مرجع گودی‌ها عمدتاً در طبقه ۲۵ - ۸ میلی‌متر و در منطقه بحرانی در طبقه ۸ - ۳ میلی‌متر بوده است). با افزایش شدت چرا میزان مقاومت مکانیکی سطح خاک در اثر لگدکوبی دام افزایش یافت ولی میزان پایداری خاک بر طبق شاخص آزمون پایداری خاک کاهش یافت (جدول ۳).

### ویژگی‌های عملکردی

منطقه مرجع دارای بیشترین پایداری بوده و اختلاف معنی‌داری با دو منطقه چرای متوسط و چرای شدید در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان داد. منطقه با چرای شدید دارای کمترین میزان پایداری بوده و به‌طور کلی با افزایش شدت چرا، میزان پایداری مرتع کاهش یافت. از نظر مقدار نفوذپذیری نیز منطقه مرجع دارای بیشترین مقدار نفوذپذیری بوده است و اختلاف معنی‌داری با دو منطقه چرایی در سطح احتمال ۰/۰۵ داشته است. از نظر چرخه عناصر نیز بین سه منطقه چرایی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. منطقه مرجع دارای بیشترین میزان چرخه عناصر و منطقه چرای شدید دارای کمترین مقدار بوده است. مقایسه میانگین ویژگی‌های عملکردی در سه منطقه چرایی در جدول ۴ آمده است.

به‌روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر (السن و سامرز ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل‌جذب خاک به‌روش استات آمونیوم ۱ نرمال با  $pH=7$  (نادسن و همکاران ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. مقاومت خاک در مقابل نفوذ توسط دستگاه نفوذسنج<sup>۱</sup> قابل‌حمل ساخت شرکت ایجکلکمپ<sup>۲</sup> هلدن که توان اندازه‌گیری مقاومت ۵ میلی‌متر از سطح خاک را دارد، اندازه‌گیری شد.

### نتایج

**تجزیه و تحلیل روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA)**  
در این روش ۱۱ شاخص سطح خاک مورد مطالعه قرار گرفت که توضیحات و نحوه ارتباط آن‌ها با ویژگی‌ها در جدول ۱ آورده شده است. برای مثال نحوه تفسیر و امتیازدهی شاخص اول در جدول ۲ شرح داده می‌شود. برای این کار، درصد پوشش گیاهان چندساله تا ارتفاع ۰/۵ متری به‌اضافه قطعه سنگ‌های بزرگ‌تر از ۲ سانتی‌متر و مواد چوبی با قطر بیش از ۱ سانتی‌متر یا سایر مواد غیر متحرک با پایداری دائمی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این‌گونه اشیاء به‌عنوان مانع و حائلی در برابر قطرات باران عمل کرده، قدرت آن‌ها را کاهش می‌دهند، همچنین باعث می‌شوند قدرت فرسایش قطرات باران و تشکیل لایه‌های فیزیکی در خاک کاهش یابد. از این جهت این شاخص به ویژگی پایداری مربوط می‌شود. در هر یک از تیمارهای مورد مطالعه در تیپ گیاهی انتخاب‌شده، ۱۱ شاخص مورد نظر امتیازدهی و نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

### شاخص‌های سطح خاک

پوشش سطح خاک منطقه مرجع دارای بیشترین مقدار بوده و با افزایش چرای دام پوشش سطح خاک کاهش یافته است (جدول ۳). با افزایش شدت چرا میزان درصد پوشش گیاهان چندساله کاهش یافت. میزان لاشبرگ در منطقه مرجع بیشتر از منطقه با چرای متوسط و چرای شدید بوده است (جدول ۳). مقدار

<sup>1</sup>- Penetrometer

<sup>2</sup>- Eijkelkamp

**جدول ۱- شاخص‌های سطح خاک و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های عملکرد اکوسیستم.**

شماره	شاخص‌های سطح خاک و توضیح مختصر برای ارزیابی آن	پایداری خاک	نفوذپذیری خاک	چرخه عناصر	تعداد طبقه	دامنه امتیاز
۱	حفاظت خاک در برابر فرسایش پاشمانی- درصد پوشش سطح زمین با هدف ارزیابی میزان حفاظت از خاک در برابر قطرات باران	×			۵	۱-۵
۲	پوشش گیاهان چندساله- درصد پوشش گیاهان چندساله (محاسبه از طریق طول ترانسکت) با هدف تعیین پوشش تاجی و یقه گیاهان بوته‌ای، درختی و گراس‌های چندساله		×	×	۴	۱-۴
۲-الف	لاشبرگ- شامل درصد گراس‌های یک‌ساله و گیاهان علفی	×			۱۰	۱-۳۰
۲-ب	کمری با هدف ارزیابی الف- مقدار ، ب- منشأ و درجه تجزیه‌شدگی آن		×	×	۴	۱-۴
۴	پوشش نهان‌زادان - درصد پوشش قارچ، جلبک، گل‌سنگ، خزه در طول ترانسکت	×		×	۵	۰-۴
۵	شکستگی پوسته- ارزیابی میزان شکستگی پوسته سطحی و مقدار هدررفت مواد چسبیده به خاک از طریق فرسایش	×			۵	۰-۴
۶	نوع و شدت فرسایش- تعیین نوع فرسایش (شیار، خندق، فرسایش پلکانی، فرسایش ورقه‌ای، متورم شدن، ستون فرسایشی) و شدت آن در محدوده ارزیابی	×			۴	۱-۴
۷	مواد رسوب‌گذاری شده - در صد لاشبرگ و خاک در معرض فرسایش با هدف ارزیابی ماهیت و مقدار مواد انتقال‌یافته و رسوب‌گذاری شده و نشان دادن پایداری خاک	×	×	×	۴	۱-۴
۸	پستی‌وبلندی سطح خاک- ارتفاع پستی‌وبلندی‌های سطح خاک با هدف ارزیابی توانایی جذب و نگهداشت منابع مانند آب، خاک، ماده آلی خاکدانه‌ها		×	×	۵	۱-۵
۹	ماهیت سطح خاک (مقاومت به تخریب)- تعیین میزان سختی خاک از طریق فشار انگشتان و یا خودکار با هدف ارزیابی میزان مقاومت سطح خاک در برابر فرسایش	×	×		۵	۱-۵
۱۰	آزمون پایداری خاک- میزان دوام و پایداری خاکدانه‌ها در آب	×	×		۵	۰-۴
۱۱	بافت خاک- تعیین بافت سطح خاک با هدف تعیین میزان نفوذپذیری		×		۴	۱-۴

**جدول ۲- طبقه‌بندی و تفسیر شاخص حفاظت خاک در برابر فرسایش پاشمانی.**

تفسیر	امتیاز	پوشش سطحی
عدم حفاظت در برابر پاشمان	۱	۱٪ یا کمتر
حفاظت کم در برابر پاشمان	۲	۱-۱۵٪
حفاظت متوسط در برابر پاشمان	۳	۱۵-۳۰٪
حفاظت زیاد در برابر پاشمان	۴	۳۰-۵۰٪
حفاظت خیلی زیاد در برابر پاشمان	۵	بیشتر از ۵۰٪

## جدول ۳- امتیازات ۱۱ شاخص مورد مطالعه در مدیریت‌های چرای مرتع نشو.

شاخص‌ها	پوشش	پوشش گیاهان	پوشش لاشبرگ	پوشش نهانزادان	شکستگی پوسته	نوع و شدت فرسایش	مواد رسوب شده	پستی و بلندی سطح خاک	طبیعت سطح خاک (مقاومت به تخریب)	آزمون پایداری خاک	بافت خاک
منطقه مرجع	۴/۴	۳/۵۳	۱۰/۳۷	۳/۳۳	۲/۷۳	۳/۰۷	۳/۶۶	۳/۸	۲/۸۷	۳/۶	۲/۸۷
منطقه چرای متوسط	۳/۰۷	۲/۷۳	۸/۴۶	۲/۸۷	۱/۷۳	۲/۱۳	۳/۲	۳/۱۳	۲	۳/۳۳	۲/۶۷
چرای شدید	۲/۸	۲/۶	۷/۳۷	۱/۹۳	۱/۷۳	۲/۰۷	۲/۶	۲/۶	۲	۲/۸	۲/۳۳

شدت‌های مختلف چرای دام بر پارامترهای خاک در جدول ۵ آورده شده است. مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن نشان داد که منطقه چرای شدید کمترین و منطقه با چرای متوسط بیشترین مقدار ماده آلی خاک را دارند.

اثر شدت‌های مختلف چرای دام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک  
تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که شدت‌های مختلف چرای دام بر برخی ویژگی‌های خاک از جمله درصد ماده آلی، پتاسیم قابل‌جذب و مقاومت به نفوذ اثر معنی‌داری داشت. مقایسات میانگین اثرات معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های عملکردی مرتع (اشتباه معیار  $\pm$  میانگین) در سه منطقه چرای.

مدیریت چرای ویژگی عملکردی	منطقه مرجع (اشتباه معیار $\pm$ میانگین)	چرای متوسط (اشتباه معیار $\pm$ میانگین)	چرای شدید (اشتباه معیار $\pm$ میانگین)
پایداری خاک (%)	۶۸/۸۳ $\pm$ ۱/۲۹ a	۵۸/۸۳ $\pm$ ۱/۲ b	۴۹/۳۱ $\pm$ ۱/۳۳ c
نفوذپذیری خاک (%)	۴۸/۷۹ $\pm$ ۱/۵۲ a	۴۲/۳۷ $\pm$ ۱/۲۸ b	۳۴/۵ $\pm$ ۱/۵۶ c
چرخه عناصر (%)	۴۸/۵۴ $\pm$ ۱/۹۷ a	۴۰/۸۹ $\pm$ ۱/۴۳ b	۳۰/۳۵ $\pm$ ۱/۲۷ c

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در مقایسه بین میانگین‌ها هست (آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد).

## بحث

## اثر شدت‌های مختلف چرای دام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج تحقیق نشان داد چرای دام تأثیر معنی‌داری بر بافت خاک نداشته است که مطابق نتایج تحقیق مرادی و همکاران (۱۳۸۷) و میرزاعلی (۱۳۸۳) هست. حفظ نسبت‌های مناسب بین فازهای جامد، مایع و گاز خاک اهمیت ویژه‌ای دارد. این نسبت‌ها تحت فعالیت انسانی تغییر می‌نماید. با افزایش شدت چرای دام فاز جامد

نتایج آزمون مقایسه میانگین تأثیر شدت‌های چرای دام بر پتاسیم قابل‌جذب خاک نیز نشان داد که منطقه چرای شدید بیشترین مقدار پتاسیم قابل‌جذب را داشته و اختلاف معنی‌دار آماری با مناطق چرای متوسط و مرجع دارد. اما بین مناطق مرجع و چرای متوسط از نظر پتاسیم قابل‌جذب خاک اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که منطقه چرای شدید بیشترین و منطقه مرجع کمترین مقدار مقاومت خاک به نفوذ را دارند.



خاک در حجم معین افزایش یافته و فاز گازی آن کاهش می‌یابد. از جمله شاخص‌های نشان دهنده تخریب ساختمان فیزیکی خاک، تراکم خاک هست. تراکم خاک افزایش چگالی ظاهری خاک یا کاهش تخلخل هست.

جدول ۵- تغییرات ویژگی‌های خاک (اشتباه معیار ± میانگین) در مدیریت‌های مختلف چرای دام.

مدیریت چرای ویژگی‌های خاک	منطقه مرجع (اشتباه معیار ± میانگین)	چرای متوسط (اشتباه معیار ± میانگین)	چرای شدید (اشتباه معیار ± میانگین)
شن (%)	۵۲/۹۱۵۲ ± ۰/۶۰۰۸ a	۵۴/۳۰۰ ± ۰/۷۹۰۴ a	۵۳/۰۴۷۱ ± ۰/۸۳۶۷ a
سیلت (%)	۲۴/۲۳۲۵ ± ۰/۶۰۱۳ a	۲۵/۳۴۰۰ ± ۰/۵۹۰۶ a	۲۶/۶۵۳۳ ± ۰/۵۹۵۳ a
رس (%)	۱۹/۴۳۱۵ ± ۰/۵۶۹۲ a	۲۱/۴۶۷۵ ± ۰/۶۸۲۶ a	۲۱/۶۱۲۹ ± ۰/۸۶۳۷ a
ماده آلی (%)	۲/۳۰۹۶ ± ۰/۰۶۹۳ ab	۲/۴۳۱۳ ± ۰/۰۶۵۲ a	۲/۱۴۱۵ ± ۰/۰۶۷۲ b
نیترژن کل (%)	۰/۰۵۹۳ ± ۰/۰۰۷۶ a	۰/۰۴۷۵ ± ۰/۰۰۴۱ a	۰/۰۵۱۲ ± ۰/۰۰۶۶ a
فسفر قابل جذب (ppm)	۷/۳۵۳۳ ± ۰/۵۹۸۰ a	۸/۸۶۱۲ ± ۰/۵۷۱۷ a	۹/۳۱۴۳ ± ۰/۷۴۲۸ a
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۹۴/۱۰ ± ۱۲/۸۵۵۴ b	۳۲۲/۵۳ ± ۹/۱۱۷۳ b	۳۹۴/۶۸ ± ۳۰/۹۴۹۰ a
مقاومت به نفوذ (kg/cm <sup>2</sup> )	۳/۳۴۱۵ ± ۰/۰۹۶۴ b	۳/۳۹۳۰ ± ۰/۰۸۱۰ b	۴/۰۹۳۹ ± ۰/۰۷۲۰ a

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در مقایسه بین میانگین‌ها هست (آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد).

پوشش گیاهی و حجم زیاد ریشه در خاک، همچنین بیشتر بودن میزان پوشش گیاهی لگوم‌ها در منطقه مرجع در مقایسه با مناطق تحت چرا، می‌تواند موجب افزایش نیترژن کل در خاک منطقه مرجع شده باشد. با افزایش شدت چرا بر مقدار فسفر قابل‌جذب خاک افزوده شده است. افزایش مقدار فسفر قابل‌جذب خاک در منطقه بحرانی را می‌توان مربوط به تردد زیاد دام که باعث مدفون شدن بیشتر فضولات و لاشبرگ و تحرک بیشتر فسفر قابل‌جذب خاک موجود در سطح خاک می‌شود، دانست. پتاسیم قابل‌جذب خاک در منطقه چرای شدید بالاتر از مناطق با چرای متوسط و مرجع بوده و دارای اختلاف معنی‌داری با دو منطقه دیگر است. علل آن می‌تواند فضولات دامی زیاد و کمتر مصرف شدن پتاسیم خاک به دلیل پایین بودن درصد پوشش گیاهی در منطقه بحرانی باشد. این نتایج مطابق نتایج تحقیق جوادی و همکاران (۱۳۸۴) و کهندل و همکاران (۱۳۸۸) هست.

مهم‌ترین اثرات تراکم خاک یا افزایش مقاومت مکانیکی خاک، کاهش قابلیت نفوذ ریشه، کاهش رشد و توسعه ریشه گیاهان و کاهش دسترسی گیاهان به آب و نیترژن هست. لگدکوبی دام و فشردن شدن خاک موجب افزایش مقاومت مکانیکی خاک سطحی یا افزایش مقاومت خاک در مقابل نفوذ شده است. نفوذپذیری این خاک‌ها نیز بسیار کم هست که ناشی از تخلخل کم است. چایی‌چی و همکاران (۱۳۸۲) نیز در تحقیقی افزایش مقاومت مکانیکی خاک را در منطقه بحرانی نشان دادند. به دلیل برداشت زیاد پوشش گیاهی توسط دام در منطقه بحرانی و در نتیجه کاهش بازگشت ماده آلی به خاک، میزان ماده آلی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، این نتایج با نتایج جلیوند و همکاران (۱۳۸۶)، کونانت و پوستین (۲۰۰۲)، ژائو و همکاران (۲۰۰۷)، استفنس و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. اما منطقه کلید با افزایش جزئی نسبت به منطقه مرجع بیشترین ماده آلی خاک را داشت که علت آن را می‌توان به وجود تعداد دام متناسب با منطقه نسبت داد که باعث گردید بقایای گیاهی و فضولات دامی فرصت مدفون شدن در خاک را پیدا کرده و در افزایش مواد آلی مؤثر باشد. بالا بودن میزان

## اثر شدت‌های مختلف چرایی دام بر شاخص‌های سطح خاک و ویژگی‌های عملکردی مرتع

فعالیت‌های مدیریتی بر روی عملکرد مرتع تأثیر می‌گذارند. تغییرات شاخص‌های سطح خاک نشان می‌دهد که در افزایش شدت چرا، تخریب مرتع افزایش می‌یابد. تانگوی و لودویگ (۲۰۰۲)، مصداقی و قبادی (۱۳۸۹) و محتشم‌نیا (۱۳۹۰) نیز در تحقیقات خود چنین نتایجی را گزارش کرده‌اند. با افزایش شدت چرا درصد پوشش، سطح تاج پوشش و قطر یقه کاهش یافته و امتیاز پایین‌تری نسبت به منطقه مرجع به دست آمده است. پوشش سطح خاک در منطقه مرجع به علت پوشش خوب گیاهان چندساله امتیاز بالایی به خود اختصاص داد که مطابق با نتایج تحقیق محتشم‌نیا (۱۳۹۰) هست. میزان لاشبرگ در منطقه مرجع به علت پوشش گیاهی چندساله قابل توجه بوده و با افزایش شدت چرا این مقدار کاهش یافت. در منطقه مرجع به علت ثبات و پایداری خاک و رویشگاه، پوشش نهان‌زادان توسعه یافته است ولی با توجه به حساس بودن نهان‌زادان نسبت به شرایط محیطی، در منطقه با چرای متوسط و شدید این پوشش کاهش یافته است. بنابراین پوشش نهان‌زادان می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین مناطق مرجع و دارای ثبات و پایداری بالا باشد. حضور این گیاهان میزان عناصر غذایی در دسترس لایه‌های سطحی خاک را نیز افزایش می‌دهند. در منطقه مرجع به علت عدم حضور دام در منطقه، میزان خردشدگی سله‌های خاک ناچیز بوده و با افزایش شدت چرا میزان خردشدگی سله‌های خاک افزایش یافت که مطابق با نتایج تحقیقات بلکبرن و پیرسن (۱۹۹۴) و مصداقی و قبادی (۱۳۸۹) هست. در منطقه مرجع با توجه به ثبات و پایداری رویشگاه و الگوی مناسب جریان آب، فرسایش سطحی در حد مورد انتظار برای رویشگاه بوده و با افزایش شدت چرا با تأثیر دام بر فشردگی خاک، فرسایش سطحی شدت بیشتری پیدا کرده است. به علت ثبات و پایداری رویشگاه و ناچیز بودن فرسایش در منطقه مرجع، میزان مواد رسوب‌گذاری شده در معرض فرسایش کم بوده و با افزایش شدت چرا میزان مواد

رسوبی در معرض فرسایش افزایش یافت. با افزایش شدت چرا، پستی‌وبلندی‌های سطح خاک کاهش یافت درحالی‌که در منطقه مرجع به علت حضور گیاهان چندساله و سنگریزه‌ها و سله‌های خاک ناهمواری سطح خاک زیاد بوده است. وجود این ناهمواری‌ها در سطح، شدت جریان‌ات خروجی را کند کرده، امکان نفوذپذیری بیشتر را فراهم نموده و می‌تواند محیط امنی برای تجمع بذور و لاشبرگ را فراهم نماید. با افزایش تعداد دام در مرتع و فشردگی شدن سطح خاک، خاک سطحی بسیار سخت و محکم شده و نیروی مکانیکی زیادی برای کندن آن لازم است. با افزایش شدت چرا و کاهش پوشش گیاهی و ماده آلی خاک، پایداری خاک نیز کاهش یافت. منطقه مرجع به دلیل داشتن پوشش گیاهی چندساله و الگوهای کوتاه جریان آب بیشترین پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی را داشته است. شدت چرا با کاهش مقدار پوشش گیاهی باعث کاهش نفوذپذیری و نیز چرخه عناصر شده است که مطابق نتایج محتشم‌نیا (۱۳۹۰) و رید و همکاران (۱۹۹۹) هست.

در مدیریت‌های مختلف چرایی، ویژگی‌های عملکردی مرتع نیز تغییر نشان دادند که نشانه اثر چرای دام هست. نتایج این تحقیق با استفاده از روش LFA نشان داد که شاخص‌های سطح خاک با ویژگی‌های عملکردی مرتع ارتباط داشته و گویای اثر فعالیت‌های مدیریتی بوده‌اند که مطابق با دیدگاه تانگوی و لودویگ (۲۰۰۴ a) هست. با مطالعه کارایی این روش در مناطق مختلف آب و هوایی می‌تواند مناسب‌ترین ویژگی‌ها و شاخص‌ها را برای تعیین سلامت یک مرتع مشخص نمود.

در مقایسه نتایج به دست آمده از روش LFA و تحلیل نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه باید گفت هر دو روش نتایج تقریباً یکسانی در ارتباط با تأثیر یک آشفتگی مانند شدت چرای دام بر ویژگی‌های خاک داشته‌اند. بافت خاک از ویژگی‌های ذاتی خاک بوده، متأثر از سنگ مادر است و شدت چرای دام در منطقه نتوانسته منجر به تغییر بافت خاک شود. در ارتباط با ویژگی‌های عملکردی مرتع، ماده آلی خاک در منطقه

شدن پتاسیم خاک به دلیل پایین بودن درصد پوشش گیاهی در منطقه چرای شدید باشد. بنابراین در ارتباط با ویژگی عملکرد چرخه عناصر غذایی خاک، نتایج به دست آمده از روش LFA با نتایج تحلیل نمونه‌های - خاک همخوانی دارد چون با کاهش پوشش گیاهی در منطقه چرای شدید، میزان چرخه عناصر نیز به‌کندی صورت می‌گیرد.

مرجع بیشتر بوده که این خود منجر به افزایش پایداری خاک، بهبود وضعیت نفوذپذیری و کاهش فرسایش خاک شده است. در روش LFA، میزان چرخه عناصر غذایی در منطقه مرجع بیشتر از دو منطقه دیگر به دست آمده است. طبق نتایج تحلیل خاک عناصر پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک در منطقه چرای شدید بیشتر از مناطق با چرای متوسط و مرجع بوده است که علل آن می‌تواند فضولات دامی بیشتر و کمتر مصرف

#### منابع مورد استفاده

- جلیلوند ح، تمرتاش ر و حیدرپور ح، ۱۳۸۶. تأثیر چرا بر پوشش گیاهی و برخی خصوصیات شیمیایی خاک در مراتع کجور نوشهر. مجله مرتع، سال ۱، شماره ۱، صفحه‌های ۵۳ تا ۶۶.
- جوادی س، جعفری م، آذرنیوند ح و زاهدی امیری ق، ۱۳۸۴. بررسی اثرات چرای دام بر روی پارامترهای خاک در مرتع بیلاقی لار. مجله علوم کشاورزی، سال ۱۱، شماره ۴، صفحه‌های ۷۱ تا ۷۸.
- چایی‌چی م، محسنی ساروی م و ملکیان آ، ۱۳۸۲. اثر لگدکوبی و چرای دام بر ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی مرتع. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴، صفحه‌های ۴۹۱ تا ۵۰۸.
- صادقی سرح، محمدپور ک و دیانته تیلکی ق، ۱۳۸۹. تغییرپذیری میزان تولید رسوب از تیمارهای مرتعی قرق کوتاه مدت و چرای آزاد در مراتع بیلاقی کدیر. مجله مرتع، جلد ۴، شماره ۳، صفحه‌های ۴۸۴ تا ۴۹۳.
- قلیچ‌نیا ح، ۱۳۸۳. ارزیابی ویژگی‌های سطح خاک برای تعیین وضعیت مرتع. مجموعه مقالات سومین همایش ملی مرتع و مرتعداری ایران. شهریور ماه، دانشگاه تهران، تهران.
- کهندل ا، ارزانی، ح و حسینی توسل م، ۱۳۸۸. تأثیر شدت‌های گوناگون چرای دام بر مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک. مجله علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، سال ۳، شماره ۶، صفحه‌های ۵۹ تا ۶۵.
- محتشم‌نیا س، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات شاخص‌های سطح خاک و ویژگی‌های عملکردی مرتع در اثر شدت چرا و شخم اراضی. فصل‌نامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال ۱، شماره ۴، صفحه‌های ۵۵ تا ۶۶.
- مصدقی م و قبادی م، ۱۳۸۹. بررسی اثرات فعالیت‌های مدیریتی بر روی ساختار و عملکرد اکوسیستم مرتع. فصل‌نامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال ۱، شماره ۲، صفحه‌های ۱۰۸ تا ۱۲۱.
- مرادی ح، میرنیا س و لاهورپور ش، ۱۳۸۷. اثر شدت چرا بر خصوصیات خاک در مراتع بیلاقی چرندو در استان کردستان. فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۳، صفحه‌های ۳۶۹ تا ۳۷۸.
- میرزاعلی ا، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر قرق بر روی پوشش گیاهی و خاک سطحی مراتع شور گمیشان در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس.

- Blackburn WH and Pierson FB, 1994. Sources of variation in interrill erosion on rangelands. Pp. 1-9. In: Blackburn WH, Pierson, JR, Schuman GE and Zartman R (eds.) Variability in Rangeland Water Erosion Processes. SSSA Spec. Publ. 38. SSSA, Madison, WI.
- Bremner JM and Mulvaney CS, 1982. Nitrogen total. Pp. 595-624. In: Page A L (ed.), Methods of Soil Analysis. Agron. No. 9, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
- Chaneton EJ and Avado RSL, 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in flooding pama grassland. Range Management 49: 182-187.
- Clements FE, 1916. Nature and structure of the climax. Ecology 24: 252-284.

- Conant RT and Paustian K, 2002. Spatial variability of soil organic carbon in grasslands: implications for detecting change at different scales. *Environmental Pollution* 116: 127–135.
- De Soyza AG, Whitford WG and Herrick JE, 1997. Sensitivity testing of indicators of ecosystem health. *Ecosystem Health* 3: 44-53.
- Jacob H and Clarke G, 2002. " Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method", Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA, 1692 p.
- Greenwood KL, MacLeod DA, Scott JM and Hutchinson KJ, 1998. Changes to soil physical properties after grazing exclusion. *Soil Use and Management* 14:19-24.
- Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF, 1982. Lithium, sodium, potassium. Pp. 225-246. In: Page AL (ed.), *Methods of Soil Analysis, part 2*, Madison, Wisc.: ASA-SSSA.
- Ludwig D, Tongway D, Freudenberger D and Noble Hodginson D, 1997. *Land Landscape Ecology and Management, Principle of Australia, s rangeland*. CSIRO Publication. 123 p.
- Nelson DW and Sommers LE, 1982. Total carbon and organic matter. Pp. 539-579. In: Page AL (ed.), *Methods of Soil Analysis, part 2*, ed. Madison, Wisc.: ASA-SSSA.
- Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403- 430. In A. L. Page (ed), *Methods of soil analysis*, Agron. No. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
- Pierer RD and Reldon FB, 1990. Range condition from an ecological perspective. *Range Management* 43(6): 550-552.
- Reid KD, Wilcox BP, Breshears DD and MacDonald L, 1999. Runoff and erosion in a pinon–juniper woodland: Influence of vegetation patches. *Soil Science Society of America Journal* 63:1869 - 1879.
- Rogério C, Ana, LBH and Quirijn dJL, 2006. Spatio- temporal variability of soil water tension in a tropical soil in Brazil. *Geoderma* 133: 231-243.
- Singer MJ and Bissonais YL, 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. *Geomorphology* 24: 79–85.
- Snyman HA and duPreez CC, 2005. Rangeland degradation in semi-arid South Africa—II: influence on soil quality. *Journal of Arid Environments* 60: 483–507.
- Steffens M, Kölbl A, Totsche KU and Kögel-Knabner I, 2008. Grazing – effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (P.R. China). *Geoderma* 143: 63-72.
- Tongway D and Ludwig J, 2002. Reversing Desertification in Rattan Lal (Ed) *Encyclopaedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York.
- Tongway DJ and Hindley NL, 2004a. Landscape function analysis: a system for monitoring rangeland function. *African Journal of Range and Forest Science* 21: 41-45.
- Tongway DJ and Hindley NL, 2004b. Landscape function analysis: Procedures for Monitoring and Assessing Landscapes with Special Reference to Mine Sites and Rangelands, Version 3.1. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia.
- Zhao Y, Peth S, Krummelbein J, Horn R, Wang Z, Steffens M, Hoffmann C and Peng X, 2007. Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. *Ecological Modeling* 205: 241-254.