



## Research Article

### Investigation of physicochemical characteristics of soil in badland areas formation

Hamid Reza Moradi<sup>\*1</sup> , Vali Rezaei<sup>1</sup>, Mahdi Erfanian<sup>2</sup>

1-Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nur, Iran

2-Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Uromia university, Uromia Iran

Received: 06 Feb 2024 Accepted: 01 Aug 2024

## Extended Abstract

### Introduction

Characteristics of Badlands are the lack of vegetation, steep slopes and dense drainage network which are known as important sources of erosion and sediment production in the world. Heavy rains, scattered vegetation, low soil permeability, erodible materials, and steep slopes and slopes provide the conditions for badland faces. Badland erosion is affected by several soil properties, including surface soil depth, soil organic carbon content, organic matter status, soil texture and structure, available water holding capacity, and water transfer characteristics that determine soil quality. Cited. The extent of the influence of different physical and chemical factors of soil in the formation and spread of pustular erosion varies from point to point.

### Materials and Methods

This study aimed to identify the most important factors of physical and chemical properties of soil and environmental factors and soil depth in the spread of badland erosion in Zanuzchay watershed. In this research, factors such as percentage of sand, silt and clay, PH, EC, SAR, organic matter, gypsum and soil lime in different altitude classes and the east-west direction and in three depths of 0-5, 5-30 and -30 60 Badland erosion faces were investigated. To investigate the effect of soil properties in different directions, altitudes and depths on the formation and development of badland in the study area, a systematic-random plan in the form of a factorial plan with two land use factors and altitudes, through analysis of variance and mean comparison was done by Duncan method. The normality of the data was assessed by the Kolmogorov-Smirnov normality test. Gypsum and SAR variables that had an abnormal state were normalized using root and logarithm of numbers, respectively, and parametric statistical tests were performed on them. Analysis of variance and Duncan's method were used to determine the effect of soil factors on Badland face formation.

**Citation:** Moradi, H.R., Rezaei, V. and Erfanian, M., 2024. Investigation of physicochemical characteristics of soil in badland areas formation, *Res. Earth. Sci.* 15(3), (91-105) DOI: 10.48308/esrj.2021.101282

\* Corresponding author E-mail address: hrmoradi@modares.ac.ir



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



### Results and Discussion

The results obtained from unpaired t-test and Leven to compare the mean differences of some physical and chemical properties of Badland soils in comparison with control soils showed that the variables pH, SAR, gypsum, clay percentage, silt percentage, and organic matter they are significant at the level of (0.01). According to the investigation of the relationship between the physical and chemical properties of the soil and the formation of the erosion of badlands, it has been determined that the formation of badlands has a direct relationship with the percentage of clay, pH, EC, organic matter and SAR and has an inverse relationship with the amount of lime and gypsum. The results show that with the increase in salinity, the conditions for the establishment of plants decrease, which plays a significant role in reducing the speed of raindrops and their penetration into the ground. The results showed that the chemical factors of the soil largely determine the erosion and formation of badlands. In such a way that with the increase of pH and EC, the tunnel erosion increases and with the increase of lime and gypsum, the amount of sediment formation decreases. The increase of fine clay particles increases the stickiness of marl soil and with the increase of resistance against water action, surface erosion prevails. The increase in soil salinity and sodium absorption ratio causes the creation of fine granular structures in the soil, which disintegrate as soon as moisture reaches them. High amounts of sodium reduce the water conductivity of the soil through the phenomena of swelling and dispersion of clay minerals. The stability and resistance of grain soil decreases with the increase of sodium absorption ratio and as a result, soil erosion is intensified. Organic matter has a vital role on the chemical, physical and biological properties of soil, the change in the amount of organic matter due to its effect on biological activities, cation exchange, acidity and the amount of nutrients is one of the most important indicators of chemical and biological quality. It shows that organic matter plays an important role in the formation of soil grains and improves soil structure. The results obtained from Duncan's test show the difference between the means in different classes and directions and at depths of (0-5), (5-30), and less than 30 cm in both areas of Badland, and The control is at a significant level of 0.05. The results also showed that the average percentage of clay and sand at different heights have a significant difference at the level of 0.05.

### Conclusion


Considering the relationship between physical and chemical properties of soil with the formation of Badland erosive faces, many studies show that the formation of Badland has a direct relationship with the percentage of clay, pH, EC, organic matter, and SAR and is inversely related with the amount of lime and gypsum.

**Keywords:** Physical and chemical properties of soil, Badland formation and expansion, Erosion, Zenouz chai.





## خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تشکیل اراضی بدلدند

حمید رضا مرادی\*<sup>1</sup> , ولی رضایی<sup>1</sup>، مهدی عرفانیان<sup>2</sup>

۱- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نوره، ایران

۲- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱

### چکیده گسترده

#### مقدمه

مشخصات بارز بدلدن‌ها کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، شیب‌های تند و شبکه زهکشی متراکم است و به عنوان منابع مهم تولید فرسایش و رسوب در دنیا شناخته می‌شوند. بارش‌های شدید باران، پوشش گیاهی پراکنده، نفوذپذیری کم خاک، مواد قابل فرسایش و شیب‌ها و دامنه‌های نسبتاً تند شرایط لازم برای ایجاد رخساره‌های بدلدند را فراهم می‌کنند. فرسایش بدلدندی تحت‌تأثیر چندین خصوصیت خاک است که از جمله این عوامل می‌توان به عمق خاک سطحی، محتوای کربن آلی خاک، وضعیت مواد آلی، بافت و ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در دسترس و خصوصیات انتقال آب که تعیین‌کننده کیفیت خاک هستند اشاره کرد. میزان تأثیر عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک در شکل‌گیری و گسترش فرسایش بدلدندی از نقطه‌ای به نقطه دیگر فرق می‌کند.

#### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر با هدف شناسایی مهمترین عوامل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل محیطی و عمق خاک در گسترش فرسایش بدلدندی در حوزه آبخیز زوزچای است. در این تحقیق عواملی از قبیل درصد ماسه، سیلت و رس، PH، EC، SAR، ماده آلی، گچ و آهک خاک در طبقات ارتفاعی مختلف و در دو جهت شرقی-غربی و در سه عمق ۵-۰، ۳۰-۵ و ۶۰-۳۰ رخساره فرسایشی بدلدند مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تأثیر خصوصیات خاک در جهات، طبقات ارتفاعی و عمق‌های مختلف بر روی تشکیل و توسعه بدلدند در منطقه مورد مطالعه طرح سیستماتیک-تصادفی در قالب طرح فاکتوریل با دو فاکتور کاربری اراضی و طبقات ارتفاعی، از طریق آزمون آنالیز واریانس و مقایسه میانگین به روش دانکن صورت گرفت. بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون نرمالیت کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. متغیرهای گچ و SAR که دارای حالت غیر نرمال بودند به ترتیب با استفاده از روش‌های جذر و لگاریتم‌گیری از اعداد به حالت نرمال درآمدند و آزمون‌های آماری پارامتریک روی آن‌ها انجام شد. برای تعیین میزان تأثیر عوامل خاکی بر تشکیل رخساره بدلدند، آنالیز واریانس و روش دانکن مورد استفاده قرار گرفت.

استناد: مرادی، ح.ر.، رضایی، و. و عرفانیان، م.، ۱۴۰۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تشکیل اراضی بدلدند، پژوهشهای

دانش زمین: ۱۵(۳)، (۹۱-۱۰۵)، DOI: 10.48308/esrj.2021.101282

E-mail: [hmradi@modares.ac.ir](mailto:hmradi@modares.ac.ir)

\* نویسنده مسئول:



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از آزمون t غیر جفتی و Leven برای مقایسه اختلاف میانگین‌های برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی بدلند در مقایسه با اراضی شاهد نشان داد که متغیرهای pH، SAR، گچ، درصد رس، درصد سیلت و ماده آلی در سطح (۰/۰۱) معنی‌دار می‌باشند. با توجه به بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با شکل‌گیری رخساره فرسایشی بدلند مشخص شده است که شکل‌گیری بدلندها رابطه مستقیم با درصد رس، pH، EC، ماده آلی و SAR داشته و رابطه معکوسی با میزان آهک و گچ دارد. نتایج بیانگر این نکته است که با افزایش شوری برای استقرار گیاهان کاسته می‌شود که نقش به‌سزایی بر روی کاهش سرعت قطرات باران و نفوذ آن در داخل زمین دارند. نتایج نشان داد که عوامل شیمیایی خاک تا حد زیادی تعیین‌کننده ایجاد فرسایش و تشکیل بدلند هستند. به گونه‌ای که با افزایش میزان pH و EC فرسایش تونلی افزایش یافته و با افزایش میزان آهک و گچ از میزان تشکیل بدلند کاسته می‌شود. افزایش اجزاء ریزدانه رس سبب افزایش چسبندگی خاک مارنی شده و با افزایش مقاومت در برابر کنش آب، فرسایش سطحی غالب می‌گردد. افزایش میزان شوری خاک و نسبت جذب سدیم باعث ایجاد ساختمان دانه‌ای ریز در خاک می‌شود که به محض رسیدن رطوبت به آنها ساختمان خاک متلاشی می‌شود. مقادیر زیاد سدیم باعث کاهش هدایت آبی خاک از طریق پدیده‌های تورم و پراکنده شدن کانی‌های رسی می‌شود. پایداری و مقاومت خاک دانه‌ها با افزایش نسبت جذب سدیم کاهش یافته و در نتیجه فرسایش خاک تشدید می‌شود. ماده آلی دارای نقش حیاتی بر خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد، تغییر در میزان ماده آلی به دلیل اثرگذاری بر فعالیت‌های بیولوژیک، تبادل کاتیونی، اسیدیته و میزان عناصر غذایی یکی از مهمترین شاخصه‌های کیفیت شیمیایی و بیولوژیک است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ماده آلی نقش مهمی در تشکیل خاکدانه‌ها داشته و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد. نتایج به دست آمده از آزمون دانکن نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌ها در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۰-۵)، (۰-۳۰) و (۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد، در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است. همچنین نتایج نشان داد که میانگین درصد رس و ماسه در ارتفاعات مختلف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ هستند.

## نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با شکل‌گیری رخساره فرسایشی بدلند بسیاری از پژوهش‌های بعمل آمده نشان می‌دهد که شکل‌گیری بدلندها رابطه مستقیم با درصد رس، PH، EC، ماده آلی و SAR داشته و رابطه معکوسی با میزان آهک و گچ دارد.

**واژگان کلیدی:** خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شکل‌گیری و گسترش بدلند، فرسایش، زون‌چای.

## مقدمه

می‌شوند. رسوب ناشی از فرآیند فرسایش در این نوع اراضی با تخریب مسیر آبراهه‌ها و پر کردن نهرها از رسوب، گل‌آلود نمودن آب مصرفی و در نهایت کاهش ظرفیت مخازن سدها آسیب‌های زیادی به منابع طبیعی کشور وارد می‌کند. بارش‌های شدید باران، پوشش گیاهی پراکنده، نفوذپذیری کم خاک، مواد قابل فرسایش و شیب‌ها و دامنه‌های نسبتاً تند شرایط لازم برای ایجاد رخساره‌های بدلند را فراهم می‌

خاک به عنوان یکی از اجزای منابع طبیعی، نقش بسیار عمده‌ای در زندگی انسان دارد. در میان فرآیندهای مختلف تخریب زمین، فرسایش خاک بزرگترین تهدید برای حفاظت خاک و آب به حساب می‌آید (Ahmadi, 2006). خاک‌های ناپایدار اراضی بدلند همراه با شیب زیاد نیز از مهم‌ترین مناطق تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز محسوب

کنند. از دیگر مشکلات زیست محیطی حمل مواد شیمیایی و نمک‌ها به صورت محلول یا چسبیده به ذرات رسوب و ته‌نشین کردن آن در اراضی پایین‌دست بدلندها است. تشکیل سله خاک در اثر خرد شدن فیزیکی خاکدانه‌های سطحی با برخورد قطرات باران و فروپاشی خاکدانه‌ها در اثر خیس شدن سریع خاک و در نهایت پراکندگی فیزیکی شیمیایی رس‌ها و مهاجرت آن توسط آب در حال نفوذ در داخل خاک و مسدود کردن خلل و فرج خاک سطحی می‌باشد. مهمترین فاکتور در مرحله چرخه هیدرولوژیکی خاک سرعت نفوذ آب است (Morin, 1981). مهم‌ترین عامل کاهش سرعت نفوذ آب در اراضی بدلند که بیشتر خاک آن را رس و مارن تشکیل می‌دهد سله بستن سطح خاک است. این سله سطحی تا حدودی نازک است و به علت داشتن وزن مخصوص بیشتر و مقاومت بالاتر، خلل و فرج ریزتر و هدایت الکتریکی اشباع کمتر از خاک زیرین خود قابل تفکیک است (Borselli and et al, 2007). (Agassi and et al, 1981). (Morin and et al, 1981) و (Lado&Ben-Hur, 2004). در اثر کاهش هدایت الکتریکی و افزایش درصد سدیم قابل تبادل قابلیت پراکنده شدن رس‌ها افزایش و سرعت نفوذ آب در داخل خاک کاهش می‌یابد. مارن‌ها که عمده رسوبات اراضی بدلندی را تشکیل می‌دهند از تشکیلات رسوبی ناپایدار شامل مواد شیمیایی و ذرات تخریب یافته تشکیل یافته است (Benito and et al, 1991). ضخامت کم خاک‌های بدلندی که عمدتاً از رس و مارن تشکیل می‌شوند به دلیل کمبود حضور گیاهان و یا عدم رویش آنها در شرایط خاکی با شوری و قلیائیت بالا است. عمق ریشه دوانی گیاهان خودروی منطقه که یکی از عوامل تسهیل کننده در امر خاک‌سازی است در این نوع خاک‌ها کم است (Shinberg and Letey, 2000). فرسایش بدلندی تحت‌تأثیر چندین خصوصیت خاک از جمله عمق خاک سطحی، محتوای کربن آلی خاک، وضعیت مواد آلی، بافت و ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در دسترس و خصوصیات انتقال آب است خیهورا و همکاران (Kaihura and et al, 1999)، نشان دادند که میزان اسیدیته خاک زیر سطحی با شدت فرسایش در مقادیر بالای محتوای کلسیم رابطه معکوس دارد. در حالی که میزان فسفر و کربن آلی خاک با کاهش میزان TDS خاک کاهش می‌یابد. لال و همکاران (Lal and et al, 2005)، در بررسی خود نشان داد

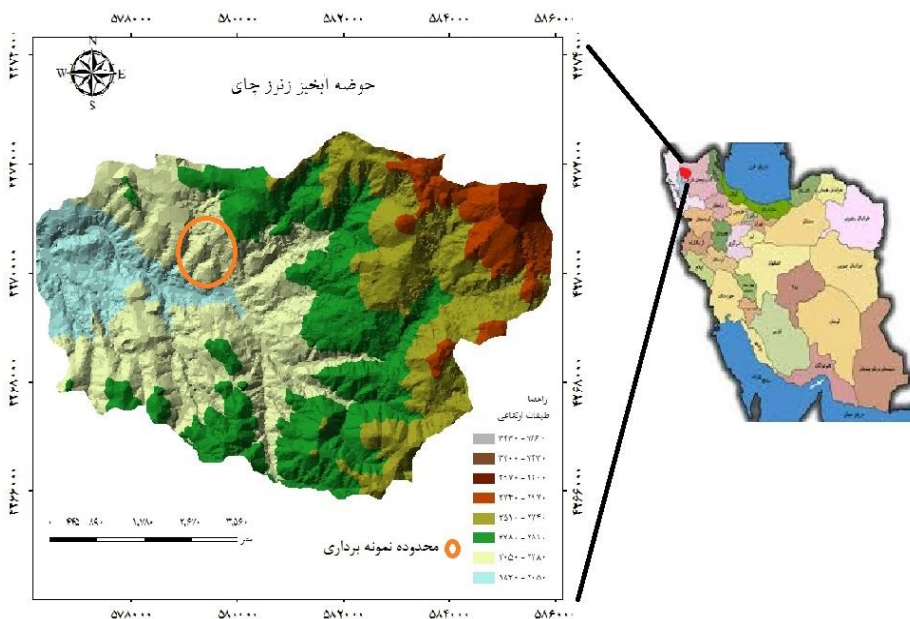
که کمبود پتاسیم، فسفر، نیتروژن و پایین بودن ظرفیت تبادل کاتیونی در کنار محتویات مواد آلی از مهمترین عوامل شیمیایی در شدت بخشیدن به فرآیند فرسایش در مناطق بدلندی هستند. ثروتی (Servati, 2005)، چندین عامل تأثیرگذار بر فرسایش خاک را مورد بررسی قرار دادند که در این میان شیب اراضی، نوع سازند، عمق خاک، میزان املاح محلول، SAR، هدایت الکتریکی و میزان سدیم قابل تبادل خاک بیشترین نقش و تأثیر را در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خاک داشتند. رمضانپور و همکاران (Ramezanpour and et al, 2010)، مطالعاتی بر روی خصوصیات کانی‌شناسی و فیزیکی خاک‌های مارنی انجام دادند ایشان نتیجه گرفتند که درصد رطوبت اشباع خاک، درصد رس، رس ریز و میانگین قطر ذرات رابطه معنی‌داری را در سطح پنج درصد با نوع رخساره‌های فرسایشی ایجاد شده در اراضی بدلند دارد. محمد ابراهیمی (Ebrahimi, 2017)، نقش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری را در پنج خندق تشکیل شده در حوزه آبخیز آق امام استان گلستان مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که عوامل خاکی مانند درصد سیلت، درصد رطوبت اشباع، هدایت الکتریکی، مواد خنثی شونده، درصد کاتیون تبدالی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبدالی اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد در خاک سطحی و زیر سطحی داشته و نقش موثری در ایجاد فرسایش خندقی از خود نشان می‌دهد. اصغری سراسکنرود و همکاران (Asghari Saraskanrouda et al, 2017) در پژوهش خود در استان آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که دو عامل مهم اقلیم و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تشکیل و گسترش خندق‌ها نقش بسزایی دارند. در بین عوامل فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی، تجمع زیاد نمک‌های قابل انحلال و بالا بودن میزان SAR و EC شرایطی را به وجود می‌آورد که باعث ایجاد فرسایش‌های تونلی در خاک می‌گردد. جین ون ژاو و همکاران (Jinwen Xia et al, 2019) تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک در تخریب و گسترش آب‌کننده‌های واقع در جنوب چین را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بافت خاک در پروفیل آب‌کننده‌ها تغییرات زیادی داشته و احتمالاً موجب بوجود آمدن و گسترش لایه‌های ضعیف و ریزش و گسترش آب‌کننده‌ها می‌شود. کم بودن حد

فیزیکی و شیمیایی تاثیرگذار در تشکیل و گسترش اراضی بدلدی در مقایسه با منطقه شاهد می‌باشد.

### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخشی از حوزه آبخیز زنوز چای، واقع در شهرستان مرند استان آذربایجان شرقی انجام شد. ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سطح دریا حدود ۱۶۰۰ متر و فاصله آن از مرکز شهرستان ۳۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این حوزه ۴۵°۱۲ تا ۴۶°۰۵ طول شرقی و ۳۸°۱۸ تا ۳۸°۴۷ عرض شمالی است. متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰ میلی‌متر است. در تابستان هوای معتدل و حداکثر دما ۳۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در زمستان ۲۰ درجه زیر صفر است (Kashi Zonozi and et al, 2012).

روانی، حد پلاستیک و میزان مواد آلی موجب تضعیف ساختمان خاک شده و عامل دیگری در افزایش حساسیت به فرسایش آب‌کندی به حساب می‌آید. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که عوامل خاکی و عامل اقلیم نقش موثری را در تشکیل و گسترش رخساره‌های فرسایشی ایفا می‌کنند. در پژوهش حاضر برخی از خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار محیطی از قبیل جهت شیب، ارتفاع و عمق‌های مختلف خاک در گسترش و ایجاد رخساره بدلد مورد بررسی قرار گرفته است. شناخت عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک در تشکیل و گسترش اراضی بدلد کمک شایانی به مدیریت هر چه بهتر این‌گونه اراضی و کاهش اثرات زیان‌بار فرسایش شدید خاک خواهد نمود. لذا هدف پژوهش حاضر به بررسی خصوصیات



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران، استان و شهرستان

صحرایی، واحدهای کاری همگن در سامانه GIS تهیه شد. در زمستان ۱۳۹۶، برای بررسی خصوصیات خاک اراضی بدلد در مقایسه با اراضی شاهد (اراضی که در آن هیچ نوع رخساره فرسایشی دیده نمی‌شود و دارای پوشش گیاهی مناسب است) نمونه‌برداری از مکان‌های کلید هم‌شیب با سه تکرار در دو منطقه به صورت تصادفی سیستماتیک انجام شد (Garcia and et al, 2006).

### مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش مقایسه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آلی خاک در دو جهت غالب شرقی و غربی، در سه طبقه ارتفاعی پایین دست، میان دست و بالا دست شیب و در عمق‌های ۵-۵، ۳۰-۵ و بیشتر از ۳۰ سانتیمتری در منطقه بدلد و منطقه مرجع است. بدین منظور با استفاده از نقشه طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب و بازدید





شکل ۲: موقعیت کلی مناطق نمونه‌برداری: الف: منطقه بدلند، ب: منطقه شاهد، ج: نمونه‌برداری خاک

که در آن  $w_f$  وزن نمونه خشک شده در ۷۰ درجه سانتیگراد و وزن دیش کریستاله پیرکس،  $w_s$  وزن نمونه خشک شده در ۹۰ درجه سانتیگراد و وزن دیش کریستاله پیرکس،  $w_t$  وزن دیش کریستاله پیرکس و مقدار ۱۴/۹۵ فاکتور احیاء ژئوپس بین ۷۰ و ۹۰ درجه سانتیگراد است. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، مواد آلی را با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ سوزانده و میزان کربن آلی از جایگزاری مقدار مصرفی تیو سولفات در فرمول بدست می‌آید. با داشتن میزان کربن آلی، ماده آلی خاک طبق رابطه ۴ قابل محاسبه است (ISO, 1994).

رابطه ۴)

$$\%O.C = M * 0.39 * (V_1 - V_2) / S$$

که در آن  $M$  عیار فرسولفات (۱۰cc تقسیم بر حجم مصرفی فرسولفات مصرفی برای شاهد)،  $V_1$  حجم فرسولفات مصرفی برای شاهد،  $V_2$  حجم مصرفی فرسولفات برای نمونه خاک،  $S$  وزن خاک است. برای تعیین  $EC$  و اسیدیته خاک به ترتیب از  $pH$  متر و  $EC$  متر دارای الکتروود شیشه‌ای و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره اشباع تعیین شد (Page, 1986). برای محاسبه نسبت جذب سدیم (SAR)، مقادیر سدیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی و به میکرو گرم بر گرم خاک خشک ( $\mu g/g dw$ ) به دست آمد. نسبت جذب سدیم با استفاده از رابطه ۵ قابل محاسبه است.

رابطه ۵)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{0.5(Mg^{2+} + Ca^{2+})}}$$

که در آن SAR نسبت جذب سدیم،  $Na^+$  غلظت یون سدیم ( $\mu g/g dw$ )،  $Mg^{2+}$  غلظت یون منیزیم ( $\mu g/g dw$ ) و  $Ca^{2+}$  غلظت یون کلسیم ( $\mu g/g dw$ ) می‌باشد (Page, 1986). برای بررسی تاثیر خصوصیات خاک در جهات، طبقات ارتفاعی و عمق‌های مختلف بر روی تشکیل و توسعه بدلند در منطقه مورد مطالعه طرح سیستماتیک-تصادفی در قالب

نمونه‌های خاک در ظرف پلاستیکی قرار داده شد و اقدام به نصب برچسب و بارکد روی هر نمونه شد. سپس نمونه‌های خاک به مدت ۴۸ ساعت در آزمایشگاه پهن و در هوای معمولی خشک شدند، نمونه‌ها با هاون تا حدی کوبیده شدند که کلوخه‌های آن خرد شد. سپس نمونه خاک از الکل ۲ میلیمتری گذارنده شد. برای تعیین اجزای بافت از روش هیدرومیری استفاده گردید. فرمول‌های به کار رفته برای محاسبات بافت خاک براساس رابطه ۱ بدست آمد.

رابطه ۱)

$$Clay\% = [(C+TC)/S] * 100 \quad Silt\% = [(B+TC)/S] * 100 \\ Sand\% = 100 - (Clay\% + Silt\%)$$

که در آن  $B$  و  $C$  به ترتیب، اعداد خوانده شده هیدرومتر در ۲ و ۴۰ ثانیه می‌باشد و  $S$  مقدار خاک خشک شده توزین شده (۵۰ گرم) است.  $TC$ ، ضریب تصحیح درجه حرارت است که از روی جدول بدست می‌آید (Campbell and Honsaker, 1982). برای تعیین میزان آهک در نمونه‌های خاک، ابتدا ۳ گرم خاک الک شده را توزین و در ارلن مایر ۵۰۰ میلی لیتری ریخته و ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک نرمال اضافه کرده در نهایت مقادیر سود استفاده شده برای هر نمونه ثبت و با کمک رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲)

$$CaCo3\% = (a-b) * M * 5 / S$$

که در آن  $S$  وزن خاک توزین شده (۲ گرم)،  $M$  نرمالیت سود مصرفی،  $a$  مقدار سود مصرفی برای شاهد و  $b$  مقدار سود مصرفی برای نمونه می‌باشد. برای اندازه‌گیری گچ ۲۰ گرم از نمونه خاک الک شده به ظرف شیشه‌ای پیرکس با وزن مشخص منتقل شد و ظرف در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت سپس ظرف حاوی نمونه در آون با دمای ۹۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت. درصد گچ در نمونه خاک با رابطه ۳ محاسبه می‌شود (Artieda and et al, 2006).

رابطه ۳)

$$Gypsum\% = \left( \frac{ws - wf}{ws - wt} \right) 100 \left( \frac{100}{14.95} \right) 669$$

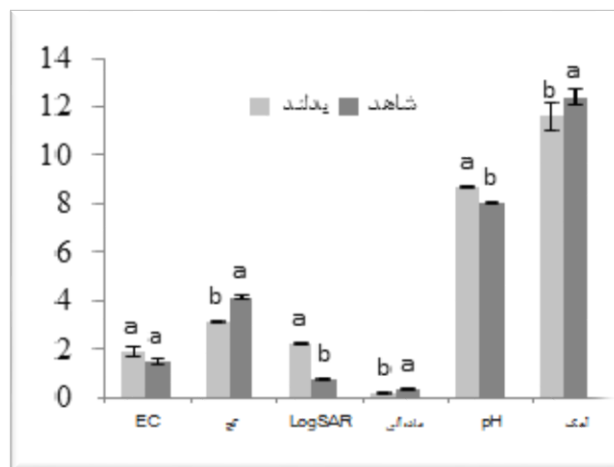
و بالادست و عمق‌های مختلف (۵-۰)، (۳۰-۵) و بیشتر از ۳۰ سانتیمتری در رخساره بدلند و شاهد منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

ضریب تغییرات و سطح معنی‌داری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو جهت اصلی شرقی و غربی و در سه طبقه ارتفاعی پایین دست، میان‌بند و بالادست شیب و در عمق‌های (۵-۰)، (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در رخساره بدلند و شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. برای بررسی تاثیر برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک روی رخساره بدلند از آزمون همبستگی استفاده شد. سپس آزمون نرمالیته انجام و متغیرهایی که دارای حالت نرمال بودند از آزمون t غیرجفتی به علت متفاوت بودن دو منطقه بدلند و شاهد استفاده گردید. نتایج حاصل از آزمون t غیر جفتی در جدول ۳ ارائه شده است. شکل ۳ نشان دهنده مقدار و تفاوت میانگین‌های آهک، pH، ماده آلی، SAR، گچ و EC در دو منطقه بدلند و شاهد است. مقدار و تفاوت میانگین‌های درصد رس، سیلت و ماسه در شکل ۴ ارائه شده است.

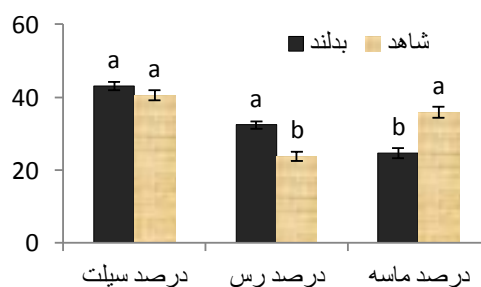
طرح فاکتوریل با دو فاکتور کاربری اراضی و طبقات ارتفاعی، از طریق آزمون آنالیز واریانس و مقایسه میانگین به روش دانکن صورت گرفت. بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون نرمالیته کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. متغیرهای گچ و SAR که دارای حالت غیر نرمال بودند به ترتیب با استفاده از روش‌های جذر ولگاریتم‌گیری از اعداد به حالت نرمال درآمدند و آزمون‌های آماری پارامتریک روی آن‌ها انجام شد. برای تعیین میزان تاثیر عوامل خاکی بر تشکیل رخساره بدلند، آنالیز واریانس و روش دانکن مورد استفاده قرار گرفت (بی‌همتا و چاهوکی، ۲۰۱۰). برای انجام تحلیل‌های مذکور از نرم‌افزارهای Exel2007 و SPSS18 استفاده شد.

### بحث و نتایج

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون دانکن در مورد برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو جهت شرقی و غربی و در طبقات ارتفاعی پایین‌دست، میان‌دست



شکل ۳: مقایسه میانگین و انحراف از معیار مقادیر EC، Log SAR، pH، ماده آلی، آهک و گچ خاک منطقه بدلند و شاهد



شکل ۴: مقایسه میانگین و انحراف از معیار درصد رس، ماسه و سیلت خاک منطقه بدلند و شاهد (a و b: نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌ها می‌باشند).



نتایج نشان می‌دهد که میانگین EC خاک در اراضی بدلند (۱/۸۸ ms/cm) بوده و در اراضی شاهد (۱/۵ ms/cm) می‌باشد. نتایج حاصل از تفاوت میانگین‌های EC در دو منطقه بدلند و شاهد بیانگر عدم وجود رابطه معنی‌دار در سطح معنی‌داری پنج درصد است. این تفاوت در گروه‌های ارتفاعی و جهت‌های غربی و شرقی و در عمق‌های (۰-۵)، (۵-۳۰) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد مشاهده می‌شود. در رخساره بدلند و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار EC (۵/۲ ms/cm)، در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق (۵-۳۰) و کمترین مقدار آن (۰/۱۱ ms/cm) در جهت غربی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق (۰-۵) مشاهده شد. بیشترین مقدار EC، (۲/۵ ms/cm) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری و کمترین مقدار آن (۰/۱۲ ms/cm)، در جهت غربی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق (۵-۳۰) مشاهده شد. با توجه به جدول ۱ می‌توان دریافت که بیشتر عمق‌های پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری، EC بالاتری نسبت به دیگر عمق‌های مورد مطالعه دارند. میانگین آهک در منطقه شاهد بین (۱۱/۶ درصد) بوده و در منطقه بدلند (۱۲/۴ درصد) است. میانگین مقدار آهک در منطقه شاهد و در جهات شرقی و غربی بالاتر از منطقه بدلند است اما نتایج بدست آمده از آزمون t غیر جفتی، نشان دهنده عدم وجود تفاوت میانگین‌ها حتی در سطح معنی‌داری پنج درصد در میزان آهک بین دو منطقه بدلند و شاهد است. نتایج به دست آمده از آزمون دانکن نشان دهنده تفاوت میانگین‌ها در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۰-۵)، (۵-۳۰) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد و در سطح معنی‌داری پنج درصد است. بیشترین مقدار آهک (۱۶/۸ درصد) در عمق‌های مختلف رخساره بدلند در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی بالا دست و در عمق (۵-۳۰) و کمترین مقدار آن (۶/۴ درصد) در جهت غربی، طبقه ارتفاعی پایین دست و در عمق (۵-۳۰) است.

نتایج بدست آمده از آزمون t غیر جفتی، نشان دهنده وجود تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد در میزان ماده آلی بین دو منطقه بدلند و شاهد است. تجزیه واریانس میانگین-ها به روش دانکن نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌ها در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۰-۵)، (۵-۳۰) و (پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری) در هر دو منطقه بدلند و شاهد و در سطح معنی‌داری پنج درصد است. مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده اختلاف ماده آلی در دو منطقه بدلند و شاهد در سطح معنی‌داری یک درصد می‌باشد. در رخساره بدلند و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار ماده آلی (۰/۲۹ درصد)، در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق (۰-۵) و کمترین مقدار آن (۰/۰۲ درصد) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق بیشتر از ۳۰ سانتیمتری مشاهده شد. بیشترین مقدار ماده آلی (۰/۵۷ درصد) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق (۰-۵) و کمترین مقدار آن (۰/۱۳ درصد) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق (۰-۵) مشاهده گردید. به‌طور کلی میزان ماده آلی در قسمت‌های بالایی و پایین دست شیب بیشتر است. میانگین pH خاک منطقه بدلند (۸/۶۸) و منطقه شاهد، (۸/۰) است. تفاوت معنی‌دار اسیدیته خاک در منطقه بدلند و شاهد در سطح معنی‌داری یک درصد وجود دارد. این تفاوت در گروه‌های ارتفاعی و جهت‌های غربی و شرقی و در عمق‌های (۰-۵)، (۵-۳۰) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد مشاهده می‌شود. در رخساره بدلند و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار pH (۹/۴۷)، در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی بالا دست و در عمق (۰-۵) و کمترین مقدار آن (۷/۸) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق (۰-۵) مشاهده شد. بیشترین مقدار pH (۸/۴) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق (۰-۵) و کمترین مقدار آن (۷/۸) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق (۵-۳۰) مشاهده شد.

جدول ۱: مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو جهت شرقی و غربی و در سه طبقه ارتفاعی پایین دست، میان بند و بالادست و در سه عمق ۰-۵، ۵-۳۰ و ۳۰ سانتیمتری در رخساره بدلدن و شاهد

SAR	ECms/cm	pH	درصد گچ	درصد آهک	درصد OM	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	عمق	طبقات ارتفاعی	جهت شیب	نوع منطقه
۱۲۵/۸ <sup>f</sup>	۰/۹ <sup>cd</sup>	۹/۴۷ <sup>a</sup>	۲/۸۵ <sup>bcd</sup>	۱۴/۴ <sup>abcde</sup>	۰/۰۶۸ <sup>hi</sup>	۳۶ <sup>abc</sup>	۲۰/۳۴	۴۳/۶۶ <sup>ab</sup>	D1			
۱۴۸	۱/۶ <sup>bcd</sup>	۹ <sup>ab</sup>	۲/۶۵ <sup>bcd</sup>	۱۶/۸ <sup>a</sup>	۰/۱۱۲ <sup>ghi</sup>	۳۲/۶ <sup>abc</sup>	۲۴/۶ <sup>cde</sup>	۴۲/۶۶ <sup>ab</sup>	D2	H1		
۱۲۵/۸ <sup>f</sup>	۲/۰ <sup>bcd</sup>	۸/۷ <sup>bc</sup>	۳/۱۳ <sup>bcd</sup>	۱۲/۸ <sup>abcde</sup>	۰/۲۰ <sup>fghi</sup>	۲۳/۳ <sup>abc</sup>	۳۶ <sup>abcde</sup>	۴۰/۶۶ <sup>ab</sup>	D3			
۱/۱۸	۲/۷ <sup>bc</sup>	۹ <sup>ab</sup>	۳/۰۶ <sup>bcd</sup>	۱۳/۷ <sup>abcde</sup>	۰/۰۶ <sup>hi</sup>	۳۹ <sup>ab</sup>	۲۲ <sup>de</sup>	۳۸ <sup>bcdef</sup>	D1			
۱/۰۶	۵/۳ <sup>a</sup>	۸/۳ <sup>cde</sup>	۲/۶۵ <sup>bcd</sup>	۱۴ <sup>abcde</sup>	۰/۲۰ <sup>fghi</sup>	۳۶ <sup>abc</sup>	۳۴/۶۶ <sup>a</sup>	۳۱/۳۳ <sup>ef</sup>	D2	H2	E	
۱/۱۷	۳/۶ <sup>ab</sup>	۸/۷ <sup>bc</sup>	۳/۶۱ <sup>bcd</sup>	۱۵/۴ <sup>ab</sup>	۰/۰۹ <sup>ghi</sup>	۳۲/۶ <sup>abc</sup>	۲۳/۳ <sup>cd</sup>	۴۴ <sup>abcde</sup>	D3			
۱۵۳	۰/۱۱ <sup>d</sup>	۸/۵ <sup>bc</sup>	۲/۳۴ <sup>cd</sup>	۹/۱ <sup>efgh</sup>	۰/۱۱۸ <sup>fghi</sup>	۳۶ <sup>abc</sup>	۱۶/۶ <sup>cde</sup>	۴۷/۶۶ <sup>ab</sup>	D1			
۱۵/۸۴ <sup>f</sup>	۰/۱۴ <sup>d</sup>	۸/۶ <sup>bcd</sup>	۲/۴ <sup>cd</sup>	۱۰/۵ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۵۲ <sup>cd</sup>	۳۲/۶ <sup>abc</sup>	۲۲ <sup>de</sup>	۴۵/۳۳ <sup>ab</sup>	D2	H3		
۶۳/۰۹ <sup>j</sup>	۱/۴ <sup>bcd</sup>	۸/۶ <sup>bcd</sup>	۴/۷ <sup>abc</sup>	۱۱/۴ <sup>bcdefgh</sup>	۰/۲۵۸ <sup>cd</sup>	۳۶ <sup>abc</sup>	۱۸/۶ <sup>cde</sup>	۴۹/۳۳ <sup>ab</sup>	D3			بدلدن
۱۰۰ <sup>h</sup>	۲/۰ <sup>bcd</sup>	۸/۳ <sup>cde</sup>	۱/۶۳ <sup>d</sup>	۷/۱ <sup>gh</sup>	۰/۲۲ <sup>dfghi</sup>	۲۵/۳ <sup>abc</sup>	۳۴ <sup>abcde</sup>	۴۰/۶۶ <sup>ab</sup>	D1			
۱/۱۳	۰/۴ <sup>cd</sup>	۹/۱ <sup>ab</sup>	۳/۰۹ <sup>bcd</sup>	۶/۴ <sup>h</sup>	۰/۲۰ <sup>fghi</sup>	۲۲/۶ <sup>abc</sup>	۳۱/۳ <sup>ab</sup>	۴۶ <sup>abcde</sup>	D2	H1		
۱۸۶/۳ <sup>e</sup>	۱/۱ <sup>cd</sup>	۸/۹ <sup>ab</sup>	۲/۳۱ <sup>cd</sup>	۱۶/۸ <sup>a</sup>	۰/۰۱۲ <sup>i</sup>	۴۰ <sup>a</sup>	۱۹/۳ <sup>cd</sup>	۳۹/۳۳ <sup>ab</sup>	D3			
۷۷/۶۲ <sup>j</sup>	۱/۳ <sup>bcd</sup>	۸/۸ <sup>bc</sup>	۳/۰۶ <sup>bcd</sup>	۱۱/۳ <sup>bcdefgh</sup>	۰/۳۹ <sup>abcd</sup>	۳۰/۰ <sup>abc</sup>	۲۶ <sup>abcde</sup>	۴۴ <sup>abcde</sup>	D1			
۱/۲۲	۲/۵ <sup>bcd</sup>	۹/۱۲ <sup>a</sup>	۲/۸۹ <sup>bcd</sup>	۱۱/۲ <sup>bcdefgh</sup>	۰/۳۷ <sup>bcdfg</sup>	۳۸ <sup>ab</sup>	۱۵/۶ <sup>e</sup>	۴۱/۳۳ <sup>ab</sup>	D2	H2	W	
۱/۱۲	۱/۵ <sup>bcd</sup>	۸/۵ <sup>bc</sup>	۲/۵۹ <sup>cd</sup>	۱۰/۵ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۲ <sup>dfgli</sup>	۳۱/۳ <sup>abc</sup>	۲۴ <sup>bcde</sup>	۴۴ <sup>abcde</sup>	D3			
۷۷/۶۲ <sup>j</sup>	۱/۷ <sup>bcd</sup>	۷/۸ <sup>f</sup>	۶/۲۵ <sup>ab</sup>	۷/۸ <sup>def</sup>	۰/۱۶ <sup>fghi</sup>	۲۳/۳ <sup>abc</sup>	۳۵/۳ <sup>ab</sup>	۴۱/۳۳ <sup>ab</sup>	D1			
۱/۹۱	۲/۵ <sup>bcd</sup>	۸/۶ <sup>def</sup>	۲/۸۹ <sup>bcd</sup>	۹/۵ <sup>cdef</sup>	۰/۲۳ <sup>fghi</sup>	۳۶ <sup>abc</sup>	۲۰/۶ <sup>cde</sup>	۴۵ <sup>abcde</sup>	D2	H3		
۶۳/۰۹ <sup>j</sup>	۲/۵ <sup>bcd</sup>	۸/۳ <sup>def</sup>	۴/۸۴ <sup>abc</sup>	۹/۵ <sup>cdef</sup>	۰/۲۶ <sup>bcdfg</sup>	۲۹/۳ <sup>abc</sup>	۱۶/۶ <sup>cde</sup>	۵۳/۶۶ <sup>ab</sup>	D3			
۱۵/۸۴ <sup>f</sup>	۰/۱۶ <sup>d</sup>	۸/۴ <sup>cde</sup>	۲/۳۴ <sup>cd</sup>	۱۴/۷ <sup>abcd</sup>	۰/۵۷ <sup>a</sup>	۲۹/۳ <sup>abc</sup>	۲۳/۳ <sup>cd</sup>	۴۷/۳۳ <sup>ab</sup>	D1			
۳۹/۸۱ <sup>k</sup>	۰/۸ <sup>cd</sup>	۸/۲ <sup>efg</sup>	۳/۶۱ <sup>bcd</sup>	۱۵/۱ <sup>abc</sup>	۰/۳۸ <sup>abcd</sup>	۳۲/۶ <sup>abc</sup>	۲۳/۳ <sup>cd</sup>	۴۴ <sup>abcde</sup>	D2	H1		
۱۱/۱۳ <sup>o</sup>	۰/۹ <sup>cd</sup>	۸/۱ <sup>fg</sup>	۴/۰ <sup>abcd</sup>	۱۵/۷ <sup>ab</sup>	۰/۵۰ <sup>abcd</sup>	۲۴ <sup>abcde</sup>	۳۴/۶ <sup>abc</sup>	۴۱/۳۳ <sup>ab</sup>	D3			
۱۰/۹۶ <sup>o</sup>	۱/۱ <sup>cd</sup>	۷/۹ <sup>f</sup>	۳/۳۴ <sup>bcd</sup>	۱۲/۱ <sup>bcdefg</sup>	۰/۳۵ <sup>abcd</sup>	۳۱/۳ <sup>abc</sup>	۳۰/۶ <sup>abc</sup>	۳۸/۳۳ <sup>bc</sup>	D1			
۱۰/۲۳ <sup>o</sup>	۱/۵ <sup>bcd</sup>	۸/۱ <sup>fg</sup>	۴/۶۲ <sup>abc</sup>	۱۲/۵ <sup>abcde</sup>	۰/۵۵ <sup>ab</sup>	۳۱/۳ <sup>abc</sup>	۳۸ <sup>abcd</sup>	۳۰/۶۶ <sup>ab</sup>	D2	H2	E	
۷/۰۷ <sup>p</sup>	۱/۷ <sup>bcd</sup>	۷/۸ <sup>f</sup>	۴/۶۶ <sup>abc</sup>	۱۴/۲ <sup>abcde</sup>	۰/۲۲ <sup>dfghi</sup>	۲۶/۶ <sup>abc</sup>	۳۶ <sup>abcde</sup>	۳۷/۳۳ <sup>bc</sup>	D3			
۷/۵۸ <sup>p</sup>	۰/۸۱ <sup>cd</sup>	۸/۲ <sup>efg</sup>	۳/۱۳ <sup>bcd</sup>	۱۱/۲ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۲ <sup>dfghi</sup>	۲۶/۶ <sup>abc</sup>	۳۴ <sup>abcde</sup>	۴۰ <sup>abcde</sup>	D1			
۵/۶۲ <sup>r</sup>	۰/۸۵ <sup>cd</sup>	۸/۴ <sup>cde</sup>	۴/۷ <sup>abc</sup>	۱۰ <sup>cdef</sup>	۰/۲۴ <sup>cd</sup>	۲۲/۶ <sup>abc</sup>	۳۴/۶۶ <sup>a</sup>	۴۲/۶۶ <sup>ab</sup>	D2	H3		
۶/۷۶ <sup>q</sup>	۰/۹ <sup>cd</sup>	۸/۳ <sup>def</sup>	۴/۸۴ <sup>abc</sup>	۱۱/۲ <sup>bcdef</sup>	۰/۳۲ <sup>abcd</sup>	۱۹ <sup>abcde</sup>	۳۰/۶ <sup>abc</sup>	۵۱/۳۳ <sup>ab</sup>	D3			شاهد
۲/۸۱ <sup>t</sup>	۱/۵ <sup>bcd</sup>	۷/۹ <sup>f</sup>	۳/۶۱ <sup>bcd</sup>	۱۱/۱ <sup>bcdef</sup>	۰/۵۲ <sup>abcd</sup>	۱۲/۶ <sup>abc</sup>	۳۸ <sup>abcd</sup>	۴۴ <sup>abcde</sup>	D1			
۳/۷۱ <sup>s</sup>	۰/۱۲ <sup>d</sup>	۷/۸ <sup>f</sup>	۴/۷۹ <sup>abc</sup>	۱۱/۲ <sup>bcdefgh</sup>	۰/۵۴ <sup>abc</sup>	۱۸ <sup>abcde</sup>	۳۸ <sup>abcd</sup>	۴۹/۳۳ <sup>ab</sup>	D2	H1		
۱۴/۷۹	۰/۱۳ <sup>d</sup>	۸/۰ <sup>fg</sup>	۴/۶۶ <sup>abc</sup>	۱۲/۱ <sup>abcde</sup>	۰/۳۵ <sup>abcd</sup>	۷/۸ <sup>abcde</sup>	۳۶/۶ <sup>abc</sup>	۵۵/۵۳ <sup>a</sup>	D3			
۶/۹۱ <sup>q</sup>	۱/۶ <sup>bcd</sup>	۷/۸۳ <sup>f</sup>	۳/۱۳ <sup>bcd</sup>	۱۱/۰ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۱ <sup>dfghi</sup>	۲۶/۶ <sup>abc</sup>	۴۴ <sup>abc</sup>	۲۹/۳۳ <sup>f</sup>	D1			
۱۰/۴۷ <sup>o</sup>	۲/۰ <sup>bcd</sup>	۷/۸۲ <sup>f</sup>	۲/۵۹ <sup>cd</sup>	۱۰/۸ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۴ <sup>dfg</sup>	۲۲/۶ <sup>abc</sup>	۴۸ <sup>a</sup>	۲۹/۳۳ <sup>f</sup>	D2	H2	W	
۷/۹۴ <sup>p</sup>	۲/۱ <sup>bcd</sup>	۷/۸۱ <sup>f</sup>	۴/۴۱ <sup>abc</sup>	۱۰/۷ <sup>bcdef</sup>	۰/۴۵ <sup>abcd</sup>	۱۶ <sup>abcde</sup>	۴۶/۶ <sup>ab</sup>	۲۹/۳۳ <sup>f</sup>	D3			
۶/۶ <sup>q</sup>	۱/۷ <sup>bcd</sup>	۷/۸ <sup>f</sup>	۴/۸۴ <sup>abc</sup>	۱۱/۸ <sup>abcde</sup>	۰/۱۳ <sup>fghi</sup>	۲۸ <sup>abcde</sup>	۳۵/۳۳	۳۶/۶۶ <sup>def</sup>	D1			
۶/۷۶ <sup>q</sup>	۱/۹ <sup>bcd</sup>	۷/۸۱ <sup>f</sup>	۳/۰۹ <sup>bcd</sup>	۱۱/۲ <sup>bcdef</sup>	۰/۲۰ <sup>fghi</sup>	۳۰/۳ <sup>abcde</sup>	۳۴ <sup>abcde</sup>	۳۵/۶۶ <sup>def</sup>	D2	H3		

E جهت شرقی، W جهت غربی، H1 پایین دست شیب، H2 میان بند شیب، H3 بالا دست شیب، D1 عمق ۰-۵، D2 عمق ۵-۳۰، D3 عمق ۳۰-۵۵، پایین تر از ۳۰، OM ماده آلی (درصد)، pH اسیدیته، EC هدایت الکتریکی خاک (ms/cm)، SAR نسبت جذب سدیم و حروف کوچک نشان دهنده تفاوت میانگین ها است.

جدول ۲: انحراف معیار و معنی‌داری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو جهت شرقی و غربی و در سه طبقه ارتفاعی پایین دست، میان‌بند و بالادست و در سه عمق ۵-۰، ۳۰-۵ و ۳۰ سانتیمتر شیب در رخساره بدلند و شاهد

slg	SAR	ECms/cm	pH	درصد گچ	آهک درصد	درصد OM	درصد رس	درصد ماسه	درصد سیلت	عمق	طبقات ارتفاعی	جهت شیب	نوع منطقه
۰/۰۳	۱۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۳	۱/۰۱	۲/۴	۰/۰۵	۷	۴/۱	۷/۵	D1	H1		
	۱۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۳	۰/۲۳	۳/۲	۰/۱	۸	۹/۴	۴/۱	D2			
	۱۲/۲۶	۰/۰۱	۰/۰۵	۱/۰۱	۱/۹	۰/۰۵	۳	۲	۴/۱	D3			
۰/۰۰	۱۴/۲۶	۰/۱۲	۰/۳	۰/۳۱	۳/۶	۰/۰۶	۵/۲	۵/۲	۱۰	D1	H2	E	
	۱۵/۶۵	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۱	۴/۲	۰/۰۸	۲	۱۳	۱۵	D2			
	۱۱/۷۱	۰/۰۴	۰/۰۷	۱/۰۴	۱/۴	۰/۱۶	۶/۴	۱۱	۵/۲	D3			
۰/۰۰	۹/۶	۰/۰۰۳	۰/۱	۱/۰۰۶	۱/۴	۰/۰۱	۱/۱	۰/۵	۰/۵۷	D1	H3		
	۱۴/۳۳	۰/۰۰۷	۰/۱۷	۰/۰۱	۲/۳	۰/۱۷	۶/۴	۱۰	۴/۱	D2			
	۸/۶۹	۰/۲۱	۰/۱۶	۱/۰۰۳	۴	۰/۱۳	۷/۲	۹/۸	۷/۵	D3			
۰/۰۰	۵۶/۱۳	۰/۱۲	۰/۵۴	۰/۰۵	۱/۸	۰/۱۳	۶/۱	۲	۸	D1	H1	بدلند	
	۷/۶۶	۰/۰۲۳	۰/۸۶	۰/۲۲	۰/۷	۰/۰۵	۳	۴/۱۶	۴	D2			
	۱۳/۱	۰/۰۸	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۶	۰/۰۳	۲	۷/۵	۵/۷	D3			
۰/۰۰	۱۶/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۲	۱/۴	۰/۲۸	۳	۷/۲	۵/۲	D1	H2	W	
	۲۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۷۲	۰/۰۷	۳/۳	۰/۰۴	۴/۱	۱۶	۱۲	D2			
	۱۶/۷۱	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۰۴	۵/۶	۰/۰۶	۱/۱	۹/۲	۸/۷	D3			
۰/۰۰	۱۷/۲۲	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۶	۴/۸	۰/۰۹	۸	۱۲	۷	D1	H3		
	۲۰/۵۸	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۴۷	۲/۸	۱/۰۱۷	۱۱	۶	۸/۱	D2			
	۱۰/۴۴	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۴۷	۲/۲	۰/۳	۱۷	۱۴	۴	D3			
۰/۰۰	۶/۸۱	۰/۰۰۸	۰/۱۸	۰/۲۳	۱/۵	۰/۱۲	۳	۱۱	۸/۳	D1	H1		
	۴/۹۴	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۰۱	۱/۵	۰/۴	۱/۱	۱/۱	۲	D2			
	۴/۱۳	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۲۳	۱/۰	۰/۰۹	۱۵	۱۶	۸/۳	D3			
۰/۰۰	۳/۵۶	۰/۰۹	۰/۱۲	۱/۰۰۶	۰/۱۲	۰/۲۵	۵/۵	۸	۳/۵	D1	H2	E	
	۵/۴۷	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۰۱	۱/۱	۰/۱۱	۷/۵	۷/۲	۱/۱	D2			
	۲/۶۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۱/۰۰۲	۲/۲	۰/۱	۳	۱۰	۱۱/۳	D3			
۰/۰۰	۵/۸۶	۰/۱	۰/۲۹	۰/۱۴	۰/۹	۰/۰۴	۵	۱۵	۱۰	D1	H3		
	۶/۴۲	۰/۱۱	۰/۳۵	۰/۴۴	۳/۸	۰/۰۳	۸	۵	۸/۳۲	D2			
	۵/۷۶	۰/۱۲	۰/۳۱	۱	۰/۷	۰/۱	۱۲	۱۱	۱/۱	D3			
۰/۰۰	۵/۶۲	۰/۱	۰/۲۳	۰/۱۱	۱/۵	۰/۰۸	۹/۶	۸	۱۱/۵	D1	H1	شاهد	
	۳/۳۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۳۹	۱/۱	۰/۱۸	۴/۱	۲	۶/۱	D2			
	۴/۶۵	۰/۰۰۴	۰/۰۵	۰/۶۵	۰/۱۶	۰/۰۹	۱/۹	۲/۳	۰/۵	D3			
۰/۰۳	۲/۳۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۷	۲/۴	۰/۱۲	۵/۵	۵/۲	۱۰	D1	H2	W	
	۵/۹۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۹	۰/۰۷	۱۲	۳۰	۱۸	D2			
	۶/۳۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۸	۰/۱۳	۷/۵	۷	۱۰	D3			
۰/۰۰	۱/۹	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۲۹	۲	۰/۰۷	۴	۱/۱	۴/۱	D1	H3		
	۱/۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۲	۴/۳	۰/۰۵	۳/۵	۱۷	۱۷	D2			
	۱/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۱۲	۳	۱/۵۰	۲/۳	۱/۱	۳	D3			

E - جهت شرقی، W جهت غربی، H1 پایین دست شیب، H2 میان‌بند شیب، H3 بالا دست شیب، D1، عمق ۵-۰، D2، عمق ۳۰-۵، D3 عمق پایینتر از ۳۰، OM ماده آلی، PH اسیدیته، EC هدایت الکتریکی خاک، SAR نسبت جذب سدیم

جدول ۳: مقدار آماره t و سطح معنی‌داری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی بدلدن در مقایسه با اراضی شاهد

متغیرهای خاک	اشتباه استاندارد	آماره F	آماره t	سطح معنی‌داری
pH	۰/۷۷	۲۰/۰۶	۸/۵۱	**۰/۰۰
آهک	۰/۶۳	۲۰/۱۶	-۱/۲۵	۰/۲۱
درصد سیلت	۱/۷۶	۵/۲۵	۱/۴۸	۰/۱۴
درصد رس	۱/۶۵	۰/۷۱	۵/۲	**۰/۰۰
درصد ماسه	۲/۱۱	۰/۰۲	-۵/۳	**۰/۰۰
EC	۲/۶۶	۸/۳۶	۱/۴۵	۰/۱۴
OM	۳/۱۹	۸/۱۹	-۵/۲۴	**۰/۰۰
SAR	۰/۰۶	۱۳/۸۶	۲۳/۲۶	**۰/۰۰
گچ	۰/۰۹	۱/۱۵	-۲/۹۵	**۰/۰۰

\*\*معنی‌داری در سطح یک درصد

معنی‌داری بین منطقه بدلدن با شاهد در سطح معنی‌داری یک درصد مشاهده شد. این تفاوت در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۵-۰)، (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلدن و شاهد مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از تفاوت میانگین‌های SAR در دو منطقه بدلدن و شاهد در سطح معنی‌داری یک درصد است. این تفاوت در بین جهات شرقی و غربی و طبقات ارتفاعی منطقه شاهد و بدلدن نیز دارای رابطه معنی‌دار در سطح پنج درصد است. در رخساره بدلدن و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار نسبت جذب سدیم (۸۵۱/۱۳) در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق (۳۰-۵) و کمترین مقدار آن (۱۵/۸۴) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری مشاهده شد. بیشترین مقدار نسبت جذب سدیم (۱۴/۷۹) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق پایین‌تر از ۳۰ و کمترین مقدار آن (۲/۸۱) در جهت غربی و طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق (۵-۰) مشاهده شد. غلظت سدیم بالا منجر به افزایش pH خاک می‌شود. در خاک‌های اراضی بدلدن که سدیک قلیایی و کاملاً هوازده هستند غلظت کربنات و بی‌کربنات در محلول خاک بالا و غلظت منیزیم و کلسیم خیلی پایین است. نتایج نشان داده شده در جدول ۴-۴ بیانگر این نکته است که نسبت جذب سدیم در اعماق (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری خاک اغلب بیشتر از لایه سطحی خاک است. میانگین درصد ماسه در منطقه بدلدن (۲۴/۵ درصد) و در منطقه شاهد (۳۵/۸۱ درصد) است که نشان دهنده بالا بودن آن در منطقه شاهد می‌باشد. نتایج بدست آمده از آزمون t غیر جفتی، نشان دهنده وجود تفاوت میانگین‌ها در

میانگین گچ در منطقه شاهد (۴/۱۲ درصد) بوده و در منطقه بدلدن این مقدار به (۳/۰۹ درصد) می‌رسد. با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که میزان گچ در منطقه شاهد نسبت به منطقه بدلدن بالاتر است. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده رابطه معنی‌دار بین میزان گچ منطقه بدلدن با شاهد در سطح یک درصد است. این تفاوت در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۵-۰)، (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلدن و شاهد مشاهده می‌شود. در رخساره بدلدن و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار گچ (۶/۲۵ درصد)، در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی بالا دست و در عمق (۵-۰) و کمترین مقدار آن (۱/۶۳ درصد) در جهت غربی و طبقه ارتفاعی پایین دست و در عمق (۵-۰) مشاهده شد. بیشترین مقدار گچ (۸/۴۱ درصد) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری و کمترین مقدار آن (۲/۳۴ درصد) در جهت غربی و طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق (۵-۰) مشاهده شد. بالا بودن میزان گچ در عمق‌های پایین‌تر می‌تواند در اثر انتقال آن توسط آب باشد. ماده معدنی گچ نقش مهمی در فرسایش-پذیری خاک داشته و با بهبود ساختمان خاکدانه‌ها از حساسیت آن‌ها به فرسایش می‌کاهد تمرکز رواناب ناشی از بارندگی در قسمت پایین‌دست شیب در هر دو منطقه بدلدن و شاهد می‌تواند یکی از عوامل شسته شدن گچ به عمق‌های پایین‌تر در این دو منطقه باشد. میانگین نسبت جذب سدیم در منطقه بدلدن (۱۵۸/۴) بوده و در منطقه شاهد این مقدار (۵/۶۲) می‌باشد. با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که میزان نسبت جذب سدیم در منطقه شاهد نسبت به منطقه بدلدن پایین‌تر است. با مقایسه میانگین‌های SAR رابطه

در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت غربی، در طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق (۵-۳۰) و کمترین مقدار آن (۷/۸) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق بیشتر از ۳۰ سانتیمتری مشاهده شد. در بین درصدهای سیلت، رس و ماسه، درصد رس در اراضی بدلند از میانگین بالاتری برخوردار است. حضور ریشه و ماده آلی که ذرات خاک را در کنار یکدیگر نگه می‌دارند در خاک درشت بافت بیشتر می‌باشد. با افزایش رس و کاهش مقدار سیلت، میزان تشکیل سله افزایش یافته و موجب کاهش نفوذپذیری در خاک می‌شود. محققین مختلف به صورت هر چند پراکنده، رابطه بین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی را با میزان فرسایش پذیری و اشکال مختلف فرسایش مارن‌ها مورد توجه قرار دادند و اظهار داشتند که به‌طور کلی وجود ترکیباتی چون مواد آلی، اکسیدهای آهن و اکسیدهای آلومینیوم باعث پایداری مارن‌ها می‌شود در حالی که یون-های سدیم با پخش کردن ذرات رس موجب افزایش شدت فرسایش می‌گردد. نتایج به دست آمده از آزمون t غیر جفتی و لوین برای مقایسه اختلاف میانگین‌های برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی بدلند در مقایسه با اراضی شاهد نشان داد که متغیرهای pH، SAR، گچ، درصد رس، درصد سیلت و ماده آلی در سطح یک درصد معنی‌دار است. اختلاف معنی‌دار بین درصد سیلت، EC و آهک دو منطقه بدلند با شاهد در سطح پنج درصد مشاهده نشد. با توجه به بررسی رابطه بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با شکل‌گیری رخساره فرسایشی بدلند مشخص شده است که شکل‌گیری بدلندها رابطه مستقیم با درصد رس، pH، EC، ماده آلی و SAR داشته و رابطه معکوسی با میزان آهک و گچ دارد این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش کمبل و هانسر (Campbell and Honsaker, 1982) هم‌خوانی دارد. نتایج بیانگر این نکته است که با افزایش شوری شرایط برای استقرار گیاهان کاسته می‌شود که نقش به‌سزایی بر روی کاهش سرعت قطرات باران و نفوذ آن در داخل زمین دارند.

#### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که عوامل شیمیایی خاک تا حد زیادی تعیین‌کننده ایجاد فرسایش و تشکیل بدلند هستند. به گونه‌ای که با افزایش میزان pH و EC فرسایش تونلی

سطح معنی‌داری یک درصد در میزان درصد ماسه بین دو منطقه بدلند و شاهد است. بررسی تفاوت میانگین‌ها به روش دانکن نشان‌دهنده تفاوت میانگین‌ها در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۵-۳۰)، (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد و در سطح معنی‌داری یک درصد است. میانگین درصد سیلت در اراضی بدلند (۴۳/۰) و در اراضی شاهد (۴۰/۴۳) است. نتایج بدست آمده از آزمون t غیر جفتی، نشان دهنده عدم وجود تفاوت میانگین‌ها در سطح معنی‌داری پنج درصد در میزان درصد سیلت بین دو منطقه بدلند و شاهد است. نتایج آنالیز واریانس و تجزیه میانگین‌ها به روش دانکن بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین میانگین‌های سیلت در طبقات و جهت‌های مختلف و در عمق‌های (۵-۳۰)، (۳۰-۵) و پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری در هر دو منطقه بدلند و شاهد است. این اختلاف ممکن است در اثر پدیده شستشوی آب و انتقال ذرات ریز دانه سیلت به عمق‌های مختلف باشد. در رخساره بدلند و در ارتباط با عمق‌های مختلف، بیشترین مقدار درصد سیلت (۵۳/۶۶)، در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی پایین‌دست و در عمق بیشتر از ۳۰ سانتیمتری و کمترین مقدار آن (۳۱/۳۳) در جهت غربی و طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق (۵-۳۰) مشاهده شد. بیشترین مقدار درصد سیلت (۵۵/۵۳) در عمق‌های مختلف منطقه شاهد در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق پایین‌تر از ۳۰ سانتیمتری و کمترین مقدار آن (۲۹/۳۳) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی میان‌بند و در عمق‌های (۵-۳۰) و (۰-۵) مشاهده شد. در بین درصدهای سیلت، رس و ماسه، درصد رس در اراضی بدلند از میانگین بالاتری برخوردار است. میانگین درصد رس در منطقه شاهد (۲۴/۵) است که نشان دهنده پایین بودن درصد رس در این منطقه نسبت به منطقه بدلند (۳۶) است. بیشترین مقدار درصد رس (۴۰) در رخساره بدلند و در ارتباط با عمق‌های مختلف، در جهت شرقی، در طبقه ارتفاعی بالا-دست و در عمق بیشتر از ۳۰ سانتیمتری و کمترین مقدار آن (۲۳/۳۳) در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی بالادست و در عمق بیشتر از ۳۰ سانتیمتری مشاهده شد. این امر ممکن است در اثر انتقال ذرات ریز دانه رس در اثر فرسایش سطحی در بالادست شیب‌ها و انتقال آن به طبقات پایین دست باشد. در حالی که بیشترین مقدار درصد رس (۳۲/۶)

افزایش نسبت جذب سدیم کاهش یافته و در نتیجه فرسایش خاک تشدید می‌شود (Smaeilnejad et al, 2012). افزایش هدایت الکتریکی خاک به‌طور معمول ناشی از افزایش املاح محلول در خاک می‌باشد افزایش املاح محلول در خاک شرایط ایجاد فرسایش تونلی را شدیداً افزایش می‌دهد مخصوصاً وقتی که نسبت عناصر محلول و مخصوصاً سدیم در خاک زیاد باشد که در رخساره بدلدن منطقه بالا می‌باشد. یون کلسیم با تمایل به جایگزین سدیم در ترکیب جانشینی برای ساختمان خاک اهمیت دارد و سبب می‌شود ذرات کلوئیدی رس متحد شده، ساختمان پایدارتری را ایجاد کنند. با افزایش میزان SAR، غالبیت سدیم در ترکیب جانشینی، با اثری معکوس سبب پراکنده شدن ذرات رس می‌شود. منیزیم و کلسیم اثرهای مشابه اما کمتری نسبت به کلسیم و سدیم دارند. این نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهش کمبل و هانسکر (Campbell and Honsaker 1982) و شینبرگ و لیتی (Shinberg and Letey, 2000) هم‌خوانی دارد. مقایسه میانگین‌های درصد سیلت خاک نیز حاکی از وجود رابطه معنی‌دار در بین دو منطقه شاهد و بدلدن است ولی در طبقه‌های ارتفاعی متفاوت اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد مشاهده نشد.

### سپاسگزاری

نویسنده این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

افزایش یافته و با افزایش میزان آهک و گچ از میزان تشکیل بدلدن کاسته می‌شود. نتایج بدست آمده با نتایج شرارد و همکاران (Sherard et al, 1976)، گریتمس و همکاران (Gerits et al, 1977)، رنکاسامی و همکاران (Rengasamy et al, 1984)، فالکنر و همکاران (Faulkner et al, 2003) و باتاگلیا (Battaglia et al, 2011) هم‌خوانی دارد. ماده آلی دارای نقش حیاتی بر خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد، تغییر در میزان ماده آلی به دلیل اثرگذاری بر فعالیت‌های بیولوژیک، تبادل کاتیونی، اسیدیته و میزان عناصر غذایی یکی از مهمترین شاخصه‌های کیفیت شیمیایی و بیولوژیک است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ماده آلی نقش مهمی در تشکیل خاکدانه‌ها داشته و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد و با یافته‌های کمپر و کوچ (Kemper and Koch, 1966)، امرسون (Emerson, 1997)، دانگت (Donget al, 1983)، گاپتا (Gupta et al, 1984)، کاگلان و لاچ (Coughlan and Loch, 1984) و مانیر و اودس (Muneer and Oades, 1989) هم‌خوانی دارد. افزایش اجزاء ریزدانه رس سبب افزایش چسبندگی خاک مارنی شده و با افزایش مقاومت در برابر کنش آب، فرسایش سطحی غالب می‌گردد. افزایش میزان شوری خاک و نسبت جذب سدیم باعث ایجاد ساختمان دانه‌ای ریز در خاک می‌شود که به محض رسیدن رطوبت به آنها ساختمان خاک متلاشی می‌شود. مقادیر زیاد سدیم باعث کاهش هدایت آبی خاک از طریق پدیده‌های تورم و پراکنده شدن کانی‌های رسی می‌شود. پایداری و مقاومت خاک دانه‌ها با

### References

- Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil solidity on the infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 45, p. 848-851.
- Ahmadi, H., 2006. *Applied Geomorphology (Vol. 2 Water Erosion)*, university of Tehran press, 688 p (in Persian).
- Artieda, O., Herrero, J. and Drohan, P.J., 2006. Refinement of the Differential Water Loss Method for Gypsum Determination in Soils, *Soil Science Society of America Journal*, v. 70, p. 1932-1935.
- Asghari Saraskanrouda, S., Zeinalia, B. and Mohammadnejad, V., 2017. Analysis physical and chemical properties of soil and morphometric impacts on gully erosion, *Desert*, v. 22, 157-166.
- Battaglia, S., Leoni, L., Rapetti, F. and Spagnolo, M., 2011. Dynamic evolution of badlands in the Roglio basin Tuscany, Italy, *Catena*, v. 86, p. 14-23.
- Benito, G., Gutierrez, M. and Sancho, C., 1991. Erosion pattern in rill and interrill areas in badland zones of the middle Ebro Basin (NE-Spain), *soil erosion studies in Spain*, p. 41-54.
- Borselli, L., Cassi, P. and Torri, D., 2008. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: GIS and field numerical assessment. *Catena*, v. 75, p. 268-277.
- Campbell, G.S., 1985. *Soil Physics with BASIC*, Elsevier, Amsterdam.
- Campbell, I.A. and Honsaker, J.L., 1982. Variability in badlands erosion; problems of scale and threshold identification. In: Thorn, C.E. (Ed.), *Space and Time in Geomorphology*, p. 59-79.



- Coughlan, K.J. and Loch, R.J., 1984. The relationship between aggregation and other soil properties in cracking clay soils, *Australian Journal of Soil Research*, v. 22, p. 59-69.
- Dong, A., Chesters, G. and Simsiman, G.V., 1983. Soil dispersibility. *Soil Science*, v. 4, p. 208-212.
- Ebrahimi, M., 2017. Identifying the occurrence of Gully erosion with emphasis on soil characteristics (case study: Aq Imam watershed). *Journal of water and soil resources conservation*, 7th year, v. 2, p. 1-12. (in Persian).
- Emerson, W.W., 1977. Physical properties and structure. In *Soil Factors in Crop Production in a Semi-arid Environment*, p. 78-104.
- Faulkner, H., Alexander, R. and Wilson, B.R., 2003. Changes to the dispersive characteristics of soils along an evolutionary slope sequence in the Vera badlands, southeast Spain, implications for site stabilization, v. 50, p. 243-254.
- Garcia-Oliva, F., Lancho, J.F.G. and Montano, N.M., 2006. Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. *Agroforestry Systems*, v. 66, p. 93-100.
- Gerits, J., Imeson, A.C., Verstraten, J.M. and Bryan, R.B., 1997. Rill development and badland regolith properties. In: Bryan, R.B. (Ed.), *Rill Erosion: Processes and Significance: Catena, Suppl*, v. 8, p. 141-160.
- Gupta, R.K., Bhumbra, D.K. and Abrol, I.P., 1984. Effect of solidity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behavior of soils. *Soil Science*, v. 4, p. 245-251.
- ISO 10693, 1994. *Soil Quality – Determination of carbonate content - Volumetric method*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, (available at [www.iso.ch](http://www.iso.ch))
- Xia, J., Cai, C., Wei, Y. and Wu, X., 2019. Granite residual soil properties in collapsing gullies of south China: spatial variations and effects on collapsing gully erosion *CATENA*, v. 174, March 2019, p. 469-477
- Kaihura, F.B.S., Kullaya, I.K., Kilasara, M., Aune, J.B., Singh, B.R. and Lal, R., 1999. Soil quality effects of accelerated erosion and management systems in three eco-regions of Tanzania, *Soil Tillage Res*, v. 53, p. 59-70.
- Kashi Zonozi, L., Ahmadi, H. and Nazari, A.A., 2012. Comparison of the qualitative intensity map of erosion prepared with the geomorphology model and the Pasiak model (case study: Zenozchai watershed), the first national desert conference (sciences, technologies and sustainable development), Tehran, <https://civilica.com/doc/160465>. (In Persian).
- Kemper, W.D. and Koch, E.J., 1966. Aggregate Stability of Soils from Western United States and Canada. *USDA Technical Bulletin*, p. 1355.
- Lado, M.A. and Ben-Hur, M., 2004. Organic matter and aggregate-size interactions in saturated hydraulic conductivity, *Soil Sci, Society of America J*, v. 68, p. 234-242.
- Lal, T.N., Hinterberger, T., Widman, G., Schröder, M., Hill, N.J., Rosenstiel, W., Elger, C.E., Scholkopf, B. and Birbaumer, N., 2005. Methods towards invasive human brain computer interfaces. In L. K. Saul, Y. Weiss, and L. Bottou, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 17*. MIT Press, Cambridge.
- Morin, J., Benyamini, Y. and Michaeli, A., 1981. The effect of raindrop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile. *Journal of Hydrology*, v. 52, p. 321-335.
- Muneer, M. and Oades, J.M., 1989. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability, III, Mechanisms and models, *Australian Journal of Soil Research*, v. 27, p. 411-423.
- Page, A.L., 1986. *Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties*, Soil Sci. Soc. AM. Madison, Wisconsin, USA.
- Ramezanpour, H., Esmailnejad, L. and Akbarzadeh, A., 2010. Influence of soil physical and mineralogical properties on erosion variations in Marly lands of Southern Gillan Province, Iran *International Journal of Physical Sciences*, v. 5(4), p. 365-378.
- Rengasamy, P., Greene, R.S.B., Ford, G.W. and Mehanni, A.H., 1984. Identification of dispersive behavior and the management of red-brown earths, *Aust. J. Soil Res*, v. 22, p. 413-431.
- Servati, M.R., 2006. Factors affecting the formation and expansion of gully erosion in Loss, *Journal of Research and Sazandegi in Natural Resources*, v. 78, p. 20-33.
- Sherard, J.L., Dunnigan, L.P. and Decker, R.S., 1976. Identification and nature of dispersive soils. *J. Geotechnical Engineering Division, ASCE*, v. 102, p. 287-301.
- Shinberg, I. and Letey, J., 2000. Response of soil to sodic and saline conditions, *Hilgardia*, v. 52, p. 1-57.
- Smaeilnejad, L., Seyed Mohammadi, M. and Bakhshipor, J., 2012. The effect of physical, chemical and mineralogical characteristics of the soil on the Gully morphology of in marly lands in the south of Gillan province, watershed researches, v. 97, p. 7-16 (In Persian).