دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(فن آوری های نوین درعلوم خاک)

بررسی پراکنش مکانی عنصر روی در شرق استان مازندران

قباد جلالی، محمدجعفر ملکوتی، محمدمهدی طهرانی و وحیدرضا قاسمی دهکردی
دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس; ghobad.jalali@yahoo.com
استاد دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی; mjmalakouti@hotmail.com
عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک وآب; mtehrani2000@yahoo.com
عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک وآب; v_gh@yahoo.com

چکیده

اساس توسعه کشاورزی دقیق، علم به ویژگی‌های خاک در هر نقطه و اعمال مدیریت ویژه می‌باشد. بنابراین، آگاهی از ساختار وابستگی مکانی ویژگی‌های مختلف خاک و حد بحرانی عناصر غذایی در مزارع برای دستیابی به تولید بیشتر و مدیریت بهتر حائز اهمیت می‌باشد. زمین آمار یکی از روش‌هایی است که امروزه برای بررسی پراکنش مکانی متغیرهای خاک بکار می‌رود. در این تحقیق 188 نمونه خاک سطحی از شرق استان مازندران در سال 1387 جمع‌آوری و متغیرهای pH، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، روی و مس) قابل عصاره‌گیری با DTPA و بافت خاک اندازه‌گیری گردید. همبستگی مکانی مقادیر غلظت روی توسط واریوگرام مشخص و بهترین مدل برازش داده شده برای این متغیر مدل گوسی انتخاب شد. دامنه موثر برای این متغیر40 کیلومتر بدست آمد. با استفاده از روش‌های درون‌یابی،کریجینگ، وزن‌دهی عکس‌فاصله و اسپلاین درون‌یابی انجام و میزان دقت نقشه پراکنش این متغیر به کمک معیارهای آماری دقت (MAE)، انحراف (MBE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه گردید.

واژهای کلیدی: **تغییرپذیری خاک، روی، زمین آمار، کریجینگ شاخص، حد بحرانی، سویا**

مقدمه

برای تولید غذای یک جمعیت در حال رشد، بدون آسیب و تخریب محیط زیست، دانش عمیق‌تر از عوامل موثر در سیستم تولید مورد نیاز است. کمبود روی یکی از مهمترین و گسترده‌ترین کمبودهای عناصر غذایی کم‌مصرف در دنیا می باشد که سبب کاهش در تولیدات محصولات زراعی می‌گردد (Cakmak, 2008). این کمبود در خاک‌های زراعی دنیا مخصوصا آهکی عمومیت دارد (Malakouti, 2008). اطلاع از روشی که بتواند وضعیت این عنصر را قبل از کشت ارزیابی و مقدار مورد نیاز گیاه را تعیین کند ضروری است. از میان روش‌های مختلف ارزیابی حاصلخیزی خاک، آزمون خاک روشی متداول است که برای توصیه کودی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین راه‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک است. بدین منظور می‌توان با به‌کارگیری شیوه‌های رایج آزمایشگاهی، در کوتاه‌ترین مدت، غلظت عناصر مورد نظر را در خاک اندازه گرفت. اما انجام این امر به دلیل کمبود امکانات، زمان و هزینه‌های زیاد عملاً در سطوح محدودی صورت می‌گیرد. بنابراین مصرف کودهای شیمیایی در بسیاری موارد با دقت کمی انجام می‌شود که این امر باعث کاهش عملکرد (کمی و کیفی) محصولات، هدر رفت سرمایه، آلودگی محیط زیست و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌گردد (طهرانی و همکاران، 1386; ملکوتی و همکاران، 1387).

از سوی دیگر فهم تغییرات مکانی مزرعه و ارتباط آن با عملکرد محصول، مبنایی برای بهبود استفاده از نهاده‌ها، افزایش عملکرد محصول و مزایای اقتصادی و زیست محیطی را فراهم می‌کند (Virgilio *et al.*, 2007). همچنین مدیریت مزرعه بر اساس مجموعه‌ای از نقاط گسسته نمونه‌برداری، امکان پذیر نمی‌باشد و باید این داده‌ها در قالبی پیوسته از اطلاعات تبدیل گردند. بدین‌منظور، به کارگیری ابزارهای تجزیه و تحلیل و پردازش ریاضی و آماری، که توانایی به‌کارگیری هم‌زمان اطلاعات کمی و عددی متغیر مورد نظر و اطلاعات مربوط به موقعیت نسبی جغرافیایی داده‌ها را

دارند، ضروری است. مجموعه‌ی روش‌های آماری مربوط را آمار مکانی می‌نامند. این شاخه از علم آمار قادر به توصیف و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیر مورد نظر توسط واریوگرام، میان‌یابی و تخمین الگوی پراکنش مکانی متغیرها و تهیه نقشه‌های هم میزان از متغیرها است (محمدی، 1385). بنابراین هدف اصلی این پژوهش بررسی پراکنش مکانی روی در منطقه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 88-1387 در شرق استان مازندران انجام شد. به‌این منظور ابتدا پایگاه داده‌ای مکانی و توصیفی در محدوده مورد مطالعه ایجاد و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS لایه‌های اطلاعات مکانی (نقشه) و اطلاعات توصیفی (جداول) مانند محدوده اراضی، پستی و بلندی و غیره تهیه گردید. سپس شبکه‌بندی جهت تعیین موقعیت نمونه‌برداری در سیستم تصویر UTM ایجاد شد. با ورود مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری به دستگاه GPS و حضور در موقعیت یاد شده، 188 نمونه خاک سطحی جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک 2 میلیمتری عبور داده شدند و برای انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل (TNV) به روش راول (1996)، کربن آلی (OC) به روش اصلاح شده والکی و بلاک، pH در گل اشباع، فسفر (P) قابل جذب به روش اولسن و سامر، پتاسیم (K) قابل جذب به روش استات آمونیوم یک نرمال و عناصر ریزمغذی (آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn) و مس (Cu)) به روش DTPA اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل‌های آماری: بهترین مدل تئوری با استفاده از نیم‌تغییرنما[1] به داده‌ها برازش داده شد. نیم‌تغییرنما نموداری است که واریانس بین نقاط جدا از هم را به عنوان تابعی از فاصله جدا کننده آن‌ها رسم می کند (Yong *et al.*, 2005). از نرم افزار GS^+ (version 5.1) برای رسم نیم‌تغییرنما استفاده گردید. مدلی که دارای کمترین مجموع مربعات باقیمانده (RSS) و بیشترین ضریب تبیین (R^2) بود انتخاب شد (Robertson, 2008).

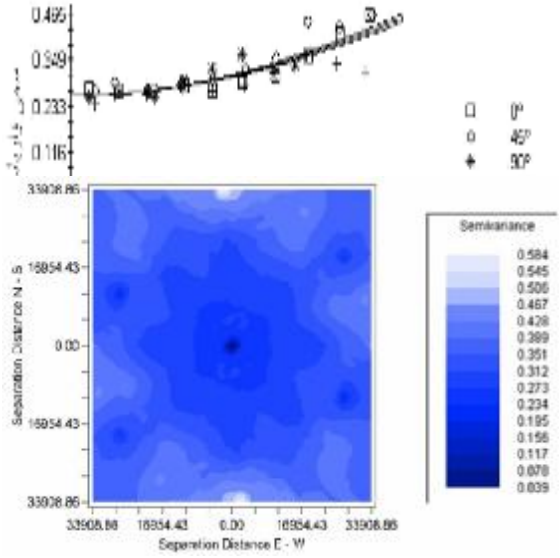
تهیه نقشه پراکنش: به‌منظور برآورد مقادیر متغیرهای خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش‌های وزن‌دهی عکس‌فاصله[2] (IDW)، اسپلاین[3] (RBF) و کریجینگ[4] استفاده گردید (Wu *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2004). نوع کریجینگ مورد استفاده در این مطالعهٔ کریجینگ معمولی[5] بود. برای تعیین اینکه کدام روش درون‌یابی توانسته تخمین دقیق‌تری ایجاد نماید، با استفاده از داده‌های نرمال شده و به کمک آماره‌های میانگین انحراف خطا[6] (MBE) ، میانگین قدرمطلق خطا[7] (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا[8] (RMSE) همچنین مقایسه نقشه‌های بدست آمده اقدام به مقایسه روش‌های درون‌یابی شد (محمدی، 1385). برای تهیه نقشه‌ها از نرم افزار ArcGIS (version 9.3) استفاده شد.

نتایج و بحث

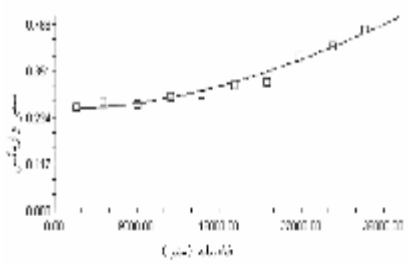
محاسبه و برازش مدل به نیم‌تغییرنما: به‌منظور بررسی وجود همسان‌گردی و ناهمسان‌گردی از دو روش رسم نیم‌تغییرنما در چهار جهت اصلی و رسم واریوگرام رویه‌ای[9] استفاده گردید. در حالت همسان‌گردی، تغییرات در جهات مختلف مشابه و نسبت ناهمسان‌گردی برابر یک است (Trangmar *et al.*, 1985). روی در تمام جهات همسان‌گرد

1. Semivariogram
2. Inverse Distance Weighting
3. Radial Basis Functions
4. Kriging
5. Ordinary Kriging
6. Mean Bias Error
7. Mean Absolute Error
8. Root Mean Square Error
9. Surface variogram

بود (شکل 1 و 2). محمد زمانی و همکاران (1386) و رفیع‌الحسینی و محمدی (1380) نیز در مطالعات جداگانه‌ای همسان‌گردی خصوصیات خاک را گزارش نموده‌اند.



شکل 2- واریوگرام رویه‌ای روی



شکل 3- نیم‌تغییرنمای تجربی به همراه مدل نظری برازش داده شده

با توجه به همسان‌گرد بودن متغیر روی، نیم‌تغییرنما تجربی همه‌جهته آن تهیه و مدل مناسب برازش داده شد (شکل 3). در این مطالعه بهترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنما مدل گوسی بود. همچنین دامنه موثر برای این متغیر 40 کیلومتر بدست آمد. جدول 1 پارامترهای مدل برازش شده بر نیم‌تغییرنما را نشان می‌دهد. شکل مدل تحت تاثیر فرآیندهای اثر گذار بر رفتار متغیر است (Wu *et al.*, 2008). روی دارای وابستگی مکانی قوی در منطقه مورد مطالعه بود. این حالت بیان‌گر این‌است که عوامل ذاتی چون مواد مادری، تاثیر بیشتری بر تغییرپذیری این ویژگی در منطقهٔ مورد مطالعه دارند (Zhang *et al.*, 2008).

جدول 1- پارامترهای مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنما

متغیر	مدل	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C)	دامنه‌موثر (Km)	$C/C+C_0$	R^2	RSS
روی	گوسی	0/25	1/44	40	0/82	0/97	$1/16 \times 10^{-3}$

فاصله نمونه‌برداری انتخاب شده (دو کیلومتر) به خوبی توانست ساختار مکانی و تغییرپذیری مکانی این عنصر را نشان دهد، (حتی برای صرفه‌جویی در نمونه‌برداری می‌توان از فاصله 4 کیلومتر استفاده کرد). Shi و همکاران (2008) نیز از فاصله نمونه‌برداری دو کیلومتر در بررسی پراکنش مکانی عناصر کم‌مصرف در منطقه‌ای در چین، استفاده نمودند. Liu

و همکاران (2008) در بررسی تغییرپذیری مکانی دو عنصر مس و روی، از فاصله نمونه‌برداری پنج کیلومتر استفاده نمودند.

توزیع مکانی: در جدول 2 مناسب‌ترین تخمین‌گر جهت برآورد مقدار روی در نقاط نمونه‌برداری نشده آورده شده است. مقایسه مقدار آماره‌ها در سه روش نشان داد، که روش OK نسبت به دو روش دیگر دقت بهتری دارد، همچنین مقایسه نقشه‌های بدست آمده با هر سه روش این مورد را تصدیق کرد. در شکل 4 نقشه پراکنش مکانی روی، با سه روش OK، IDW و RBF گنجانده شده است. غلظت روی در بیشتر مناطق شمال، مرکز و شرق (مناطق کم‌رنگ نقشه) کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. به‌غیر از مناطق حاشیه‌ای که تعداد نمونه در آن مناطق کم بوده، دقت نقشه خطای تخمین خوب بود (شکل 5).

جدول 2- مناسب‌ترین تخمین‌گر جهت برآورد مقدار روی در نقاط مختلف نمونه‌برداری نشده

روش عکس فاصله (IDW)			روش اسپلاین (RBF)			روش کریجینگ معمولی (OK)		
MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE	RMSE
-0/008	0/44	0/54	0/001	0/49	0/62	0/002	0/43	0/54

شکل 4- نقشه پراکنش Zn با سه روش OK، IDW و RBF به‌ترتیب از راست به چپ

شکل 5- نقشه خطا با روش OK

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که برای مجموعه داده‌های با تعداد مناسب و کافی، کریجینگ نسبت به روش‌های IDW و RBF تخمین بهتری داشت. انتخاب فاصله نمونه‌برداری دو کیلومتر برای عنصر روی مناسب بود.

منابع

1- طهرانی، م.م.، م.ح. داودی و ف. مشیری. 1386. طرح تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی زراعی تحت کشت آبی کشور (فاز اول). موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

2- رفیع الحسینی، م. و ج. محمدی. 1380. تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت زراعی دقیق. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد دانشکده کشاورزی، صفحه 178-180.

3- محمدزمانی، س.، ش.ا. ایوبی و ف. خرمالی. 1386. بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنکلاته. استان گلستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره چهلم (الف)، صفحه 91-71.

4- محمدی، ج. 1385. پدومتری 2 (آمار مکانی)، انتشارات پلک. 453 صفحه. تهران، ایران.

5- ملکوتی، م.ج.، پ. کشاورز و ن. کریمیان. 1387. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات مرکز نشر دانشگاه تربیت مدرس، شماره 102. 755 صفحه. تهران، ایران.
6- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil, 302: 1-17.
7- Liu, X., J. Xu, M. Zhang, B. Si and K. Zhao. 2008. Spatial variability of soil available Zn and Cu in paddy rice fields of China. J. Environ. Geolog., 55: 1569-1576
8- Liu, X.M., J.M. Xu, M.k. Zhang and X.F. Yu. 2004. Application of Geostatistics and GIS technique to characterize spatial variabilities of bioavailable micronutrients in paddy soils. J. Environ. Geolog., 46: 189-194
9- Malakouti, M.J. 2008. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. Turk J. Agric., 32: 215-220.
10- Robertson, G.P. 2008. Geostatistics for the environmental science (GS+) Gamma design software. Plainwell, Michigan, USA pp 256.
11- Shi, J., J. Xu and P. Huang. 2008. Spatial variability of status of micronutrients in selected soils around Taihu Lake, China. J. Soil Sediments. 8: 415-423.
12- Trangmar, B.B., R.S. Yost and G. Uehara. 1985. Application of Geostatistics to spatial studies of soil properties. J. Adva. Agron., 38: 45-94.
13- Virgilio, N.D., A. Monti and G. Venturi. 2007. Spatial variability of switch grass (Panicum virgatum L.) yield as related to soil parameters in a small field. Field Crops Rese. 101: 232–239.
14- Wu, C., L. Zhang. 2009. Heavy metal concentrations and their possible source in paddy soils of a modern agricultural zone, southeastern China. J. Environ. Earth Sci., 79 (2): 80-91.
15- Wu, W., D.T. Xiu and H.B. Liu. 2008. Spatial variability of soil heavy metals in the three gorges area, Multivariate and Geostatistical analysis. J. Environ Moint Assess 157 (1):63-71.
16- Yong, J., L. Wenju, W. wen and Z. Yuge. 2005. Spatial heterogeneity of DTPA- extractable zinc in cultivated soils induced by city pollution and land use. Science in China Ser. life Science. 48: 82-91.
17- Zhang, X., F. Lin, Y. Jiang, K. Wang and X.L. Feng. 2008. Variability of total and available copper concentrations in relation to land use and soil properties in Yangtz river deltabof China. J. Environ. Moint. Assess. 4: 48-56.