

Investigating the Vegetation Characteristics of Plant Species That Are Compatible with Protecting Marl Soil in Kashan

F. Parsadoust^{1*}, Z. Jaberalansar², M. Borhani³

1. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
2. Expert Researcher, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
3. Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

* Corresponding Author: f.parsadoust@areeo.ac.ir

Received date: 02/05/2023

Accepted date: 23/06/2023

 [10.22034/JDMAL.2023.2001353.1414](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2001353.1414)

Extended Abstract

Introduction

Marl formations are one of the most important sources of sediment production in arid and semi-arid regions. Marl lands are highly susceptible to erosion, causing an increase in drinking water treatment costs, reducing the useful life of dams, and significantly decreasing the permeability of floodwater spreading areas. Different forms of erosion have been shown to have a relationship with the geological characteristics of marls, as evidenced by research. The results of the study of the effect of the physical and chemical properties of marl sediments on erosion in Latshore-Pakdasht showed that the amount of Na⁺, SO₄²⁻ and silt in the marl lands increased, while the percentage of clay decreased from surface to gully erosion. The form and intensity of water erosion are greatly influenced by changes in soil texture. Gully erosion can be developed by increasing the amount of sand compared to the finer particles of silt and clay. Despite the difficulty of vegetation establishment on marl lands, in some areas, surprisingly, a relatively dense cover of rangeland species can be observed, which can cause erosion control and soil stability. The results of the systematic survey of plant species and their protective role in the marl lands of Ilam, Yazd and Gilan provinces all indicate that rangeland species are one of the most effective and suitable methods to prevent soil erosion by creating a stable vegetation cover on marl formations. The relationship between the physical and chemical properties of the soil with vegetation characteristics including distribution, canopy cover and density is inevitable. In the marl lands of Borujen, the research revealed that vegetation type named *Astragalus brachycalyx*-*Daphne mucronata*-*Cirsium bracteosum* can be established in neutral marl lands, with medium CaCO₃ content and minimal presence of Na⁺ and Cl⁻. On the other hand, the vegetation type named *Astragalus susianus*-*Daphne mucronata*-*Amygdalus elaeagnifolia* can be established in alkaline and calcareous marl lands with very high amounts of Cl⁻ and can be effective in controlling water erosion in marl lands. Considering arid and desert climate and the occurrence of surface, rill and gully erosions in the marl lands of Kashan region, as well as the importance of protecting and controlling erosion in the marl formations of the region and the lack of detailed vegetation studies



in this region, accurate identification of the vegetation of the marl lands and prioritizing native and resistant plant species is necessary for the rehabilitation management of vegetation and biological protection of soil in these areas. Therefore, the aim of the current research is to identify rangeland species and investigate their role in erosion control in the selected marl formations in Kashan. In addition, the physical and chemical soil parameters of marl lands and the vegetation characteristics of plant species in different types of erosion are investigated.

Material and Methods

Kashan is one of the marl regions chosen for the current study on the classification and determination of marl erodibility indices in Isfahan province. Two vegetation types named *Anabasis setifera*-*Artemisia sieberi*-*Salsola tomentosa* and *Pteropodium aucheri*-*Pteropodium olivieri*-*Artemisia sieberi* have been identified in the selected Marl lands of Kashan. In order to evaluate the erosion condition in three erosion forms of surface, rill and gully, BLM (Bureau of Land Management) form was completed in the same marl units and control areas without vegetation cover. In the next step, three soil samples were collected from 0-20 cm depth in three repetitions in marl units including three forms of erosion. The physical and chemical soil properties including texture, EC, N, P, SAR, OC, CEC, CaSO₄ and CaCO₃ were measured. For vegetation studies in the study area, after preparing the floristic list of plant species, three 100 m transects were established in a random-systematic method. In each transect 10 plots of 2 m² were placed and vegetation characteristics including canopy cover percentage and density per plant species, as well as the percentage of gravel and litter were measured and recorded. The statistical analysis of the data was done as a completely random design using SAS software, and the averages of soil properties were compared according to the Least Significant Difference (LSD). Correlation analysis between soil and vegetation characteristics was done by SPSS statistical software.

Results and Discussion

The results showed that in terms of erodibility, Marl lands with vegetation cover had a better condition than those without vegetation. Based on analysis of variance, the physical and chemical parameters of soil and vegetation characteristics in three types of erosion had significant differences at level of 1% and 5%. In gully erosion, the amount of N, P, SAR, OC, litter and canopy cover were in better conditions compared to other types of erosion. The results of correlation between soil properties and vegetation characteristics showed that the canopy cover had significant correlation with the percentage of sand ($r=0.92$) and a negative correlation with the amount of CaCO₃ at ($r=0.97$). In terms of the type of dominant plant species, in surface erosion *Ephedra strobilacea* Bunge. with canopy cover of 1.71%, in rill erosion *Anabasis setifera* Moq. with canopy cover of 1.24% and in gully erosion *Artemisia sieberi* Besser. with canopy cover of 12.3% were identified as the most suitable species for soil protection. In all three types of erosion, bushes had the highest percentage of density in terms of growth form. In surface erosion and gully erosion, shrubs occupied the highest percentage of canopy cover. In gully erosion, due to better conditions of soil moisture and organic matter, bushes and shrubs were successful in competition with annual and herbaceous plants. They established well due to deep and extensive root system. The results of current research could be considered as a novel achievement in order to prevent soil erosion through establish appropriate species in marl lands with similar climatic conditions.

Keywords: Marl formations; Rangeland plant species; Soil conservation; Erosion intensity





بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی گونه‌های گیاهی سازگار با حفاظت خاک مارن‌های شهرستان کاشان

فرزاد پارسادوست^{۱*}، زهرا جابرالانصار^۲، مسعود برهانی اصفهانی^۳

۱. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
 ۲. محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
 ۳. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
- * نویسنده مسئول: f.parsadoust@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۲

doi [10.22034/JDMAL.2023.2001353.1414](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2001353.1414)

چکیده

سازندهای مارنی در مناطق خشک و بیابانی از جمله منابع مهم تولید رسوب بشمار می‌روند. استقرار پوشش گیاهی بر روی این اراضی موجب کنترل فرسایش و پایداری خاک می‌شود. پژوهش حاضر به منظور بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی استقرار یافته بر روی مارن‌های منطقه کاشان در اشکال مختلف فرسایش انجام شد. در پژوهش حاضر در سه نوع فرسایش سطحی، شیبی و آبراهه‌ای، از عمق ۲۰ سانتی متری خاک نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. شدت فرسایش با روش BLM (Bureau of Land Management) برآورد شد. نمونه برداری پوشش گیاهی به روش تصادفی - نظام مند (سیستماتیک) انجام و ویژگی‌های درصد پوشش و تراکم گونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که از نظر فرسایش پذیری اراضی مارنی دارای پوشش گیاهی نسبت به مناطق فاقد پوشش گیاهی (شاهد) کمتر است. بر اساس تحلیل واریانس متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک و ویژگی‌های پوشش گیاهی در سه نوع فرسایش تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ وجود داشت. منطقه مارنی با فرسایش آبراهه‌ای، از نظر N، P، SAR، OC، لاشبرگ و تاج پوشش نسبت به دو نوع فرسایش دیگر، از وضعیت بهتری برخوردار بود. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک، درصد پوشش تاجی گیاهان با عامل درصد شن به مقدار ۹۲٪ همبستگی مثبت و معنی دار و با مقدار CaCO₃ همبستگی منفی و معنی دار برابر با ۹۷٪ نشان داد. از نظر نوع گونه گیاهی غالب، گونه‌های *Ephedra strobilacea* Bunge، *Anabasis setifera* Moq. و *Artemisia sieberi* Besser. به ترتیب در فرسایش سطحی، شیبی و آبراهه‌ای به عنوان سازگارترین گونه‌ها برای حفاظت خاک شناسایی شدند. نتایج پژوهش حاضر در راستای استقرار گونه‌های مناسب در سازندهای مارنی با شرایط اقلیمی مشابه می‌تواند به عنوان دستاوردی نوین برای کنترل فرسایش خاک مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سازندهای مارنی؛ گونه‌های مرتعی؛ حفاظت خاک؛ شدت فرسایش



■ مقدمه

یکی از معضله‌های اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک پدیده فرسایش و رسوب است که با شستشوی مواد غذایی از سطح خاک، کاهش توان خاک برای تولید پایدار را در پی خواهد داشت (۱، ۳۰). رخنمون‌های مارنی بخش عمده‌ای از رسوبات تولیدشده در حوزه‌های آبخیز را به خود اختصاص می‌دهند که بر اساس نوع و اندازه کانی‌ها، بافت و درصد ذرات تشکیل‌دهنده آن‌ها، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و فرسایشی متفاوتی دارند (۲۰). مطالعات نشان داده است که اراضی مارنی نسبت به فرسایش بسیار حساس بوده و موجب افزایش هزینه‌های تصفیه آب آشامیدنی، کاهش طول عمر مفید سدها و کاهش چشمگیری در نفوذپذیری عرصه‌های پخش سیلاب به دلیل ترسیب کلونیدهای رسی در این مناطق می‌شوند (۷، ۸). پژوهش‌ها نشان داده است که ارتباطی بین ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی مارن‌ها و اشکال مختلف فرسایش وجود دارد. بطوریکه در حوزه آبخیز تلخه‌رود، نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار pH در فرسایش توده‌ای و بیشترین مقدار $CaSO_4$ و شن در مناطقی با فرسایش خندقی و کمترین مقادیر این سه ویژگی، در فرسایش بدلند است. به نظر می‌رسد ویژگی‌های pH، میزان شن و $CaSO_4$ نیز در پهنه‌بندی اشکال مختلف فرسایش اراضی می‌تواند مفید باشد (۲۸). نتایج بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات مارنی بر فرسایش در منطقه لانتشور پاکدشت نشان داد ویژگی‌های خاک شامل میزان یون Na ، SO_4 و درصد سیلت در اشکال مختلف فرسایشی دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. به‌گونه‌ای که مقادیر یون Na و SO_4 و مقدار سیلت در مارن‌های منطقه از فرسایش سطحی به فرسایش خندقی افزایش یافته و میزان درصد رس از فرسایش سطحی به خندقی کاهش می‌یابد. بر اساس یافته‌های این پژوهش متغیرهای یون Na ، SO_4 ، درصد سیلت و EC به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در توسعه و ایجاد اشکال مختلف فرسایشی معرفی گردیدند (۲۷). تغییرات بافت خاک نقش مهمی در شکل و شدت فرسایش آبی دارا می‌باشد. بطوریکه با افزایش مقدار ماسه نسبت به اجزاء ریزدانه‌تر سیلت و رس،

امکان توسعه فرسایش خندقی فراهم می‌شود. در همین راستا نتایج حاصل از پژوهش بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش آبی در رسوبات مارنی سازندهای میشان و آجاجاری در باختر بندرعباس نشان داد که در فرسایش سطحی، مارن میشان نسبت به مارن آجاجاری دارای رس و سیلت بیشتر می‌باشد. شدت فرسایش و مقدار تولید رسوب از فرسایش سطحی به سوی خندقی و تونلی، بیشتر می‌شود. در شکل فرسایش خندقی در مارن‌های هر دو سازند میشان و آجاجاری، مقدار ماسه نسبت به مجموع سیلت و رس به شدت افزایش یافته‌است. در این تحقیق شاخص نسبت مقدار ماسه به مجموع سیلت و رس به عنوان معیار شاخص فیزیکی برای تفکیک دو شکل فرسایش سطحی و خندقی از یکدیگر ارائه شد (۲۱).

با وجود دشواری استقرار پوشش گیاهی بر روی اراضی مارنی به دلیل تمرکز کانی‌های رسی نفوذناپذیر (۳۲)، در برخی مناطق به طرز شگفت‌انگیزی می‌توان پوششی نسبتاً متراکم از گونه‌های مرتعی را ملاحظه نمود که سبب پایداری خاک و کنترل نرخ رسوب‌زایی اراضی مارنی شده‌اند. گونه‌های مرتعی با ایجاد پوشش گیاهی پایدار بر روی سازندهای مارنی به‌عنوان یکی از مؤثرترین و مناسب‌ترین راه‌های جلوگیری از فرسایش خاک مطرح می‌باشند (۱۵، ۲۲، ۳۴). بررسی‌های گوناگونی در بررسی گونه‌های مرتعی شاخص که نقش حفاظتی بر روی سازندهای مارنی دارند در کشور انجام شده است. نتایج بررسی نظام‌مند گونه‌های گیاهی و نقش حفاظتی آن‌ها در مناطق مارنی شرقی، جنوبی و غربی در شهرستان ایلام نشان داد که گونه‌های غالب در این مناطق شامل *Noaea mucronata* (Forssk.)، *Quercus brantii* Lindl.، *Hamada salicornica* (Moq.)، *Asch. & Schweinf.* و *Iljin* و *Zygophyllum atriplicoides* Fisch. & C.A.Mey. می‌باشند (۳). همچنین در مطالعه نقش گونه‌های مرتعی در حفاظت سازندهای مارنی در شهرستان اردکان استان یزد، گونه *Salsola tomentosa* Forssk. به‌عنوان سازگارترین گونه از لحاظ حضور برابر با ۸۳٪ بر روی اراضی مارنی شناسایی گردید (۵). در بررسی گونه‌های شاخص سازندهای مارنی در استان گیلان (پشت سد سفیدرود) تعداد ۳۶ گونه گیاهی متعلق به ۲۳ خانواده شناسایی شد که از میان آن‌ها

سازندهای مارنی منتخب در شهرستان کاشان می‌باشد. همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تشکیل شده بر روی سازندهای مارنی و ویژگی‌های پوشش گونه‌های گیاهی در انواع مختلف فرسایش بررسی شد.

■ مواد و روش

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان در مناطق شرق، شمال و جنوب دارای رخنمون‌های مارنی فراوان مربوط به دوران دوم و سوم زمین‌شناسی می‌باشد. منطقه کاشان از جمله مناطق مارنی است که در طرح طبقه‌بندی و تعیین شاخص‌های فرسایش‌پذیری مارن‌های استان اصفهان، برای انجام پژوهش حاضر برگزیده شد (۴). کاشان بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن دارای اقلیم فراخشک معتدل است. بر اساس بررسی‌های آماری بلندمدت (۲۰۱۴-۱۹۶۷)، میانگین درجه حرارت سالانه 19.7°C ، میانگین حداقل دما $12/1^{\circ}\text{C}$ و حداکثر درجه حرارت هوای کاشان برابر با $26/2^{\circ}\text{C}$ است. تعداد روزهای یخبندان به‌طور متوسط ۴۲ روز در سال است. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا طبق آمار درازمدت (۲۰۱۴-۱۹۶۷) ۴۰٪ و مجموع بارش سالانه کاشان $136/5\text{mm}$ است. بیش از نیمی از بارش‌های سالانه در فصل زمستان نازل می‌گردد. فصل پاییز در حدود ۲۶٪ و فصل بهار ۲۲/۵٪ از کل بارندگی سالانه را در برمی‌گیرند (۱۸).

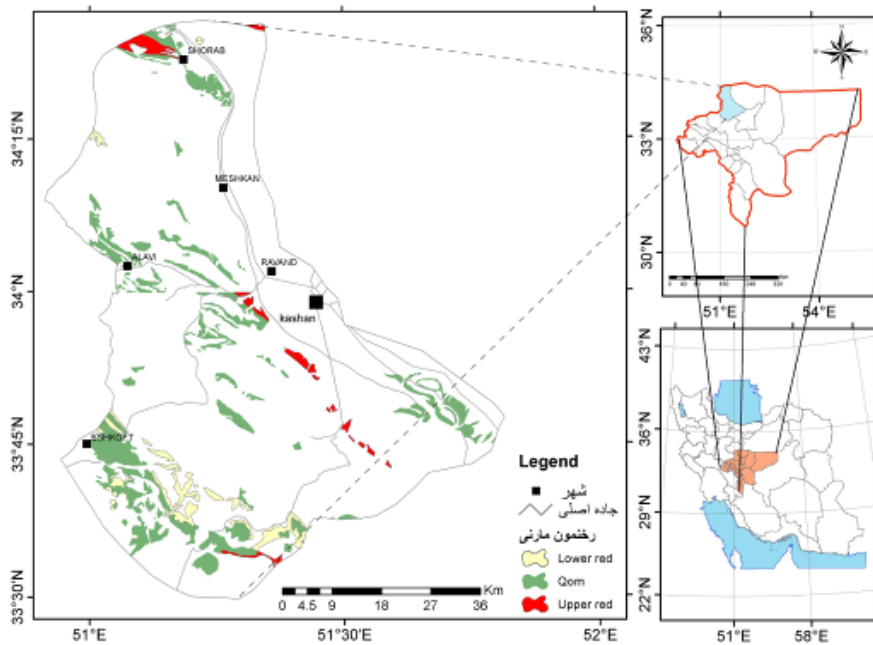
منطقه کاشان از دیدگاه وضعیت زمین‌شناسی، در ایران مرکزی و زون ساختاری ارومیه - دختر واقع شده است. این زون، بخشی از کمربند آتشفشانی ایران مرکزی است و به‌موازات دو واحد زمین‌ساختی سندانج - سیرجان و تراست زاگرس قرار دارد. سه فاز مهم ماگماتیسم در منطقه مشاهده می‌گردد که به‌ترتیب عبارتند از سری‌های آتشفشانی ائوسن - میوسن زیرین با ترکیب آلکالن، نفوذی‌های میوسن میانی با ترکیب کالکوالکالن و گدازه‌ها و دایک‌های میوسن بالایی - پلیوسن با ترکیب آلکالن تا حدودی کالکوالکالن. تشکیلات آذرآواری ائوسن با پی سنگ کنگلومرایی شامل تناوب توف، مارن، شیل و ماسه‌سنگ و CaCO_3 است و عمدتاً در شمال شرقی حوزه رخنمون دارد. در ناحیه نسلج، توده‌های سیل

گونه‌هایی نظیر گل‌گزی (*Reaumuria alternifolia* Britten. (Labill.))، قره داغ (*Nitraria schoberi* L.)، کاروانکش رودباری (*Atraphaxis aucheri* Jaub.)، کم‌ریش واگرا (*Oligochaete divaricate* & Spach.)، شورپای مامانی (*Halimocnemis* (DC.) K.Koch.)، پونه‌سای رودباری (*mamamensis* (Bunge.) Assadi.)، سُدایی بی ورزین (*Nepeta amoena* Stapf.)، تاغ (*Haplophyllum buhsei* Boiss.) و *Haloxylon* (C.A.Mey.) Bunge. ex Fenzl. بصورت ویژه بر روی خاک‌های مارنی رویش یافته و جهت تثبیت خاک‌های مارنی مناسب می‌باشند (۱۷). ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل پراکنش، درصد پوشش و تراکم اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بطوریکه در برخی مناطق مارنی با ویژگی‌های ویژه صرفاً گونه‌های گیاهی خاص می‌توانند مستقر شوند. در پژوهش انجام شده در راضی مارنی منطقه بروجن، نتایج نشان داد که تیپ گیاهی شامل گونه‌های مرتعی *Astragalus brachycalyx-Daphne mucronata-Cirsium bracteosum* با تراکم بالای ۵۰٪ می‌تواند در اراضی حاصل از فرسایش سازندهای مارنی خنثی با pH ۷-۸، با مقدار CaCO_3 متوسط و حضور حداقلی یون‌های Na و Cl استقرار یابد. از سوی دیگر تیپ گیاهی *Astragalus susianus Daphne mucronata-Amygdalus elaeagnifolia* می‌تواند در خاک‌های مارنی قلیایی با pH مساوی یا بیش از ۸ و با غلبه جزء آهکی در سنگ و رسوب در حضور مقادیر بسیار بالای یون Cl استقرار یافته و در مهار فرسایش آبی در خاک‌های مارنی مؤثر باشد (۱۲).

با توجه به اقلیم خشک و بیابانی و وقوع انواع فرسایش سطحی، شیاری و خندقی در اراضی مارنی منطقه کاشان، همچنین اهمیت حفاظت و کنترل فرسایش در سازندهای مارنی منطقه و نیز عدم وجود مطالعات دقیق پوشش گیاهی در این منطقه، شناسایی دقیق پوشش گیاهی مناطق مارنی و اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی بومی و مقاوم برای مدیریت احیای پوشش گیاهی و حفاظت زیستی خاک این مناطق ضروری است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر شناسایی گونه‌های مرتعی و بررسی نقش آن‌ها در مهار فرسایش در

مانند تا عدسی شکل با ترکیب دیوریت تا گابرو در این سنگ‌ها تزریق شده است (شکل ۱).
 از نظر پوشش گیاهی، دو تیپ گیاهی در منطقه مارنی منتخب کاشان شناسایی شده است. تیپ آسمانی سیخکدار - درمنه دشتی - شور با مساحت ۱۶۰۳ ha، در نزدیکی آب شیرین از توابع شهرستان کاشان قرار دارد. این تیپ گیاهی بیشتر بر روی اراضی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی و تپه‌ها واقع شده است (شکل ۲). از جمله مهم‌ترین گونه‌های گیاهی همراه می‌توان به *Pteropyrum aucheri* Jaub. & Spach، *Launaea acanthodes* (Boiss.) Kuntze، *Astragalus Acanthophyllum bracteatum* Boiss.

callistachys Buhse. اشاره نمود. تیپ گیاهی دوم که در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردیده است با نام پرنده-جزه-درمنه دشتی می‌باشد. این تیپ گیاهی بیشتر بر روی اراضی دشت‌های دامنه‌ای واقع شده است و با مساحت ۴۷۸۰۶ ha مناطق شرق آب شیرین و مشگان در شمال شرقی شهرستان کاشان را شامل می‌شود. از جمله گونه‌های همراه این تیپ می‌توان به *Ephedra strobilacea* Bunge، *Heliotropium Alhagi persarum* Boiss. & Buhse، *Salsola*، *Cousinia cylindracea* Boiss. *aucheri* DC، *orientalis* S.G.Gmelin. اشاره نمود (۱۴).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و اطلاعات مربوط به رخنمون سازندهای مارنی کاشان



شکل ۲. نمایی از مناطق نمونه‌برداری در منطقه کاشان

روش مطالعه

برای ارزیابی وضعیت فرسایش در سه شکل فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای در واحدهای یکسان مارنی از نظر ویژگی‌های ارتفاع، مقدار و جهت شیب و مقدار پوشش گیاهی و مناطق فاقد پوشش مجاور آن‌ها یا شاهد (جدول ۱)، فرم BLM^1 تکمیل شد. مدل BLM، وضعیت فرسایش را برحسب جمع نمرات عوامل هفتگانه شامل لاشبرگ سطحی، فرسایش پاستنگی، پوشش سنگی سطح زمین، فرسایش شیاری، آثار رسوب‌گذاری ناشی از توسعه فرسایش خندقی، حرکت ذرات خاک و الگوهای جریان مورد ارزیابی قرار می‌دهد (جدول ۲). این روش در نهایت وضعیت فرسایش را بر اساس جمع نمرات حاصل از عوامل هفتگانه به پنج بخش شامل جزئی، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌کند (۲۵). در مرحله بعد در هرکدام از انواع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای، در واحدهای یکسان مارنی که دارای پوشش گیاهی بودند، سه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۲۰cm در سه تکرار برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد. بافت

خاک شامل درصد شن، رس و سیلت از طریق هیدرومتری، EC خاک با دستگاه هدایت‌سنج، pH خاک با استفاده از pH متر، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری، غلظت Na و K به روش فلیم فتومتری، مقدار $CaSO_4$ به روش استون و $CaCO_3$ با استفاده از روش کلسیمتری اندازه‌گیری شد (۱۹). برای بررسی پوشش گیاهی پس از تهیه لیست فلورستیک گونه‌های گیاهی از طریق بازدیدهای صحرایی تعداد سه نوار (ترانسکت) ۱۰۰m به روش تصادفی - نظام‌مند مستقر شد و در هر نوار ۱۰ پلات $2m^2$ اندازه‌گیری شد. در هر پلات ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل درصد پوشش و تراکم به تفکیک گونه‌های گیاهی و همچنین درصد سنگریزه و لاشبرگ اندازه‌گیری و یادداشت شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌های پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر پایه آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ انجام شد. همبستگی بین کلیه عوامل فیزیکی و شیمیایی و ویژگی‌های پوشش گیاهی نیز توسط نرم‌افزار آماری Spss انجام شد.

جدول ۱. مختصات مکانی منطقه منتخب مارنی کاشان (کنار اتوبان تهران-کاشان)

منطقه منتخب مارنی	نوع فرسایش	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
کاشان	سطحی	۵۱°۱۶'۴۷"	۳۴°۱۹'۴۲/۹"
	شیاری	۵۱°۱۶'۱۷"	۳۴°۱۹'۴۳/۴"
	خندقی	۵۱°۱۶'۱۳"	۳۴°۱۹'۴۶/۳"

جدول ۲. تعیین امتیاز وضعیت فرسایش به روش BLM (۲۶)

حرکت خاک	علائم غیر قابل مشاهده	حرکت جزئی ذرات خاک	حرکت متوسط خاک	این پدیده یا هر پدیده رخ داده،	در بخش عمده‌ای از منطقه									
لاشبرگ سطحی	در حال تجمع در محل	ممکن است حرکت ضعیفی نشان دهد	حرکت متوسط آن مشهود و در مقابل موانع انباشته شده است.	خاک و آشغالها در جلوی موانع کوچک انباشته می‌شوند.	خاک تحت‌الارض نمایان شده و تپه‌ها و گودالهای بسیار ابتدایی در اثر باد ایجاد شده‌اند.									
۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
لاشبرگ سطحی	در حال تجمع در محل	ممکن است حرکت ضعیفی نشان دهد	حرکت متوسط آن مشهود و در مقابل موانع انباشته شده است.	خاک و آشغالها در جلوی موانع کوچک انباشته شده است.	خاک تحت‌الارض نمایان شده و تپه‌ها و گودالهای بسیار ابتدایی در اثر باد ایجاد شده‌اند.									
۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴

¹ Bureau of Land Management

ادامه جدول ۲. تعیین امتیاز وضعیت فرسایش به روش BLM (۲۶)

سنگ سطحی	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن به صورت یکنواخت توزیع شده‌اند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن به شکل حرکت یا تجمع اجزای ریزتر در پشت موانع وسیله شیارها یا گالیها قطعه شده و یا شسته می‌شوند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن به شکل حرکت یا تجمع اجزای ریزتر در پشت موانع وسیله شیارها یا گالیها قطعه شده و یا شسته می‌شوند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.	در صورت وجود سنگ سطحی یا اجزای آن دارای یک الگوی توزیع توسعه‌یافته ضعیف می‌باشند.
۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	
فرسایش پاسنگی	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد	علایم غیرقابل مشاهده ایجاد
شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها	علایم غیرقابل مشاهده شیارها
الگوهای جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان	علایم غیرقابل مشاهده الگوی جریان
خندق‌ها	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.	ممکن است در شرایط پایدار تعداد محدودی خندق وجود باشند. در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد.

نتایج

تعیین وضعیت شدت فرسایش به روش BLM در منطقه منتخب مارنی شهرستان کاشان

طی بازدید از هر مکان و با بررسی عوامل، امتیازدهی به آن‌ها صورت گرفت و جمع امتیازها به‌عنوان شدت فرسایش مشخص شد. مقدار فرسایش در سه ناحیه مارنی با سه شکل فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای بررسی و مقایسه‌ها نسبت به ناحیه شاهد یا فاقد پوشش گیاهی محاسبه شد (جدول ۳). شدت فرسایش در اراضی مارنی دارای پوشش گیاهی نسبت به مناطق فاقد پوشش گیاهی کمتر بود (جدول ۳). به بیان دیگر در همه انواع فرسایش شامل سطحی، شیاری و آبراهه‌ای، مقدار ضریب شدت فرسایش در مناطق شاهد با امتیاز بیش از ۶۰ از طریق روش کیفی BLM نشان‌دهنده فرسایش زیاد

است. مقدار فرسایش در مناطق مارنی دارای پوشش در فرسایش سطحی برابر با ۴۶، در فرسایش شیاری برابر با ۵۵ و در فرسایش آبراهه‌ای برابر با ۴۳ امتیاز بود که در روش کیفی BLM نشان‌دهنده فرسایش پذیری متوسط بود.

ویژگی‌های پوشش گونه‌های گیاهی در اشکال مختلف فرسایش

نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی در وضعیت‌های مختلف فرسایش منطقه منتخب مارنی کاشان نشان داد که بیشترین تراکم کل پوشش گیاهی در این منطقه مربوط به فرسایش شیاری به مقدار $۱/۵۳/m^2$ و کمترین تراکم در فرسایش سطحی به مقدار $۰/۷۲/m^2$ دیده شد (جدول ۴).

جدول ۳. وضعیت فرسایش پذیری اراضی مارنی در منطقه مارنی منتخب کاشان در سه نوع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای به روش BLM

نوع فرسایش		سطحی		شیاری		آبراهه‌ای	
عوامل	دارای پوشش	بدون پوشش (شاهد)	دارای پوشش	بدون پوشش (شاهد)	دارای پوشش	بدون پوشش (شاهد)	عوامل
لاشبرگ سطحی	۵	۶	۸	۹	۴	۵	
سنگ و سنگریزه سطحی	۱۲	۱۵	۱۰	۱۱	۶	۷	
حرکت ذرات خاک	۶	۱۱	۹	۱۴	۸	۱۶	
شیارها	۴	۹	۱۲	۱۶	۶	۱۱	
آثار جریان	۸	۱۴	۸	۱۳	۵	۷	
خندق‌ها	۲	۳	۳	۵	۱۰	۱۴	
فرسایش پاسنگی	۹	۱۲	۵	۶	۴	۵	
مجموع امتیاز	۴۶ (متوسط)	۷۰ (زیاد)	۵۵ (متوسط)	۷۵ (زیاد)	۴۳ (متوسط)	۶۴ (زیاد)	

پوشش به ترتیب متعلق به گونه‌های *Ephedra strobilacea* و *Salsola orientalis* S.G.Gmelin. در فرسایش شیاری، بیشترین تراکم و درصد پوشش متعلق به گونه *Anabasis setifera* بود. کمترین تراکم و درصد پوشش نیز متعلق به گونه *Scabiosa sp.* بود. در فرسایش آبراهه‌ای، بیشترین تراکم و درصد پوشش به گونه *Artemisia sieberi* Besser. و کمترین ویژگی‌های یادشده به گونه *acanthodes Launaea* (Boiss.) Kuntze. (جدول ۴ و شکل ۳).

در خصوص درصد تاج پوشش گیاهان نیز، در ناحیه فرسایش آبراهه‌ای گیاهان شناسایی شده دارای بیشترین درصد تاج پوشش ۱۶/۹۴٪ و گیاهان موجود در فرسایش شیاری کمترین مقدار درصد پوشش تاجی گیاهی را به مقدار ۱/۶۲٪، در منطقه نشان دادند. در فرسایش سطحی، گونه *Anabasis setifera* Moq. بیشترین تراکم و گونه *Ephedra strobilacea* Bunge. کمترین تراکم را به خود اختصاص دادند. بیشترین و کمترین درصد

جدول ۴. ویژگی‌های پوشش گیاهی گونه‌های گیاهی منطقه منتخب مارنی کاشان

نوع فرسایش	گونه	خانواده	تراکم (بر مترمربع)	تاج پوشش (درصد)
سطحی	<i>Ephedra strobilacea</i>	<i>Ephedraceae</i>	۰/۱	۱/۷۱
	<i>Alhagi persarum</i>	<i>Fabaceae</i>	۰/۱۵	۰/۱۳
	<i>Anabasis setifera</i>	<i>Amaranthaceae</i>	۰/۲۵	۰/۳۶
	<i>Artemisia sieberi</i>	<i>Asteraceae</i>	۰/۱۱	۰/۲۲
	<i>Salsola orientalis</i>	<i>Amaranthaceae</i>	۰/۱۲	۰/۱
شیاری	<i>Anabasis setifera</i>	<i>Amaranthaceae</i>	۰/۸۱	۱/۲۴
	<i>Heliotropium europaeum</i>	<i>Boraginaceae</i>	۰/۳۱	۰/۳۵
	<i>gailonia brujeria</i>	<i>Rubiaceae</i>	۰/۴۰	۰/۰۲
	<i>Scabiosa sp</i>	<i>Caprifoliaceae</i>	۰/۰۱	۰/۰۱
آبراهه‌ای	<i>Artemisia sieberi</i>	<i>Asteraceae</i>	۰/۶۵	۱۲/۳
	<i>Anabasis setifera</i>	<i>Amaranthaceae</i>	۰/۱۵	۰/۵۴
	<i>Pteropyrum aucheri</i>	<i>Polygonaceae</i>	۰/۱۱	۳/۸
	<i>Launaea acanthodes</i>	<i>Asteraceae</i>	۰/۰۵	۰/۳



شکل ۳. تصاویرهای گونه‌های گیاهی غالب در سه نوع فرسایش در منطقه منتخب مارنی کاشان شامل *Ephedra strobilacea* در فرسایش سطحی (الف)، *Anabasis setifera* در فرسایش شیاری (ب) و *Artemisia sieberi* در فرسایش آبراهه‌ای (ج)

دادند (جدول ۵). وضعیت درصد لاشبرگ که به نوعی نشان‌دهنده شاخصی از حفاظت خاک است نیز دارای تفاوت‌هایی در وضعیت‌های مختلف فرسایش سطح خاک بود، به نحوی که بیشترین درصد لاشبرگ مربوط به فرسایش آبراهه‌ای به مقدار ۵٪ و کمترین مقدار، مربوط به فرسایش سطحی برابر با ۰/۶۶٪ بود (جدول ۵).

تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک و ویژگی‌های پوشش گیاهی در سه نوع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک و ویژگی‌های پوشش گیاهی در سه نوع فرسایش مورد بررسی نشان داد که متغیرهای N، OC، SAR، رس و سیلت، CaCO₃، CaSO₄، لاشبرگ، درصد تاج پوشش و تراکم گیاهی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و پارامترهای P خاک، CEC و شن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار در سه شکل فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای می‌باشند (جدول ۶).

بررسی ویژگی‌های پوشش گیاهی از نظر تراکم، درصد پوشش، لاشبرگ و سنگریزه در سه نوع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای در منطقه مارنی منتخب در شهرستان کاشان، نتایج نشان داد که از نظر فرم رویشی گیاهان بوته‌ای در هر سه نوع فرسایش بیشترین تراکم را به خود اختصاص داده‌اند و در فرسایش سطحی و شیاری، پهن‌برگان علفی و در فرسایش آبراهه‌ای فرم رویشی درختچه‌ای در رتبه دوم قرار دارند. گیاهان با فرم رویشی بوته‌ای در فرسایش سطحی ۶۵/۸٪، در فرسایش شیاری ۵۳٪ و در فرسایش آبراهه‌ای ۸۳/۳٪ از کل تراکم را به خود اختصاص دادند. بیشترین مقدار درصد پوشش تاجی در فرسایش شیاری و آبراهه‌ای متعلق به گیاهان با فرم رویشی بوته‌ای و در فرسایش سطحی متعلق به فرم رویشی درختچه‌ای بود. از نظر ترکیب پوشش گیاهی در فرسایش سطحی، گیاهان درختچه‌ای ۶۷/۸٪ و در فرسایش شیاری، گیاهان بوته‌ای ۷۶/۵٪ و در فرسایش آبراهه‌ای، گیاهان بوته‌ای ۷۵/۸٪ از کل پوشش تاجی را به خود اختصاص دادند. این در حالی است که گیاهان یکساله در فرسایش سطحی ۱۷/۹٪ و در فرسایش شیاری ۱۲/۴٪ از کل پوشش را به خود اختصاص

جدول ۵. ویژگی‌های پوشش گیاهی به تفکیک فرم رویشی و نوع فرسایش در منطقه کاشان

نوع فرسایش	ترکیب تراکم (%)			ترکیب تاج پوشش (%)			میانگین تراکم (m ²)	میانگین بوته‌ای	پهن‌برگ علفی	درختچه‌ای
	پهن‌برگ علفی	بوته‌ای	درختچه‌ای	یک‌ساله	تاج پوشش (%)	لاشبرگ				
سطحی	۲۰/۵	۶۵/۸	۱۳/۷	۲۷	۵/۲	۶۷/۸	۱/۳۵	۲۹/۸۰	۰/۶۶	۲/۹۴
شیاری	۴۷	۵۳	۰	۷۶/۵	۲۳/۵	۰	۳/۳۵	۳۳/۶۰	۱/۵۲	۱/۹۳
آبراهه‌ای	۵/۲	۸۳/۳	۱۱/۵	۷۵/۸	۱/۸	۲۲/۴	۰/۹۵	۱۸/۶	۵/۰	۱۶/۹۴

پوشش گیاهی نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار درصد پوشش تاجی به فرسایش آبراهه‌ای و شیاری متعلق بود و درصد پوشش در فرسایش شیاری و سطحی تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار تراکم گیاهی متعلق به فرسایش شیاری و کمترین مقدار مربوط به فرسایش آبراهه‌ای بود و تفاوت معنی‌دار بین این نوع فرسایش و سطحی مشاهده نگردید. در مورد درصد لاشبرگ نیز در هر سه نوع فرسایش تفاوت معنی‌دار بود بطوریکه بیشترین مقدار و کمترین مقدار لاشبرگ به ترتیب به فرسایش آبراهه‌ای و سطحی متعلق بود (جدول ۷).

همبستگی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اراضی مارنی و درصد پوشش تاجی گیاهان

بررسی همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اراضی مارنی و متغیر درصد پوشش تاجی گیاهی در سه شکل فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای نشان داد که درصد پوشش تاجی گیاهی با عامل درصد شن به مقدار ۹۲٪

مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک نشان داد که عوامل CaCO_3 ، N و درصد رس در هر سه نوع فرسایش دارای تفاوت معنی‌دار بوده بطوریکه بیشترین مقدار N متعلق به فرسایش آبراهه‌ای و کمترین مقدار متعلق به فرسایش سطحی بود. بیشترین و کمترین مقدار CaCO_3 و درصد رس به ترتیب متعلق به فرسایش شیاری و آبراهه‌ای بود. در مورد پارامترهای P و OC بیشترین مقدار متعلق به فرسایش آبراهه‌ای و شیاری و کمترین مقدار به فرسایش سطحی اختصاص یافت. بیشترین مقدار پارامترهای SAR و CEC ، متعلق به فرسایش شیاری و کمترین مقدار متعلق به فرسایش آبراهه‌ای بود و در این پارامتر تفاوت معنی‌داری بین فرسایش سطحی و آبراهه‌ای مشاهده نگردید. بیشترین مقدار درصد شن در فرسایش آبراهه‌ای مشاهده گردید و تفاوت بین دو نوع فرسایش دیگر معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار CaSO_4 و درصد سیلت متعلق به فرسایش سطحی بود و تفاوت معنی‌داری بین دو نوع فرسایش دیگر مشاهده نشد. مقایسه میانگین پارامترهای

جدول ۶. نتایج تحلیل واریانس متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک در سه نوع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای

میانگین مربعات														تغییرات منابع
تراکم (m^2)	تاج پوشش (%)	لاشبرگ (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	CaCO_3 (%)	CaSO_4 (%)	CEC (meq/l)	OC (%)	SAR (%)	P (mg/kg)	N (%)	درجه آزادی	
۴/۹۶**	۲۱۱/۱۶**	۱۶/۵۳**	۱۴۸/۰**	۷۶/۰**	۲۹۲/۰*	۲۲۲/۴۲**	۰/۸۶**	۵/۸۶*	۰/۰۳۰۴**	۱۳۱/۲۶**	۴/۰*	۰/۰۰۳**	۲	فرسایش
۰/۰۴	۰/۹۹	۰/۰۹	۴/۶	۶/۷۵	۲۹/۴۵	۱/۹۸	۰/۰۰	۰/۹۸	۰/۰۰۱۶	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۰۰۰۱	۶	خطا
۱۱/۴۴	۱۳/۷۳	۱۲/۹۰	۱۰/۳۷	۱۰/۱۳	۱۰/۱۱	۱۱/۵۳	۱۶/۴۷	۱۰/۰۵	۱۰/۲۱	۱۲/۷۸	۱۰/۰۸	۱۰/۲۰		ضریب تغییرات

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های متغیرهای فیزیکی و شیمیایی بر پایه آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد

تراکم (m^2)	تاج پوشش (%)	لاشبرگ (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	CaCO_3 (%)	CaSO_4 (%)	CEC (meq/l)	OC (%)	SAR (%)	P (mg/kg)	N (%)	نوع فرسایش
۱/۳۵ b	۲/۹۴ b	۰/۵۳ c	۲۰/۰۰ b	۳۱/۰۰ a	۴۹/۰۰ b	۹/۲۷ b	۰/۲۹ b	۱۵/۵۸ b	۰/۹۵ a	۳/۵ b	۶/۰۰ b	۰/۰۳ c	سطحی
۳/۳۵ a	۱/۹۳ b	۱/۵۲ b	۲۸/۰۰ a	۲۵/۰۰ b	۴۷/۰۰ b	۱۱/۴۷ a	۰/۴۱ a	۱۸/۶۵ a	۰/۰۴ b	۱۴/۳۹ a	۸/۰۰ a	۰/۰۴ b	شیاری
۰/۹۵ b	۱۶/۹۴ a	۵/۰۰ a	۱۴/۰۰ c	۲۱/۰۰ b	۶۵/۰۰ a	۸/۸۸ b	۰/۴۹ a	۲/۴۴ c	۰/۰۱ b	۲/۴۴ b	۸/۰۰ a	۰/۰۵ a	آبراهه‌ای

حروف مشابه در یک ستون، نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن تفاوت‌ها با آزمون LSD در سطح یک درصد است

موجب افزایش درصد پوشش تاجی گیاهان شده است. افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود ساختمان خاک و به‌طور کلی بهبود شرایط فیزیکی خاک نیز از جمله سایر اثرات مثبت تجمع مواد مذکور در خاک است.

از نظر فرم رویشی در هر سه نوع فرسایش گیاهان بوته‌ای بیشترین درصد تراکم را به خود اختصاص داده‌اند. در فرسایش سطحی، گیاهان درختچه‌ای و پس از آن بوته‌ای بیشترین درصد تاج پوشش را بخود اختصاص دادند. این در حالی است که در فرسایش آبراهه‌ای وضعیت برعکس بوده و گیاهان بوته‌ای در رتبه اول و درختچه‌ای در رتبه دوم قرار گرفتند. در فرسایش آبراهه‌ای به دلیل شرایط بهتر از نظر رطوبت و مواد آلی خاک گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای توانسته‌اند در رقابت با گیاهان یک‌ساله و علفی موفق عمل نموده و به دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق و گسترده به‌خوبی مستقر شوند.

از نظر نوع گونه گیاهی غالب، نتایج نشان داد که در ناحیه فرسایش سطحی گونه *Ephedra strobilacea* Bunge. با ۱/۷۱٪، در فرسایش شیاری گونه *Anabasis Setifera* Moq. با ۱/۲۴٪ و در فرسایش آبراهه‌ای گونه *Artemisia sieberi* Besser. با ۱۲/۳٪ به‌عنوان سازگارترین گونه‌ها در این مناطق فرسایشی شناسایی شدند.

گونه گیاهی *Ephedra strobilacea* به‌عنوان گونه گیاهی غالب در فرسایش سطحی به دو روش ریزوم و بذر تکثیر می‌شود و دارای دو نوع ساختار ریشه‌ای افقی و عمودی است و برای حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش بسیار مناسب می‌باشد.

در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ همبستگی مثبت داشته و از همدیگر متأثر می‌شوند. همچنین CaCO_3 خاک، درصد رس و سیلت و SAR به ترتیب با تاج پوشش گیاهی همبستگی منفی قوی داشت. کمترین همبستگی ضعیف و منفی تاج پوشش گیاهی با عامل EC مشاهده گردید (جدول ۸).

■ بحث و نتیجه‌گیری

اراضی مارنی به انواع فرسایش حساس است و نقش عمده‌ای در تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز کشور دارند. یکی از روش‌های مؤثر برای کنترل فرسایش در این اراضی احیای خاک‌های تخریب‌شده با استقرار پوشش گیاهی است که سبب پایداری خاک و کنترل نرخ رسوب‌زایی می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از روش کیفی ارزیابی فرسایش به روش BLM، در هر سه نوع فرسایش در مناطقی که پوشش گیاهی مستقر شده بود، فرسایش متوسط و مناطق بدون پوشش دارای فرسایش شدید بودند. بنابراین نقش پوشش گیاهی در کاهش فرسایش‌پذیری خاک به‌خوبی نمایان است (۳۱).

از آنجاکه در منطقه فرسایش آبراهه‌ای، بیشترین درصد پوشش تاجی مربوط به گونه‌های گیاهی است، مقادیر لاشیرگ نیز به دلیل حجم بیشتر تاج پوشش گونه‌های نسبت به دو نوع فرسایش دیگر بیشتر است. مقادیر بیشتر P، OC و در فرسایش آبراهه‌ای شرایط بهتری را برای رشد گیاه فراهم نموده است و تجمع این مواد در خاک

جدول ۸. ضرایب همبستگی پیرسون بین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها با عامل پوشش گیاهی

رس	سیلت	شن	CaCO_3	CaSO_4	SAR	EC	درصد تاج پوشش
							۱
						۱	EC -۰/۲۶ ^{ns}
					۱	۰/۳۸ ^{ns}	SAR -۰/۶۰*
				۱	-۰/۳۹ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	CaSO_4 -۰/۴۶*
			۱	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۷۱ ^{**}	۰/۴۸*	CaCO_3 -۰/۹۷ ^{**}
		۱	-۰/۸۰ ^{**}	-۰/۳۵ ^{ns}	-۰/۵۲*	۰/۱۴ ^{ns}	شن ۰/۹۲ ^{**}
	۱	-۰/۳۶ ^{ns}	۰/۶۷*	۰/۸۵ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۶۰*	سیلت -۰/۶۴*
	۰/۴۰*	-۰/۶۰*	۰/۹۰ ^{**}	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۹۲ ^{**}	۰/۵۹*	رس -۰/۷۹ ^{**}

* معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار

همچنین نتایج بررسی‌هایی در سبزواری نشان داد که درمنه دشتی، شیب‌های صفر تا ۱۲٪ و خاک‌های لومی تا لومی ماسه‌ای آهک‌دار با شوری کم را ترجیح می‌دهد (۱۶). نتایج مطالعه‌ای در گراسلندهای شمال غرب ایران نشان داد که مقادیر OC، N و K خاک در این مراتع بیشتر بوده است و حاصلخیزی خاک در پراکنش رویشگاه‌های درمنه دشتی نقش اساسی دارد (۱۳).

نتایج همبستگی عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک با تاج پوشش گیاهی در اراضی مارن‌های منطقه کاشان در سه نوع فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای نشان داد که درصد پوشش تاجی گیاهان بیشترین همبستگی را با مقدار CaCO_3 خاک، بافت خاک و SAR دارا بود. وجود CaCO_3 به اندازه مناسب در ایجاد ساختمان خوب و تعدیل pH خاک و به تبع آن در جذب مواد غذایی نقش دارد ولی اگر CaCO_3 خاک بیش از حد افزایش یابد با ایجاد سخت‌لایه در خاک و افزایش pH و در نتیجه نامساعد شدن شرایط جهت جذب بعضی مواد غذایی توسط گیاه باعث ایجاد مشکلاتی در گیاه می‌شود (۲۹). در مطالعات بسیاری بر اثر بافت خاک بر روی پوشش گیاهی تأکید شده است (۲، ۶). تأثیر تهویه زیاد خاک در توسعه پوشش گیاهی از رابطه مثبت و بالای درصد پوشش گیاهی با درصد شن هویداست (۱۱).

در مناطقی مانند کاشان که سازندهای مارنی بخش قابل توجهی از سازندهای زمین شناسی را تشکیل می‌دهند، بدلیل قابلیت فرسایش‌پذیری زیاد، توصیه می‌شود که قبل از اجرای برنامه‌های حفاظت خاک، ویژگی‌های مارن‌ها به دقت مورد بررسی قرار بگیرد و برنامه‌های موردنظر متناسب با این ویژگی‌ها انتخاب شوند. همچنین بدلیل حضور گونه‌های گیاهی بارز که حتی در بسیاری موارد تشکیل تیپ گیاهی می‌دهند و بر روی این اراضی رویش دارند ضروری است برای احیا و حفاظت از خاک این مناطق و همچنین جلوگیری از پدیده تخریب خاک نسبت به احیای این مناطق از طریق عملیات کپه‌کاری اقدام شود.

■ سپاسگزاری

این مقاله در راستای انجام پروژه شناسایی و بررسی نقش گونه‌های مرتعی بر کنترل فرسایش در سازندهای مارنی

با توجه به نتایج ویژگی‌های خاک، درصد سیلت و مقدار CaSO_4 در این نوع فرسایش نسبت به دو شکل فرسایش دیگر به‌طور معنی‌داری بیشتر است. در همین راستا در پژوهشی بمنظور تعیین رویشگاه بالقوه گیاه *Ephedra strobilacea* با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در پشتکوه یزد نتایج نشان داد که گونه مورد مطالعه گونه‌ای گچ‌دوست می‌باشد و مهم‌ترین شاخص تأثیرگذار در ترجیح رویشگاه این گونه CaSO_4 عمق دوم می‌باشد، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۳۳).

گونه گیاهی *Anabasis setifera* گیاهی چندساله و متعلق به نواحی دشتی منطقه ایرانی- تورانی است. این گونه گیاهی بسیار مناسب در حفاظت خاک و مناطق شور است. از نظر اقلیمی نیز گونه‌ای مناسب در اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در فرسایش شیاری SAR، CEC، CaCO_3 و مقدار رس نسبت به دو نوع فرسایش دیگر بطور معنی‌داری بیشتر است. نتایج مطالعه بررسی ویژگی‌های اکولوژیک گونه *Anabasis aphylla* L. در منطقه دامغان نشان داد که این گونه جهت استقرار نیاز به خاک غنی و حاصلخیز ندارد و در خاک‌های فقیر، شور، خنثی تا کمی قلیایی و با املاح زیاد آهک می‌روید که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۴). بنابراین استفاده از این گونه در احیای مناطق دارای شرایط نامساعد اقلیمی و خاکی و اراضی کشاورزی رهاشده که عملاً دیگر هیچ قابلیت‌هایی ندارند و در معرض فرسایش و تخریب قرار دارند، با حفاظت از خاک مانع از فرسایش بادی و آبی می‌شود. این گیاه همچنین در مناطقی که مقدار CaCO_3 خاک بیشتر باشد و خاک از نظر مواد آلی ضعیف و شور باشد از حضور بیشتری برخوردار است (۹).

در مورد گونه گیاهی غالب در فرسایش آبراهه‌ای (درمنه دشتی یا *Artemisia sieberi*)، نتایج خاک نشان داد که مقدار N، P، OC و درصد شن نسبت به دو نوع فرسایش دیگر بیشتر و مقدار سنگریزه و SAR و درصد رس و سیلت کمتر است. در پژوهش بررسی آشیان بوم‌شناختی گونه درمنه دشتی در درمنه‌زارهای ایران، مقدار N، OC و بافت خاک از عوامل مؤثر بر درصد تاج پوشش گیاه درمنه دشتی برشمرده شده است (۲۳).

تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
 قدردانی و سپاسگزاری گردد.

منتخب در استان اصفهان تهیه و تدوین گردید. شایسته
 است از مشارکت و یاری همکاران محترم در بخش‌های
 تحقیقات منابع طبیعی و حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز

■ References

- Ahmadpour, M. (2014). *Effect of some native grass species on soil conservation of marl lands of Loshan*. Ms Thesis, University of Guilan. [In Persian]
- Akbarlou, M., YAR, S., & Mohammad Esmaeili, M. (2012). Study on the relationship between soil physico-chemical properties and plant communities parameters (Case study: Ghareh Tappeh area, Saveh). *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(2), 193-199. DOI: 20.1001.1.23222069.1391.19.2.12.5 [In Persian]
3. Asgari, Sh., Peyrowan, H.R., Shadfar, S., & Shooohani, N. (2022). Investigation and identification of plant species compatible with marl soil protection in Ilam city. *Geographic Space*, 22(77), 81 - 97. DOI: 20.1001.1.1735322.1401.22.77.2.9 [In Persian]
- Bahrouji, F., & Peyrowan, H.R. (2020). An accurate and practical analysis for Neogene-marls in Central regions of Iran. *Indian Journal of Science and Technology*, 13(43), 4417-4433. DOI: 10.17485/IJST/v13i43.1146
- Barkhordari, J., Peyrowan, H. R., Shadfar, S., Mirjalili, A., & Hatefi, M. (2022). Investigating the Role of Rangeland Species in the protection of marl formations from erosion in Ardakan – Yazd. *Extension and Development of Watershed Managment*, 9(33), 39-45. DOI: 20.1001.1.26454777.1400.9.33.5.8 [In Persian]
- Borhani, M., & Jabeolansar, Z. (2019). Effects of environmental factors on vegetation in rangelands of Semrom (Isfahan province) using ordination analysis. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(3), 741-753. DOI: 10.22092/ijrdr.2019.120026 [In Persian]
- Cardoso, R., & Alonso, E. (2009). Degradation of compacted marls. A micro structural investigation. *Soils and Founsitons*, 49(3), 315-328. DOI: 10.3208/sandf.49.315
- Darvishzadeh, A. (1991). *Geology of Iran*. Tehran: Danesh Emrooz Publisher. [In Persian]
- Ebrahimi, M., Bashari, H., Bassiri, M., Borhani, M., & Mohajeri, A. (2017). Evaluating vegetation and soil physico-chemical characteristics changes along a grazing gradient using non-metric multi-dimensional scaling analysis (Case study: Morchehkhort rangelands- Isfahan). *Journal of Rangeland*, 11(1), 106-115. DOI: 20.1001.1.20080891.1396.11.1.7.4 [In Persian]
- Ebrahim-Zadeh, S.A., Aliasghar zad, N., & Najafi, N.A. (2014). Impressionability of some soil ecophysiological indices by land use changes in Suldoz Plain (Naqadeh, West Azarbaijan). *Journal of agricultural science and sustainable production*, 23(4), 41-56. [In Persian]
- Emami, S.N., & Shirmardi, H.A. (2022). Investigating the habitat requirements of some rangeland plants growing on the soils resulting from the erosion of Gurpi marli formation (Case Study: Chaharmahal and Bakhtiari Province). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 29(4), 579-595. DOI: 10.22092/ijrdr.2022.128066 [In Persian]

12. Erfanzadeh, R., Bahrami, B., Motamedi, J., Dianati Tilaki, G.A., & Abedi, M. (2016). Impact of dominant shrub species on soil organic matter content in dry grassland habitats. *Ecopersia*, 4(2), 1379-1393. DOI: 10.18869/modares.Ecopersia.4. 2.1379
13. Feizi, M., Alijani, V., Jaberalansar, Z., Khodaghali, M., & Shirani, K. (2017). *Ecological Regions of Iran, Vegetatin Types of Esfahan Province*. Tehran: Institute of Forest and Rangelands. [In Persian]
14. Feiznia, S., & Sharifi, F. (2003). Sensitivity of geology formation to erosion in Chandabe basin of Varamin. *Pajouhesh & Sazandegi*, 61, 33-38. [In Persian]
15. Ghasemi Arian, A.R., Fazeli, F., & Rohani, H. (2020). Investigation of Some Ecological Characteristics of *Artemisia sieberi* Besser. and Estimation of its Density by Neural Networks in Roodab Section of Sabzevar. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 7(4), 97-109. DOI: 20.1001.1.23223235.1398.7.4.7.6 [In Persian]
16. Ghodrati, M., & sobhzahedi, Sh. (2022). Identifying and promoting the coverage of the representative plants in the marl formations of Gilan province (behind the Sefidroud dam). *Sustainable Management of Hirkanian Forests*, 4(1), 7-16. [In Persian]
17. Isfahan Meteorological Administration. (2015). *Climatic profile of Kashan City*. [In Persian]
18. Jafari Haghighi, M. (2003). *Methods of sampling and analysis of soil physical and chemical analysis with emphasis on theory and practical importance*. Neda Zoha Press. 236 p. [In Persian]
19. Koiter, A.J., Owens, P.N., Peticrew, E.L. & Lobb, D.A. (2017). The role of soil surface properties on the particle size and carbon selectivity of interrill erosion in agricultural landscapes. *Catena*, 153, 194-206. DOI: 10.1016/j.catena.2017.01.024
20. Makki, S., Rezaee, P. & Peyrowan, H.R. (2016). Study of effective factors on watererosion in Marl deposits of Mishan and Aghajary formations in the west of BandarAbbas. *Quarterly journal of Environmental Erosion Research* 6(1), 30-51. DOI: 20.1001.1.22517812.1395.6.1.3.6 [In Persian]
21. Martínez-Murillo, J.F., Nadal-Romero, E., Regüés, D., Cerdà, A., & Poesen, J. (2013). Soil erosion and hydrology of the western Mediterranean badlands throughout rainfall simulation experiments: A review. *Catena*, 106, 101-112. DOI: 10.1016/j.catena.2012.06.001
22. Mirdavoudi, H.R., Ghorbanian, D., Zarekia, S., Miri Soleiman, J., Ghonchehur, M., Sweeney, E.M., & Mastinu, A. (2022). Ecological niche modelling and potential distribution of *Artemisia sieberi* in the Iranian steppe vegetation. *Land*, 11(12), 2315. DOI: 10.3390/land11122315
23. Nikou, Sh. (2014). *The study of ecological characteristics of Anabasis aphylla in Dmghan region*. Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan, Iran. [In Persian]
24. Nojavan, M., & Gholami, V. (2012). Determination of erosion intensity using Fargas and BLM models Case: Bandre drainage basin. *Geography and Development Iranian Journal*, 29, 119-130. [In Persian]
25. Refahi, H.Gh. (2000). *Water Erosion and Conservation*. Tehran: Tehran university Press. [In Persian]
26. Rezaei, Kh. (2016). Study of effects of physical and chemical properties of marls on erosion and sediment production of them using rainfall simulator in Lotshour-Pakdasht area. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 3(3), 21-40. DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.21 [In Persian]

27. Salmasi, R., & Ahmadi, A. (2012). Relationship between Some properties of marls and different types of erosions in Talkhe-rood watershed. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(2), 11-23. [In Persian]
28. Sheikhzadeh, A., Bashari, H., Matinkhah, S.H., Tarkesh Esfahani, M., & Soleimani, M. (2015). Effects of site characteristics and management factors on vegetation distribution in Chadegan experimental range site, Isfahan province. *Journal of Rangeland*, 9(1), 76-90. DOI: 20.1001.1.20080891.1394.9.1.7.0 [In Persian]
29. Sukuti Oskooi, R., Peyravan, H.R., Nikkami, D., & Mahdian, M. (2015). Investigation on erodibility and soil loss of marly derived soils in west Azerbaijan province, Iran. *Watershed Engineering and Management*, 7(4), 379-388. [In Persian]
30. Vannoppen, W., De Baets, S., Keeble, J., Dong, Y., & Poesen, J. (2017). How do root and soil characteristics affect the erosion-reducing potential of plant species? *Ecological Engineering*, 109, 186-195. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.08.001
31. Yousefi Mobarhan, E., & Peyrowan, H. (2022). Investigating the sustainability and interactive effects of physical-chemical properties of erosion-sensitive marl and rangeland vegetation in arid and semiarid areas (Case Study: Shahrood Town). *Geography and Environmental Sustainability*, 12(1), 57-74. DOI: 10.22126/GES.2022.7322.2499 [In Persian]
32. Zare Chahouki, M.A., & Abbasi, M. (2017). Habitat modeling of Ephedra. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 4(9), 195-212. [In Persian]
33. Zhang, j., & Dong, T.Y. (2010). Factors affecting species diversity of plant communities and the restoration process in the loess area of china. *Ecological Engineering*, 36, 345-350. DOI:10.1016/j.ecoleng.2009.04.001