تغییرپذیری مکانی برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک در مزارع گندم دشت پاسارگاد

علیداد کرمی*[۱]، وحیداله جهاندیده مهجن آبادی[۲]
[۱]استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، [۲]دانشجوی دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
*ad.karami@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف این پژوهش کمّی‌سازی تغییرپذیری مکانی برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک بود. بنابراین ۶۰ مکان آزمایشی با شبکه‌بندی منظم و به فواصل ۵۰۰*۵۰۰ متر ایجاد گردید. ویژگی‌های pH، EC، CEC، و نیتروژن خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که pH کمترین و EC بیشترین تغییرات را داشت. همبستگی خطی معنی‌داری بین برخی از ویژگی‌ها وجود داشت. بهترین مدل برای نیم‌تغییرنمای منفرد pH، مدل نمایی، برای EC مدل گوسی و برای CEC و نیتروژن مدل کروی بود. بهترین میان‌یاب برای pH، EC، CEC، و نیتروژن خاک کریجینگ بود. مقادیر pH خاک در جنوب منطقه بیشترین مقدار بود و به سمت شمال و شمال غربی از میزان آن کاسته می‌شد. مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی و نیتروژن خاک از جنوب شرقی به شمال غربی منطقه افزایش داشت. مقادیر CEC از شرق به غرب افزایش داشت و بیشترین مقدار آن در جنوب غربی بود.

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک، زمین‌آمار، کیفیت خاک

مقدمه

تولید محصول همراه با حفاظت از خاک نیاز به شناخت دقیق از وضعیت خاک دارد. بدیهی است با کنترل کیفیت خاک می‌توان تأثیر شیوه مدیریت خاک را مورد ارزیابی قرار داد. کیفیت خاک شاخص مناسبی برای ارزیابی وضعیت این سامانه می‌باشد و این امر به علت ظرفیت این عامل برای فراهم‌آوری اطلاعات مهم مربوط به تغییرات ویژگی‌های مختلف خاک است. ارزیابی کیفیت خاک به عنوان یک ابزار در گزینش شیوه‌های مدیریتی ویژه نقش بسیار مهمی داشته و معیاری برای سنجش کشاورزی پایدار می‌باشد (وان لیوون، ۲۰۱۵). یکی از وظایف اصلی خاک در بخش کیفیت شیمیایی خاک برای تولیدات گیاهی، تأمین عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه می‌باشد (هیل و اسپوزیتو، ۱۹۹۷). تاکنون شاخص‌ها و پارامترهای بسیار متنوعی برای بررسی کیفیت شیمیایی خاک‌ها ارائه شده است. به عنوان مثال کارلن و همکاران (۲۰۰۱) برای ویژگی‌های شیمیایی، واکنش خاک، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، عناصر قابل استخراج، غلظت عناصر کم مصرف را ارائه نمودند. همچنان که از مطالب بالا مشخص است، کیفیت خاک در عرصه کشاورزی و به خصوص اراضی گندم با خطرات متفاوتی به دلیل مدیریت نادرست روبرو است که می‌تواند عامل محدود کننده کشاورزی کشور بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که برای تشکیل خاک زمان فوق‌العاده زیادی نیاز است به حساب آید.

پیش‌بینی دو برابر شدن جمعیت کنونی دنیا در ۵۰ سال آینده سبب شده تا بسیاری از کشورها سوالات مهمی برای آینده خاک‌های کره زمین مطرح نمایند (ویلدینگ و لین، ۲۰۰۶). چگونگی افزایش تولید غذا به دو برابر میزان کنونی در طی چند دهه، تأثیر انسان بر روی خاک و برهمکنش خاک با پیرامونش از جمله این پرسش‌هاست (ریچتر و همکاران، ۲۰۰۷). به اعتقاد تاگل و همکاران (۲۰۰۵) یکی از بحرانی‌ترین نیازهای کنونی در مدیریت منابع طبیعی دسترسی به اطلاعات در مورد پویایی سرشت خاک و یا به بیان ساده تغییرات خاک می‌باشد. ناهمگونی و تغییرات ویژگی‌های خاک بایستی بررسی شده تا درک بهتر از اثرات عواملی همانند مدیریت کشاورزی منجر به عملیات کارآمدتر گردد (سان و همکاران، ۲۰۰۹). خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که عملیات زراعی، باعث کاهش ماده‌ی آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، پایداری خاکدانه‌ها، میزان تنفس میکروبی خاک و در نتیجه کاهش شدید کیفیت خاک می‌شود.

تشخیص پراکنش مکانی از این لحاظ مهم است که می‌تواند به طور فزاینده‌ای برای مدیریت منابع طبیعی (زین-ژونگ و همکاران، ۲۰۰۹)، پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده و برای بهبود طراحی شبکه نمونه‌برداری مطالعات

اکولوژیکی-کشاورزی آینده استفاده شود. با تهیه نقشه تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک برای مزارع سودان بیان شده که تهیه نقشه‌های مکانی عناصر خاک ابزاری برای مدیریت و پایش تغییرات خاک بوده و با این نقشه‌ها می‌توان نگرانی‌های منابع اکولوژیکی و فعالیت‌های محیطی را تحت نظارت درآورد (محمد و ابدو، ۲۰۱۱). به منظور برآورد کیفیت خاک مزرعه گندم نمایه‌های کیفیت شامل pH و EC در جنوب‌شرقی ایالت واشنگتن آمریکا از روش زمین‌آماری کریجینگ استفاده و بیان شده است که این روش دارای دقت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. در این پژوهش نهایتاً نسبت به پهنه‌بندی ویژگی‌های کیفیت خاک در محیط GIS اقدام گردیده و نشان داده شده که به‌منظور سنجش دقیق کیفیت خاک توزیع مکانی، شرایط خاک و فاکتورهای کنترلی دیگر باید مورد توجه قرار گیرد (جفری و جناتان، ۲۰۱۱).

با بررسی روش‌های زمین‌آماری جهت تعیین ساختار مکانی خواص بیوشیمیایی خاک، عدم قطعیت و تغییرپذیری مکانی آنها مشخص شده و ایجاد مدل جامع با روش‌های زمین‌مکانی برای مدیریت بهینه اکوسیستم ضروری شناخته شده است (گرونوالد و همکاران، ۲۰۰۷). لیو و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تغییرات مکانی عناصر کم‌مصرف مس و روی در اراضی کشاورزی چین نشان دادند که این دو متغیر دارای وابستگی مکانی متوسط بوده و به عواملی مانند نوع خاک‌ها و فعالیت‌های بشری مربوط می‌شوند. وابستگی مکانی عناصر غذایی کم‌مصرف (Fe, Mn, Zn and Cu) در مزارع برنج استان ژیانگ واقع در جنوب غربی چین با استفاده از زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بررسی شده است. توزیع مکانی هر چهار عنصر قابل‌دسترس به صورت معنی‌داری با فاکتورهای تشکیل خاک همبستگی داشته‌اند. فعالیت‌های بشر مانند استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، انتشار گازهای فاضلاب‌ها و آلودگی صنعتی اثر معنی‌داری روی توزیع مکانی این عناصر داشته است (لیو و همکاران، ۲۰۰۴).

تغییرپذیری خاک در نتیجه مدیریت‌های مختلف محصولات کشاورزی افزوده شده (گودوین و میلر، ۲۰۰۳) به‌طوری‌که تغییرات روابط بین ویژگی‌های خاک در اراضی نیشکرسازی با مدیریت یکنواخت با هدف کشاورزی دقیق نیز گزارش شده است (کروز و همکاران، ۲۰۱۱). سو و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک به روش کریجینگ نشان دادند که همبستگی مکانی ضعیفی بین درصد ماده آلی وجود دارد. آنها همچنین بیان کردند که متغیرهای زیادی نظیر ناهمگن بودن منطقه، وسعت، تعداد و نحوه پراکنش نقاط نمونه‌برداری در انتخاب روش درون‌یابی تأثیر دارند. یثربی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش کریجینگ به بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک (۱۳ مشخصه) در منطقه باجگاه شیراز پرداختند. نتایج آنها نشان داد که دامنه‌ی همبستگی مکانی برای پارامترهای خاک متفاوت است. فسفر دارای کمترین وابستگی مکانی (۴۹/۵ متر) و کربنات کلسیم با ۱۸۱/۹۴ متر بیشترین دامنه وابستگی مکانی را داشته است.

با توجه به اهمیت و نقش ویژگی‌های شیمیایی خاک در مطالعه تغییرات کیفیت خاک، این تحقیق در دشت پاسارگاد با اهداف: ارزیابی و تحلیل تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک در اراضی تحت کشت گندم دشت پاسارگاد به عنوان عاملی از جنبه‌های مهم شناخت تخریب و یا بهبود شرایط خاک، مقایسهٔ روش‌های مختلف زمین‌آماری در برآورد ویژگی‌های شیمیایی خاک، تهیهٔ نقشهٔ پراکنش مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک و بررسی محدودیت‌ها، پتانسیل‌ها و ارائهٔ راه‌کارهای مناسب به‌منظور استفادهٔ پایدار از اراضی مورد مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور تخمین و تعیین پراکندگی مکانی و ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی خاک برای مدیریت و بهره‌برداری بهینه از اراضی کشاورزی گندم در دشت پاسارگاد انجام شد. وسعت منطقه موررد مطالعه در این دشت حدود ۱۵۰۰ هکتار بود. منطقهٔ پاسارگاد از نظر آب هوایی دارای اقلیم نیمه‌خشک است. متوسط بارندگی نوزده سالهٔ منطقه ۳۴۸/۱ میلی‌متر است. میانگین دمای آن ۱۲/۵ درجهٔ، میانگین تبخیر، طی دوره هفده ساله ۱۸۳۰ میلی‌متر است. از روش شبکه‌ای منظم با ابعاد ۵۰۰ در ۵۰۰ متر در ۶۰ نقطه‌ی مختلف نمونه‌برداری انجام آمد. با استفاده از GPS نقاط مطالعاتی شناسایی و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونهٔ خاک و از دو متر مربع نمونه گندم تهیه شد. برای اندازه‌گیری pH خاک در گل اشباع با دستگاه پی‌اچ‌متر (توماس، ۱۹۹۶)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (آزمایشگاه شوری ایالات متحده، ۱۹۵۴) و نیتروژن خاک با استفاده از دستگاه کجلدال (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱) و ظرفیت تبادل کاتیونی

به روش باور (۱۹۵۲) اندازه‌گیری شدند. پارامترهای آماری (شامل بیشینه، کمینه، میانگین، چولگی، کشیدگی، واریانس و ضریب تغییرات داده‌ها) با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه و ارزیابی شدند. برای تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، نیم تغییرنمای تجربی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار زمین‌آماری GS+ محاسبه شد. در روش زمین‌آمار، نخست تغییرات مکانی ویژگی مورد مطالعه در قالب یک متغیر ناحیه‌ای بررسی و تغییرات ساختاری و تصادفی داده‌ها ارزیابی شدند. مقدار نیم تغییرنما با استفاده از داده‌های حاصل محاسبه و پارامترهای اثر قطعه‌ای (C0) آستانه (C+C0) و محدودهٔ وابستگی مکانی (A0) محاسبه شد. از کریجینگ که بر اساس منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است، استفاده شد (ایونارت و ماتئوس، ۲۰۰۲). علاوه بر کریجینگ از روش‌های وزن دادن عکس فاصله (IDW)، و کوکرجینگ برای تخمین در نقاط فاقد داده و میان یابی استفاده شد. برای انتخاب بهترین مدل زمین‌آماری علاوه بر پارامترهای C0، C+C0، A0 از ضریب تبیین (R^2)، مجموع مربعات باقیمانده‌ها (RSS) نیز استفاده شد. برای انتخاب بهترین میان‌یاب از آماره‌های میانگین مطلق خطاها (MAE)، میانگین اریبی خطاها (MBE)، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) (واکرناگل، ۲۰۰۲) استفاده شد. با استفاده از بهترین مدل زمین‌آماری و بهترین روش میان‌یابی، پراکنش مکانی ویژگی‌ها تعیین و با سطوح مناسب، نقشهٔ پهنه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی ترسیم شد.

نتایج و بحث

اطلاعات توصیفی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با آمار کلاسیک نشان داد که شوری منطقه کم‌تر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر خاک‌ها غیرشور بودند. کلاس تغییرپذیری ضریب تغییرات بر اساس معیار ارائه شده توسط ویلدینگ (۱۹۸۵) بدین صورت است که اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ درصد باشد در کلاس تغییرپذیری کم و اگر بین ۱۵ تا ۳۵ درصد باشد تغییرپذیری متوسط و اگر ضریب تغییرات بیشتر از ۳۵ درصد باشد در کلاس تغییرپذیری زیاد قرار می‌گیرد. pH کم‌ترین درصد ضریب تغییرات (۳/۹۹) را داشت که به علت پایداری بیشتر این ویژگی و بافری بودن خاک باشد. یثربی و همکاران (۲۰۰۸) نیز ضریب تغییرات واکنش خاک را به‌عنوان کم‌ترین ضریب تغییرات در بین ویژگی‌های خاک در جنوب ایران گزارش کرده‌اند.

به غیر از داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی که با تبدیل لوگ نرمال، داده‌ها توزیع نرمال پیدا کردند داده‌های سایر ویژگی‌ها توزیع نرمال داشتند. با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی‌های خاکی و عملکردی تعیین شد. بین pH و EC همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. همبستگی بین pH و نیتروژن منفی و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همبستگی بین CEC با درصد رس مثبت ولی با درصد سیلت و شن منفی و در سطح یک درصد معنی‌دار بود. رس به دلیل دارا بودن بار منفی در سطح خود نسبت به شن و سیلت می‌تواند سهم قابل توجهی در ظرفیت تبادل کاتیونی و در نتیجه حاصلخیزی خاک داشته باشد. با وجود مقدار بالاتر CEC رهاسازی عناصر غذایی افزایش می‌یابد (ویوم و همکاران، ۲۰۱۳). وجود همبستگی بین ویژگی‌ها بیانگر ارتباط بین آنهاست. هر چه عدد همبستگی‌ها بیشتر باشد، ارتباط مزبور قوی‌تر است.

بیش‌ترین دامنه، برای درصد شن و برابر ۹۱۱۰ متر و کم‌ترین دامنه برای درصد سیلت ۲۹۷۲ متر محاسبه شد بنابراین انتخاب فواصل ۵۰۰ متر برای پارامترهای خاکی از دقت کافی برخوردار بوده است (جدول ۱). بیش‌ترین دامنه، برای CEC و برابر ۸۱۱۰ متر بود. این در حالی است که کم‌ترین دامنه تاثیر برای pH، ۶۶۸۵ متر بود. فاصله‌ی نمونه‌برداری که برای این پژوهش تعیین شد، ۵۰۰ متر بوده است، اما با توجه به دامنه محاسبه شده برای ویژگی‌ها، می‌توان به منظور تعیین فاصله‌ی بهینه‌ی نمونه‌برداری در منطقه‌ی مطالعاتی این فاصله را افزایش داد، بدون آن که در دقت مطالعه خللی ایجاد شود و با این کار در زمان و هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود. بهترین مدل برای نیم‌تغییرنمای منفرد برای pH مدل نمایی برای EC مدل گوسی و برای نیتروژن و CEC مدل کروی بود. در دشت سانگنین چین بهترین مدل برای پهاش کروی بوده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

بهترین مدل برای نیم‌تغییرنمای منفرد برای pH مدل نمایی برای EC مدل گوسی و برای نیتروژن و CEC مدل کروی بود. در دشت سانگنین چین بهترین مدل برای پهاش کروی بوده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). محمد زمانی و همکاران (۱۳۸۶) مدل کروی را بهترین مدل برای درصد شن، سیلت و رس گزارش کردند. کرمی و بصیرت (۱۳۹۴) نیز بهترین مدل

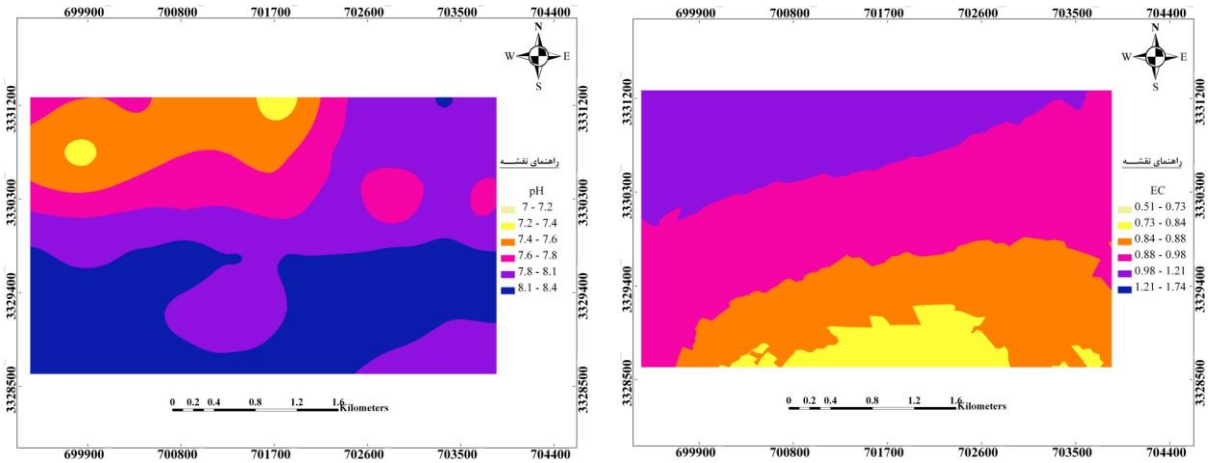
برازش داده شده به کربن آلی را کروی گزارش نمودند. ویژگی‌های خاکی اندازه‌گیری شده، اثر قطعه‌ای کوچکی را نشان دادند. نیتروژن و EC دارای ساختار مکانی متوسط و pH و CEC از ساختار مکانی قوی برخوردار بود. اگر ضریب تبیین بهترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنما کمتر از ۰/۵ باشد همبستگی مکانی ضعیف تعریف می‌شود (دوفرا و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین طبق جدول ۳ ویژگی‌های خاکی اندازه‌گیری شده در این پژوهش از همبستگی مکانی بالایی برخوردار بودند. در بیشتر موارد ضریب تبیین بسیار بالا و مناسب و مجموع مربعات خطا بسیار پایین، نتایج بسیار منطقی و مناسبی را نشان داد.

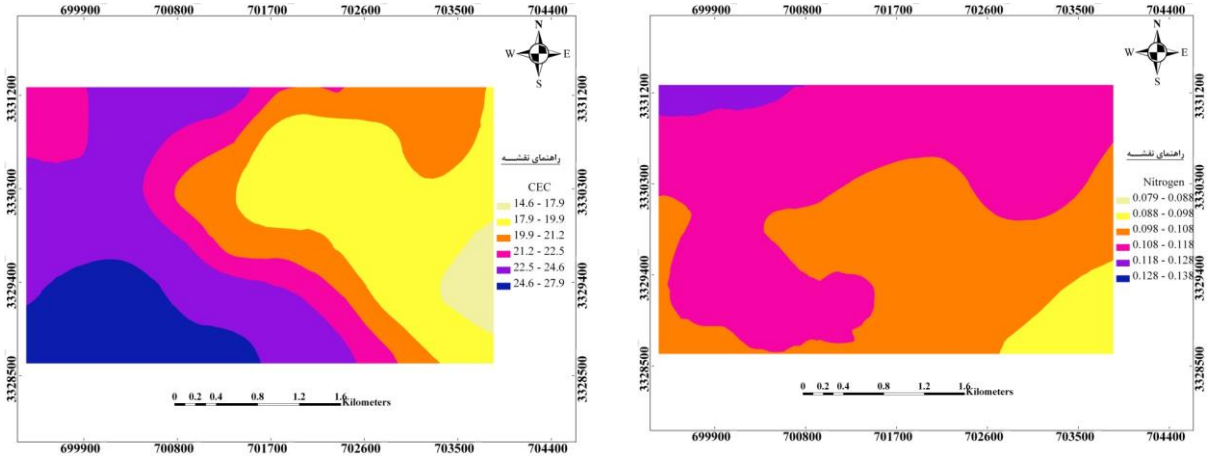
جدول ۱- مدل‌های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین‌آماری آنها

فاکتور	مدل	C_0	C_0+C	$\frac{C_0}{C_0+C}$	A_0	R^2	RSS
pH	نمایی	۰/۰۳۰۷	۰/۳۴۷۴	۰/۰۸۸۳	۶۶۸۵	۰/۹۹۶	$۱/۲۲\times۱۰^{-۵}$
EC	گوسی	۰/۰۶۶۳	۰/۲۰۸۵	۰/۳۱۷۹	۷۱۱۰	۰/۷۳۸	$۱/۱۴\times۱۰^{-۴}$
CEC	کروی	۳/۶	۱۹/۵۱	۰/۱۸۴۵	۸۱۱۰	۰/۹۷۵	۱/۳۰
N	کروی	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۲۸	۰/۵	۷۷۶۳	۰/۹۳۸	$۲/۰۱\times۱۰^{-۱۰}$

C_0: واریانس قطعه‌ای، C_0+C: آستانه، $C_0/(C_0+C)$: نسبت همبستگی مکانی، A_0: دامنهٔ تأثیر (متر)، R^2: ضریب تبیین و RSS: مجموع مربعات خطا.

بهترین میان‌یاب برای ویژگی‌های pH خاک، قابلیت هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد نیتروژن کریجینگ، بود. برآورد روش کریجینگ برای متغیّرهای خاکی در مقایسه با روش‌های وزن‌دادن عکس فاصله و کوکریجینگ با توجه به آماره‌های مورد بررسی تقریباً بدون اریب بود و از ارجحیت بیشتری برخوردار است. بنابراین روش کریجینگ در مقایسه با روش‌های وزن‌دادن عکس فاصله و کوکرجینگ تقریباً از مقادیر کمتر آماره‌های MBE، MAE و RMSE برخوردار بود که نشان دهندهٔ نزدیکی بیشتر برآوردها به مقادیر اندازه‌گیری شده با روش مزبور است. مشابه تحقیق حاضر برای برآورد ویژگی‌های خاک مزرعه گندم شامل کربن آلی، pH، EC، در جنوب‌شرقی ایالت واشنگتن آمریکا از روش زمین‌آماری کریجینگ استفاده و بیان شده است که این روش دارای دقت قابل ملاحظه‌ای نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد (جفری و جناتان، ۲۰۱۱). همچنین برای برآورد توزیع مکانی ویژگی‌های خاک روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ بهتر از روش وزن دادن عکس فاصله بوده است (زارع-مهرجاردی و همکاران، ۲۰۱۰). توزیع مکانی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک با بهترین مدل و بهترین میان‌یاب از بین روش‌های میان‌یابی کریجینگ و روش وزن‌دادن عکس فاصله در شکل ۱ ارائه شده است.





شکل ۱- نقشهٔ پراکنش مکانی، pH، EC، CEC و نیتروژن در دشت پاسارگاد

با توجه به شکل ۱، مقادیر pH تقریباً برعکس EC از شمال به جنوب روند افزایشی داشت. عمده سطح منطقه (۳۶/۳ درصد) دارای pH بین ۷/۸ تا ۸/۱ بود و ۴۵ درصد از اراضی منطقه دارای شوری بین ۰/۸۸ تا ۰/۹۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقادیر CEC از شرق به غرب افزایش داشت و بیشترین مقادیر آن در جنوب غربی دشت بود. ۲۷ درصد از اراضی منطقه دارای CEC بین ۱۷/۹ تا ۱۹/۹ سانتی‌مول بر کیلوگرم بود. مقادیر نیتروژن تقریباً مشابه CEC بود و از جنوب شرقی به شمال غربی افزایش داشت. ۵۳ درصد از منطقه دارای ۰/۱۱ تا ۰/۱۲ درصد نیتروژن بود.

منابع

کرمی، ع. و بصیرت، س. ۱۳۹۴. بررسی زمین‌آماری تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی دشت ارسنجان. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۹، شماره ۱.

محمد زمانی، س. ایوبی، ش.ا. و خرمالی، ف. ۱۳۸۶. بررسی تغییرات خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنکلاته، استان گلستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره ۴۰. ص ۹۱-۷۹.

Baver, L.D. Gardner, W.H. and Gardner, W.R. 1952. Fisica de suelos. México, Union Tipografica Editoral Hispano Americana, 529p.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. University of California of Agriculture Science Riverside, CA.

Cruz, J.S. Assis Junior, R.N. Matlas, S.S.R. and Camacho-Tamayo, J.H. 2011. Spatial variability of an Alfisol cultivated with sugarcane. Cienc Investigation Agraria, 38: 155-164.

Duffera, M. White, J.G. and Weisz, R. 2007. Spatial variability of Southeastern U,S. Coastal Plain soil physical properties: Implication for site-specific management. Geoderma, 137: 327-339.

Godwin, R.J. and Miller, P.C.H. 2003. A review of the technology for mapping within-field variability. Biosystem Engineering, 84: 393-407.

Grunwald, S. Reddy, K.R. Prenger, J.P. and Fisher, M.M. 2007. Modeling of the spatial variability of biogeochemical soil properties in a freshwater ecosystem. Ecological Modelling, 201: 521–535.

Heil, D. and Sposito, G. 1997. Chemical attributes and processes affecting soil quality. In: E.G. Gregorich and M.R. Carter (eds.), Soil quality for crop production and ecosystem health (PP. 59-81). Elsevier. New York.

Jeffrey, L.S. and Jonathan, J.H. 2011. Field scale studies on the spatial variability of soil quality indicators inwashington state, USA. Applied and Environmental Soil Science, doi:10.1155/2011/198737.

Karlen, D.L. Andrews, S.S. and Doran, J.W. 2001. Soil quality: current concept and application. Advances in Agronomy, 74: 1-40.

Khormali, F. Ajami, M. Ayoubi, S. Srinivasarao, Ch. and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. Agriculture Ecosystems and Environment, 134: 178-189.

Liu, X. Xu, J. Zhang, M. Si, B. and Zhao, K. 2008. Spatial variability of soil available Zn and Cu in paddy rice fields of China. Environmental Geology, 55: 1569-1576.

Liu, X.M. Xu, J.M. Zhang, M.k. and Yu, X.F. 2004. Application of geostatistics and GIS technique to characterize spatial variabilities of bioavailable micromutrients in paddy soils. Environmental geology, 46: 189-194.

Mohamed, M.Y. and Abdo, B.M. 2011. Spatial variability mapping of some soil properties in El-Multagha agricultural project (Sudan) using geographic information systems (GIS) techniques. Journal of Soil Science Environmental and Management, 2: 58-65.

Oyonarte, N.A. and Mateos, L. 2002. Accounting for soil variability in the evaluation of furro irrigation. *Transactions of the ASAE*, 45(6): 85-94.

Richter, D., Hofmockel, M. Callaham, M.A. Powlson, D.S. and Smith, P. 2007. Long-term soil experiments: Keys to managing earth's rapidly changing ecosystems. Soil Science of Society American Journal, 71: 266–279.

Su, W. Yimin, N. Xiaojio, H. and Xi Gang, Z. 2004. Study on spatial variability of soil nutrients in beima town of Shandong Province by using kriging method. Journal of Anhui Agricultural University, 31: 76-81.

Sun, B. Zhou, S. and Zhao, Q. 2009. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. Geoderma, 115: 85– 99.

Thomas, G.W. 1996. Soil PH and soil acidity. In: D.L. sparks (ed.), Methods of soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. No. 5 (PP475-490). ASA and SSSA, Madison, WI.

Tugel, A.J. Herrick, J.E. Brown, J.B. Mausbach, M.J. Puckett, W. and Hipple, K. 2005. Soil change, soil survey, and natural resources decision making: A blueprint for action. Soil Science of Society American Journal, 69: 738–747.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. L.A. Richards (ed.) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. 160 p. USDA Handb. 60, U.S. Govt. Print office, Washington DC.

van Leeuwen, J.P. Lehtinen, T. Lair, G.J. Bloem J., Hemerik, L. Ragnarsdóttir, K.V. Gísladóttir, G. Newton, J.S. and de Ruiter, P.C. 2015. An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. Soil science, 1: 83-101.

Veum, K.S. Goyne, K.W. Kremer, R.J. and Miles, R.J. 2013. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum. Biogeochemistry, doi:10.1007/s10533-013-9868-7.

Wakernagel, H. 2002. Multivariate geostatistics. Springer Press, 387 pp.

Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil survey. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.), Soil Spatial Variability (PP166-194). Wageningen, the Netherlands.

Wilding, L.P. and Lin, H. 2006. Advancing the frontiers of soil science towards geoscience. Geoderma, 131: 257–274.

Yang, F. Zhang, G. Yin, X. and Liu, Z. 2011. Field-scale spatial variation of saline-sodic soil and its relation with environmental factors in western Songnen plain of China. International Journal of Environmental Research, 8: 374-387.

Yasrebi, J. Sharifi, M. Fathi, H. Karimian, N. Emadi, M. and Baghernejad, M. 2008. Spatial variability of soil fertility properties for precision agriculture in southern Iran. Journal of Applied Sciences, 8(9): 1612-1650 .

Zare-Mehrjardi, M. Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Akbarzadeh, A. 2010. Evaluation of geostatistical techniques for mapping spatial distribution of soil pH, salinity and plant cover affected by environmental factors in Southern Iran. Notulae Scientia Biologicae, 2: 92–103

Zeng, D.H. Hu, Y.L. Chang, S.X. and Fan, Z.P. 2009. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (Pinus sylvestris var. Mongolica) in sandy lands in Keerqin, northeastern China. Plant and Soil, 317: 121–133.

Spatial variability of some chemical soil properties at wheat field in Pasargad plain

A. Karami[1*], V. A. Jahandideh Mahjan Abadi[2]
[1]Assistant professor of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran, [2]Ph.D. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
*ad.karami@areeo.ac.ir

Abstract

The objective of this study was to quantifying of spatial variability of some chemical soil properties. Thus a total of 60 site tests were conducted on a systematic squared grid pattern with 500*500 m. Soil properties including: EC, pH, CEC, and nitrogen were measured. The results showed that soil pH had lowest and EC had highest variation. There was significantly linear correlation between some studied characteristics. The best semi-variogram model for pH was exponential, for EC was Gaussian model, and for CEC and nitrogen was spherical model. The best interpolator for pH, EC, CEC, and nitrogen was kriging method. Amounts of soil pH was maximum in south of studied area, and its amounts decreased from south to north and west northern. Amounts of soil EC and nitrogen increased from south eastern to north western. Amounts of soil CEC increased from east to west, and its maximum amount was in south western of studied area.

Keywords: Geostatistic, Soil chemical properties variability, Soil quality