استفاده از زمین آمار برای مدیریت بهینه حاصلخیزی خاکهای شالیزار نواحی مرکزی گیلان

جواد سیدمحمدی [۱]، لیلا اسماعیلنژاد [۲]، حسن رمضانپور [۳]
۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه تبریز، ۲- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه تهران، ۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه گیلان

چکیده
خاک به عنوان یکی از مهمترین منابع، رشد گیاهان را تضمین و بیش از ۹۷ درصد نیاز غذایی جهان را برآورده میسازد. گیاهان از جمله برنج برای تأمین نیاز عناصر غذایی خود به مصرف کود احتیاج دارند تا تولید بیشتر در واحد سطح فراهم شود. برای این منظور شناسایی مقادیر عناصر پرمصرف در خاک و تهیه نقشه مناسب آنها ضروری است. نقشههای عناصر NPK و CEC با استفاده از روش کریجینگ در نواحی مرکزی گیلان تهیه شد. توجه دقیق به مقادیر مختلف این پارامترها در نقشهها و حدود بحرانی و بهینه آنها، میتواند، مصرف کودها را به طور قابل ملاحظهای مدیریت بهینه کرده و از تحمیل هزینههای اضافی به کشاورز جلوگیری نماید.

واژههای کلیدی: CEC ،NPK، خاک شالیزار، گیلان

مقدمه
با توجه به افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر مواد غذایی احساس میگردد. مناسبترین روش برای تحقق این موضوع مهم افزایش تولید در واحد سطح است. تأمین بیشتر غذا و سایر منابع محیطی با حفظ منابع زیستی برای آیندگان تنها در سایه بهینهسازی بهرهبرداری از خاک امکانپذیر خواهد بود. در بین فاکتورهای مؤثر در کشاورزی، اضافه کردن متعادل کودها بیشتر از فاکتورهای دیگر در افزایش تولید محصولات کشاورزی موثر است. با توجه به این مساله، تعیین درجه حاصلخیزی خاک برای برنامهریزی بهتر جهت استفاده از کودها و بهرهبرداری از خاک ضروری است (لطفیآرپاچائی و همکاران، ۱۳۹۲). در تجزیه و تحلیل خاک به منظور تولید محصولات زراعی، حاصلخیزی خاک معمولاً بیشترین توجه را به خود معطوف میدارد.
اطلاعات در مورد تغییرپذیری خصوصیات خاک در مدل سازیهای اکولوژیکی، پیش گوییهای محیطی، کشاورزی دقیق و مدیریت منابع طبیعی مهم میباشد زیرا تغییرپذیری مکانی دادههای ورودی خاک میتواند به مقدار زیادی بر نتایج مدلهای استدلالی، تجربی و نظری خاک مؤثر باشد (Lin et al., ۲۰۰۴). تغییرات مکانی خصوصیات خاک یا یکنواخت نبودن ناشی از تفاوتهای مکانی در خواص مشاهده شده خاک، شامل دو جزء نظامدار یا ساختاری و تصادفی یا غیرساختاری میباشد. این تغییرات نتیجه هر دو فرآیند ذاتی عوامل تشکیل دهنده خاک و مدیریتی مانند مصرف کود، تناوب زراعی و نوع کشت در هر مقیاس مکانی و زمانی است. در همه تجزیه و تحلیلها، روند کلی تغییرات مقادیر مشاهده شده در فضای نمونهبرداری و درجه همبستگی مکانی آنها مهم میباشد (Adriana, ۲۰۰۷)
کریجینگ یک تخمینگر زمین آماری است که به دلیل واریانس ناریب و حداقل، در اغلب موارد به عنوان بهترین تخمینگر خطی ناریب شناخته شده است. بررسیهای انجام شده نشان دادهاند که روش کریجینگ با در نظر گرفتن ساختار و تغییرپذیری مکانی متغیرها از طریق نیمتغییرنما، نسبت به روشهایی همانند عکس فاصله وزندار و اسپلینها در اکثر شرایط برتری دارد. همچنین علاوه بر درونیابی و تخمین متغیر هدف، مقدار خطا را نیز برآورد میکند (Webster and Oliver, ۲۰۰۷). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به عنوان شاخص مهمی از حاصلخیزی خاک و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و ویژگیهای ازت، فسفر و پتاسیم عناصر پر مصرف تغذیه گیاه محسوب میشوند. این پژوهش با هدف بررسی روش کریجینگ در برآورد و پهنهبندی خصوصیات مؤثر در حاصلخیزی خاکهای شالیزار انجام شد تا نتایج به دست آمده بتواند در مدیریت بهینه شالیزارهای گیلان مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روشها
منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۴۰۰۰۰ هزار هکتار، جزء نواحی مرکزی استان گیلان بوده و در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه واقع شده است. اقلیم منطقه خیلی مرطوب با میانگین بارندگی سالیانه ۶/۱۲۹۳ میلیمتر و میانگین دمای سالیانه ۸/۱۵ درجه سانتیگراد است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاکهای منطقه به ترتیب آکوئیک، یودیک و ترمیک بوده و مواد مادری آنها عمدتاً رسوبات رودخانهای است. خاکهای منطقه بر اساس کلید ردهبندی خاک آمریکا (Soil survey staff, ۲۰۱۴) جزء ردههای انتیسولز و اینسپتیسولز قرار میگیرند. تعداد ۲۴۷ نمونه خاک به روش تصادفی طبقهبندی شده از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری سطح خاک برداشت شد. موقعیت جغرافیایی مکان نمونهها با دستگاه موقعیتیاب جهانی (GPS) تعیین شد. ویژگیهای ظرفیت تبادل کاتیونی، ازت کل، فسفر و پتاسیم نمونههای خاک بر اساس راهنمای تجزیه آزمایشگاهی سرویس حفاظت خاک آمریکا تعیین شد (Burt, ۲۰۰۴). آمارههای توصیفی ویژگیهای خاک با استفاده از نرم افزار SPSS تعیین شد. بررسی توزیع نرمال دادهها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف صورت گرفت. دادههایی که دارای

توزیع نرمال نبود، با تبدیلهای مناسب به توزیع نرمال تبدیل شد. قبل از استفاده از روش درون‌یابی زمین‌آماری، آزمون روند و ناهمسانگردی در محیط ArcGIS ۹.۳ انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات آماری ویژگیها در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر چولگی فسفر و پتاسیم بیشتر بود و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نیز نشان داد که توزیع این ویژگیها نرمال نیست بنابراین با استفاده از لگاریتم طبیعی داده‌های آنها تبدیل شد و توزیعشان نرمال گردید. آزمون روند و ناهمسانگردی روی داده‌ها انجام شد که نتایج بیانگر عدم وجود روند در داده‌ها بود همچنین بررسی وضعیت جهتدار بودن پیوستگی مکانی داده‌ها همسانگردی را نشان داد. درونیابی ویژگیها و تهیه نقشه مناسب با استفاده از روش کریجینگ انجام شد.

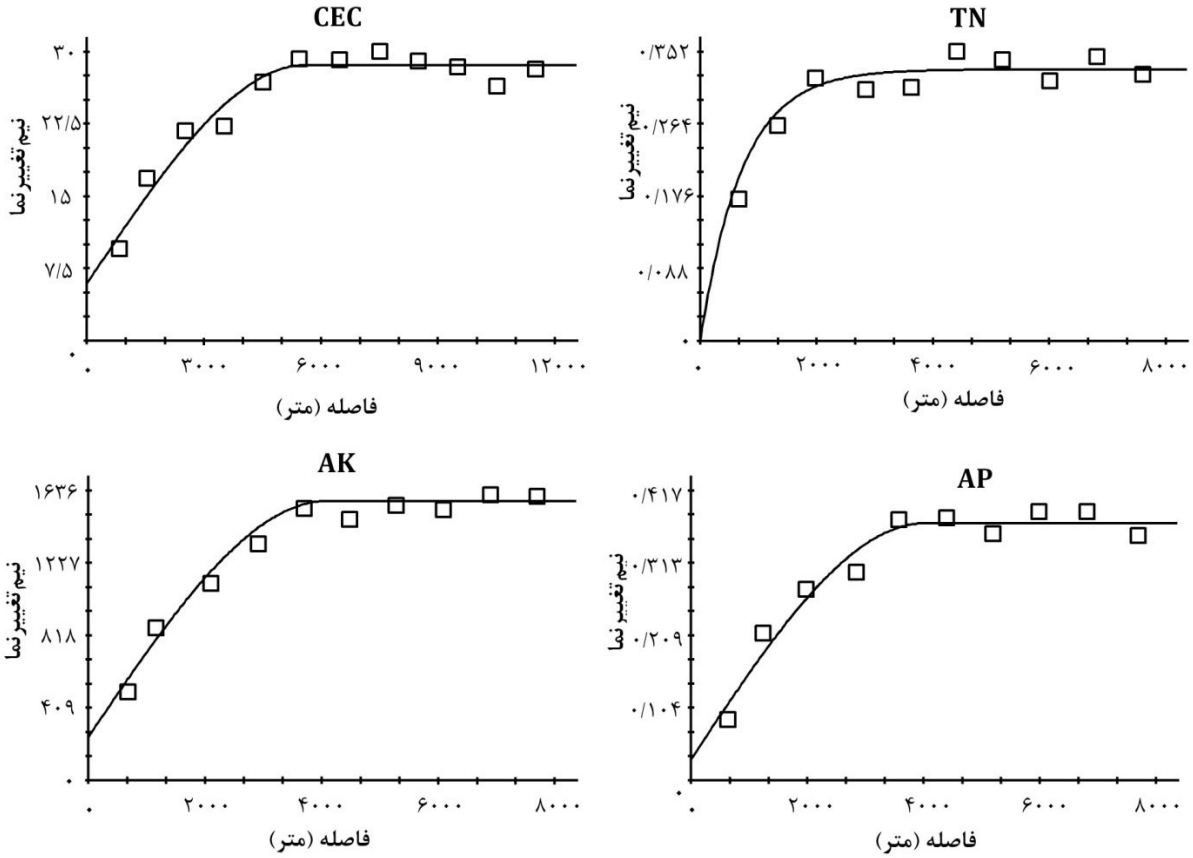
جدول ۱- خصوصیات آماری ویژگیهای مورد مطالعه

ویژگی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
پتاسیم قابل دسترس (میلیگرم بر کیلوگرم)	۷۸	۵/۲۶۹	۰۳/۱۹۲	۶۱/۴۱	۷/۲۱	-۴۷/۰	۱۳/۰
فسفر قابل دسترس (میلیگرم بر کیلوگرم)	۳/۲	۵۶	۵۱/۱۶	۹۴/۱۱	۳/۷۲	۵۲/۱	۷۲/۱
ازت کل (درصد)	۰۲/۰	۸/۰	۲۶/۰	۱۶/۰	۵/۶۱	۹۵/۰	۰۱/۰
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتیمول بار بر کیلوگرم)	۶/۱۰	۰۶/۴۷	۷۲/۲۶	۴۴/۷	۸/۲۷	۲۷/۰	-۰۳/۰

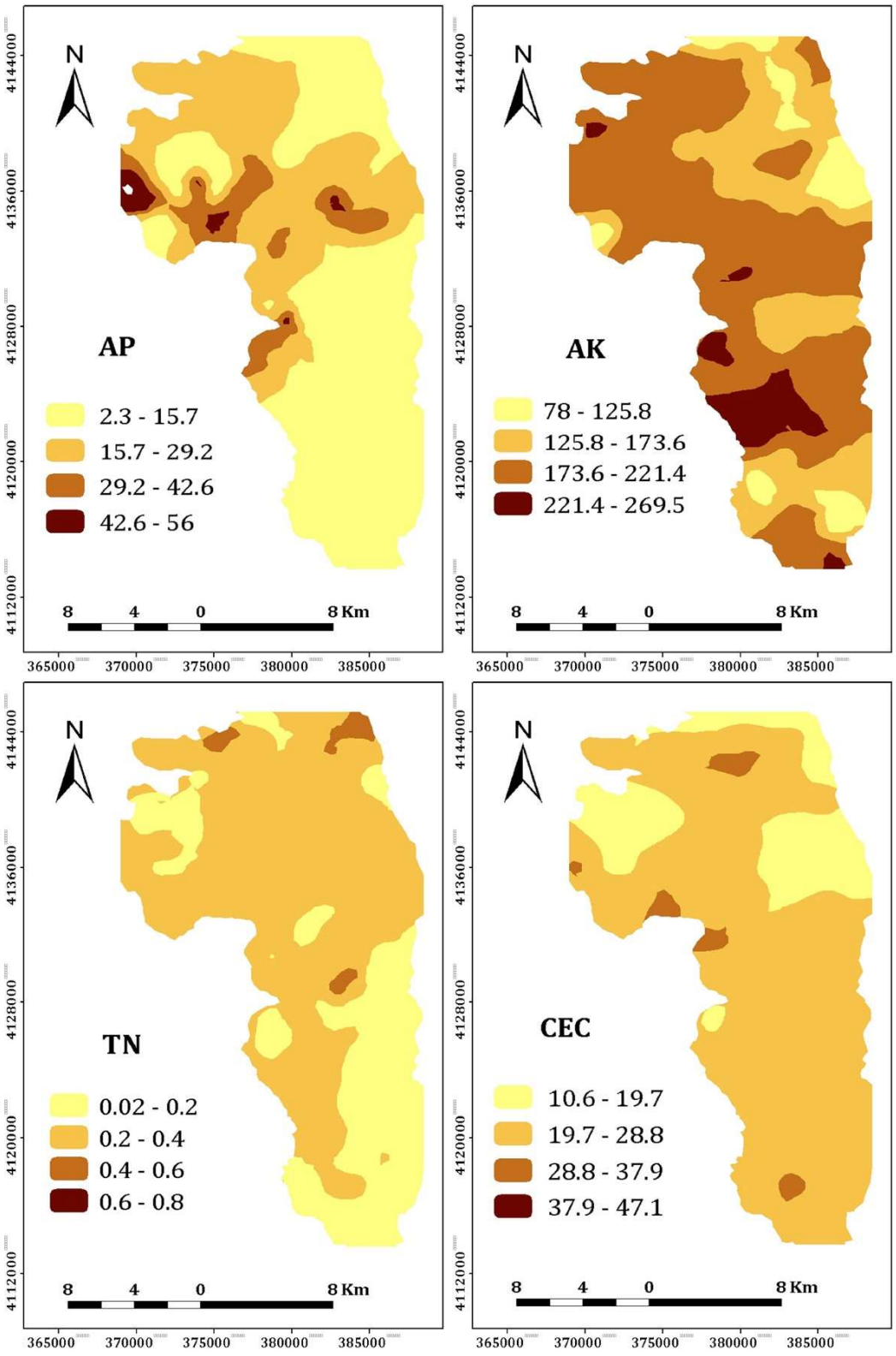
شکل ۱ نیمتغییرنمای تجربی ویژگیهای مورد مطالعه را نشان میدهد. مدل برازش شده بر نیمتغییرنمای ازت کل نمایی و سایر ویژگیها کروی بوده که خصوصیات آنها در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب تبیین (R^2) مدلها دارای ارزش بالا و نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه کمتر از ۲۵ است. این مشخصات نشان میدهد که نیمتغییرنمای همه ویژگیها دارای ساختار مکانی قوی است. بر طبق گزارش Shi et al (۲۰۰۷) متغیرهایی که نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در مدل برازش شده بر نیمتغییرنمای تجربی آنها کمتر از ۲۵ درصد باشد، دارای ساختار مکانی قوی هستند که نتایج این پژوهش در هر چهار مدل برازش شده دارای نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه کمتر از ۲۵ درصد است.

جدول ۲- خصوصیات مدلهای برازش داده شده بر نیمتغییرنمای تجربی ویژگیها

ویژگی	مدل	اثرقطعه‌ای	آستانه	اثرقطعه‌ای به آستانه	شعاع تأثیر (متر)	R^2
پتاسیم قابل دسترس	کروی	۲۴۴	۱۵۷۶	۴۸/۱۵	۴۱۰۰	۹۹/۰
فسفر قابل دسترس	کروی	۰۳/۰	۳۷/۰	۱/۸	۴۰۲۰	۹۵/۰
ازت کل	نمایی	۰	۳۳/۰	۰	۲۱۶۰	۹۳/۰
ظرفیت تبادل کاتیونی	کروی	۹/۵	۶/۲۸	۶/۲۰	۵۶۰۰	۹۶/۰



شکل ۹- نیمتغییرنمای تجربی ویژگیهای مؤثر در حاصلخیزی خاک و مدل برازش داده شده بر آنها


N
AP
2.3 - 15.7
15.7 - 29.2
29.2 - 42.6
42.6 - 56
AK
78 - 125.8
125.8 - 173.6
173.6 - 221.4
221.4 - 269.5
TN
0.02 - 0.2
0.2 - 0.4
0.4 - 0.6
0.6 - 0.8
CEC
10.6 - 19.7
19.7 - 28.8
28.8 - 37.9
37.9 - 47.1
8 4 0 8 Km
4144000
4136000
4128000
4120000
4112000
365000
370000
375000
380000
385000

شکل ۱۰- نقشه برآورد ویژگیهای مؤثر در حاصلخیزی خاک با روش کریجینگ

پس از تعیین نیمتغییرنمای تجربی ویژگیها، نقشه برآورد مقادیر آنها با استفاده از روش کریجینگ تهیه شد که در شکل۲ ارائه شده است. نقشهها دارای شکلهای بسته و به فرم محدب و مقعر هستند. این مورد حاکی از تراکم خوب و ایدهآل نمونههای خاک از سطح منطقه مورد مطالعه برای برآورد با جزئیات بیشتر است (Webster and Oliver, ۲۰۰۷) و نشان میدهد که نمونهبرداری با تعداد نمونه کافی صورت گرفته است و محدودهها با مقادیر متفاوت متغیر مورد نظر به خوبی از هم تفکیک شده است. ارزیابی روش کریجینگ در برآورد مقادیر ویژگیها با استفاده از معیارهای MAE، RMSE و MBE صورت گرفت که مقادیر آنها در جدول ۳ ارائه شده است. مقادیر معیارهای ذکر شده نشان میدهد که نقشه برآورد ویژگی با دقت قابل قبول تهیه شده است.

جدول ۳- ارزیابی دقت روش کریجینگ برای ویژگیهای حاصلخیزی

	RMSE	MAE	MBE
پتاسیم قابل دسترس	۱۴۵/۰	۵/۵×۱۰$^{-۴}$	۶/۵×۱۰$^{-۶}$
فسفر قابل دسترس	۴۹۵/۰	۲۸۱/۰	-۰۰۳/۰
ازت کل	۲۲۸/۰	۰۹۶/۰	۰۰۲/۰
ظرفیت تبادل کاتیونی	۱۵۲/۰	۱۱۶/۰	-۰۰۰۲/۰

با توجه به اینکه در کشاورزی پیشرفته مدیریت مصرف کود یکی از مهمترین پارامترها به شمار میرود و همچنین با ملاحظه اینکه سالانه هزینههای بسیار زیادی صرف واردات کود به ایران میشود و این کودها بدون مدیریت صحیح و بدون انجام آزمون خاک به صورت بیرویه در سطح مزارع کشور استفاده میشود انجام این مطالعه و تهیه نقشههای حاصلخیزی خاک میتواند از نظر اقتصادی، مسایل زیست محیطی و جلوگیری از آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی و از نظر مسائل حفاظت خاک و نیز از نظر عملکرد محصولات در واحد سطح و سلامت و کیفیت محصول تولید شده از طریق مصرف مقدار مورد نیاز مواد مغذی یا اصلاحی خاک دارای اهمیت باشد.

در گذشته ارقام برنج کم محصول به صورت سنتی کشت میگردید، مقدار عملکرد آن پایین بوده و در نتیجه نیاز به عناصر غذایی نیز کمتر بوده است. از طرف دیگر بسیاری از شالیزارها در حوضه رودخانهها یا دشتهای آبرفتی قرار داشته و بنابراین دارای خاکهای نسبتاً جوان با بافت سنگین و غنی از کانیهای حاوی عناصر ضروری بودهاند که برای نیاز برنج کافی بوده است. آب آبیاری نیز بخشی از نیازهای عنصری این گیاه را تأمین میکرده است. در سالهای اخیر با استفاده از ارقام اصلاح شده و پرمحصول برنج که نیاز بیشتری به عناصر غذایی دارند که درصد قابل ملاحظه ای از اراضی شالیزاری از نظر تأمین عناصر مورد نیاز گیاه دچار کمبود شدهاند بنابراین نیاز به کاربرد صحیح کودها و مدیریت بهینه مصرف کود بیشتر احساس میگردد.

با توجه به مقادیر حدود بحرانی و بهینه ازت، فسفر و پتاسیم در جدول ۴ اراضی که در نقشه (شکل ۲) دارای مقادیر ویژگیها کمتر از حد بحرانی هستند حتماً برای کوددهی بایستی اقدام شود و در اراضی کمتر از حدود بهینه برای افزایش عملکرد نیاز به مصرف کود میباشد ولی در اراضی که مقادیر پارامترها بیشتر از حدود بهینه است نباید کود مصرف شود چون در افزایش عملکرد تأثیری نخواهد داشت و از طرف دیگر هزینه اضافی به کشاورز تحمیل میشود. با توجه به تثبیت شدن عناصری چون پتاسیم در خاک، بایستی به نقشه ظرفیت تبادل کاتیونی توجه لازم صورت گیرد تا مخصوصاً در اراضی که مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد ولی مقدار عناصر تثبیت شونده کمتر است کود این عناصر بیمحابا در خاک وارد نشود و بهتر است با برنامهریزی در زمان نیاز گیاه کوددهی صورت گیرد تا از تثبیت آنها در خاک جلوگیری گردد. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده، میتوان ادعا کرد که تهیه نقشه مناسب از ویژگیهای مؤثر در حاصلخیزی خاک، میتواند در مدیریت بهینه مصرف کودها و حاصلخیزی خاکهای شالیزار کمک قابل ملاحظه ای بنماید.

جدول ۴- مقادیر حدود بحرانی و بهینه ویژگیهای مؤثر در حاصلخیزی خاک

پارامتر	حد بحرانی	حد بهینه
ازت کل (درصد)	۰۵/۰	۱۵/۰
فسفر قابل دسترس (میلیگرم بر کیلوگرم)	۱۰	۱۵
پتاسیم قابل دسترس (میلیگرم بر کیلوگرم)	۱۱۰	۱۸۰

منابع

لطفیارپاچائی، ز.، اسمعلیعوری، ا. هاشمیمجد، ک. و نجفی، ن. ۱۳۹۲. ارزیابی حاصلخیزی خاک دشت اردبیل برای گندم و سیب زمینی بر اساس برخی ویژگیهای شیمیایی خاک با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه آب وخاک، جلد ۲۷، شماره ۱، صفحههای ۴۵ تا ۵۳.

Adriana L.D. ۲۰۰۷. On the use of soil hydraulic conductivity functions in the field. Soil Science, ۹۳: ۱۶۲-۱۷۰.

Burt R. ۲۰۰۴. Soil Survey Laboratory Methods Manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, ۷۰۰p.

Lin H., Wheeler D., Bell J. and Wilding L. ۲۰۰۴. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. Ecological Modelling, ۱۸۲: ۲۷۱-۲۹۰.
Shi J., Wang H., Xu J., Wu J., Liu X., Zhu H. and Yu, C. ۲۰۰۷. Spatial distribution of heavy metals in soils: A case study of Changxing, China. Environmental Geology Journal, ۵۲: ۱ ۱۰.
Soil survey staff. ۲۰۱۴. Keys to Soil Taxonomy, ۱۲th edition, United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.
Webster R. and Oliver M. ۲۰۰۷. Geostatistics for Environmental Scientists. ۲nd edition, John Wiley & Sons Ltd, Chichester UK.

Abstract

Soil as an important source, guaranties the plant growth and supplies more than ۹۷% off food need of world. Plants such as rice need to provide their nutrient elements by using fertilizers for much more production in surface unit. For this purpose, it is essential to recognize macro-elements amount in soils and prepare ideal map. NPK and CEC maps prepared using kriging method in central area of Guilan province. Accurate notice to different amounts of these parameters in maps, critical and optimum limits can well manage fertilizers application and prevents additional costs to farmer.