نشریه دانش آب و خاک/ جلد 21 شماره 4 / سال 1390

تأثیر واحدهای لندفرم بر توزیع فراوانی و تغییرات مکانی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در دشت تبریز

حامد فروغی‌فر[1*]، علی‌اصغر جعفرزاده[2]، حسین ترابی گلسفیدی[3] و ناصر علی‌اصغرزاد[2]

تاریخ دریافت: 89/3/8 تاریخ پذیرش: 89/6/28

1- استادیار، گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

2- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

* مسئول مکاتبه : E-mail: hfroghifar@gmail.com

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی توزیع فراوانی و تغییرات مکانی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک سطحی در داخل و بین لندفرم‌های مختلف تپه، دشت دامنه‌ای، دشت آبرفتی رودخانه‌ای، دشت و اراضی پست دشت تبریز در شمال غرب ایران انجام شد. در این مطالعه نمونه‌برداری از خاک جهت اندازه‌گیری چهار ویژگی بیولوژیکی به همراه کربن آلی و واکنش خاک برای 98 نقطه و به صورت شبکه‌ای با فاصله 1000 متر با توجه به تغییرات خاک انجام شد. توزیع فراوانی متغیرهای خاک نشان داد که ویژگی‌های بیولوژیکی خاک از توزیع فراوانی نرمال برخوردار نبوده و پس از تبدیل لگاریتمی، نرمال گردیدند. درمتغیرهای کربن بیوماس وسهم میکروبی تبدیل داده‌هابا استفاده از تابع‌های لگاریتمی هر چند در کاهش ارزش چولگی مؤثر بود اما توزیع فراوانی همچنان غیرنرمال باقی ماند. تفکیک نمونه‌ها در واحدهای لندفرم باعث بهبود نرمال بودن توزیع داده‌ها گردید، به طوریکه این پارامترها در تمام لندفرم‌ها به جز دشت نرمال شدند. در بین متغیرهای اندازه‌گیری شده، کربن آلی و تنفس میکروبی وابستگی مکانی متوسط داشتند. کسر متابولیکی و سهم میکروبی بدون وابستگی مکانی و واکنش خاک از وابستگی مکانی قوی برخوردار بودند. نتایج نشان می‌دهد که وابستگی مکانی خصوصیات بیولوژیکی خاک بیشتر تحت تأثیر عوامل غیرذاتی و مدیریتی مانند نوع کاربری، شخم و آبیاری می‌باشد. متغیرهای بیولوژیکی به شدت تحت تأثیر مقیاس بوده و با بزرگتر شدن مقیاس وابستگی مکانی قوی‌تری را نشان دادند. هم‌چنین تغییرپذیری ویژگی‌های مورد مطالعه نتیجه تغییر در محیط‌های رسوب‌گذاری و یا اختلاف در مراحل خاکسازی یا هیدرولوژیکی برای موقعیت‌های مختلف لندفرم می‌باشد.

واژه های کلیدی : تغییرات مکانی، توزیع فراوانی، لندفرم، ویژگی های بیولوژیکی

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Different Landforms on Spatial Variability and Frequency Distribution of Soil Biological Properties in Tabriz Plain

H Froughifar[1*], AA Jafarzadah[2], H Torabi Gelsefidi[3] and N Aliasgharzadah[2]

Received: 29 May 2010 Accepted: 19 September 2010
[1]Assist. Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Birjand Univ., Iran
[2]Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Tabriz Univ., Iran
[3]Assist. Prof., Dept of Soil Sci., Faculty of Agric., Shahed Univ., Iran
*Corresponding author: E-mail: hfroghifar@gmail.com

Abstract

This research study was conducted in Tabriz plain with the aim of assessing the spatial variability and frequency distribution of some biological properties within and between landforms. For this purpose, a total of 98 surface soil samples (top soil) were collected according to a grid sampling design with spacing of 1000 meters between sampling points and then some biological properties (carbon biomass, microbial respiration, microbial and metabolic quotient) together with organic carbon and soil pH were analyzed. Soil variables frequency distribution showed that soil biological properties had abnormal distribution and the logarithmic transformation caused their normal distribution. Samples separation according to landform units caused their normal distribution and these properties became normal except at plain. Organic carbon and microbial respiration were moderately spatial dependent where as soil pH was strongly dependent and metabolic and microbial quotient showed no spatial dependence. Results indicated that spatial dependence of soil biological properties were much affected by non intrinsic and management factors such as land use type, tillage and irrigation. These biological variables were also strongly affected by scale and showed stronger spatial dependence by becoming larger scale. Therefore these soil properties variations could be due to changes in depositional environments or variance of pedogenic or hydrological processes in different kinds of landforms.

Key words: Biological properties, Frequency distribution, Landform, Spatial variability,

مقدمه

در ابتدا ارزیابی کیفیت خاک تنها بر تعیین و تفسیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک متمرکز شده بود، اما در سال‌های اخیر اندازه‌گیری شاخص‌های بیولوژیکی و بیوشیمیایی خاک نیز توصیه شده و مورد توجه قرار گرفته است (اسلام و ویل 2000). بعضی مواقع به دلیل وجود ارتباط بین برخی فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی خاک بعضی شاخص‌های

Archive of SID

www.SID.ir

شیمیایی در بررسی‌های ویژگی‌های بیولوژیک خاک نیز استفاده می‌شوند. به عنوان مثال برخی از محققان کربن آلی خاک را شاخصی شیمیایی و برخی بیولوژیکی دانسته‌اند (شونهولتز و همکاران 2000). حساسیت زیاد ویژگی‌های بیولوژیکی به تغییرات مدیریتی خاک باعث در نظر گرفتن این ویژگی‌ها به عنوان شاخص‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک شده است (اسلام و ویل 2000).

اقلیم، پتانسیل فعالیت بیولوژیکی خاک را تعیین می‌نماید. روابط قوی و معنی‌داری بین خصوصیات اقلیمی و بیولوژیکی خاک وجود دارد (لال 2006). سارا (2006) با بررسی خاک‌های 4 ناحیه اقلیمی مدیترانه‌ای، نیمه خشک، خشک و بیابانی نشان داد که با تشدید خشکی و کاهش بارندگی مقدار بیوماس و کربن آلی خاک کاهش می‌یابد. محققان دیگر نیز در بررسی مناطق فوق نشان داده‌اند که با افزایش خشکی، فعالیت آنزیم-های داخل و خارج سلولی و مقدار کربن بیوماس[1] کاهش، ولی شدت تنفس پایه افزایش می‌یابد (لی و سارا 2003). استینبرگر و همکاران (1999) با بررسی تنوع و جوامع میکروبی در یک ردیف اقلیمی، افزایش تعداد و تنوع جوامع میکروبی را در منطقه نیمه خشک نسبت به منطقه خشک مشاهده گردید. رابطه قوی نیز بین جمعیت جانداران و کربن آلی خاک مشاهده می‌گردد. در مناطق مرطوب جمعیت کرم‌های خاکی غالب می‌باشد، در صورتی که در مناطق خشک و نیمه خشک جمعیت موریانه‌ها حداکثر است (لال 2006).

خادمی و خیر (1383) با مطالعه تغییرپذیری برخی ویژگی‌های کیفی خاک سطحی در مقیاس زمین‌نما در اراضی مرتعی اطراف شهرستان سمیرم نشان دادند که توپوگرافی تأثیر شدیدی بر تغییر ویژگی‌های کیفی خاک دارد. علت تفاوت بسیار فاحش کیفیت خاک براساس ویژگی‌های مورد بررسی درقسمتهای مختلف شیب را می‌توان به طور عمده به تفاوت در میزان رطوبت، سرعت فرسایش، تجمع مواد و درجه تخریب متفاوت اراضی در این موقعیت‌ها نسبت داد. مقایسه ضریب تغییرات ویژگی‌های کیفی خاک مورد بررسی نشان داد که ویژگی‌های بیولوژیکی خاک نسبت به سایر ویژگی-های از تغییرپذیری بیشتری برخوردار هستند و دلیل آن حساسیت بیشتر ویژگی‌های بیولوژیکی خاک نسبت به شرایط محیطی می‌باشد. همچنین در بین ویژگی‌های بیولوژیکی مورد بررسی فعالیت آنزیم فسفاتاز از ضریب تغییرات بالاتری بر خوردار بود که دلیل این امر عکس العمل سریع و شدید فعالیت‌های آنزیمی به تغییرات محیطی و مدیریتی است ، به همین دلیل این ویژگی کاربرد وسیعی درکیفیت بیولوژیکی خاک دارد.

کربن آلی خاک و اجزای آن از ویژگی‌های هستند که بر بسیاری از عملکردهای خاک مؤثر بوده و به شدت تحت تأثیر مدیریت اعمال شده بر خاک قرار می‌گیرند (کارتر 2002).

زهانگ و همکاران (2007) در آنالیز آماری خود نشان دادند که عوامل ساختمانی مثل مواد مادری، نوع خاک و سطح آب زیرزمینی مهمترین عوامل مؤثر بر وابستگی مکانی ویژگی‌ها هستند. آنان تغییرات مکانی هفت ویژگی را در عمق 20 سانتیمتری در یک فاصله 5 کیلومتری بررسی کردند. نتایج نشان داد که مواد آلی و ازت کل، وابستگی مکانی قوی داشتند. فاصله موثر برای مواد آلی، نیتروژن و فسفر کل بین 1037 تا 1353 کیلومتر در حالی که برای فسفر قابل دسترس، پتاسیم کل و قابل دسترس از 6 تا 138 کیلومتر بود.

حبشی و همکاران (1386) تغییرات مکانی pH و ماده آلی خاک‌های مناطق جنگلی را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که pH و ماده آلی به ترتیب دارای وابستگی مکانی قوی و متوسط هستند.

نسبت کربن بیوماس به کربن آلی خاک شاخص مناسبی از وضعیت توزیع کربن فعال خاک بین بخش زنده و غیر زنده بوده و کیفیت کربن خاک را بیان می‌کند. اندرسون (2003) معتقد است که خاک‌های با نسبت کمتر از دو درصد کربن بیوماس به کربن آلی در ناحیه بحرانی قرار دارند، ولی مقدار کربن بیوماس خاک بطور قابل ملاحظه به روش اندازه‌گیری وابسته است که توسط محققان مختلف نیز مقادیر کمتر از 2 درصد نیز

[1] Microbial biomass carbon

Archive of SID

www.SID.ir

گزارش شده است (اسلام و ویل 2000، اسپارلینگ 1992). اندرسون (2003) و اندرسون و دمش (1989) مشاهده کردند که افزایش نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک رابطه مستقیمی با کیفیت مواد افزوده شده به خاک دارد و نشان دادند که این نسبت در مناطقی که مواد آلی تازه به مقدار کم افزوده شده باشد، کاهش می‌یابد و با بزرگ شدن نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی بزرگتر باشد فراوانی مواد آلی سخت تجزیه شونده در خاک کاهش می‌یابد.

کمبردلا و همکاران (1994) تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در مقیاس مزرعه‌ای در خاک‌های ایالت آیوای مرکزی را بررسی و دریافتند که کربن آلی، نیتروژن کل و pH از وابستگی مکانی قوی و کربن بیوماس از وابستگی مکانی متوسط برخوردار بودند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که این متغیرها دارای توزیع نرمال می‌باشند.

از مهمترین عوامل خاکی که بالقوه بر شدت تنفس خاک مؤثرند فراهمی سوبستراهای کربن برای ریزجانداران (ستو و یاناگیا 1983)، فعالیت و تراکم ریشه‌های گیاهی (بن-آشر و همکاران 1994)، جمعیت جانداران خاک (سینگ و شوکلا 1977، ریا و سیرواستاوا 1981)، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (بودت و همکاران 1986) و زهکشی خاک (لوکن و بیلینگیس 1982) می‌باشد. تنفس خاک پارامتری برای نشان دادن شدت تجزیه است ولی در عین حال قابلیت تغییر و نوسان بالایی داشته و نوسان آن نیز به فراهمی سوبسترا، رطوبت و دما بستگی دارد (آلوارز و همکاران 1998، بروکس 1995) و به علت ماهیت تغییرپذیری بسیار بالای تنفس، تفسیر و توجیه آن در راستای سلامت خاک بسیار مشکل است (بروکس 1995).

نائل و همکاران (2004) شاخص‌های کیفی خاک و تغییرات مکانی آنها در اراضی تخریب شده در مرکز ایران را مطالعه و نشان دادند که توزیع فراوانی کربن آلی و تنفس میکروبی در جنگل حفاظت شده نرمال ، درصورتی‌که درجنگل تخریب شده از حالت نرمال انحراف داشته و در مراتع حفاظت شده و تخریب شده نیز عکس یکدیگر بودند. تغییرات مکانی دو متغیر فوق در جنگل حفاظت شده از مدل تغییرنمای قطعه‌ای خالص و در جنگل تخریب شده از مدل کروی پیروی نمودند. در هر دو مرتع حفاظت شده و تخریب شده مدل تغییر نمای قطعه ای خالص مشاهده شد.

بر اساس بررسی منابع به عمل آمده و با توجه به مطالعات اندکی که در زمینه تغییرات مکانی ویژگی‌های بیولوژیکی در ایران و به ویژه در منطقه مورد مطالعه صورت پذیرفته است، این تحقیق با هدف ارزیابی توزیع فراوانی و تغییرات مکانی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک و ارزیابی اثر واحدهای لندفرم و کاربری اراضی بر این تغییرات انجام شد.

مواد و روش‌ها

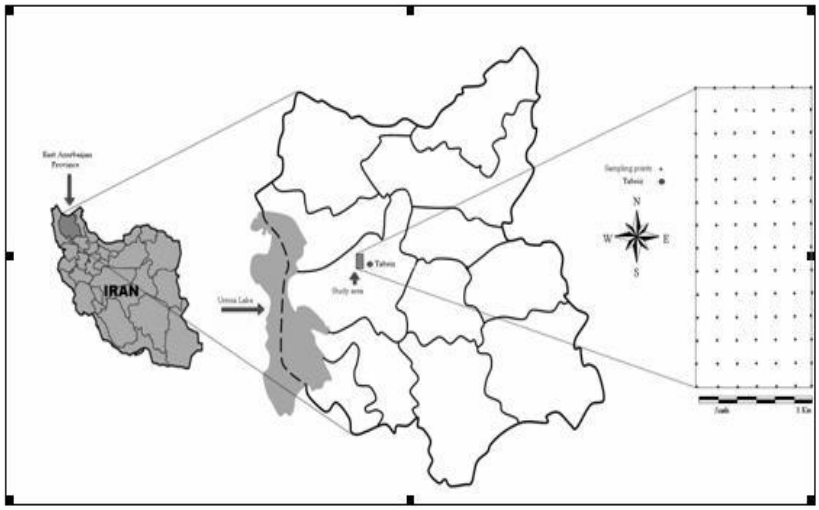
ناحیه مورد مطالعه و الگوی نمونه برداری

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت تبریز به وسعت 9000 هکتار بوده که در غرب شهر تبریز بین ´56 °37 تا ´17 °38 عرض شمالی و ´28 °45 تا ´14 °46 طول شرقی قرار گرفته (شکل 1) و ارتفاع آن از سطح دریا 1350 متر می‌باشد. میانگین حداقل درجه حرارت ایستگاه تبریز در زمستان 1/9- و حداکثر آن در تابستان در ماه های تیر و مرداد 25/1 درجه سلسیوس و میزان بارندگی سالیانه به طور متوسط 249 میلیمتر است (بی‌نام 1375). لندفرم‌های موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه تپه، دشت دامنه‌ای[1]، دشت آبرفتی رودخانه‌ای[2]، دشت و اراضی پست می‌باشد. گیاهان بومی غالب منطقه سالسولا، خارشتر بوده و در بخش‌های زیر کشت معمولاً گندم، جو و یونجه به صورت آبی کشت می‌گردد و آب مورد نیاز آبیاری از رودخانه آجی‌چای تأمین می‌گردد. خاک‌های این منطقه به ویژه در دشت به دلیل همجواری با دریاچه ارومیه، داشتن بافت سنگین و بالا بودن سطح آب زیرزمینی دارای شوری بالایی هستند.

[1] -Piedmont
[2] -River alluvial plain

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 1 - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نمایی از شبکه نمونه برداری

در این مطالعه برای شناسائی و تفکیک لندفرم‌های مختلف از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی استفاده گردید. نمونه‌برداری از خاک سطحی بر اساس شبکه‌بندی منظم با ابعاد 1000 متر انجام شد. موقعیت نمونه‌های خاک در محل هر گره از شبکه نمونه‌برداری با GPS تعیین و در مجموع 98 نمونه خاک از افق‌های سطحی برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید و همچنین نمونه‌های دست نخورده برای آزمایشات مربوطه برداشت شد.

تجزیه های آزمایشگاهی

پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها هواخشک و سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به روش هدایت سنجی و pH در گل اشباع اندازه‌گیری شدند (رهودز 1986).

اندازه‌گیری کربن آلی به روش والکلی بلک (نلسون و سومر 1986)، اندازه‌گیری تنفس میکروبی با استفاده شد. نیتروژن کل به روش کجلدال (پیج و همکاران 1986) اندازه‌گیری شد. از ظروف سربسته و به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر با سود (اندرسون 1986) و کربن بیوماس به روش انکوبایسون - تدخین شده با کلروفرم (هوروات و پویل 1994) انجام شد.

با تقسیم کربن بیوماس(mg) به کربن آلی(g) خاک سهم میکروبی[1] بدست آمد. در نهایت کسر متابولیکی[2] (qCO_2) از تقسیم مقدار کربن متصاعد شده(mg) در تنفس میکروبی خاک به کربن بیوماس(g) خاک محاسبه شد. نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر و ملوانی 1986) اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌های آمارکلاسیک

تجزیه آماره‌های توصیفی میانگین ، میانه ، انحراف از معیار، چولگی[3]، کشیدگی[4] و ضریب تغییرات با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS (بی‌نام 1990)، انجام و نرمال بودن توزیع فراوانی این ویژگی‌های با استفاده از آزمون معنی‌دار شدن چولگی ارزیابی شدند (زر 1974). همچنین ویژگی‌هایی که از توزیع فراوانی نرمال برخوردار نبودند بعد از تبدیل لگاریتمی داده‌ها مجدداً ارزیابی شدند.

[1] Microbial quotient
[2] Metabolic quotient
[3] Skewness
[4] Kurtosis

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه های آمار مکانی

ابزار بررسی تجزیه وابستگی مکانی[1] در شرایط صدق فرضیات پایایی، تغییرنما[2] است. تغییرنما به بررسی و شناخت ویژگی‌های ساختاری متغیر ناحیه‌ای می‌پردازد و چگونگی تغییرات آن را بیان می‌کند. اگر نیم تغییرنما[3] به سقف معینی برسد و در نتیجه دامنه تأثیر مشخصی داشته باشد، ساختار مکانی و شرایط صدق فرضیه ذاتی می‌تواند وجود داشته باشد.

با توجه به این که محاسبه نیم تغییرنما برای همه جامعه مورد مطالعه امکان‌پذیر نمی‌باشد، نیم تغییرنما در یک فاصله تفکیک مشخص به وسیله تابع زیر تخمین زده می‌شود (بورگس و وبستر 1980):

$$g(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[Z(x_i+h)-Z(x_i)] \qquad [1]$$

$N(h)$ تعداد زوج نمونه های به کار رفته در محاسبه نیم تغییرنما در فاصله h، $Z(x_i)$ و $Z(x_i+h)$ به ترتیب مقادیر متغیر Z در نقاط X_i و X_i+h می باشند. پارامترهای تغییرنما شامل اثر قطعه‌ای[4]، دامنه تأثیر[5] و آستانه[6] می‌باشند (یوتست و همکاران 2000). برای محاسبه نیم تغییرنما، لازم است متغیرها از توزیع فراوانی نرمال برخوردار باشند. در متغیرهایی که دارای توزیع فراوانی نرمال نبودند از تبدیل لگاریتمی آنها استفاده شد. مدل های تغییرنمای کروی، نمائی، خطی و اثر قطعه‌ای بر متغیرهای مورد مطالعه برازش داده شد . ارزیابی برازش مدل‌ها با استفاده از ضریب تبیین ($\mathbf{R^2}$) و مجموع مربعات باقیمانده (**RSS**) انجام شد. در شرایطی که بهترین مدل برازش شده از نوع سقف دار مانند کروی یا نمایی باشد، از مولفه‌های آن برای درون یابی متغیرها در نقاط نمونه برداری نشده به روش کریجینگ استفاده می‌شود. علاوه بر آن، قدرت ساختار مکانی متغیرها با استفاده از نسبت واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل ارزیابی شدند که نسبت هم‌بستگی نامیده می‌شود و معمولاً به صورت درصد بیان می‌گردد. در این نسبت واریانس اثر قطعه‌ای به صورت درصدی از واریانس کل بیان شده و بدین وسیله می‌توان مقایسه‌ای در ارتباط با بزرگی اثر قطعه‌ای بین ویژگی‌های مختلف خاک را انجام داد (کمبردلا و همکاران 1994):

چنانچه این نسبت کمتر از 25درصد گردد نشان-دهنده وابستگی مکانی قوی می‌باشد و اگر این نسبت بین 25 و 75 درصد قرار گیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگتر از 75% گردد نشان‌دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (کمبردلا و همکاران 1994، کوئین و ژانگ 2002). همچنین در صورتی که نسبت همبستگی در مورد ویژگی برابر 100% گردد و یا اینکه شیب منحنی تغییرنما نزدیک به صفر باشد ویژگی مربوطه فاقد وابستگی مکانی خواهد بود (میلر و همکاران 1988). اگر نسبت همبستگی برای ویژگی صفر شود بیانگر پیوستگی کامل در وابستگی مکانی می‌باشد (ویرا و گنزالز 2003).

برای ارزیابی اعتبار پیش بینی‌های روش میان‌یابی کریجینگ به گونه‌ای که از حداقل واریانس تخمین برخوردار باشند، ابتدا داده‌ها به دو گروه با نسبت 75% و 25% تفکیک شدند، برازش و واسنجی روش میان‌یابی کریجینگ با استفاده از 75% داده‌ها، ارزیابی اعتبار آن با 25% داده‌های مستقل و با استفاده از آماره‌های میانگین خطا[7] و ریشه میانگین مربعات خطا[8] انجام شد (بورگس و وبستر 1980) :

$$ME=\frac{1}{n}\sum\left(Z^*-Z\right) \qquad [2]$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum\left(Z^*-Z\right)^2} \qquad [3]$$

در این روابط Z مقدار مشاهده شده، *Z مقدار برآورد شده و n تعداد نمونه می‌باشد. آماره‌های میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطا به ترتیب معیاری از اریب و کیفیت برازش تخمین‌گر هستند، هر اندازه آماره‌های میانگین خطا به صفر نزدیک و ریشه

[1] Spatial dependence
[2] Variogram
[3] Semivariogram
[4] Nugget
[5] Range
[6] Sill
[7] Mean error(ME)
[8] Root mean square error (RMSE)

Archive of SID

www.SID.ir

میانگین مربعات خطا کوچک باشد پیش بینی کریجینگ از صحت بیشتری برخوردار است.

نتایج و بحث

توزیع فراوانی داده‌ها

پارامترهای آمار توصیفی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در جدول1 آورده شده است. نتایج نشان داد که ویژگی‌های بیولوژیکی خاک دارای توزیع فراوانی نرمال نبودند. تبدیل داده‌ها با استفاده از تابع های لگاریتمی در متغیرهای کربن توده زنده میکروبی و سهم میکروبی هر چند در کاهش ارزش چولگی موثر بود، اما، توزیع فراوانی همچنان غیرنرمال باقی ماند. بریجدا و همکاران (2000) نشان دادند که در مقیاس ناحیه‌ای اغلب ویژگی‌ها دارای توزیع غیرنرمال هستند. هیستوگرام متغیرها با توزیع فراوانی غیرنرمال اغلب دارای کشیدگی به سمت راست بودند. کشیدگی به سمت راست ناشی از وجود تعداد محدودی متغیر با ارزش زیاد برای هر ویژگی خاک می‌باشد. علاوه بر این، چون ارزش ویژگی‌های خاک، نمی‌تواند منفی باشد لذا سمت چپ نمودار در عدد صفر به پایان می‌رسد (بریجدا و همکاران 2000).

ضریب تغییرات که معیاری از تغییرپذیری نسبی است در مورد pH کمترین و در مورد کسر متابولیکی بیشترین بوده و ضریب تغییرات کم در pH می‌تواند ناشی از اثر عوامل ذاتی مانند مواد مادری در رفتار این متغیر باشد در حالی که ضریب تغییرات زیاد در سهم متابولیکی می‌تواند ناشی از اثر ترکیبی عوامل مدیریتی (مصرف کود و کاربری‌های متفاوت از اراضی) و عوامل ذاتی (مانند پستی و بلندی، تغییرات شدید بافتی و وضعیت زهکشی و پوشش گیاهی) در این منطقه باشد، زیرا که ویژگی‌های بیولوژیکی از جمله ویژگی-هایی بوده که شدیداً تحت تأثیر مدیریت قرار می‌گیرند (شکل‌آبادی 1386). در بیشتر موارد متغیرهای با ضریب تغییرات (CV) بیشتر از 50 درصد از توزیع فراوانی غیرنرمال برخوردار بوده و تبدیل لگاریتمی داده‌ها علاوه بر کاهش چولگی و بهبود نرمالیتی، CV را نیز کاهش داد (جدول1). بریجدا و همکاران (2000) نیز نشان دادند تبدیل داده‌ها در کاهش چولگی، نزدیک شدن داده‌ها به توزیع نرمال و کاهش CV مؤثر است.

آماره‌های CV و چولگی با تفکیک ویژگی‌های خاک بر پایه واحد لندفرم به جز دشت کاهش پیدا کرد (جدول 2). تغییرپذیری در ویژگی‌های خاک می‌تواند نتیجه تغییر در محیط‌های رسوب‌گذاری و یا اختلاف در مراحل خاکسازی یا هیدرولوژیکی در لندفرم‌های مختلف نیز باشد (ممتاز و همکاران 2009، بریجدا و همکاران 2000 و یانگ همکاران 1999). همچنین ویژگی‌های خاک می‌تواند تحت تأثیر عملیات کشاورزی مثل آبیاری، مصرف کود و یا محدودیت‌های زهکشی مثل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، پس‌روی و پیش‌روی آب دریاچه قرار گیرد (ممتاز و همکاران 2009). در لندفرم دشت چولگی متغیرها معنی‌دار و توزیع فراوانی غیرنرمال بودند که احتمالاً به‌دلیل تغییرات شدید ناشی از کاربری‌های مختلف در این لندفرم می‌باشد. همچنین در این واحد نوسانات آب زیرزمینی و تغییرات شدید بافتی نیز باعث تغییرات زیاد در شوری و کاهش پوشش گیاهی گردیده که به دنبال آن پارامترهای بیولوژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، چرای شدید و کنترل نشده دام‌ها باعث کاهش و نوسان این متغیرها شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- پارامترهای آمار توصیفی ویژگی های بیولوژیک و شیمیایی خاک منطقه مطالعه شده

خصوصیت	واحد	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی	CV
تنفس میکروبی	$mgCO_2/g$ soil day	0/33	0/22	0/05	0/07	1/81	3/76	20/13	66/7
لگاریتم تنفس میکروبی	-	-1/36	0/56	0/31	-3/22	0/58	0/19	1/61	41/2
کربن بیوماس	mg Cmic / 100gsoil	0/074	0/034	0/001	0/01	0/22	1/55	4/14	46/5
لگاریتم کربن بیوماس	-	-2/57	0/39	0/152	-3/91	-1/47	-0/19	1/31	15/2
سهم میکروبی	mgCmic. /gCorg.	10/3	6/97	48/64	1/03	41/38	1/66	4/14	67/7
لگاریتم سهم میکوبی	-	2/12	0/698	0/488	0/12	3/73	-0/46	0/12	32/9
سهم متابولیکی	$mgC\text{-}CO_2$ / gCorg.hr	0/58	0/334	0/112	0/011	1/74	1/49	2/29	57/6
لگاریتم سهم متابولیکی	-	-0/702	0/551	0/304	-2/21	0/554	-0/06	0/14	78/5
pH	-	7/7	0/36	0/13	6/86	9/17	0/49	2/24	5
LogpH	-	2/04	0/05	0/002	1/93	2/22	0/23	1/63	2
هدایت الکتریکی	dS/m	15/95	27/36	748/57	0/46	109/1	1/612	2/373	112
لگاریتم هدایت الکتریکی	-	2/76	1/63	2/67	-0/58	4/69	-0/510	-1/015	71
کربن آلی	%	1/04	1/03	1/05	0/19	6/4	3/33	12/16	99
لگاریتم کربن آلی	-	-0/48	0/81	0/65	-3/22	1/83	0/21	1/58	--

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2 - پارامترهای آمار توصیفی برخی از ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در داخل واحدهای لندفرم

خصوصیت	زمین‌نما	میانه	میانگین	واریانس	چولگی	انحراف‌از چولگی	انحراف معیار	کشیدگی	CV
تنفس	H	0/232	0/2250	0/006	0/303	0/845	0/0758	-1/241	32/6
میکروبی	P.P	0/3045	0/2850	0/017	0/483	0/512	0/13073	-0/104	42/9
$mgCO_2/g$ soil day	L.L	0/3605	0/3000	0/023	0/859	0/845	0/15281	0/602	42/3
	R.A.P	0/2820	0/2300	0/035	2/092	0/913	0/18580	4/487	65/8
	P	0/3605	0/300	0/067	3/626	0/306	0/25863	17/192	71/6
کربن بیوماس	H	/0550	0/0500	/002	1/385	0/845	0/04087	2/816	74/5
mg c/100 g soil	P.P	0/0620	0/0600	0/001	0/021	0/512	0/02285	-0/612	37/1
	L.L	/0800	/0850	0/001	-0/815	0/845	0/02366	1/339	30
	R.A.P	0/0600	0/0700	0/000	-0/382	0/913	0/01871	-2/898	31/2
	P	0/0777	0/0700	0/001	1/727	0/306	0/03653	4/092	46/8
سهم میکروبی	H	8/788	7/405	37/223	0/534	0/845	6/1011	-1/685	69/43
mgCmic. /gCorg.	P.P	10/819	11/205	43/818	0/965	0/512	6/619	1/021	61/18
	L.L	8/3567	6/8550	39/544	1/022	0/845	6/2884	0/375	72/25
	R.A.P	12/506	12/070	28/639	0/574	0/913	5/3516	1/202	42/79
	P	10/289	8/6200	55/350	2/012	0/306	7/4398	5/610	72/31
سهم متابولیک $mgC-CO_2$ /gCorg.hr	H	0/5632	0/5500	0/112	0/574	0/845	0/3345	0/271	59/39
	P.P	0/6292	0/5430	0/121	1/296	0/512	0/3476	1/506	55/24
	L.L	0/4763	0/4665	0/043	0/888	0/845	0/2064	0/771	43/33
	R.A.P	0/6416	0/3740	0/381	2/129	0/913	0/6172	4/628	96/20
	P	0/6292	0/5430	0/121	1/296	0/512	0/3476	1/506	55/24
pH	H	7/82	7/87	0/02	-1/65	0/845	0/13	2/44	1
	P.P	7/81	7/80	0/05	0/44	0/512	0/21	-0/71	2
	P	7/67	7/63	0/17	0/78	0/310	0/41	2/03	5
	R.A.P	7/66	7/66	0/01	0/07	0/913	0/11	-2/82	1
	L.L	7/51	7/66	0/14	-0/72	0/845	0/37	-1/98	4
هدایت الکتریکی dS/m	H	0/69	0/68	0/03	-0/25	0/845	0/16	-1/25	23
	P.P	5/53	0/80	134/67	2/27	0/512	11/60	3/79	209
	P	31/20	24/90	697/00	1/31	0/310	26/40	1/43	84
	R.A.P	7/71	6/91	34/65	0/04	0/913	5/88	-2/52	76
	L.L	36/02	25/75	1091/10	1/48	0/845	33/03	2/10	5
کربن آلی %	H	0/86	0/92	0/14	-0/36	0/845	0/38	-0/15	44
	P.P	0/75	0/58	0/22	1/77	0/512	0/46	3/01	61
	P	1/16	0/78	1/46	3/01	0/310	1/21	9/27	104
	R.A.P	0/52	0/58	0/03	-0/57	0/913	0/18	-2/18	34
	L.L	1/42	1/07	0/95	1/53	0/845	0/97	2/10	68

H : تپه، P.P : دشت آبرفتی دامنه‌ای، L.L : اراضی پست، R.A.P : دشت آبرفتی رودخانه‌ای، P : دشت

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل همبستگی مکانی

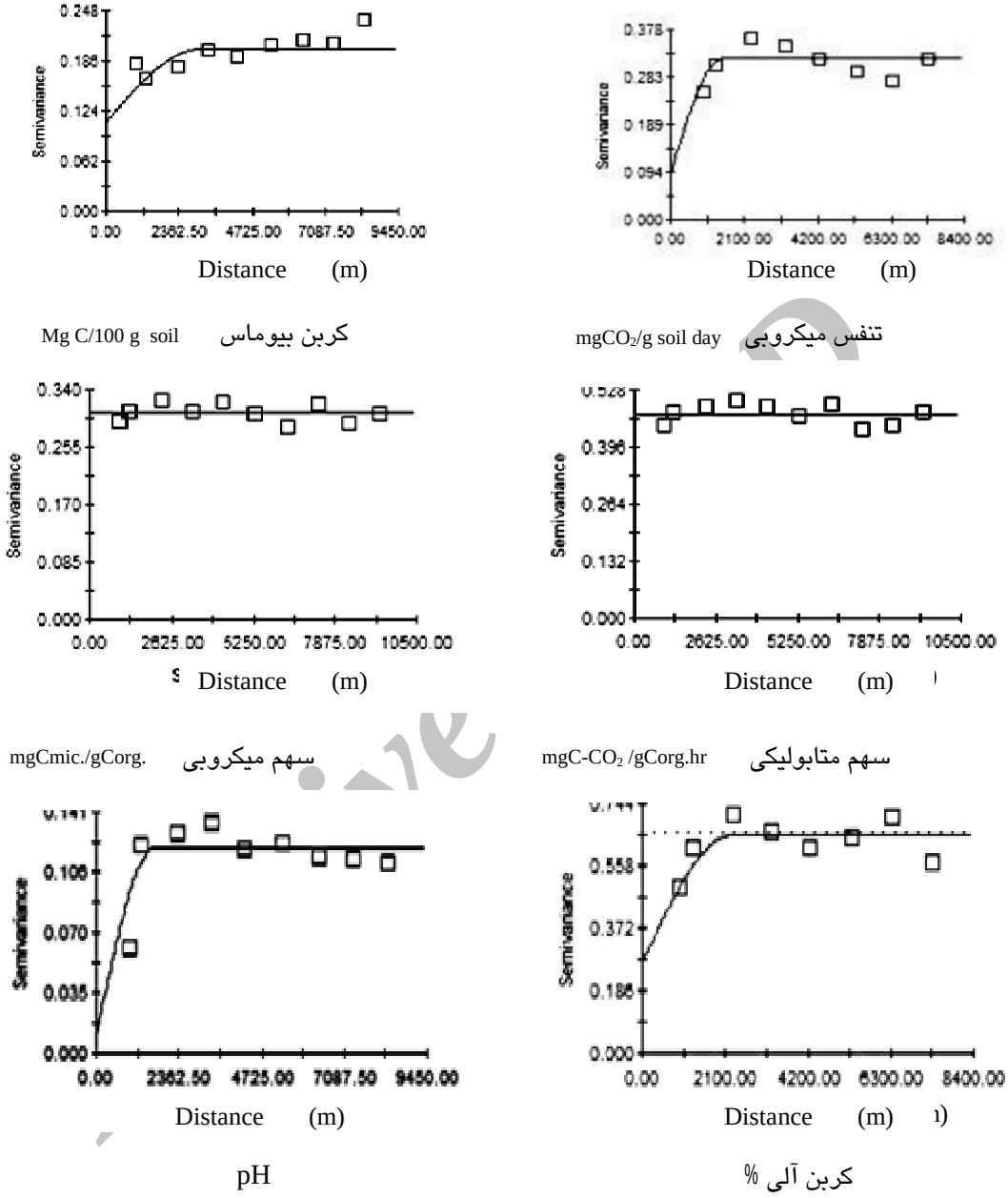
پارامترهای نیم‌تغییرنما و معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار برای ویژگی‌های بیولوژیکی در جدول 3 آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد پارامترهای تنفس میکروبی، کربن آلی، کربن بیوماس، pH و هدایت الکتریکی از مدل کروی و سهم میکروبی و سهم متابولیکی از مدل قطعه‌ای پیروی می‌کنند (شکل 2). مدل کروی بیان‌کننده وجود ساختار مکانی متغیر است در صورتی که مدل قطعه‌ای نشان‌دهنده عدم وابستگی مکانی، تصادفی بودن تغییرات و استقلال متغیرها می‌باشد که بر اثر خطا در نمونه‌برداری، آماده-سازی نمونه‌ها و اندازه‌گیری خواص و همچنین نشان دهنده وجود تغییرات در فاصله‌ای کمتر از حداقل فاصله نمونه‌برداری ایجاد می‌شود (ویلدینگ و درس 1983).

جدول 3- پارامترهای مدل نیم‌تغییرنما و آماره‌های اعتبار برای ویژگی‌های بیولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه

خصوصیت	واحد	مدل	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر	نسبت همبستگی	کلاس همبستگی	R^2	ME	RMSE	RSS
تنفس میکروبی	$mgCO_2/g$ soil day	کروی	0/09	0/32	1500	28/1	متوسط	0/42	0/0044	0/227	0/004
کربن بیوماس	mgCmic / 100g soil	کروی	0/11	0/2	3000	55	متوسط	0/42	-0/0035	0/0331	0/003
سهم میکروبی	mgCmic /gCorg.	قطعه ای	0/17	0/17	----	---	-	0/03	0/6432	7/119	0/005
سهم متابولیکی	$mgC\text{-}CO_2$ /gCorg.hr	قطعه ای	0/35	0/37	----	-	-	0/174	0/0293	0/3464	0/005
کربن آلی	%	کروی	0/27	0/65	2270	41/5	متوسط	0/514	-0/033	1/013	0/0174
هدایت الکتریکی	dS/m	کروی	0/09	2/6	7100	4	قوی	0/867	9/1	22/45	1/61
pH	-	کروی	0/01	0/02	1600	8/3	قوی	0/806	0/029	0/4016	0/002

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 2 نیم تغییرنمای ویژگی‌های اندازه‌گیریشده در منطقه مورد مطالعه

دامنه تأثیر تغییرنماها از 1500 متر برای تنفس میکروبی تا 3000 برای کربن بیوماس در نوسان می‌باشد (جدول 3). دامنه تأثیر برای سهم متابولیکی و سهم میکروبی با توجه به مدل نیم‌تغییرنمای اثر قطعه‌ای دقیقاً مشخص نبوده و باید در فاصله کمتر برای سهم میکروبی و سهم متابولیکی نمونه‌برداری صورت پذیرد. متغیر کربن بیوماس و تنفس میکروبی با توجه به نسبت همبستگی از وابستگی مکانی متوسطی برخوردار بوده و این مسئله بیان کننده این است که این متغیرها به شدت تحت تأثیر عوامل غیرذاتی و مقیاس مطالعه می‌باشند،

www.SID.ir

بطوریکه اگر مقیاس بکار رفته بزرگ‌تر گردد وابستگی مکانی قوی‌تری را نشان خواهند داد (وانگ و همکاران 2009).

پهنه‌بندی ویژگی‌های مورد مطالعه

نقشه‌های توزیع مکانی مربوط به ویژگی‌های بیولوژیکی خاک منطقه مورد مطالعه در شکل 3 نشان داده شده است. توزیع مکانی کربن آلی نشان دهنده کمبود میزان آن در خاک‌های منطقه به علت شوری بالا و پوشش گیاهی کم است (شکل 3). این مسئله در مناطق زیر کشت بیشتر مشهود است و دلیل این امر وجود پوشش گیاهی مخصوص خاک‌های شور مانند سالسولا در بخش‌های کشت نشده می‌باشد که در مناطق کشت شده حذف شده است. تجمع مواد آلی در دو نقطه وسط منطقه به علت قرار گرفتن محل نمونه-برداری در توقفگاه دام‌ها بوده است که به عنوان داده-های پرت باید منظور گردد. همچنین در ناحیه مورد مطالعه الگوی پراکنش نیتروژن نیز مشابه کربن آلی است(فروغی فر و همکاران 1389). محمدزمانی و همکاران (1386) نشان دادند که توزیع مکانی ازت کل دارای الگوی مشابه با کربن آلی است.

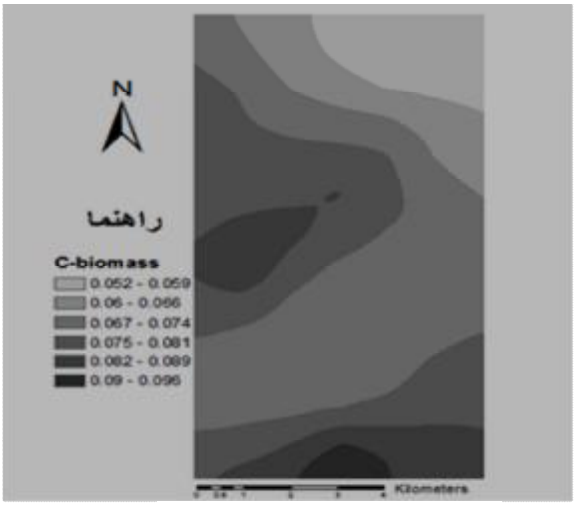
توزیع مکانی سهم میکروبی از روند خاصی پیروی نکرده و توزیع مکانی آن به صورت لکه‌های موزائیکی متعدد با تغییرات تصادفی در شکل دیده می‌شود. مدل نیم تغییر نمای این متغیر نیز از اثر قطعه‌ای پیروی می-نمود که نشان دهنده عدم وجود وابستگی مکانی و تغییرات تصادفی و استقلال آن در مقیاس مطالعه مورد استفاده است. سهم میکروبی زیاد نشان دهنده پویایی کربن آلی خاک می‌باشد. کوچک بودن سهم میکروبی در خاک‌های مورد مطالعه بیانگر ذخیره کربن آلی در خاک است. هر چه سهم میکروبی زیادتر شود، احتمال اتلاف کربن آلی بیشتر است گرچه فعالیت میکروبی خاک افزایش می‌یابد. سهم میکروبی زیاد همچنین بیانگر حضور مواد آلی سهل الوصول در خاک است. این مسئله احتمالاً مربوط به وضعیت خاک از لحاظ شوری و سدیمی بودن بالای خاک باشد که سبب فعالیت کم میکروبی خاک گردیده است.

توزیع مکانی تنفس میکروبی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که مقدار آن در سرتاسر منطقه به نسبت کم می‌باشد (شکل 3). احتمالاً دلیل آن پوشش گیاهی کم، بالا بودن شوری و سدیمی، تغییرات شدید بافتی و زهکشی نامناسب بوده است. وانگ و همکاران (2007) شدت تنفس خاک در چمن‌زار دست خورده را 28 درصد کمتر از چمن‌زار دست خورده گزارش کردند. آندرسون و دامش (1993) و استوتزکی (1997) بیان داشتند که رابطه نزدیکی بین خواص میکروبی خاک با سایر ویژگی‌های خاک از جمله pH، ماده آلی و بافت وجود دارد. به نظر می‌رسد که توزیع مکانی سهم میکروبی و تنفس میکروبی تحت تأثیر لندفرم نیستند

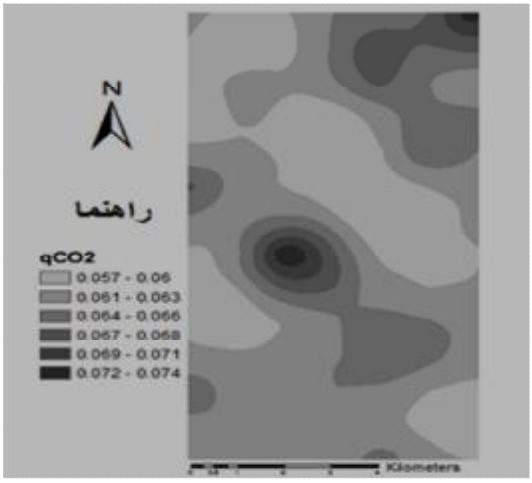
توزیع مکانی کربن بیوماس نشان داد که بیشترین مقدار آن در جنوب و غرب ناحیه مورد مطالعه قرار دارد (شکل 3). توزیع مکانی کربن بیوماس تقریباً مشابه با توزیع مکانی ماده آلی، فسفر و ازت است (فروغی فر و همکاران 1389). علاوه بر آن توزیع مکانی کربن بیوماس با واحد لندفرم اراضی پست تطابق دارد . در مناطق پست و بدون شیب بدلیل بافت رسی و pH کمتر، مقدار کربن بیوماس بیشتر است. دیز- راوینا و همکاران (1988) تأثیر کربن آلی خاک بر تعداد و فعالیت بیوماس میکروبی خاک را گزارش کردند. pH نیز از جمله عوامل مؤثر بر کربن بیوماس است به طوری که بیشترین فعالیت بیوماس میکروبی در pH برابر با 6/5 اتفاق می‌افتد (علی پور 1387). در منطقه مورد مطالعه نیز بیشترین کربن بیوماس در نواحی با pH کمتر مشاهده می‌شود.

Archive of SID

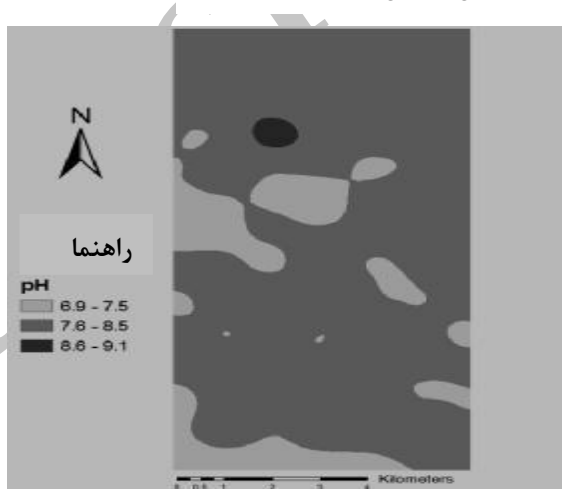
www.SID.ir



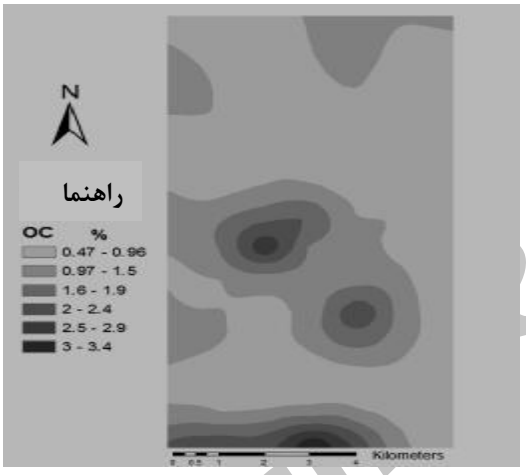
کربن بیوماس mg C/100 g soil



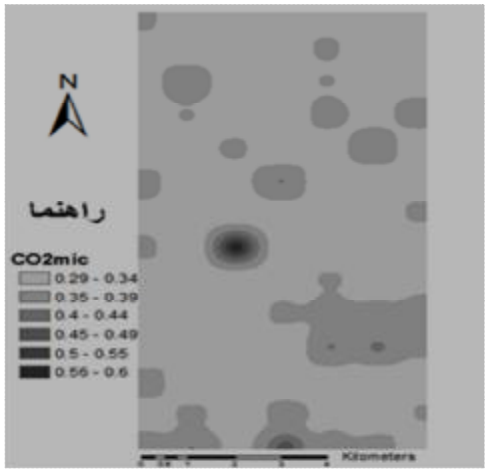
سهم متابولیکی $mgC\text{-}CO_2$ /gCorg.hr



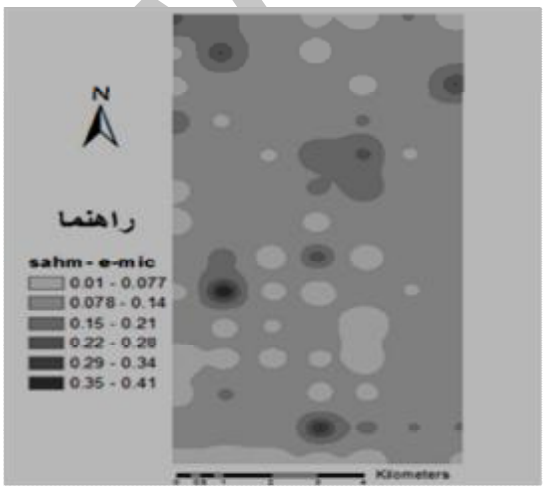
pH



کربن آلی %



تنفس میکروبی $mgCO_2$/g soil day



سهم میکروبی .mgCmic./gCorg

شکل 3- نقشه‌های پراکنش ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به روش کریجینگ

www.SID.ir

الگوی توزیع مکانی سهم متابولیکی (شکل3) نشان داد که در جنوب و شمال ناحیه مورد مطالعه مقدار این متغیر بیشتر از مناطق میانی است. در این نواحی، در لندفرم دشت به دلیل کشت و کار و رس زیاد و در لندفرم دشت دامنه سنگریزه و آهک زیاد باعث تراکم خاک گردیده است، که این مسئله در نقشه توزیع مکانی Bd و MWD نیز دیده می‌شود (فروغی فر و همکاران 1389). هم‌چنین در مناطق کشت شده نیز سهم متابولیکی نسبت به دیگر مناطق کمتر می‌باشد. کایسر و همکاران (1991) افزایش سهم متابولیکی در خاک‌های متراکم حاصل از شخم را با ادوات سنگین نشان دادند. اینسام و همکاران (1991) نیز میزان افزایش محصول با سهم متابولیکی کمتر را گزارش نموده‌اند. آگنلی و همکاران (2001) هم دریافتند که سهم متابولیکی بیشتر، نشانگر فراهمی کمتر عناصر غذایی خاک است

نتیجه‌گیری

گروه‌بندی خاک‌ها در دشت تبریز بر اساس لندفرم‌ها باعث بهبود نرمالیتی داده‌ها گردید. این تحقیق نشان داده است تغییرپذیری و توزیع ویژگی‌های بیولوژیکی خاک عمدتاً به کاربری اراضی، نحوه مدیریت، لندفرم، فرایندهای هیدرولوژیکی و محیط‌های رسوب‌گذاری، وابسته است. از بین ویژگی‌های خاک pH کمترین ضریب تغییرات و هدایت الکتریکی بیشترین ضریب تغییرات را داشت. متغیرهای pH و EC از وابستگی مکانی قوی، کربن آلی، تنفس میکروبی و کربن بیوماس از وابستگی مکانی متوسط و سهم میکروبی و سهم متابولیکی از وابستگی مکانی برخوردار نبودند. نتایج نشان داد که وابستگی مکانی متغیرها عمدتاً تحت تأثیر خواص غیرذاتی مثل نوع کاربری، مدیریت و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک است. نقشه‌های توزیع مکانی نشان دادند که واحدهای لندفرم و کاربری اراضی از عوامل کلیدی در توزیع مکانی برخی متغیرها در این منطقه می‌باشند، هرچند که متغیرهایی مانند سهم میکروبی و سهم متابولیکی و کربن آلی در مقیاس مورد استفاده الگوی مشخصی از توزیع مکانی را نشان ندادند. نتایج نشان داد که در راستای شمال به جنوب با کاهش ارتفاع و شیب، تجمع املاح و رس بیشتر و کیفیت خاک بدتر می‌شود. کمبود مواد آلی باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی شده و در نتیجه این امر می‌تواند قابلیت تولید را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به خاطر تامین هزینه این تحقیق و از مسئولین ارجمند دانشکده و کارشناسان آزمایشگاه خاکشناسی به دلیل همکاری در انجام آزمایشات تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

بی‌نام ، 1375. گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت تبریز. طرح مطالعاتی سد مخزنی آجی چای برروی رودخانه آجی چای و ایجاد شبکه آبیاری و زهکشی. وزارت نیرو شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان شرقی.

سینی س م ، محمدی ج و رحمانی ر، 1386. کاربرد تکنیک زمین‌آمار در مطالعات خاک‌های جنگلی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی،جلد چهارم،شماره اول،ویژه نامه منابع طبیعی صفحه‌های 25 تا 37.

خادمی ح و خیّر ح ، 1383. تغییرپذیری برخی ازخصوصیات کیفی خاک سطحی درمقیاس زمین نما دراراضی مرتعی اطراف شهرستان سمیرم. مجله علوم و فنون کشاورزی ومنابع طبیعی. صفحه‌های 59 تا 73.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل آبادی م ، 1386. بررسی نقش اقلیم و پوشش گیاهی و قرق دراز مدت بر طبقه بندی خاک، مقدارذخیره کربن و نیتروژن، کیفیت خاک و کربن آلی. پایان نامه دکتری. دانشگاه صنعتی اصفهان. 190صفحه.

شکل آبادی م، خادمی ح، کریمیان اقبال م و نوربخش ف، 1386. تأثیر قرق دراز مدت بر برخی از شاخص‌های بیولوژیکی خاک در بخشی از مراتع زاگرس مرکزی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال یازدهم. شماره41 (الف).صفحه‌های 103تا 116.

علی‌پور آبدار ل، 1387. تأثیر نوع کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفی سلامت خاک در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز. 95 صفحه.

فروغی فر ح، جعفرزاده ع ل، ترابی گلسفیدی ح، علی اصغرزاد ن، تومانیان ن و دواتگر ن، 1389. تغییرات مکانی بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی در لندفرم‌های مختلف دشت تبریز. مجله دانش کشاورزی.در دست چاپ

محمدزمانی س، ایوبی ش و خرمالی ف، 1386. بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنکلانه استان گلستان. مجله علوم و فنون کشاورزی ومنابع طبیعی. سال یازدهم. شماره چهلم (الف). صفحه‌های 79 تا 92.

Anonymus, 1990. SPSS Reference Guide. Parson Education Limited, Chicago IL.

Alvarez R, and Lavado RS, 1998 .Climate organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Arjentina. Geoderma 83: 127-141.

Agnelli A, Uolini FC, Corti G and Pietramellara G, 2001. Microbial biomass C and basal respiration of fine earth and highly altered rock fragments of two forest soil. Soil Biol Biochem 33: 613-620.

Anderson JPE, 1986 .Soil respiration .Pp: 831-872. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2 , Soil Sci Soc of Am, Madison, WI.

Anderson TH and Domsch KH, 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic caebon in arable soils. Soil Biol Biochem 21: 471-479.

Anderson TH, 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agric Ecosyst Environ 98: 285-293.

Ben-Asher J, Cardon GE, Peters D, Rolston DE, Biggar JW, Phene CJP and Ephrath JE, 1994. Determining root activity distribution by measuring surface dioxide fluxes. Soil Sci Soc Am J 58: 926-93.

Boudot FJP, Bel Hadje BA and Chone T, 1986. Carbon mineralization in andosols and aluminum rich highland soils. Soil Biol Biochem 18: 457-461.

Brejda JJ, Moorman TB, Smith JL, Karlen DL, Allen DL and Dao TH. 2000. Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale. Soil Sci Soc Am J 64: 974-982.

Archive of SID

www.SID.ir

Bremner JM and Mulvaney CS, 1986. Nitrogen – Total. Pp: 595-622. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2 , Soil Sci Soc of Am. Madison, WI.

Brookes PC, 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biol Fertil Soil 19: 269-279.

Burgess TM and Webster R, 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I.The variogram and punctual kriging. J Soil Sci 31:315-331.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE. 1994. Field-Scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci Sco Am J 58: 1501-1511.

Carter MR, 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agron J 94: 38-47.

Daiz-Ravina M, Caraballas T and Acea MJ, 1988. Microbial biomass and activity in four acid soils. Soil Biol Biochem 20: 817-823.

Horwath WR and Paul EA, 1994. Microbial biomass. Pp. 753-773. In: Buxton DR(Ed). Methods of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and Biochemical Properties. Soil Sci Soc Am. No. 5. Madison WI.

Insam H, Michell CC and Dormaar JF, 1991. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization and crop yield of three ultisols. Soil Biochemitry 23: 459-464.

Islam KR and Weil RR, 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. J Soil Water Conserv 55: 69-78.

Kaiser EA, Walenzik G and Heinemeyer O, 1991. The influence of soil compaction on decomposition of plant residues and on microbial biomass. Pp. 207-216 In: Wilson WS(Ed). Advances in soil organic matter research. The impact on agriculture and environment. R Soc Chem Cambridge, Special Pub 90.

Lal R, 2006. Impacts of climate on soil systems and of soil systems on climate. Pp. 617-636. In:Uphoff N, Ball AS, Palm C, Fernandes E, Pretty J, Herren H, Sanchez P, Husson O, Sanginga N and Laing M (Eds). Biological Approaches to Sustainable Soil Systems, Taylor & Francis Group. Boca Raton.

Li X and Sarah P, 2003. Arylsulfatase activity of soil microbial biomass along a Mediterranean-arid transect. Soil Biol Biochem 35: 925-934.

Luken JQ and Billings WD, 1985. The influence of microtopographic heterogenity on carbon dioxide efflux from a sub-aractic bog. Holarcttic Ecol 8:306-312.

Miller MP, Singer MJ and Nielson DR, 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Sci Soc Am J 52:1133-1141.

Archive of SID

www.SID.ir

Momtaz HR, Jafarzadah AA, Torabi H, Oustan Sh, Samadi A, Davatgar N, and Gilkes RJ, 2009. An assessment of the variation in soil properties within and between landforms of Amol region, Iran. Geoderma 149:10-18

Nael M, Khademi H and Hajabbasi MA, 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. Appl Soil Ecol 27:221-231.

Nelson BW and Sommers LE, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp:539 - 577. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Soil Sci Soc of Am, Madison WI.

Quine TA and Zhang Y, 2002. An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, UK. J Soil and Water Conserv 57:50-60.

Ria B and Sirvastava AK, 1981. Studies on microbial population of a tropical dry deciduous forest soil in relation to soil respiration. Pedobiol 22: 185-190.

Rhoades JD, 1986. Soluble salts. Pp.167-179. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Soil Sci Soc of Am, Madison WI.

Sarah P, 2006. Soil organic matter and land degradation in semi-arid area, Israel. Catena 67: 50-55.

Schoenholtz SH, Van Miegroet H and Burger JA, 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities. Forest Ecol Manag 138: 335-356.

Seto M and Yanagiya K, 1983. Rate of CO_2 evolution from soil in relation to temperature and amount of dissolved organic carbon. Jap J Ecol 33: 199-205.

Singh UR and Shukla AN, 1977. Soil respiration in relation to mesofaunal and microfloral populations during rapid course of decomposition on the floor of a tropical dry deciduous. Forest Rev Ecol Biol Soil 14:363-370.

Sparling GP, 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Aust J Soil Res 30: 195-207.

Steinberger Y, Zelles L, Bia QY,van Lutzow M and Munch JC, 1999. Phospholipid fatty acid profiles as indicators for the microbial community structure in soils along a climatic transect in the Judean Desert. Biol Ferti Soils 28: 292-300.

Stotzky G, 1997. Soil as an environment for microbial life. Pp.1-2. In: van Elsas JD, Trevors JT and Wellington EMH(Eds.). Modern Soil Microbiology. Dekker, New York.

Utset A, Lopez T and Diaz M, 2000. A comparison of soil maps, Kriging and a combined method for spatially prediction bulk density and field capacity of Ferralsols in the Havana-Matanza Plain. Geoderma 96: 199-213.

Vieira SR and Paz Gonzalez A, 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. Bragantia Campinas 62:127-138.

Archive of SID

www.SID.ir

Wang W, Guo J, and Oikawa T, 2007. Contribution of root to soil repiration and carbon balance in disturbed and undisturbed grassland communities, Northest China. J Bio Sci 32:375-384.

Wang Lin, WU Jia-Ping, Liu Yan-Xuan, Huang Hui-Qing and Fang Qian-Fang, 2009. Spatial variability of micronutrients in rice grain and paddy soil. Pedosphere 19:748-755.

Wilding LP and Dress LR, 1983. Spatial variability and pedology. Pp: 83-116 In: Wilding LP, Smeckand NE and Hall GF (Eds). Pedogenesis and soil taxonomy. I. Concepts and interactions. Elsvier Science Pub. London.

Young FJ, Hammer RD, Larsen D, 1999. Freqency distribution of soil properties on a loess- manted Missouri watershed. Soil Sci Soc Am J 63:178-185.

Zar JH, 1974. Biostatistical Analysis. Huang Prentice-Hall, Englewood Fang Cliffe, NJ.

Zhang XY, Sui YY, Zhang XD, Meng K and Herbert SA, 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China. Pedosphere 17:19-29.

Archive of SID

www.SID.ir