محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی، مطالعه موردی مسیر زابل به زاهدان

ولی بهنام*[۱]، احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[۲]، محمد رحمانیان[۳] ابوالفضل بامری[۴]، احمد یارمحمدیان مقدم[۵]

۱–دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک

۲-استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی

۴- عضو هیت علمی دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه لرستان. دانشکده کشاورزی

چکیده

ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC) یکی از مهمترین ویژگی‌های خاک در ارتباط با مواد غذایی، نگهداری آب در خاک و همچنین مدیریت آلودگی خاک می باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی در مسیر زابل به زاهدان انجام شد. به این منظور تعداد ۲۵۲ نمونه خاک به صورت سیستماتیک و منظم از منطقه مورد نظر تهیه شد و پارامترهای کربن آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار شن، رس و سیلت خاک اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی روش‌های زمین‌آمار(کریجینگ، کوکریجینگ و وزن دهی معکوس) از میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا به روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. میانگین درصد رس، سیلت و شن به ترتیب برابر است با ۱۵/۷۸، ۲۶/۹۵ و ۵۷/۲۶. میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه مورد نظر۶/۸۶سانتی‌مول بر کیلوگرم و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۱/۴۱ و ۲۰/۵۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم است. نتایج نشان داد که مدل خطی مدلی مناسبی برای نیم تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی است. فاصله تاثیر این نیم تغییرنما ۷۴۱۷۷ متر، اثر قطعه‌ای برابر۰/۲۳۶ و حد آستانه برابر ۰/۲۳ درصد می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد، روش کریجینگ از خطای کمتری نسبت به دو روش دیگر برخوردار است.

کلمات کلیدی: ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییرات مکانی، روش کریجینگ

مقدمه

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شاخصی مهم در حاصلخیزی خاک و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و ظرفیت حفاظت آب‌های زیرزمینی از آلاینده‌های فلزی و تثبیت فلزات سنگین و ممانعت از جذب آنها توسط گیاه است(Keshavarzil و همکاران۲۰۱۲) مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بسته به نوع و شرایط خاک متغیر است. رس‌ها و مواد آلی خاک به علت دارا بودن سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی دارند و با افزایش مقدار رس و مواد آلی خاک مقدار طرفیت تبادل کاتیونی آن افزایش می‌یابد(Mirkhani و همکاران ۲۰۰۵) بدیهی است ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شاخصی مهم از کیفیت خاک و پتانسیل آلاینده‌ها در محیط زیست است (Tang و همکاران ۲۰۰۹). نوربخش و همکاران (۲۰۰۳) طی پژوهشی بر روی خاک‌های با افق‌های مختلف، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را با استفاده از درصد اندازه ذرات، درصد مواد آلی و واکنش خاک(pH) برآورد نمودند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) نیز رابطه بین ظرفیت تبادل کاتیونی با مقدار رس و ماده آلی خاک را در منطقه اصفهان بررسی کردند. در تحقیقی دیگر در دانمارک برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیرهای مستقل مقدار رس، سیلت، مواد آلی و pH خاک استفاده گردید(Krogh و همکاران۲۰۰۰). در دهه‌های اخیر، با پیشرفت نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای کامپیوتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پردازش و مدل‌سازی داده‌های مکانی افزایش یافته است. زمین‌آمار روشی مناسب برای توصیف متغیرهای منطقه‌ای با ملاحظه پیچیدگی‌های آمار مکانی ارائه می‌کند. در زمین آمار می‌توان یک رابطه را بین ارزش‌های کمی در جامعه نمونه، فواصل، و جهت مکانی نمونه هادر ارتباط با یکدیگر توسعه داد. بنابراین، زمین آمار، روشی است که خصوصیات خاک را در نقاط نمونه برداری نشده، با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده مجاور، برآورد می‌کند(Asadzadeh و همکاران۲۰۱۲) . این تحقیق با هدف

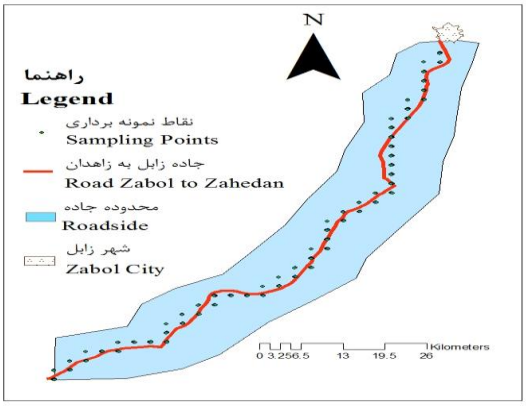
* Vali_behnam2012@yahoo.com

ارزیابی و تحلیل ساختار مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی ، مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار در برآورد آن و تهیه نقشه پراکنش مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری:

این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی ″۲۰ ′۵۷ °۳۰ و ″ ۶ ′۱۱ °۳۰ و طول‌های جغرافیایی ″۳۲ ′۲۹ °۶۱ و ″ ۳۸ ′۵۱ °۶۰ می‌باشد. در مسیر جاده زابل- زاهدان ۴۲ ایستگاه برای نمونه‌برداری انتخاب شد. نمونه‌های خاک از فاصله صفر، ۵۰ و ۱۰۰ متری از کنار جاده در عمق صفر تا۲۰ سانتی‌متری برداشته شد. در هر نمونه‌برداری از هر ایستگاه شش نمونه خاک و به‌طور کلی ۲۵۲ نمونه خاک جمع‌آوری شدند(شکل۱). موقعیت جغرافیایی نمونه‌ها توسط دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی تعیین و ثبت گردید.



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

تجزیه‌های آزمایشگاهی:

نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک شدن در هوای آزمایشگاه، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی‌کرومات پتاسیم (Nielsen و Bouma،۱۹۸۵) و بافت خاک با روش هیدرومتری(Klute، ۱۹۸۶) و ظرفیت تبادل کاتیونی با روش استات آمونیوم اندازه‌گیری گردید.

تجزیه و تحلیل‌های آماری:

برای بررسی توزیع و آزمون نرمال بودن داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از آماره کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها، از روش تبدیل لگاریتم برای نرمال کردن آن استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون بین ظرفیت تبادل کاتیونی با سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محاسبه شد. محاسبه‌های آماری اطلاعات به‌دست آمده در تحقیق با نرم افزار Excel انجام شد و برای رسم نمودارهای مورد نظر از نرم افزار SPSS19 استفاده شد

برای تهیه نقشه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش زمین‌آمار، با استفاده از نرم‌افزار*SPSS19* اطلاعات اولیه نمونه‌ها، توزیع فراوانی داده‌ها و شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه، واریانس، چولگی و کشیدگی محاسبه گردید پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها و تبدیل داده‌های غیر نرمال به نرمال، الگوهای تغییرنما با استفاده از نرم افزار *ArcGIS* رسم و بهترین الگوی تغییرنما انتخاب گردید. برای بررسی تغییرات مکانی و برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از روش‌های زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله و نرم افزار *ArcGIS* استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری:

در ابتدا ناهمسان‌گردی داده‌ها توسط تغییرنمای جهتی بررسی و پس از تعیین درجه ناهمسان گردی، تغییرنمای برای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ترسیم شد. برای بررسی تغییرات مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ، کوکریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله و مدل‌های مختلف (دایره ای، کروی، نمایی و گوسی) در محیط نرم افزار ArcGIS10 و GS+ استفاده شده است. به منظور ارزیابی روش‌های میان‌یابی از تکنیک ارزیابی متقابل و پارامتر آماری میانگین خطای مطلق(MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا(RMSE) استفاده شده است. میانگین خطای مطلق مشخص-کننده خطای نتایج می‌باشد. در شرایطی که MAE برابر صفر یا نزدیک صفر باشد، نشان‌دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه‌سازی می‌کند. همچنین هرچه مقادیرمجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق کمتر باشد، دقت روش ارزیابی افزایش می‌یابد. پارامترهای میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا با استفاده از روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند

$$MAE=\frac{\sum_{i=1}^{n}|R_s-R_0|}{n} \quad [۱]$$

$$RMSE=\frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_s-R_0)^2} \quad [۲]$$

در معادلات R_s: مقدار برآورد شده، R_0: مقدار اندازه‌گیری شده و n: تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

توصیف آماری داده‌ها

شاخص‌های آماری نظیر حداقل، حداکثر، میانگین، واریانس، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی برای ظرفیت تبادل کاتیونی در جدول ۱ آمده است. میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه مورد نظر۶/۸۶سانتی‌مول بر کیلوگرم و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۱/۴۱ و ۲۰/۵۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم است ضریب تغییرات به عنوان یک شاخص تغییرات کلی از ناهمگنی ظرفیت تبادل کاتیونی را نشان می‌دهد. بر اساس طبقه بندی Nielsen, and Bouma (۱۹۸۵)، اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۰ درصد باشد، تغییرپذیری ضعیف، اگر بیش از ۱۰ درصد باشد متوسط و در نهایت ضریب تغییرات برابر با ۱۰۰ درصد نشان دهنده تغییرات بسیار شدید متغیر می‌باشد. بنابراین همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود می‌توان شدت تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی را در منطقه مورد مطالعه متوسط در نظر گرفت . ضریب همبستگی بین متغیرها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که CEC خاک با درصد رس (r=۰/۸۳) و کربن آلی(r=۲۴) همبستگی مستقیم و با درصد شن خاک(r=-۲۹) همبستگی معکوس و معنی‌دار دارد. همبستگی منفی بین درصد شن و CEC به این دلیل است که با افزایش شن ذراتی که دارای توانایی ایجاد بار منفی هستند کاهش می‌یابد.

جدول۱ برخی شاخص‌های آماری ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات(٪)
ظرفیت تبادل کاتیونی	۱/۴۱	۲۰/۵۲	۶/۸۶	۰/۶۱	۱/۱۲	۳/۴۹	۵۱

جدول ۲. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها در منطقه مورد مطالعه

	CaCo3	OC	Sand	Silt	Clay
CEC	۰/۳۴**	۰/۲۴**	-۰/۲۹۱**	۰/۴۷**	۰/۸۳**
CaCo3	۱	۰/۵۱	-۰/۶۳**	۰/۶۳**	۰/۴۲**
OC	۰/۵۱	۱	-۰/۲۹**	۰/۲۵**	۰/۲۸**
Sand	-۰/۶۳**	-۰/۲۹۱**	۱	-۰/۹۴**	-۰/۷۷**

Silt	۰/۲۲۹**	۰/۲۴۵**	-۰/۹۴۴**	۱	۰/۵۲**
Clay	۰/۰۸۱	۰/۲۸۴**	-۰/۷۷۷**	۰/۵۲۵**	۱

تغییرنما ابزار اساسی برای تخمین به وسیله کریجینگ و کوکریجینگ است بنابراین انتخاب مدل مناسب و تعیین پارامترهای دقیق آن از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار بوده و باید درستی مدل‌های تغییرنما به نحو بهینه‌ای کنترل گردد. به منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل تغییرنما، از تکنیک اعتبارسنجی متقابل و پارامترهای میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده شد با در نظر گرفتن میانگین خطا(MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل خطی به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید.

جدول ۳- پارامترهای تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک(cmol.kg^{-}) در مدل‌های انتخابی

متغیر	مدل	اثر قطعه‌ای(C0)	دامنه تاثیر(A1) (متر)	حدآستانه (C0+C)	ضریب همبستگی
ظرفیت تبادل کاتیونی	خطی	۰/۲۳۶	۷۴۱۷۷	۰/۲۳۵	۰/۵۷

پس از تجزیه و تحلیل تغییرنما درون‌یابی داده‌ها به کمک نرم افزار*Arc GIS* به وسیله روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ و روش معین وزن‌دهی معکوس فاصله انجام گرفت. در روش کوکریجینگ نیازمند استفاده از متغیر کمکی هستیم بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که بین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و درصد رس همبستگی مثبت وجود دارد(r=۰/۸۳). همبستگی مثبت CEC با رس به دلیل مشارکت آن در ایجاد بارهای منفی و پدیده تبادل کاتیونی است(Nourbakhsh و همکاران ۲۰۰۳). لذا در روش کوکریجینگ از درصد رس به عنوان متغیرکمکی استفاده شد

در جدول ۳ مقادیر دقت و انحراف روش‌های زمین آماری کریجینگ؛ کوکریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله ارائه شده است. بر اساس این جدول ملاحظه می شود که روش کریجینگ از دقت بیشتری برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک برخوردار است.

جدول۳ - نتایج ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک(cmol.kg^{-})

روش ارزیابی	کریجینگ	کوکریجینگ	وزن دهی معکوس
MAE	۱/۵۶	۳/۰۲	۳/۱۱
MBE	۰/۱۴۳	۰/۰۹	۰/۰۹۹
RMSE	۳/۳۱	۳/۲۶	۳/۳۰

نتیجه گیری

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با درصد رس خاک یک همبستگی مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد داشت(r=۸۳) بنابراین درصد رس به عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده شد. بر اساس معیارهای ارزیابی میانگین خطا(MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل خطی به عنوان مدل مناسب و روش کریجینگ که نتایج دقیق‌تری از کوکریجینگ ارائه کرد. انتخاب گردید. بنابراین، با این روش نقشه معتبری از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تهیه می‌شود که نسبت به روش‌های سنتی، صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها را به دنبال دارد و در مدیریت دقیق‌تر و مناسب‌تر خاک کاربرد خواهد داشت.

منابع:

Amini, M., Abbaspour, K, C., Khademi, H., Fathianpour, N., Afyuni, M., and Schulin, R., 2005. Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran. Europ. J. Soil Sci. 56: 551- 559.

Asadzadeh, F., Akbarzadeh, A., Zolfaghari, A. A., Taghizadeh Mehrjardi, R., Mehrabanian, M., Rahimi Lake, H., and Sabeti, M.A. (2012). Study and comparison of some geostatistical methods for mapping cation exchange capacity in soils of northern Iran. Annals of Faculty Engineering Hunedoara, 1584-2665.

Keshavarzil, A., Sarmadian, F., Rahmani, A., Ahmadi, A., Labbafi, R., Iqbal, M. A. (2012). Fuzzy clustering analysis for modeling of soil cation exchange capacity. Australian Journal of Agricultural Engineering, 3(1), 27-33.

Klute, A., 1986. Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods, 2nd Ed, Soil Science Society of America INC., Wisconsin, USA, 1170 pp.

Krogh, L., Breuning-Madsen, M., and Greve, MH. 2000. Cation exchange capacity pedotransfer function for Danish soil. Soil and Plant. Sci. 50:1-12.

Mirkhani, R., Shabanpour, M., and Saadat, S. 2005. Using partical-size distribution and organic carbon percentage to predict the cation exchange capacity of soils of Lorestan province. Tehran, Iran J. Soil and Water Sci, 19(2): 235-242.

Nourbakhsh, F., Jalalian, A., and Shariatmadari, H. 2003. Estimation of cation exchange capacity from some soil physical and chemical properties. Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 7(3):107-118.

Nielsen, D. R., and Bouma, J. (eds.). 1985. Soil Spatial Variability. In: Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSSA. Pudoc, Wageningen. Las Vegas, USA.

Tang, L., Zeng, G.M., Nourbakhsh, F., and Shen, G. L. (2009). Artifical neural network approach for predicting cation exchange capacity in soil based on physico – chemical properties. Environmental Engineering Science, 26, 137-146

Topic for submission: Soil Quality and Sustainable Soil Management

Evaluation of geostatistical methods for estimating Cation Exchange Capacity, a case study Zabol- Zahedan Road

V.Behnam[1], A. Gholamalizadeh[2], M. Rahmanian[3], A. Bameri[4], A. Yarmohammadyan[5]

1:Former graduate M.Sc Student, University of Zabol, Faculty of Soil and Water Engineering

2: Associate Professor of Department of Soil Sciences, University of Zabol, Faculty of Soil and Water Engineering

3: Assistant Professor of Department of Soil Science, Yasouj University, Faculty of Agriculture

4: Expert of Department of Soil Sciences, University of Zabol, Faculty of Soil and Water Engineering

5: Former graduate M.Sc Student, University of Lorestan, Faculty of Agriculture

Abstract

Cation Exchange Capacity (CEC) is an important characteristic of soil in terms of nutrient and water holding capacities and contamination management. This study was conducted in order to evaluate the spatial variability of CEC using geostatistical methods in roadside of Zabol- Zahedan. Soil sampling method was systematic and a total of 252 soil samples were collected from an area and SOC, CEC, sand, clay and silt were determined. For geostatistic methods evaluation, Mean Error and Root Mean Square Error with the Cross Validation method were used. The results showed that Linear model is the best model for CEC semi-variorum. The range of the semi-variorum, Nugget Effect and Sill were 74177m, 0.236%, 0.23% respectively. The results indicated that kriging method had a lower RMSE compared to two other methods.

Keywords: Cation Exchange Capacity**,** spatial variability, kriging method