



گزارش کوتاه علمی

ارزیابی روش‌های درونیابی جهت تعیین پراکندگی برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در اراضی کشاورزی استان گلستان

سهراب صادقی^۱، * حسین کاظمی^۲، زین‌العابدین طهماسبی سروستانی^۳،
بهنام کامکار^۴ و شعبان شتایی^۵

^۱ عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی مرکز آموزش جهاد کشاورزی فارس، شیراز، ایران،
^۲ استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار
گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۲۴

چکیده

در این پژوهش با استفاده از روش‌های مختلف درونیابی شامل کریجینگ، فاصله معکوس وزن‌دار، توابع پایه شعاعی و چندجمله‌ای موضعی، تغییرات مکانی مقادیر عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و مس در اراضی کشاورزی استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور بالغ بر ۵۰۵ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری در سال ۱۳۸۷ از منطقه تهیه شد و مقادیر این عناصر اندازه‌گیری گردید. معیار ارزیابی در این پژوهش، میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و ریشه میانگین مربعات خطا با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل بود. نتایج به دست آمده نشان داد روش‌های چندریعی معکوس و کریجینگ بهترین الگوها برای تخمین آهن و منگنز در منطقه می‌باشند. همچنین روش‌های کریجینگ و چندجمله‌ای موضعی درجه ۳ به ترتیب مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین الگو برای تخمین مقادیر مس شناخته شدند. روش فاصله معکوس وزن‌دار با توان درجه ۱، بیش‌ترین دقت (MAE برابر با ۰/۳۰۴ و MBE برابر با ۰/۰۰۲) را در برآورد عنصر روی در این منطقه دارا بود. تجزیه و تحلیل نیم‌تغییرنماها نشان داد که منگنز و مس بهترین برازش را با مدل کروی دارند. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که غلظت این عناصر در نواحی شمالی و شرقی استان کم‌تر از سایر مناطق است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌آمار، کریجینگ، تغییرات مکانی، پهنه‌بندی

* مسئول مکاتبه: hossein_k_p@yahoo.com

مقدمه

تغییرات مکانی در ویژگی‌های خاک امری معمول است، ولی شناخت این تغییرات به‌ویژه در اراضی کشاورزی برای برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت امری اجتناب‌ناپذیر است. آگاهی از این مسأله برای بهبود در سودآوری و نیل به بهره‌برداری پایدار ضرورت دارد (ایوبی و همکاران، ۲۰۰۷). زمین آمار شاخه‌ای است از آمار که در آن مختصات داده‌های مربوط به جامعه تحت بررسی و به‌تبع آن ساختار فضایی داده‌های مربوطه، مورد مطالعه قرار می‌گیرد (حسنی‌پاک، ۲۰۰۶). ابزاری که همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را جستجو می‌نماید، نیم‌تغییرنما می‌باشد که نمودار واریانس بر مبنای فاصله بین نمونه‌هاست (ویستر و الیور، ۲۰۰۰). برای تخمین مکانی نیتروژن کل خاک به کمک ماده آلی در بخشی از اراضی سرخ‌نکلاته استان گلستان از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و کریجینگ- رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد با توجه به حداقل بودن مقادیر خطای تخمین و میانگین مجذور خطاها در روش رگرسیون- کریجینگ نسبت به دو روش دیگر، این روش حداکثر دقت را برای تخمین نیتروژن کل به کمک داده‌های ماده آلی داراست (ایوبی و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه لیو و همکاران (۲۰۰۷) از مدل کروی برای برآزش نیم‌تغییرنمای برخی عناصر کم‌مصرف و سنگین خاک استفاده شد. برای اعمال مدیریت کودی صحیح لازم است تا از میزان عناصر غذایی خاک برای حصول عملکرد بهتر، اطلاع کاملی داشت. ناآگاهی از تغییرات خاک در نقاط مختلف و کاربرد یکنواخت کودها، سبب می‌شود که برخی خاک‌ها کود بیش‌تر و برخی کم‌تر از حد نیاز خود کود دریافت کنند (سکوتی‌اسکویی و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به نقش مؤثر عناصر کم‌مصرف آهن، روی، مس و منگنز در تولید محصولات کشاورزی، هدف این پژوهش بررسی تغییرات مکانی عناصر کم‌مصرف در محدوده اراضی کشاورزی استان گلستان براساس روش‌های درون‌یابی است تا به یک الگوی صحیح درون‌یابی دست یافته و از آن الگو برای تهیه نقشه پهنه‌بندی این عناصر با هدف مدیریت زراعی تولید محصولات کشاورزی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری: استان گلستان حدود ۲۱۵۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. این استان در مختصات بین ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد. به‌منظور تهیه نقشه‌های رقومی ویژگی‌های خاک اراضی کشاورزی، اطلاعات و داده‌های خام بالغ بر ۵۰۵ نقطه از استان، از بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر به‌وسیله مته (اوگر) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری عناصر آهن، مس، روی و منگنز از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (Atomic Absorption Spectrophotometer) و عصاره‌گیر DTPA استفاده شد. نمونه‌برداری از این نقاط در محدوده اراضی کشاورزی استان و از اواخر تابستان و تا قبل از کشت پاییزه انجام شده است.

روش‌های درون‌یابی: در یک تقسیم‌بندی کلی، روش‌های درون‌یابی به روش‌های زمین‌آماری و کلاسیک تقسیم می‌گردند. روش‌های کلاسیک روش‌هایی هستند که از آمار کلاسیک برای تخمین استفاده می‌کنند، در صورتی که در روش‌های زمین‌آماری، تخمین براساس ساختار مکانی موجود در محیط صورت می‌گیرد. از روش‌های زمین‌آماری می‌توان به انواع کریجینگ و کوکریجینگ اشاره کرد. همچنین روش‌های درون‌یابی براساس تعداد نقاط شرکت‌کننده در درون‌یابی به دو دسته درون‌یابی سراسری و ناحیه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند. در این آزمایش از تابع نیم‌تغییرنما (مدل‌های کروی، نمایی و گوسی) برای نشان دادن تغییرات یک عامل با در نظر گرفتن فاصله استفاده شد.

کریجینگ: کریجینگ یک روش برآورد زمین‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار استوار است. به‌طوری‌که می‌توان گفت که این روش بهترین برآوردکننده خطی نارایب می‌باشد. ویژگی کریجینگ در آن است که در عین نارایب بودن، واریانس تخمین نیز در کم‌ترین مقدار می‌باشد (حسنی‌پاک، ۲۰۰۶). در این پژوهش از روش کریجینگ معمولی با مدل‌های نیم‌تغییرنما کروی، گوسی و نمایی استفاده شد.

چندجمله‌ای موضعی: این روش حداقل مجذورات متناسب را بین نقطه‌های شناسایی شده در محدوده بیضوی شکل، به‌عنوان وزن نقطه تخصیص می‌دهد. در این روش براساس ضریب تخصیص داده شده، با به‌دست آوردن رابطه درجه اول، دوم و یا سوم بین مقادیر x ، y و z و حداقل‌سازی اطلاعات محاسبه شده، درونیابی صورت می‌گیرد (روپرت، ۱۹۹۶).

تابع پایه شعاعی: از جمله روش‌های درونیابی است که در آن سطح تخمین از مقادیر مشاهده‌ای عبور می‌کند. از خصوصیات این روش این است که مقادیر بیش‌تر از حداکثر مشاهده‌ای و یا کم‌تر از حداقل مشاهده‌ای در سطح تخمین وجود دارد (کارسون و فولی، ۱۹۹۱). توابعی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت عبارتند از: چندربعی معکوس، چندربعی و نواری کم‌ضخامت.

فاصله معکوس وزن‌دار: در این روش برای هر کدام از نقاط اندازه‌گیری شده، براساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول وزن مشخصی در نظر گرفته می‌شود. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به‌طوری‌که توان‌های بزرگ‌تر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به‌طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند.

معیار اعتبارسنجی: در این پژوهش از روش اعتبارسنجی متقابل (تقاطع‌ی) برای برآزش نکویی روش‌های میان‌یابی استفاده شد. این روش بر این اساس استوار است که به‌ترتیب یکی از نقاط از درونیابی کنار گذاشته شده و با بقیه نقاط درونیابی انجام می‌شود و مقدار خطای برآورد برای نقطه کنار گذاشته شده، محاسبه می‌شود، سپس با جای‌گذاری برای تمامی نقاط این کار انجام می‌شود. در نهایت دقت هر روش با توجه به معیارهای آماری میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و خطای برآورد (RMSE) محاسبه می‌گردد. در این پژوهش از نرم‌افزارهای GS^+ نسخه ۵/۱ برای برآزش نیم‌تغییرنما و ArcGIS نسخه ۹/۳ برای اجرای مدل‌ها و ترسیم نقشه استفاده شد.

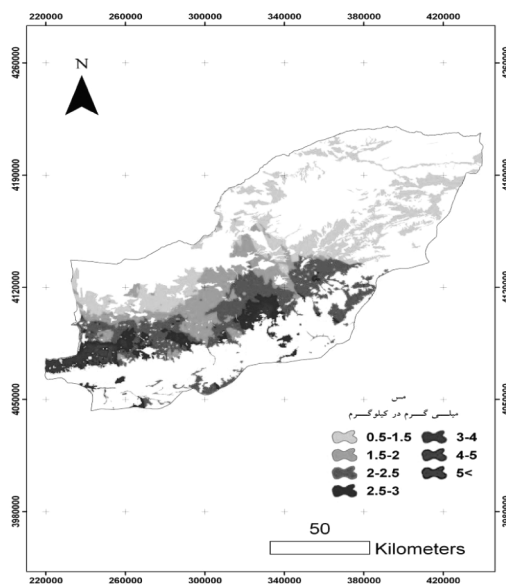
نتایج و بحث

برآورد عنصر مس: نتایج ارزیابی روش‌های مختلف زمین‌آماری نشان داد که به‌ترتیب کریجینگ (مدل کروی) و فاصله معکوس وزن‌دار با توان ۱ دارای اولویت برای تخمین میزان مس در اراضی کشاورزی استان گلستان می‌باشند. نتایج نشان داد که روش‌های چندجمله‌ای موضعی درجه ۳ و نواری کم‌ضخامت دارای بیش‌ترین میزان خطا و کم‌ترین دقت بودند (جدول ۱).

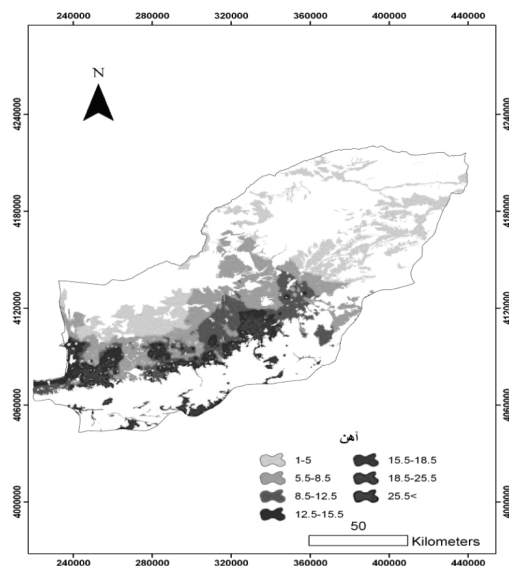
سهراب صادقی و همکاران

جدول ۱- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آماری در تخمین عنصر مس در اراضی کشاورزی استان گلستان.

روش	مدل	MAE	MBE (میلی‌گرم در کیلوگرم)	RMSE
کریجینگ	کروی	۰/۸۲۱	۰/۰۱۴	۱/۱۷۸
	نمایی	۰/۸۵۸	۰/۰۲۹	۱/۲۰۹
	گوسی	۰/۸۹۵	۰/۰۲۰	۱/۲۶۰
تابع پایه شعاعی	چندریعی	۰/۸۹۱	۰/۰۰۶	۱/۲۴۰
	چندریعی معکوس	۰/۸۲۹	۰/۰۴۰	۱/۱۴۰
	نواری کم‌ضخامت	۱/۰۷۷	۰/۰۳۰	۱/۴۵۰
چندجمله‌ای موضعی	درجه ۱	۰/۸۴۴	-۰/۰۱۵	۱/۱۷۵
	درجه ۲	۰/۹۳۹	۰/۰۱۱	۱/۳۰۷
	درجه ۳	۱/۲۴۰	-۰/۱۱۵	۲/۰۳۵
فاصله معکوس وزن‌دار	توان ۱	۰/۸۳۰	۰/۰۳۴	۱/۱۵۱
	توان ۲	۰/۸۴۹	۰/۰۲۷	۱/۹۵۱
	توان ۳	۰/۸۷۹	۰/۰۲۶	۱/۲۵۵



شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی عنصر مس با روش کریجینگ (براساس سیستم مختصات UTM).



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی عنصر آهن با روش چندربعی معکوس (براساس سیستم مختصات UTM).

قسمت عمده‌ای از اراضی کشاورزی استان در محدوده مقدار ۰/۵-۵/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم مقدار مس قرار گرفتند. بالاترین مقدار این عنصر در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان مشاهده شد (شکل ۱). مناطق شمالی و شرقی استان دارای کم‌ترین مقدار مس بودند. برای بررسی وجود یا نبود وابستگی مکانی عنصر مس در محدوده زمین‌های کشاورزی استان گلستان پس از برازش چندین مدل نیم‌تغییرنما، مدل کروی به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برگزیده شد. این مدل در مطالعات زیست‌محیطی بیش‌ترین کاربرد را داراست، به‌طوری‌که لیو و همکاران (۲۰۰۷) نیز از مدل کروی برای برازش نیم‌تغییرنمای مس استفاده کردند.

برآورد عنصر آهن: نتایج نشان داد که در بین روش‌های به‌کار رفته برای تخمین و پهنه‌بندی این عنصر در محدوده اراضی کشاورزی منطقه مورد نظر، به‌ترتیب روش‌های چندربعی معکوس، کریجینگ بهترین الگو را نشان دادند. روش نواری کم‌ضخامت نامناسب‌ترین الگو را ارایه داد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آماری در تخمین عنصر آهن در اراضی کشاورزی گلستان.

روش	مدل	MAE	MBE	RMSE
			(میلی‌گرم در کیلوگرم)	
کریجینگ	کروی	۵/۲۱۴	۰/۲۹۷	۷/۲۵۶
	نمایی	۵/۱۷۶	۰/۲۰۲	۷/۰۹۴
	گوسی	۵/۴۸۰	۰/۴۹۹	۷/۸۶۶
توابع پایه شعاعی	چندریعی	۵/۲۹۶	۰/۱۴۵	۷/۳۹۰
	چندریعی معکوس	۵/۰۹۰	۰/۰۷۸	۶/۹۱۸
	نواری کم‌ضخامت	۶/۲۱۳	۰/۲۲۱	۸/۶۴۹
چندجمله‌ای موضعی	درجه ۱	۵/۶۴۲	-۰/۰۰۲	۷/۳۳۵
	درجه ۲	۵/۴۴۹	-۰/۰۰۲	۷/۲۲۵
	درجه ۳	۵/۳۳۵	۰/۰۰۶	۷/۱۹۰
فاصله معکوس وزن‌دار	توان ۱	۵/۲۲۴	۰/۱۶۹	۷/۰۷۸
	توان ۲	۵/۲۳۴	۰/۲۷۶	۷/۱۶۴
	توان ۳	۵/۳۳۳	۰/۳۸۵	۷/۴۰۵

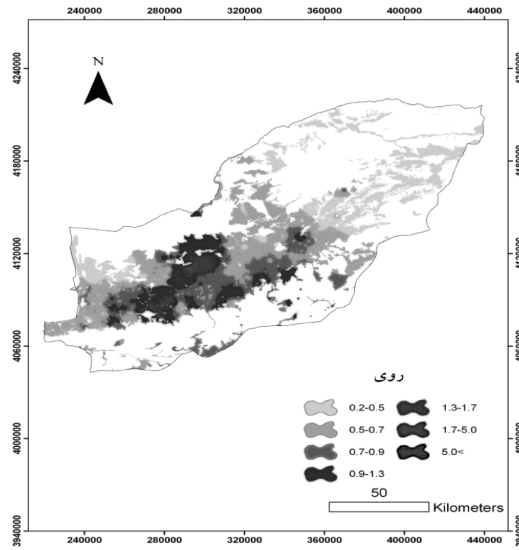
نتایج میان‌یابی این عنصر در شکل ۲ نشان داده است. براساس این پهنه‌بندی، در اراضی کشاورزی شمال و شمال‌شرقی استان به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک، تجمع این عنصر در خاک کم‌تر است. مناطق جنوبی و میانی اراضی استان از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند. کلروز ناشی از کمبود آهن تقریباً در تمامی درختان و بیش‌تر زراعت‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است. مهم‌ترین عاملی که موجب کمبود آهن می‌شود زیادهای بی‌کربنات در محلول خاک است. بی‌کربنات خاصیت بافری داشته و با جلوگیری از کاهش pH در اطراف ریشه از حلالیت ترکیبات آهن‌دار و قابلیت جذب آهن می‌کاهد. دمای بالای خاک، فشردگی خاک، آبیاری کرتی و آبیاری بیش از حد با آب بی‌کربنات در دوره‌های طولانی در این امر تأثیرگذارند (ضیائی‌ان، ۲۰۰۳).

برآورد عنصر روی: از روش فاصله معکوس وزن‌دار با توان ۱ به دلیل داشتن دقت بیشتر، برای میان‌یابی این عنصر استفاده شد (جدول ۳). نقشه پهنه‌بندی این عنصر در ۵ طبقه در شکل ۳

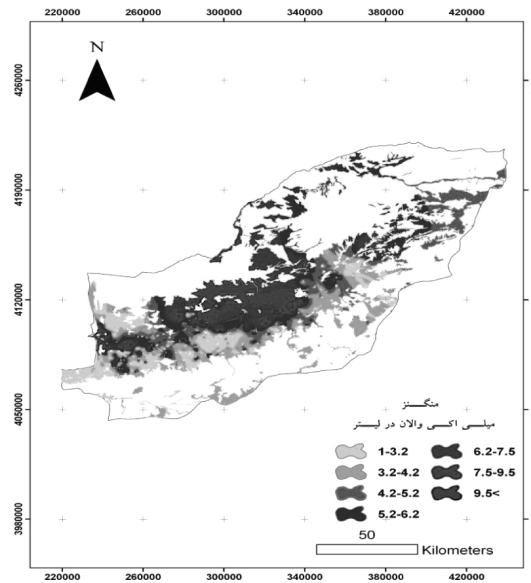
نشان داده شده است. نتایج پهنه‌بندی این عنصر نشان داد که محدوده وسیعی از اراضی استان دارای مقدار ناچیزی از عنصر روی می‌باشند. کم‌ترین مقدار روی در اراضی شمال و شمال‌شرقی مشاهده شد. دلیل اصلی این کمبود وجود خاک‌های آهکی با pH بالا، کاربرد بالای کودهای فسفاتی، مقادیر بالای بی‌کربنات‌ها در آب آبیاری و کمبود کود روی می‌باشد. گزارشی در این زمینه نشان می‌دهد که نه تنها این استان بلکه در بیش‌تر از ۶۰ درصد خاک‌های ایران کمبود روی وجود دارد که باعث کاهش ۵۰ درصدی متوسط عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (آلووی، ۲۰۰۴).

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آماری در تخمین عنصر روی در اراضی کشاورزی استان گلستان.

روش	مدل	MAE	MBE	RMSE
		(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
کریچینگ	کروی	۰/۳۱۶	-۰/۰۰۲	۰/۴۶۷
	نمایی	۰/۳۱۱	-۰/۰۰۱	۰/۴۶۰
	گوسی	۰/۳۲۳	-۰/۰۰۳	۰/۴۸۱
توابع پایه شعاعی	چندریعی	۰/۳۲۷	۰/۶۰۷	۰/۴۹۲
	چندریعی معکوس	۰/۳۰۵	۰/۰۰۸	۰/۴۴۱
	نواری کم‌ضخامت	۰/۳۸۷	۰/۰۰۴	۰/۵۸۰
چندجمله‌ای موضعی	درجه ۱	۰/۳۰۵	-۰/۰۰۵	۰/۴۳۹
	درجه ۲	۰/۳۴۶	-۰/۰۰۸	۰/۴۹۰
	درجه ۳	۰/۵۵۶	-۰/۰۵۴	۱/۱۲۶
فاصله معکوس وزن‌دار	توان ۱	۰/۳۰۴	۰/۰۰۲	۰/۴۴۰
	توان ۲	۰/۳۱۰	۰/۰۰۱	۰/۴۵۶
	توان ۳	۰/۳۲۳	۰/۰۰۲	۰/۴۸۵



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی عنصر روى با روش فاصله معکوس وزن‌دار (براساس سیستم مختصات UTM).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی مگنيز با روش چندرئى معکوس (براساس سیستم مختصات UTM).

برآورد عنصر منگنز: نتایج نشان داد که روش چندربعی معکوس و کریجینگ (با مدل کروی) برای میان‌یابی منگنز در اولویت قرار دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاهی اوقات به دلیل همبستگی مکانی پایین عامل مورد بررسی، روش کریجینگ دقت قابل‌قبولی را در برآورد آن عامل نشان نمی‌دهد. براساس شکل ۴ در مناطقی از شمال استان، در محدوده شهرستان‌های بندرترکمن و گنبدکاووس بیش‌ترین مقدار منگنز در خاک مشاهده شد و سایر نقاط شامل مقدار اندکی از این عنصر بودند. خاک‌های آهکی، خاک‌های با pH بالا (به‌طور عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک) و به‌خصوص خاک‌های با تهویه ضعیف و ماده آلی زیاد، به‌طور عمده با مشکل کمبود منگنز مواجه هستند. مواد مادری نیز نقش مهمی در فراهمی منگنز دارند. در خاک‌هایی که از شیل‌های کریستالی و سنگ‌های آذرین اسیدی منشأ گرفته‌اند مقدار منگنز بومی کم است اما خاک‌های منشأ گرفته از بازالت، سنگ آهک و شیل‌های به‌دست آمده از رس بیش‌ترین مقدار منگنز را دارند. با افزایش رس مقدار منگنز خاک افزایش می‌یابد (ضیایان، ۲۰۰۳).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش مشاهده شد که نامناسب‌ترین الگو برای برآورد این عناصر کم‌مصرف از روش‌های نواری کم‌ضخامت و چندربعی معکوس حاصل می‌شود. نتایج پهنه‌بندی‌ها نشان داد که محدوده وسیعی از اراضی استان دارای مقدار ناچیزی از عنصر روی می‌باشد و در اراضی کشاورزی شمال و شمال‌شرقی استان، تجمع ناچیزی از عناصر آهن و مس در خاک مشاهده شد. جمع‌بندی نتایج به‌دست آمده از تجزیه نیم‌تغییرنماها در این پژوهش نشان داد که مدل کروی، بهترین مدل برای برآورد نیم‌تغییرنمای مس و منگنز و مدل نمایی نیم‌تغییرنمای مناسبی برای عناصر آهن و روی می‌باشد. به‌طور کلی روش مناسب زمین‌آماری در برآورد یک متغیر، به نوع متغیر و عوامل منطقه‌ای و اقلیمی تأثیرگذار بر آن بستگی دارد و نمی‌توان روش منتخب در یک منطقه را به سایر مناطق تعمیم داد.

منابع

1. Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association (IZA), Belgium. 128p.
2. Ayoubi, Sh., Mohamad Zamani, S., and Khormali, F. 2007. Prediction total N by organic matter content using some geostatistic approaches in part of farm land of Sorkhankalateh, Golestan province. J. Agri. Sci. Natur. Resour. 14: 4. 23-33. (In Persian)

3. Carlson, R.E., and Foley, T.A. 1991. The parameter R in multiquadric interpolation. *Com. Math. App.* 21: 29-42.
4. Hasani Pak, A. 2006. *Geostatistic*. University Tehran Press. 314p. (In Persian)
5. Liu, X.M., Xu, J.M., Zhang, M.K., Huang, J.H., Shi, J.C., and Yu, X.F. 2004. Application of geostatistics and GIS technique to characterize spatial variabilities of bioavailable micronutrients in paddy soils. *Environ. Geo.* 46: 189-194.
6. Liu, X.M., Xu, J.M., Zhang, M., Si, B., and Zhao, K. 2007. Spatial variability of soil available Zn and Cu in paddy rice fields of China. *Environ. Geo.* 55: 1569-1576.
7. Ruppert, D. 1996. *Local polynomial regression and its applications in environmental statistics*. School of Operations Research and Industrial Engineering, Cornell University, New York.
8. Sokooti Oskooei, R., Mahdian, M.H., Mahmmoodi, Sh., and Masih Abadi, M.H. 2007. Evaluation of spatial variation of main nutrition elements for fertilizer management in soil, Case study: Uroomiyeh plain. *Proceeding of 2th Iranian Agroecology Conference*, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resource. 12-14 Oct. (In Persian)
9. Webster, R., and Oliver, M.A. 2000. *Geostatistics for Environmental Scientists*. Wiley Press, 271p.
10. Zeyaiian, A. 2003. *Using of Microelements in Agriculture*. Jihad Agriculture Ministry Press, 207p. (In Persian)



Short Technical Report

Evaluation of different interpolation methods for determination of spatial variability of micronutrients in agricultural lands of Golestan province some

S. Sadeghi¹, *H. Kazemi², Z. Tahmasebi Sarvestani³,
B. Kamkar⁴ and Sh. Shataei⁵

¹Institute of Applied Scientific Higher Education of Jihad-e-Agriculture, Education Center of Fars Jihad-e-Agriculture, Shiraz, Iran, ²Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Dept. of Agronomy, Tarbiat Modares University, ⁴Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁵Associate Prof., Dept. of Forest, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 10/02/2012; Accepted: 07/15/2013

Abstract

In this research, the spatial distribution of Fe, Cu, Zn and Mn on agricultural lands of Golestan province was evaluated using different interpolation methods such as, Kriging, Inverse Distance Weighted (IDW), Local Polynomial and Radial Basis Function. Thus, 505 soil samples were collected from fields during 2008 and micronutrients rates were measured for each sample. The performance criteria for evaluation of the used method were Mean Absolute Error (MAE), Mean Bias Error (MBE) and Root Mean Square Error (RMSE) with the Cross Validation method. The results showed that Inverse Multiquadric and Kriging (Exponential and Spherical models) were the best methods to estimate Fe and Mn. Kriging and Local Polynomial were also found as the most suitable and unsuitable methods for estimating Cu, respectively. Inverse Distance Weighted method with power one, had the highest precision (MAE=0.304 and MBE=0.002) for estimation of zinc rate in this area. Semivariogram analysis indicated that Mn and Cu were best fitted to a spherical model. Result of zoning showed that amounts of these elements were lower in north and east regions of province.

Keywords: Geostatistic, Kriging, Spatial distribution, Zoning

* Corresponding Authors; Email: hossein_k_p@yahoo.com