نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۴ شماره۲ صفحه‌های ۶۵ تا ۷۹/ سال ۱۳۹۳

تنوع رده‌بندی و ژنتیکی خاک در واحدهای مختلف ژئومرفیک در منطقه مرند، آذربایجان شرقی

آیدا عباسی کلو[۱*]، علی اصغر جعفرزاده[۲]، مصطفی کریمیان اقبال[۳]، شاهین اوستان[۴] و احمد جهانگیری[۵]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۰۹

[۱]-دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲]-استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳]-دانشیار، گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۴]-دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۵]-استاد، گروه زمین شناسی دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: goly_abasi@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش از غنا و تنوع رده‌بندی خاک برای بررسی تکامل خاک در چهار واحد ژئومرفیک پدیمنت سنگی و پدیمنت پوشیده، دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی و از غنای ژنتیکی برای ارزیابی تأثیر سیستم طبقه‌بندی بر غنای خاک در منطقه مرند استفاده گردید. تعداد ۲۶ پروفیل در درون واحدهای مختلف حفر و نمونه برداری شد. محاسبه شاخص‌های تنوع خاک با در نظر گرفتن خاکفردها و مساحت هر نوع خاک در سطوح مختلف سیستم جامع طبقه‌بندی آمریکایی و همینطور افق‌های مشخصه صورت گرفت. شاخص غنا در سطح رده از پدیمنت سنگی تا دشت آبرفتی افزایش یافته و در سطح زیررده، دشت آبرفتی با چهار نوع زیررده غنی‌ترین واحد ژئومرفیک بود. مقدار این شاخص در پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای در سطح گروه‌بزرگ و زیرگروه اختلاف ناچیزی داشته و در سطح خانواده شاخص‌ها در همه واحدها به جز دشت آبرفتی افزایش می‌یابد. تعداد تاکساها از سطح رده تا خانواده رو به افزایش گذاشته و پدیمنت سنگی، به دلیل عدم امکان رسوبگذاری، دارای کمترین غنا بود. شاخص تنوع رده‌بندی در هر واحد از رده تا خانواده به دلیل افزایش شاخص غنا افزایش یافته و شاخص‌های تنوع محاسبه شده برمبنای تعداد پروفیل از شاخص محاسبه شده برمبنای مساحت بالاتر می‌باشد. افق کمبیک غالب ترین افق مشخصه در منطقه بوده و از نظر ژنتیکی دشت دامنه‌ای غنی‌ترین واحد می‌باشد. تنوع ژنتیکی خاک وابسته به سیستم طبقه‌بندی بوده و نشان می دهد که سیستم جامع آمریکایی،خاک‌های مناطقی را که از نظر ژئومورفولوژیکی فعال هستند یکنواخت‌تر نشان می دهد.

واژه های کلیدی: پدیمنت، دشت، شاخص تنوع، شاخص غنا، یکنواختی

Taxonomic and Genetic Pedodiversities on Different Geomorphic Units in Marand Region, East Azarbaijan

A Abbasi-Kalo[1*], AA Jafarzadah[2], M Karimian Eghbal[3], SH Oustan[4] and A Jahangiri[5]

Received: 15 May 2013 Accepted: 31 July 2013
[1-]Ph.D. Student, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[2-] Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[3-]Assoc. Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tarbiat Modares, Iran
[4-]Assoc. Prof Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[5-] prof., Dept. of Geology., Faculty of Natural Sci., Univ. of Tabriz, Iran
[*]Corresponding Author: Email: goly_abasi@yahoo.com

Abstract

In this research work, taxonomic richness and pedodiversity were used for studying soil evolution on rock pediment, mantled pediment, piedmont plain and alluvial plain geomorphic units and genetic richness was also used to evaluate the effect of classification system on genetic pedorichness in Marand region. 26 pedons were excavated and sampled in different geomorphic surfaces. Calculation of indices was done considering soil individuals and soil type areas at different levels of USA Soil Taxonomy System (order, family) as well as diagnostic horizons. Soil richness at the level of order increases from rock pediment to alluvial plain and alluvial plain with four suborders is the richest geomorphic unit. The index shows only a little difference between great group and subgroup in mantled pediment and piedmont plain and at the family level, indices increase in all geomorphic units except alluvial plain. The number of taxa increases from order to family level and rock pediment has the least richness by impossibility of deposition processes. The taxonomic diversity index on each geomorphic unit increases from order to family by increasing in taxa richness and diversity indices calculated based on pedon numbers are higher than those based on area coverage. Cambic horizon is the most dominant horizon in the study area and piedmont plain is genetically the richest geomorphic unit. Genetic pedodiversity depends on soil classification system and soil taxonomy system tries to homogenize the soils in geomorphically active regions.

Keywords: Diversity Index, Evenness, Pediment, Plain, Richness Index

مقدمه

شرایط، نوع و شدت فرآیندهای خاکسازی و ویژگی‌ها خاک تحت تأثیر فاکتورهای مؤثر در تشکیل خاک می‌باشد (ینی ۱۹۴۱). تکامل زمین نما[1] با تکامل خاک ارتباط نزدیکی دارد زیرا فاکتورهای خاکسازی فرآیندهای ژئومرفیکی را نیز تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (مک فادن و نوپفرر۱۹۹۰). ژئومورفولوژی نه تنها به درک بهتر تشکیل خاک‌ها کمک می‌کند بلکه داده‌های خاک نیز در تفسیر فرآیندهای ژئومرفیکی فعال

[1] Landscape

در موقعیت‌های مختلف زمین‌نما مفید هستند (جرارد ۱۹۹۲). آنجوس و همکاران (۱۹۹۸) موقعیت ژئومرفیکی را در سرعت هوادیدگی، آبشویی املاح و عمق سالوم در خاک‌های جنوب شرق برزیل مؤثر دانستند.

زمین‌نما ترکیب خاک‌هایی است که از لحاظ اندازه، شکل و ترتیب قرارگیری متفاوت بوده و تحت تأثیر مداوم اتفاقات طبیعی و فعالیت‌های بشری می‌باشند. آگاهی از پویایی زمین‌نما، ناهمگنی و تغییرات محیطی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و برای تجزیه کمی و تفسیر فاکتورهای دخیل در تنوع آن، تکنیک‌هایی مورد نیاز است که در استفاده از آنها بر ساختار زمین‌نما و الگوی فضایی آنها تأکید ویژه‌ای شده است (ترنر و گاردنر ۱۹۹۱). تنوع یکی از تکنیک‌هایی است که در بررسی‌های اکولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (او–نیل و همکاران ۱۹۸۸) و در سال‌های اخیر در زمینه خاکشناسی جلب توجه کرده است. مک براتنی (۱۹۹۲) گزارش کرده است که تنوع خاک[1] راهی برای اندازه‌گیری تغییرپذیری خاک‌ها می‌باشد که معمولاً از تاکسای خاک استفاده می‌کند. روشهای مختلفی برای بررسی تنوع خاک از جمله تنوع رده‌بندی خاک[2] (تنوع کلاس‌های خاک در یک منطقه)، تنوع کاربردی خاک[3] (رفتار خاک تحت استفاده‌های مختلف) و تنوع صفات خاک پیشنهاد شده است (مک براتنی ۱۹۹۵). در اکولوژی شاخص تنوع[4] شانون و یکنواختی[5] و در کنار آن شاخص غنا[6] اطلاعات قابل توجهی از تنوع گونه‌ها ارائه می‌دهد (آی‌بانز و همکاران ۱۹۹۵). آی‌بانز و دی‌آلبا (۱۹۹۹) به بررسی و تفسیر مفاهیم پایه تنوع و ارتباط تنوع زیستی و تنوع خاک پرداخته و با بیان نحوه اندازه‌گیری آنها (آی‌بانز و دی‌آلبا ۲۰۰۰) تأکید کرده‌اند که شاخص غنا تعداد کاتاگوری‌های واقع در یک سطح معین (پدوتاکسا) و تنوع برآورد کننده توزیع پدوتاکساها (یکنواختی آنها) به عنوان تابعی از تعداد خاک‌فردهای متعلق به هر پدوتاکسا (فراوانی) می‌باشد. به عبارتی شاخص تنوع هم به تعداد نسبی و هم نسبت سطح اشغال شده توسط تاکساها اشاره می‌کند. تاکسای یک خاک و ویژگی‌های آن مفاهیم کاملا متفاوتی هستند که استفاده از تنوع خاک مقایسه این دو را امکان پذیر می‌سازد. گو و همکاران (۲۰۰۳) با برآورد جنبه‌های کمی تنوع خاک در ایالات متحده آمریکا، شاخص‌های تنوع خاک برای خاک‌های آن کشور و روابط بین مساحت و تاکسای خاک را در هرکدام از سطوح رده‌بندی خاک بررسی نمودند. به‌علاوه آنها دلایل فراوانی نسبی مشاهده شده برای هرکدام از تاکساهای خاک را نیز مورد مطالعه قرار دادند. نتیجه این مطالعه نشان داد که کاتاگوری رده‌بندی از سطح رده تا سری خاک کاهش و شاخص شانون به دلیل افزایش غنای تاکساها افزایش می‌یابد. رابطه به دست آمده بین تعداد تاکسا و مساحت یک رابطه نمایی است که توان آن با کاهش سطوح کاتاگوری طبقه‌بندی افزایش یافته و با افزایش مساحت تعداد تاکسای خاک نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که بالا بودن شاخص تنوع می‌تواند با بالا بودن غنای رده‌بندی یا بالا بودن یکنواختی تاکساها مرتبط باشد.

سالدانا و آی‌بانز (۲۰۰۴) با بررسی تنوع خاک تراس‌های آبرفتی در اسپانیا به این نتیجه رسیدند که فراوانی گروه‌های بزرگ و زیرگروه‌ها از تراس‌های جوان به طرف تراس‌های قدیمی افزایش یافته و با دقیق‌تر شدن طبقه‌بندی و افزایش مساحت، مقادیر تنوع خاک بیشتر می‌شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع ژنتیکی خاک (تنوع خاک بر اساس افق‌های مشخصه) تحت تأثیر نوع سیستم طبقه‌بندی بوده و با افزایش سن سطوح ژئومرفیکی نیز افزایش می‌یابد. سالدانا و آی‌بانز (۲۰۰۷) با طبقه‌بندی خاک‌ها در سیستم جامع آمریکایی فراوانی و شاخص تنوع شانون را در سطوح مختلف گروه‌بزرگ تا خانواده محاسبه و گزارش نمودند که تنوع رده‌بندی خاک (تنوع انواع خاک‌ها) با گذر زمان و در سطوح بالای رده‌بندی

[1] Pedodiversity
[2] Taxonomic pedodiversity
[3] Function pedodiversity
[4] Diversity index
[5] Evenness index
[6] Richness index

افزایش یافت، ولی ارتباط مشخصی در سطح خانواده بدست نیامد.

مینانسی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از نقشه‌های پایه FAO و سیستم مرجع جهانی (WRB) تنوع خاک را در مقیاس جهانی محاسبه نموده و دریافتند که مناطقی با محدودیت‌های شدید دمایی و بارندگی، کمترین و مناطقی با نقشه‌برداری دقیق، بالاترین تنوع خاک را دارا هستند و به این ترتیب نتیجه گرفتند که تنوع خاک در یک منطقه به دقت مطالعات بستگی دارد. مطالعات تنوع خاک معمولا در مقیاس‌های وسیع انجام می‌شود، اما پترسن و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه تنوع رده‌بندی خاک در سطوح یک کیلومتر مربعی در مناطق خشک آفریقای جنوبی نشان دادند که امکان بررسی‌های تنوع خاک در وسعت کم هم وجود دارد. در این مطالعه کمترین تنوع در تپه‌های شنی مناطق کاوانگو[1] و کالاهاری[2] گزارش شد.

اسفندیارپور و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی شاخص‌های تشابه و تنوع در منطقه بروجن چهار محال و بختیاری، دریافتند که شاخص تنوع شانون، به‌دلیل افزایش توأم شاخص‌های غنا و همواری از سطح رده به خانواده افزایش می‌یابد.

زائری و همکاران (۲۰۱۳) در جدیدترین مطالعه، ارتباط بین تنوع خاک و تکامل آن را بررسی نموده و نتیجه‌گیری کرده‌اند که خاک‌های جوان و تکامل نیافته شاخص تنوع کمتر و خاک‌های تکامل یافته و مسن‌تر شاخص تنوع بیشتری دارند. در این مطالعه اشاره شده است که استفاده از شاخص‌های تنوع خاک می‌تواند به عنوان ابزاری برای نشان دادن سن خاک‌ها به کار گرفته شود.

در این تحقیق تنوع رده‌بندی و ژنتیکی خاک در واحدهای مختلف ژئومرفیک در منطقه مرند مورد مطالعه قرار گرفته و از آن برای بررسی وضعیت توزیع خاک‌ها استفاده می‌شود.

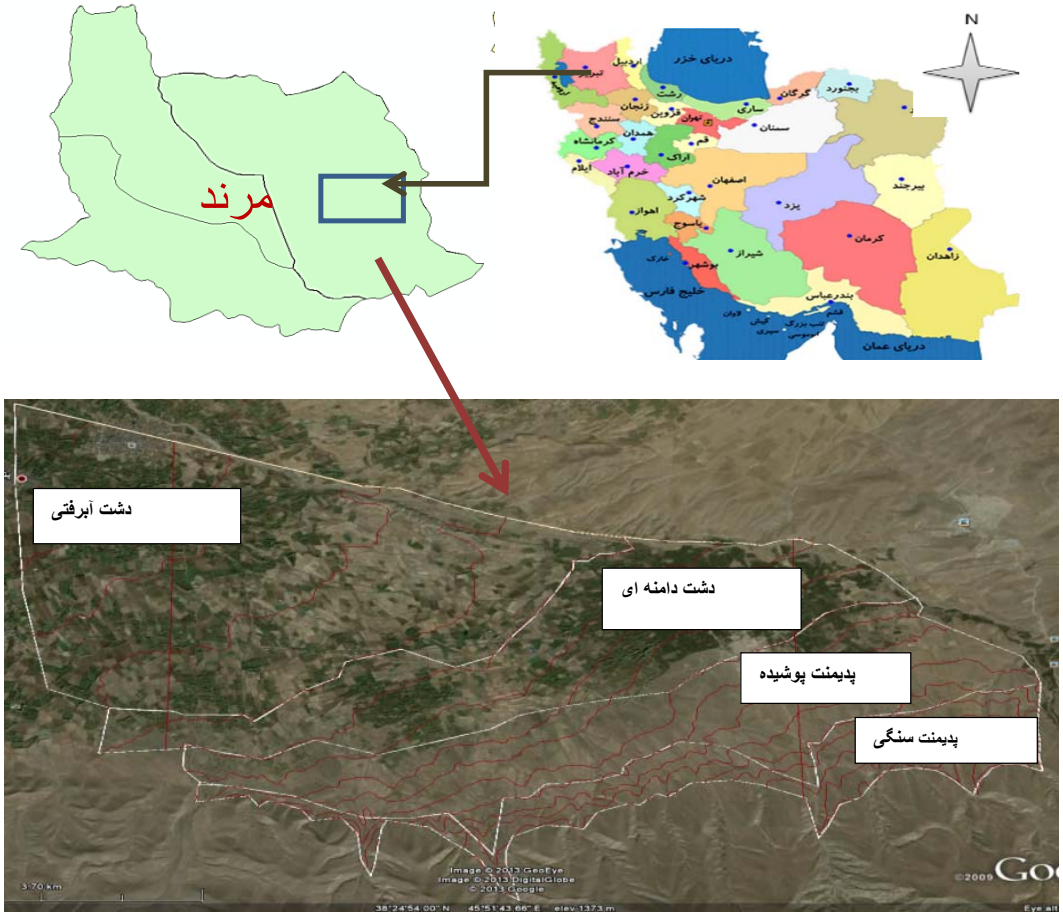
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه یک ردیف توپوگرافی-سنگی با مساحت ۷۰۰۰ هکتار و با موقعیت جغرافیایی ″۴۴ ′۴۸ °۴۵ و ″۵۰ ′۵۶ °۴۵ طول شرقی و ″۱۳ ′۲۳ °۳۸ تا ″۳۱ ′۲۷ °۳۸ عرض شمالی در قسمت شرق شهرستان مرند واقع در استان آذربایجان‌شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). نوع مواد مادری خاک‌ها، رسوبات کواترنری نشأت گرفته از کوه‌های بالادست واقع در سمت جنوبی منطقه است که خود از کنگلومرای نیمه متراکم دوره کواترنری تشکیل شده‌اند (بی نام ۱۳۷۳). ارتفاع آن از ۱۲۹۰ متر تا ۱۷۰۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد تغییر کرده و دارای اقلیم مدیترانه‌ای با تابستان‌های خشک و زمستان‌های سرد می‌باشد. براساس اطلاعات اقلیمی ده ساله (اطلاعات هواشناسی ایستگاه مرند (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ میلادی)) میانگین دمای سالیانه در منطقه ۱۲/۸°C و میانگین بارندگی ۳۵۸/۳۲ میلی‌متر بوده با توجه به نقشه رژیم‌های حرارتی و رطوبتی ایران (بنایی ۱۳۷۷)، منطقه مورد مطالعه دارای رژیم‌های رطوبتی و حرارتی زریک و مزیک می‌باشد. دشت آبرفتی و دشت دامنه‌ای شامل زمین‌های زراعی و عمدتا تحت کشت گندم آبی، آفتابگردان و گوجه‌فرنگی و پدیمنت‌ها زیر کشت گندم دیم و باغات میوه قرار دارند. پوشش گیاهی بومی تنها در پدیمنت سنگی با خاک‌های دارای حاصلخیزی کم دیده می‌شود. به منظور تشخیص و جداسازی واحدهای مختلف ژئومرفیک از نرم افزار Google Earth، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده و چهار واحد عمده ژئومرفیک شامل پدیمنت سنگی[1]، پدیمنت پوشیده، دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی تفکیک شد. برای مطالعه تنوع رده‌بندی و ژنتیکی خاک، ۲۶ پروفیل در واحدهای مختلف حفر و طبق روش استاندارد (بی نام ۲۰۰۶) تشریح گردید. موقعیت پروفیل‌ها به این صورت است که پروفیل‌های ۱ تا ۳ در پدیمنت سنگی، ۴ تا ۱۲ در پدیمنت پوشیده، ۱۳تا۱۸ در دشت دامنه‌ای و ۱۹ تا ۲۶ در دشت آبرفتی می‌باشد. انتخاب موقعیت پروفیل‌ها در هر واحد ژئومرفیکی براساس سطوح مختلف ژئومرفیک صورت گرفته است

[1] Kavango
[2] Kalahari

به گونه‌ای که پروفیل‌ها تمام سطوح ژئومرفیک را پوشش دهند.

به منظور تعیین مشخصات و برای اهداف رده‌بندی خاک، ذرات شن، سیلت و رس، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، EC، pH و CEC برای تمام نمونه‌ها تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (گی و بادر ۱۹۸۶)، pH گل اشباع و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (ECe) توسط دستگاه‌های pHمتر و هدایت سنج الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی توسط روش استات سدیم (ریچاردز ۱۹۵۴)، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک (ریچاردز ۱۹۵۴) و کربن آلی به روش والکلی-بلک اصلاح شده (نلسون و سامرز ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد و براساس کلید رده‌بندی جامع آمریکایی (بی نام ۲۰۱۰) خاک‌ها تا سطح خانواده طبقه‌بندی شدند (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه انواع واحدهای ژئومرفیک.

[1] Rock pediment

برای مطالعه تنوع خاک در واحدهای مختلف ژئومرفیک و با داشتن اطلاعات مربوط به رده‌بندی حاصل از داده‌های خاک و اقلیم، شاخص‌های تنوع خاک محاسبه شدند. مساحت هر تاکسا در یک واحد نقشه از طریق ضرب درصد جزئی هر تاکسا به مساحت واحد نقشه (مساحت پلی‌گون‌ها در محیط GIS) بدست آمد. مساحت کل هر تاکسا از جمع مساحت جزئی آن تاکسا در یک واحد نقشه تعیین و در نهایت مساحت تاکساها در هر یک از پنج سطح (از رده تا خانواده) محاسبه شد. مساحت کل پدیمنت سنگی ۸۵ هکتار، پدیمنت پوشیده ۱۲۰ هکتار، دشت دامنه‌ای ۱۲۵ هکتار و دشت آبرفتی ۳۸۰ هکتار می‌باشد. شاخص‌های تنوع بر مبنای فراوانی سطح هر تاکسا محاسبه شد.

جدول ۱- تاکساهای خاک در واحدهای ژئومرفیک براساس سیستم طبقه‌بندی جامع آمریکایی.

واحد ژئومرفیک	شماره پروفیل	نام خانواده خاک
پدیمنت سنگی	۱	Coarse-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts
	۲	Fine, mixed, active, mesic Typic Calcixerepts
	۳	Fine, illitic, mesic, Calcic Haploxerepts
پدیمنت پوشیده	۴	Sandy, mixed, mesic, Typic Xeropsumments
	۵	Sandy, mixed, mesic, Typic Xerorthents
	۶	Coarse-loamy,mixed, superactive, mesic Typic Haploxerepts
	۷	Sandy, mixed, mesic, coated Xeric Quartzipsamments
	۸	Coarse-loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts
	۹	Coarse-loamy, mixed, active, mesic Typic Xerorthents
	۱۰	Sandy, mixed, mesic, Typic Xeropsamments
	۱۱	Sandy-skeletal, mixed, mesic Fluventic Haploxerepts
	۱۲	Sandy-skeletal, mixed, mesic Fluventic Haploxerepts
	۱۳	Fine-loamy, mixed, active, mesic Fluventic Haploxerepts
دشت دامنه‌ای	۱۴	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts
	۱۵	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Vertic Haploxerepts
	۱۶	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Chromic Haploxererts
	۱۷	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts
	۱۸	Sandy, mixed, Mesic, Typic Xerorthents
دشت آبرفتی	۱۹	Fine, illitic, mesic Chromic Calcixererts
	۲۰	Fine, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts
	۲۱	Fine, mixed, active, mesic Typic Calcixerepts
	۲۲	Fine-loamy, mixed,active, mesic Typic Haploxerepts
	۲۳	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Haploxerepts
	۲۴	Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Haploxeralfs
	۲۵	Coarse-loamy, smectitic, mesic Typic Xerorthents
	۲۶	Fine-loamy, Mixed, Superactive, mesic Typic Haploxeralfs

در این مطالعه از سه معیار غنا، یکنواختی و شاخص تنوع به عنوان معیار تنوع خاک‌ها استفاده گردید. غنا، تعداد تاکساهای موجود در واحد نقشه (تعداد خاک‌های متعلق به یک سطح طبقه بندی)؛ یکنواختی، برابری مساحت هر تاکسای خاک؛ و تنوع شاخصی حاصل از غنا و یکنواختی می‌باشد. به عبارت دیگر هرچه غنا و یکنواختی بیشتر باشد تنوع بیشتر خواهد بود. تعداد تاکساهای واقع در یک سطح رده‌بندی

به عنوان غنا در نظر گرفته شده و از شمارش تمام تاکساهای یک سطح رده‌بندی در واحد نقشه حاصل می‌شود.

شاخص یکنواختی اسمیت (E) بهترین شاخص برای محاسبه یکنواختی می‌باشد (اسمیت و ویلسون ۱۹۹۶) که در این مطالعه برای محاسبه یکنواختی از آن رابطه استفاده گردید:

$$E = 1 - \frac{2}{\pi}\arctan\left\{\frac{\sum_{i=1}^{S}\left|\ln(x_i) - \frac{\sum_{j=1}^{S}\ln(x_j)}{S}\right|}{S}\right\} \quad [۱]$$

که در آن S غنای تاکسا و x_i وx_j فراوانی مساحت تاکسای iام و jام می‌باشد. E یکنواختی تاکسا بوده و مقدار آن از صفر تا ۱ تغییر می‌کند. صفر نشان دهنده حداقل و ۱ نشان دهنده حداکثر یکنواختی می‌باشد که در این حالت مساحت تمام تاکساها مساوی بوده و از رابطه N/S قابل محاسبه است که در آن N مساحت کل منطقه مورد مطالعه و S غنای تاکسا می‌باشد.

برای اندازه‌گیری شاخص تنوع از فراوانی نسبی خاک‌ها استفاده شده است. این شاخص از دو جزء غنا و فراوانی نسبی خاک‌ها تشکیل شده است. شاخص تنوع شانون[1] (H′) معمول‌ترین شاخص تنوع است که در علم اکولوژی نیز استفاده شده و طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود (شانون و ویور ۱۹۴۸):

$$H' = -\sum_{i} p_i \ln(p_i) \quad [۲]$$

که در آن S غنای تاکسا و p_i نسبت تاکسای iام بوده و از رابطه ni/N قابل برآورد است که در آن ni و N به ترتیب مساحت اشغال شده توسط تاکسای iام و مساحت کل منطقه می‌باشد. شاخص تنوع شانون ماکزیمم هم مطابق رابطه ۳ محاسبه شده و برای مقایسه اختلاف شاخص تنوع هر تاکسا با مقدار ماکزیمم به کار می‌رود که در آن S غنای تاکسا می‌باشد:

$$H_{max} = \ln(S) \quad [۳]$$

زمانی که همه تاکسا فراوانی برابر دارند (ni=(N/S)) شاخص تنوع شانون به ماکزیمم مقدار خود (H_{max}) می‌رسد. برای یافتن انحراف شاخص تنوع شانون محاسبه شده از ماکزیمم مقدار آن از شاخص غالبیت او–نیل[2] (۱۹۸۸) استفاده می‌شود:

$$D = \ln(S) + \sum_{i} p_i \ln(p_i) \quad [۴]$$

که S و Pi در معادله (۲) تعریف شده‌اند.

در این مطالعه برای محاسبه تنوع خاک سه پارامتر ورودی به کار گرفته شد که عبارت بودند از: تعداد خاکفردهای یک پدوتاکسای معین (تعداد پروفیل‌های دارای کلاس رده‌بندی معین)، سهم مساحت مربوط به یک خاک خاص (نسبت مساحت یک نوع خاک به کل مساحت واحد نقشه) و تعداد افق‌های مشخصه در هر واحد نقشه. دو پارامتر اول در محاسبه تنوع رده‌بندی خاک و پارامتر آخر در محاسبه تنوع ژنتیکی خاک[3] (تنوع افق‌های مشخصه) بکار گرفته می‌شود. داده‌های ورودی برای محاسبه شاخص‌های تنوع خاک در جدول ۲ براساس نوع واحد ژئومرفیک و سطوح پنجگانه رده تا خانواده آورده شده است. غنای تاکسا، شاخص یکنواختی اسمیت، شاخص تنوع شانون، شاخص تنوع شانون ماکزیمم و شاخص غالبیت او–نیل برای همه واحدهای ژئومرفیک محاسبه گردید (جدول ۳). جهت محاسبه تنوع ژنتیکی خاک تعداد افق‌های مشخصه در واحدهای مختلف ژئومرفیک تعیین (جدول ۴) و شاخص تنوع براساس تعداد افق‌های مشخصه محاسبه گردید (جدول ۳).

[1] Shannon's diversity index

[2] O'Neill dominant index

[3] Genetic pedodiversity

جدول ۲- داده‌های ورودی برای محاسبات تنوع خاک.

تاکسای خاک	واحد ژئومرفیک									
	پدیمنت سنگی		پدیمنت پوشیده		دشت دامنه‌ای		دشت آبرفتی			
	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	تعداد پروفیل		
سطح رده										
Entisols			۳۷	۵	۶	۱	۳	۱		
Iinceptisols	۷۵	۲	۶۳	۴	۷۴	۴	۸۰	۴		
Vertisols					۲۰	۱	۷	۱		
Alfisols	۲۵	۱					۱۰	۲		
سطح زیررده										
Orthents			۱۴	۲	۶	۱	۳	۱		
Psumments			۲۳	۳						
Xererts					۲۰	۱	۷	۱		
Xerepts	۷۵	۲	۶۳	۴	۷۴	۴	۸۰	۴		
Xeralfs	۲۵	۱					۱۰	۲		
سطح گروه‌بزرگ										
Calcixerepts	۵۵	۱					۴۳	۲		
Haploxerepts	۲۰	۱	۶۳	۴	۷۴	۴	۳۷	۲		
Xerorthents			۱۴	۲	۶	۱	۳	۱		
Quartzipsumments			۹	۱						
Xeropsummetns			۱۴	۲						
Haploxererts					۲۰	۱				
Calcixererts							۷	۱		
Haploxeralfs	۲۵	۱					۱۰	۲		
سطح زیرگروه										
Typic Calcixerepts	۵۵	۱					۴۳	۲		
Typic Haploxerepts	۲۰	۱					۳۷	۲		
Typic Xeropsummetns			۱۴	۲						
Xeric Quartzipsumments			۹	۱						
Typic Xerorthents			۱۴	۲	۶	۱	۳	۱		
Typic Haploxerepts			۸	۱						
Fluventic Haploxerepts			۵۵	۳	۷۰	۳				
Vertic Haploxerepts					۴	۱				
Chromic Haploxererts					۲۰	۱				
Chromic Calcixererts							۷	۱		
Typic Haploxeralfs	۲۵	۱					۱۰	۲		

ادامه جدول ۲- داده‌های ورودی برای محاسبات تنوع خاک.

	پدیمنت سنگی		پدیمنت پوشیده		دشت دامنه‌ای		دشت آبرفتی	
	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	تعداد پروفیل	مساحت ٪	**تعداد پروفیل**
سطح خانواده								
Coare-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts	۲۰	۱						
Fine, mixed, active, mesic Typic Calcixerepts	۵۵	۱					۲۲	۱
Fine, illitic, mesic Typic Fragixerepts	۲۵	۱						
Sandy, mixed, mesic Typic Xeropsumments			۱۴	۲	۶	۱		
Sandy, mixed, mesic Typic Xerorthents			۹	۱				
Coarse-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Haploxerepts			۸	۱				
Candy, mixed, mesic, coated Xeric Quartzipsamments			۹	۱				
Coarse-loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts			۶	۱				
Coarse-loamy, mixed, active, mesic Typic Xerorthents			۵	۱				
Sandy-skeletal, mixed, mesic Fluventic Haploxerepts			۴۹	۲				
Fine-loamy, mixed, active, mesic Fluventic Haploxerepts					۵۴	۲		
Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Fluventic Haploxerepts					۱۶	۱		
Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Vertic Haploxerepts					۴	۱		
Fine-loamy, mixed, superactive, mesic Chromic Haploxererts					۲۰	۱		
Fine, illitic, mesic Chromic Calcixererts							۷	۱
Fine, mixed, superactive, mesic Typic Calcixerepts							۲۱	۱
Fine-loamy, mixed,active, mesic Typic Haploxerepts							۱۸	۱
Fine-loamy, mixed,superactive, mesic Typic Haploxerepts							۱۹	۱
Fine-loamy, mixed,superactive, mesic Typic Haploxeralfs							۱۰	۲
Coarse-loamy, smectitic, mesic Typic Xerorthents							۳	۱

نتایج و بحث

شاخص غنا

در واحد پدیمنت سنگی در سطح رده، رده‌های اینسپتی‌سول[1] و آلفی‌سول[2] و در واحد پدیمنت پوشیده رده‌های انتی‌سول[3] و اینسپتی‌سول غالب هستند. علاوه بر انتی‌سول و اینسپتی‌سول، رده ورتی‌سول[4] در واحد دشت دامنه‌ای و ورتی‌سول و آلفی‌سول در دشت آبرفتی رده‌های غالب را تشکیل می‌دهند (جدول های ۲ و ۳). لذا غنای رده‌ها از پدیمنت سنگی تا دشت آبرفتی رو به افزایش بوده و واحد دشت آبرفتی غنی‌ترین واحد ژئومرفیک در سطح رده می‌باشد. روند مشابهی در سطح زیررده مشاهده شده و افزایش زیررده‌ها از واحد پدیمنت سنگی به دشت آبرفتی صورت می‌گیرد. با این حال تعداد زیررده‌ها در هر واحد با تعداد رده‌ها برابر می‌باشد. به غیر از واحد پدیمنت پوشیده با تعداد زیررده‌های بیشتر ، تنوع زیررده‌ها در دشت آبرفتی به بالاترین تعداد خود رسیده و باعث شده است این واحد غنی‌ترین واحد در سطح زیررده باشد. فراوان‌ترین

[1] Inceptisols
[2] Alfisols
[3] Entisols
[4] Vertisols

زیررده‌ها متعلق به زیررده زرپت[1] با دو عدد زیررده در پدیمنت سنگی و چهار زیررده در سایر واحدها می‌باشد. در مرحله بعدی زیررده سامنت[2] و اورتنت[3] در پدیمنت پوشیده و زرالف[4] در پدیمنت سنگی و دشت دامنه‌ای زیررده‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهند.

در سطح گروه‌بزرگ شاخص غنا در همه واحدهای ژئومرفیک بیشتر از سطح زیررده می‌باشد، به جز در دشت دامنه‌ای که تعداد گروه‌بزرگ با تعداد زیررده برابر هستند. هرچند که شاخص غنا از پدیمنت سنگی به طرف دشت دامنه‌ای افزایش می‌یابد ولی برخلاف دو سطح رده و زیررده، این افزایش از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند. در این سطح کلسی‌زرپت[5] در پدیمنت سنگی و دشت آبرفتی و هاپلوزرپت[6] در سایر واحدهای ژئومرفیک، گروه‌های‌بزرگ غالب بوده و دشت آبرفتی با داشتن پنج گروه‌بزرگ غنی‌ترین واحد ژئومرفیک می‌باشد. سایر گروه‌های‌بزرگ موجود در منطقه شامل زرواورتنت[7] (در پدیمنت پوشیده و دشت‌های دامنه‌ای و آبرفتی)، کوارتزی‌سامنت[8] و زروسامنت[9] در پدیمنت پوشیده، هاپلوزررت[10] تنها در دشت دامنه‌ای و در نهایت کلسی‌زررت[11] در دشت آبرفتی و هاپلوزرالف[12]در پدیمنت پوشیده و دشت آبرفتی می‌باشند.

تعداد زیرگروه‌ها در پدیمنت سنگی و دشت آبرفتی مشابه سطح گروه‌بزرگ می‌باشد در حالی که در دو واحد پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای غنای خاک‌ها افزایش یافته است. به عبارت دیگر تفاوت ناچیزی بین غنای خاک در دو سطح گروه‌بزرگ و زیرگروه دارد و این تفاوت تنها در پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای خود را نشان داده است. بدین ترتیب دو واحد پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای به طور همزمان بالاترین غنای خاک در سطح زیرگروه را به خود اختصاص داده‌اند. غنای خاک‌ها در سطح خانواده در همه واحدها به جز دشت دامنه‌ای افزایش یافته است (جدول ۳).

شاخص‌های تنوع

جدول ۳ شاخص‌های تنوع خاک سطوح طبقه‌بندی در واحدهای مختلف ژئومرفیک را نشان می‌دهد. شاخص شانون (H') یا تنوع رده‌بندی خاک علاوه بر تعداد پروفیل‌ها، سطح اشغال شده توسط هر تاکسا را نیز در نظر می‌گیرد. در این مطالعه شاخص تنوع شانون هم بر مبنای سطح اشغال شده توسط انواع مختلف خاک (H'_1 در جدول ۳) و هم برمبنای تعداد پروفیل‌های مربوط به یک پدوتاکسا (H'_2 در جدول ۳) محاسبه شده است. همانند نتایج گزارش شده توسط سالدانا و آی‌بانز (۲۰۰۴) و تومانیان و همکاران (۲۰۰۶)، در این مطالعه نیز شاخص تنوع محاسبه شده بر مبنای تعداد پروفیل مقادیر بالاتری نسبت به شاخص تنوع محاسبه شده بر مبنای مساحت اشغال شده توسط هر خاک (نوع خاک) دارد.

[1] Xerepts
[2] Psumments
[3] Orthents
[4] Xeralfs
[5] Calcixerepts
[6] Haploxerepts
[7] Xerorthents
[8] Quartzipsummments
[9] Xeropsummments
[10] Haploxererts
[11] Calcixererts
[12] Haploxeralfs

جدول ۳- شاخص‌های تنوع و غنا بر اساس واحدهای ژئومرفیک.

واحد ژئومرفیک	تاکسا	S	H'_1	H_{max1}	H'^{*}_2	E	D
پدیمنت سنگی	رده	۲	۰/۵۶۲	۰/۶۹۳	۰/۶۳۷	۰/۸۱۳	۰/۱۳۱
پدیمنت پوشیده		۲	۰/۶۵۹	۰/۶۹۳	۰/۶۸۷	۰/۹۵۵	۰/۰۳۴
دشت دامنه‌ای		۳	۰/۷۱۴	۱/۰۹۹	۰/۸۶۸	۰/۴۸۳	۰/۳۸۵
دشت آبرفتی		۴	۰/۷۰۰	۱/۳۸۶	۱/۲۱۳	۰/۱۲۲	۰/۶۸۶
پدیمنت سنگی	زیررده	۲	۰/۵۶۲	۰/۶۹۳	۰/۶۳۷	۰/۸۱۳	۰/۱۳۱
پدیمنت پوشیده		۳	۰/۹۰۴	۱/۰۹۹	۱/۰۶۱	۰/۷۶۲	۰/۱۹۴
دشت دامنه‌ای		۳	۰/۷۱۴	۱/۰۹۹	۰/۸۶۸	۰/۴۸۳	۰/۳۸۵
دشت آبرفتی		۴	۰/۷۰۰	۱/۳۸۶	۱/۲۱۳	۰/۳۸۲	۰/۶۸۶
پدیمنت سنگی	گروه‌بزرگ	۳	۰/۹۹۷	۱/۰۹۹	۱/۰۹۹	۰/۸۸۱	۰/۱۰۱
پدیمنت پوشیده		۴	۱/۰۵۸	۱/۳۸۶	۱/۲۷۳	۰/۶۸۳	۰/۳۲۸
دشت دامنه‌ای		۳	۰/۷۱۴	۱/۰۹۹	۰/۸۶۸	۰/۴۸۳	۰/۳۸۵
دشت آبرفتی		۵	۱/۲۵۲	۱/۶۰۹	۱/۵۶۰	۰/۴۹۲	۰/۳۵۷
پدیمنت سنگی	زیرگروه	۳	۰/۹۹۷	۱/۰۹۹	۱/۰۹۹	۰/۸۸۱	۰/۱۰۱
پدیمنت پوشیده		۵	۱/۲۹۸	۱/۶۰۹	۱/۵۲۳	۰/۷۲۰	۰/۳۱۱
دشت دامنه‌ای		۴	۰/۸۶۹	۱/۳۸۶	۱/۲۴۲	۰/۴۲۹	۰/۵۱۷
دشت آبرفتی		۵	۱/۲۵۲	۱/۶۰۹	۱/۵۶۰	۰/۴۹۲	۰/۳۵۷
پدیمنت سنگی	خانواده	۳	۰/۹۹۷	۱/۰۹۹	۱/۰۹۹	۰/۸۸۱	۰/۱۰۱
پدیمنت پوشیده		۷	۱/۳۷۲	۱/۹۴۶	۱/۹۰۱	۰/۷۰۹	۰/۵۷۴
دشت دامنه‌ای		۵	۱/۲۲۷	۱/۶۰۹	۱/۵۶۱	۰/۵۵۲	۰/۳۸۲
دشت آبرفتی		۷	۱/۸۰۷	۱/۹۴۶	۱/۸۷۵	۰/۸۷۳	۰/۱۳۹

S: غنای تاکسا، H'_1: شاخص تنوع شانون برحسب مساحت، H_{max1}: شاخص تنوع ماکزیمم برحسب مساحت، H'^{*}_2: شاخص تنوع شانون بر حسب تعداد پروفیل‌ها، E: شاخص یکنواختی اسمیت، D: شاخص غالبیت او-نیل.

مطابق نتایج گو و همکاران (۲۰۰۳)، در این مطالعه نیز شاخص تنوع بر مبنای نوع خاک در هر واحد ژئومرفیک از سطح رده تا خانواده افزایش می‌یابد زیرا در محاسبه آن از شاخص غنا استفاده شده که خود از سطوح بالا به پایین طبقه‌بندی افزایش می‌یابد. در سطح رده حداقل و حداکثر شاخص تنوع محاسبه شده به ترتیب متعلق به دشت دامنه‌ای و پدیمنت سنگی می‌باشد. در سطوح زیررده و زیرگروه این روند به نفع پدیمنت پوشیده تغییر کرده و این واحد بالاترین شاخص تنوع را به خود اختصاص می‌دهد و در سطوح گروه‌بزرگ و خانواده واحد دشت آبرفتی بالاترین شاخص را دارا می‌باشد. در بین همه واحدهای ژئومرفیک، بالاترین مقدار شاخص تنوع متعلق به دشت آبرفتی در سطح خانواده است. علیرغم برابری شاخص غنا در دو واحد پدیمنت پوشیده و دشت آبرفتی، پدیمنت پوشیده بالاترین شاخص تنوع را کسب نکرده است که این امر به دلیل دخالت شاخص یکنواختی علاوه بر شاخص غنا در محاسبه شاخص تنوع می‌باشد. لذا واحد دشت آبرفتی به دلیل داشتن شاخص یکنواختی بالاتر، بالاترین شاخص تنوع خاک را احراز نموده است (جدول ۳).

جدول۴- تعداد افق‌های مشخصه در واحدهای مختلف ژئومرفیک.

واحد ژئومرفیک	Argillic	Calcic	Cambic	Ochric
پدیمنت سنگی	۱	۵	۲	۳
پدیمنت پوشیده	ندارد	ندارد	۱۰	۹
دشت دامنه‌ای	۲*	۱	۱۳	۸
دشت آبرفتی	۵**	۲	۵	۶

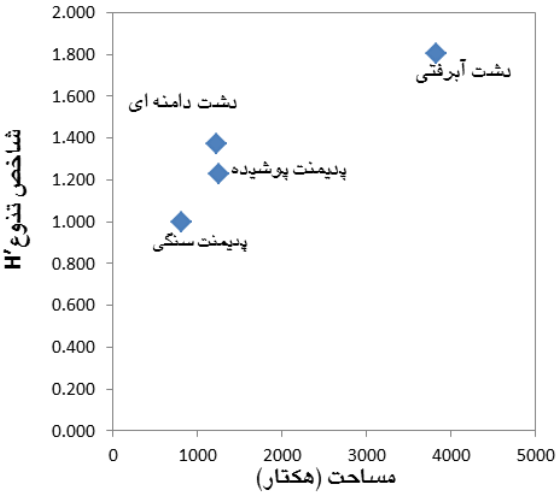
*: همه افق‌های آرجیلیک این واحد دفن شده هستند. **: از ۵ افق آرجیلیک ۳ افق دفن شده هستند.

شاخص غالبیت (D) که اختلاف شاخص تنوع شانون محاسبه شده و ماکزیمم می‌باشد روشی ساده برای نشان دادن یکنواختی و یا به عبارت دیگر مشخص کردن تاکسای غالب است. به طوری که هر قدر اختلاف این دو مقدار محاسبه شده و ماکزیمم (D) کوچکتر باشد نشان دهنده توزیع یکنواخت‌تر تاکساها در یک واحد نقشه می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه کوچکترین D محاسبه شده مربوط به واحد پدیمنت پوشیده در سطح رده بوده (جدول ۳) که نشانگر توزیع یکنواخت رده‌های خاک در این واحد ژئومرفیک می‌باشد. در مقابل بالاترین مقدار D متعلق به دشت آبرفتی و در دو سطح رده و زیر رده است.

غنای تنوع ژنتیکی

اکریک، کمبیک، کلسیک و آرجیلیک چهار افق مشخصه موجود در خاک‌های منطقه مورد مطالعه هستند. علاوه بر اپی پدون اکریک رایج در پروفیل خاک‌های مناطق نیمه خشک، افق کمبیک غالب ترین افق مشخصه در خاک‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۴). از نظر تعداد افق‌های کمبیک، خاک‌های واحد دشت دامنه‌ای غنی‌ترین واحد بوده و واحد پدیمنت پوشیده در مرحله بعدی قرار دارد. واحد پدیمنت سنگی علیرغم دارا بودن تعداد پروفیل کمتر، بالاترین تعداد افق‌های کلسیک را دارا می‌باشد و به دلیل حضور بیش از یک افق کلسیک در یک پروفیل، این واحد غنی‌ترین واحد از نظر افق مذکور می‌باشد. در مجموع هفت افق آرجیلیک در منطقه مطالعه شده وجود دارد که از بین آنها پنج افق آرجیلیک دفن شده هستند و مطابق سیستم طبقه‌بندی جامع آمریکایی (بی نام ۲۰۱۰) تنها دو افق در رده‌بندی خاک‌ها دخالت داده می‌شود.

ارتباط بین شاخص تنوع و مساحت واحدهای نقشه (واحدهای ژئومرفیک) در شکل ۲ آورده شده است. محققین زیادی (آی‌بانز و همکاران ۱۹۹۸، مک براتنی و همکاران ۲۰۰۰، گو و همکاران ۲۰۰۳) وجود رابطه مثبت بین شاخص تنوع و مساحت را گزارش نموده اند که در این مطالعه نیز رابطه مثبت مشخصی بین این دو مشاهده گردید. وجود این رابطه نشان دهنده افزایش شاخص تنوع با افزایش مساحت می‌باشد (سالدانا و آی بانز ۲۰۰۴).



شکل ۲- ارتباط بین شاخص تنوع شانون و مساحت واحدهای ژئومرفیک.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج آورده شده در جدول ۳ غنای (تعداد) تاکساها از رده تا خانواده افزایش یافته است. در مرحله اول دلیل تعداد بالای تاکسا در یک واحد ژئومرفیک، سیستم رسوب‌گذاری در منطقه می‌باشد که منجر به تغییرات مواد مادری خاک در یک فاصله زمانی

کوتاه و در نهایت تولید تعداد بیشتری خانواده خاک در یک منطقه می‌گردد که این مورد با نتایج سالدانا و آی‌بانز ۲۰۰۴ مطابقت دارد. در واحد پدیمنت پوشیده شاخص غنا از عدد ۲ در سطح رده به عدد ۷ در سطح خانواده افزایش یافته است که این روند افزایش نشان دهنده حضور فرآیندهایی در این واحد است که به تغییرات بیشتر خاک‌ها منجر می‌شوند. سیستم رسوب‌گذاری که خود سطوح مختلف ژئومرفیک را ایجاد می‌کند عامل اصلی تغییرات خاک در این واحد می‌باشد.

پدیمنت سنگی کمترین تغییرات خاک را از سطح رده تا سطح خانواده داشته است به طوری که از رده تا خانواده تنها یک نوع خاک تغییر کرده و شاخص غنا از عدد ۲ به عدد ۳ رسیده است (جدول ۳). دلیل تغییرات کم خاک در این واحد فعال بودن فرآیند فرسایش و عدم امکان رسوب‌گذاری می‌باشد که منجر به کاهش تعداد سطوح ژئومرفیکی گردیده است. این در حالی است که خاک‌های واحد پدیمنت پوشیده تغییرات زیادی داشته و شاخص غنای آن از ۲ در سطح رده به ۷ در سطح خانواده می‌رسد و به طریق مشابه دلیل این اتفاق تعامل دو فرآیند فرسایش و رسوب‌گذاری است که همزمان در جهت تغییر خاک‌ها عمل می‌کنند. علی‌رغم اینکه دشت آبرفتی در سطوح بالای رده‌بندی بالاترین شاخص غنا را به خود اختصاص داده است اما این شاخص تا سطح زیرگروه تقریبا ثابت بوده و تنها در سطح خانواده افزایش می‌یابد که آن هم به دلیل تغییرات در ویژگی‌های جزئی می‌باشد. دلیل این تغییرات اندک در خاک‌ها دور بودن این واحد ژئومرفیک از فرآیندهای فرسایش و رسوب به عنوان عامل برهم زدن همگنی خاک‌ها می‌باشد.

می توان نتیجه گرفت که منطقه مورد مطالعه از نظر فرآیندهای ژئومرفیک یک منطقه نسبتا پیچیده‌ای است زیرا در یک منطقه با اقلیم ثابت و با مساحت ۷۰۰۰ هکتار ۴ رده و ۲۴ خانواده خاک وجود دارد. همان‌گونه که در بالا اشاره شد این موضوع نشان دهنده فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی بوده که نتیجه آن ایجاد سطوح مختلف ژئومرفیک به ویژه در پدیمنت پوشیده است. طبق یافته‌های سالدانا و آی‌بانز (۲۰۰۴)، به دلیل فعالیت فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری، غنای خاک‌ها از زمین‌نماهای جوان به مسن افزایش می‌یابد و این فرآیند در منطقه مورد مطالعه عامل عمده تغییرات خاک‌ها در واحدهای پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای می‌باشد. تعداد بالا و مساحت کم انتی‌سول‌های واحد پدیمنت پوشیده این نظر را تأیید می‌کند (جدول ۲). علاوه بر این دلیل دیگری که به غنای خاک‌ها در منطقه کمک کرده است برهم خوردن سیستم پویای خاک توسط عوامل بیرونی است. اگر خاک‌ها به عنوان سیستم پویای ناپایدار فرض شوند کوچکترین تغییرات در شرایط این سیستم منجر به برهم خوردن شرایط خاکسازی شده و آن هم به نوبه خود غنای خاک‌ها را به دنبال خواهد داشت. براساس جدول ۳ اگرچه دشت آبرفتی تعداد رده‌های بیشتری دارد اما افزایش در شاخص غنا از رده تا خانواده به اندازه تغییرات واحد پدیمنت پوشیده نیست و این به معنای تغییرات کم شرایط خاکسازی در دشت آبرفتی می‌باشد.

شاخص تنوع نوع خاک در هر واحد ژئومرفیک از سطح رده تا خانواده افزایش می‌یابد. طبق رابطه (۲) در محاسبه شاخص تنوع علاوه بر شاخص غنا شاخص یکنواختی واحدهای ژئومرفیک هم مدنظر می‌باشد. تاکساهای موجود در سطوح مختلف رده‌بندی دارای مساحت‌های متفاوتی می‌باشند و از این رو مقادیر شاخص یکنواختی در همه واحدهای ژئومرفیک کمتر از ۱ می‌باشد. از این نظر، بالاترین شاخص‌های یکنواختی از سطح رده تا زیرگروه، متعلق به پدیمنت پوشیده و پدیمنت سنگی می‌باشد. ولی در سطح خانواده این روند تغییر کرده و دشت آبرفتی به همراه پدیمنت سنگی تبدیل به یکنواخت‌ترین واحدها می‌شوند (جدول ۳). این مقادیر نشان می‌دهد که سطوح ژئومرفیک تفکیک شده در این واحدها مساحتی تقریبا یکسان دارند. شاخص یکنواختی واحدهای پدیمنت سنگی و دشت آبرفتی از سطح رده تا خانواده افزایش می‌یابد. این افزایش بیانگر آن است که تاکساهای جدیدی که در سطوح پایین تر تفکیک شده‌اند مساحتی یکسان دارند. اما در مورد پدیمنت پوشیده و دشت دامنه‌ای تغییر شاخص

یکنواختی روند مشخصی را دنبال نکرده و بعد از افزایش در کاتاگوری‌های بالا مجددا در کاتاگوری‌های پایین کاهش می‌یابند. دلیل این روند حضور تاکساهایی در سطوح زیررده و گروه‌بزرگ با مساحت خیلی کم (۸ درصد در پدیمنت پوشیده و ۴ درصد در دشت دامنه‌ای) می‌باشد در حالی که سایر تاکساها مساحت بالایی (۵۵ درصد در پدیمنت پوشیده و ۷۰ درصد در دشت دامنه‌ای) دارند. حضور تاکساهایی با مساحت های نامتجانس (جدول ۲) شاخص یکنواختی (جدول ۳) را کاهش می‌دهد که این نتیجه با یافته های گو و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد.

بالابودن شاخص غالبیت در واحدهای مختلف ژئومرفیک نشانگر توزیع ناهمگن خاک‌ها و به عبارتی حضور تاکساهایی با مساحت خیلی کم در این واحد است. دشت آبرفتی بالاترین و پدیمنت پوشیده کمترین مقدار شاخص D را کسب کرده اند. جدول ۲ نشان می‌دهد که انتی‌سول‌ها، ورتی‌سول‌ها و آلفی‌سول‌ها و زیرردەهای مربوط به آنها در دشت آبرفتی به ترتیب ۳، ۷ و ۱۰ درصد مساحت خاک‌ها را تشکیل می‌دهند. در حالی که اینسپتی‌سول‌ها در سطح رده و زرپت در سطح زیررده ۸۰ درصد سطح را به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع در مورد دشت دامنه‌ای هم صادق می‌باشد که انتی‌سول‌ها در سطح رده و اورتنت در سطح زیررده ۶ درصد مساحت و اینسپتی‌سول‌ها در سطح رده و زرپت در سطح زیررده ۷۴ درصد مساحت را دارا هستند. اختلاف در درصد مساحت انواع خاک‌های یک واحد نقشه باعث افزایش شاخص غالبیت شده و نشان دهنده برتری مساحت یک نوع خاک در بین سایر انواع خاک‌ها می‌باشد.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی خاک کاملا وابسته به سیستم رده‌بندی می‌باشد. به عبارت دیگر اگر چه در منطقه مورد مطالعه افق‌های آرجیلیک موجود به غنای خاک‌ها کمک می‌کنند اما استفاده از سیستم جامع آمریکایی منجر به رده‌بندی خاک‌هایی با غنای کمتر می‌شود. از آنجا که بیشتر افق‌های آرجیلیک موجود در منطقه دفن شده هستند لذا حضور آنها نشان دهنده قدیمی بودن خاک‌ها می‌باشد از طرفی سیستم جامع آمریکایی آنها را در رده‌بندی دخالت نمی دهد در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که سیستم جامع در تلاش برای همگن کردن خاک‌ها در مناطق دارای فعالیتهای تکتونیک بالا بوده و آنها را ساده تر نشان می‌دهد.

منابع مورد استفاده

اسفندیارپور بروجنی ع، تومانیان ن، صالحی م ح و ج محمدی، ۱۳۸۸. ارزیابی نقشه بردای خاک به روش پدولوژی با استفاده از شاخص‌های تفرق و شباهت (مطالعه موردی: منطقه بروجن، استان چهارمحال و بختیاری). مجله علوم و صنایع کشاورزی (ویژه خاک و آب)، جلد ۲۳، شماره ۴، صفحه های ۱۰۰ تا ۱۱۴.

بنایی م ح، ۱۳۷۷. نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.

بی نام، ۱۳۷۳. مطالعه زمین شناسی ایران. نقشه زمین شناسی ایران، برگه مرند شماره ۵۱۶۶.

Anjos LH, Fernandes MR, Pereira MG and Franzmeier DP, 1998. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in southeastern Brazil. Soil Science Society of America Journal 62:1651–1659.

Anonymous, 2010. Keys to Soil Taxonomy, eleventh Edition. Soil Survey Staff, USDA, United States Department of Agriculture.

Anonymous, 2006. Soil Survey Manual. USDA, University press of pacific, Honolulu. Hawaii.

Gee WG and Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. In Methods of Soil Analysis. Part I. ASA, SSSA, Madison, USA.

Gerrard J, 1992. Soil Geomorphology. Chapman and Hall Pub. Company, London.

Guo Y, Gong P and Amundson R, 2003. Pedodiversity in the United States of America. Geoderma 117: 99–115.

Ibanez JJ and De-Alba S, 1999. On pedodiversity concept and its measurement: a reply. Geoderma 93: 339–344.

Ibanez JJ and De-Alba S, 2000. Pedodiversity and scaling laws: sharing Martin and Rey's opinion on the role of the Shannon index as a measure of diversity. Geoderma 98: 5–9.

Ibanez JJ, De-Alba S, Bermudez FF and Garcıa-Alvarez A, 1995. Pedodiversity: concepts and tools. Catena 24: 215–232.

Ibanez JJ, De-Alba S, Lobo A and Zucarello V, 1998. Pedodiversity and global soil patterns at coarse scales (with discussion). Geoderma 83:171–192.

Jenny H, 1941. Factors of Soils Formation. McGraw-Hill, New York.

McBratney AB, 1992. On variation, uncertainty and informatics in environmental soil management. Australian Journal of Soil Research 30:913–935.

McBratney AB, 1995. Pedodiversity. Pp. 1-3. International Society of Soil Science Working Group on Pedometrics (PM). Sydney, Australia

McBratney AB, Odeh IOA, Bishop TFA, Dunbar MS and Shatar TM, 2000. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma 97: 293–327.

McFadden LD and Knuepfer PLK, 1990. Soil geomorphology: the linkage of pedology and superficial processes. Geomorphology 3: 197–205.

Minasny B, McBratney AB and Hartemink AE, 2010.Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. Geoderma 155: 32–139.

Nelson DW and Sommers LE, 1982.Total carbon, organic carbon, and organic mater.In methods of soil analysis. Part II. ASA, SSSA, Madison, USA.

O'Neill RV, Krummel JR, Gardner RH, Sugihara G, Jackson B, Deangelis DL, MilneBT, Turner MG, Zygmunt B, Christensen SW, Dale VH and Graham RL, 1988. Indices of landscape pattern. Landscape Ecology 1: 153– 162.

Petersen A, Grongroft A and Miehlich G, 2010. Methods to quantify the pedodiversity of 1 km2 areas. Results from southern African drylands. Geoderma 155:140-146.

Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.Handbook 60 USDA, US Gov. Print.Office, Washington, DC.

Saldana A & and Ibanez JJ, 2007. Pedodiversity, connectance and spatial variability of soil properties, what is the relationship? Ecological Modelling 208: 342-352.

Saldana A and Ibanez JJ, 2004. Pedodiversity analysis at largescales: an example of three fluvial terraces of the Henares River (Central Spain). Geomorphology 62: 123–138

Shannon CE and Weaver W, 1948. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

Smith B, Wilson and JB, 1996. A consumer's guide to evenness indices.Oikos 76: 70– 82.

Toomanian N, Jalalian A, Khademi H, Eghbal MK, and Papritz A. 2006. Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud Valley, Central Iran. Geomorphology 81: 376–393.

Turner MG and Gardner RH, 1991. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer-Verlag, New York.

Turner MG and Gardner RH, 2007. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity (Ecological Studies). Springer-Verlag, New York.

Zaeri Kh, Toomanian N, Hazbavi S, Toamehzadeh J and Mousavi J. 2013. Investigating central Iran pedodiversity and its relation to soil evolution. Environmental Research and Management 4(5): 249-252.