نشریه دانش آب و خاک/ جلد 22 شماره 2/ سال 1391

ارزیابی اثر عملیات تسطیح اراضی بر تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های مرتبط با حاصلخیزی خاک‌های شالیزاری

ناصر دوات‌گر[1*]، مریم شکوری کتیگری[2] و محمدرضا یزدانی[3]

تاریخ دریافت: 90/10/13 تاریخ پذیرش: 90/12/16

1،2و3- استادیار پژوهش، کارشناس ارشد و مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

* مسئول مکاتبه Email: n_davatgar@yahoo.com

چکیده

عملیات تسطیح و یکپارچه‌سازی شالیزارها از راهکارهای کلیدی در کشاورزی دقیق است. اما تغییرات مکانی و توزیع عناصر غذایی در این اراضی به شدت تحت تأثیر عملیات تسطیح قرار می‌گیرد. هدف از این تحقیق مشخص نمودن اثرات عملیات تسطیح بر غیریکنواختی و شدت تغییرات مکانی برخی خواص مرتبط با حاصلخیزی خاک های شالیزاری بود. عملیات تسطیح منجر به تغییرات معنی‌دار در اندازه تغییرات مکانی و توزیع مکانی خواص مرتبط با حاصلخیزی گردید. مقدار رس افزایش، کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده به طور معنی‌دار کاهش یافتند، که از دلایل عمده آن می‌توان به عملیات خاک‌برداری و در معرض قرار گرفتن خاک زیر سطحی با رس بیشتر و غلظت کمتر عناصرغذایی اشاره کرد. تغییر در توزیع مکانی متغیرها بعد از عملیات تسطیح تقریباً منطبق با نواحی بود که در آن عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی انجام شد به گونه‌ای که درصد کربن‌آلی، غلظت فسفر و پتاسیم قابل استفاده در نواحی که خاک‌برداری بیشتر بوده است، کاهش یافتند. بررسی وضعیت حاصلخیزی با استفاده از آمار مکانی نشان داد که واحد مزرعه مطالعه شده در اثر عملیات تسطیح با کمبود شدیدی از نظر یک یا چند عنصر مواجه شده است و لذا توصیه رایج و یکسان کودهای شیمیایی منجر به تشدید غیر یکنواختی در وضعیت حاصلخیزی و عدم دستیابی به عملکرد مطلوب در این نوع اراضی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آمار مکانی، حاصلخیزی خاک، خاک‌های شالیزاری ، تسطیح اراضی، نیم‌تغییرنمای استاندارد شده

Archive of SID

www.SID.ir

Assessment of Land Leveling Effect on the Spatial Variability of Soil Fertility Properties in Paddy Fields

N Davatgar[1*], M Shakouri Katigari[2] and MR Yazdani[3]

Received: 2012/1/2 Accepted: 2012/3/6
[1]Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran (RRII).
[2,3]MSc and Researchers Instructor, Rice Research Institute of Iran (RRI)
Corresponding author: N_davatgar@yahoo.com

Abstract

Land leveling and consolidation of paddy soils is a key approach in precision agriculture for water management improvement, weed control and agricultural mechanization. However, nutrients spatial variability in these fields is affected by land leveling. The objective of this study was to determine land leveling effect on the degree of spatial variability of soil fertitility. Land leveling caused significant spatial variability and spatial distribution of soil fertility properties. Clay content significantly increased, while soil organic carbon, total nitrogen, available phosphorous and available potassium significantly decreased. Alteration of spatial distribution was due to cut off the top soil at higher locations and its deposition on the low areas. The post-leveling evaluation of soil several fertility status with geostatistics demonstrated that leveled field faced with deficiency in one or several nutrients. The traditional fertilizer recommendation for whole field would accelerate non-uniformity in soil fertility status and would not lead to realization of the potential.

Keyword: Geostatistics, Land leveling, Paddy field, Soil fertility, and Standardized semivariogram

Archive of SID

مقدمه

عملیات تسطیح و یکپارچه‌سازی شالیزارها از راهکارهای کلیدی در کشاورزی دقیق، به منظور بهبود سیستم مدیریت آب، کنترل علف هرز و پی‌ریزی بستر مناسب برای بکارگیری ماشین‌های کشاورزی است. تسطیح اراضی عبارت از صاف کردن و ایجاد شیب مناسب در زمین با در نظر گرفتن ضریب نفوذپذیری و بافت خاک، برای جلوگیری از ایجاد روان‌آب و فرسایش سطحی و بوجود آوردن شرایط یکسان و هماهنگ توزیع آب در سراسر مزرعه است (برای و همکاران 2004b). در یک سطح ناهموار، توزیع یکنواخت آب که اساسی ترین مرحله در مدیریت برای تولید محصول است، غیر ممکن می‌گردد. در چنین شرایطی برای رسیدن به یک عملکرد مناسب باید چندین برابر مورد نیاز آب مصرف کرد. هرچند اثرات مثبت تسطیح اراضی به مراتب از اثرات منفی آن بیشتر است؛ اما کمبود عناصر غذایی ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کاهش مقدار کربن‌آلی می‌توانند رشد گیاه را در زمین‌های تسطیح شده محدود نماید (رابینس

www.SID.ir

و همکاران 1999، برای و همکاران 2003). دبرمن و ابرتور (1999) بیان نمودند که بعد از تسطیح خاک سطحی که غنی از موادآلی و عناصر غذایی در دسترس است، مقادیر این متغیرها کاهش پیدا می‌کند.

با انجام عملیات تسطیح اراضی و در نتیجه بالا رفتن تغییرپذیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، خطاهای زیادی در توصیه‌های کودی بر اساس تجزیه-های رایج خاک اتفاق می افتد، در این شرایط نمونه برداری بر اساس مدیریت ویژه مزرعه، تغییرات و چگونگی کیفیت خاک مزرعه را بهتر نشان می‌دهد (برای و همکاران 2003). براین اساس نقشه‌ها، نقش اساسی در مدیریت ویژه مزرعه دارند، زیرا وضعیت مکانی متغیر و نهاده‌های مورد نیاز برای مدیریت شرایط ویژه را مشخص می‌نمایند (پیرس و نواک 1999). هرچند تسطیح اراضی مزارع برنج میانگین عملکرد محصول را بالاتر می‌برد، اما کاهش عملکرد در نواحی که خاک‌های سطحی آنها برداشت شده است در اولین سال تسطیح را می توان مشاهده کرد (برای و همکاران 2004a). میلر (1990) نیز بیان نمود که از نتایج تسطیح اراضی کاهش بازده محصول و افزایش تغییرپذیری عناصر غذایی در مرحله بعد از عملیات تسطیح است. اک (1987) نشان داد که بعد از 16 سال از برداشت خاک سطحی اثرات تسطیح بر خواص فیزیکی خاک تحت‌الارض که در مجاورت سطح قرار گرفته است، نسبتاً بدون تغییر مانده است.

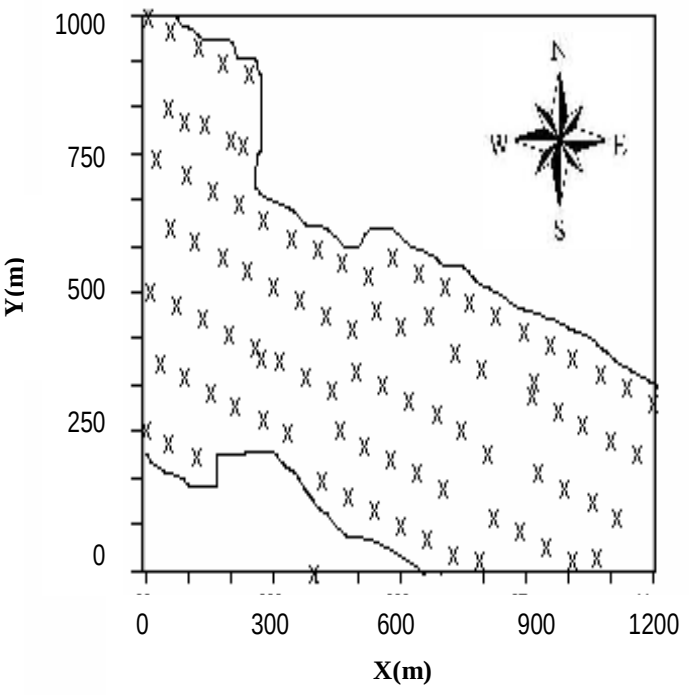
از سال 1368 نزدیک به 1105000 هکتار از اراضی کشاورزی کشور ایران تجهیز و نوسازی شده‌اند که با عملیات تسطیح همراه است (بی‌نام 1387)، اما در رابطه با اثر عملیات تسطیح بر وضعیت حاصلخیزی این اراضی پژوهشی انجام نشده است. این مطالعه به هدف کمی سازی اثر عملیات تسطیح اراضی بر تغییرات و الگوی توزیع مکانی برخی از خصوصیات مرتبط با حاصلخیزی در خاک‌های شالیزاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

تشریح ناحیه مورد مطالعه و نمونه‌برداری

اراضی مورد تحقیق به مساحت 75 هکتار در روستای خسروآباد شهرستان فومن واقع شده بود (شکل1). این اراضی به عنوان یک واحد مزرعه‌ای در طرح تجهیز و نوسازی قرار داشت. متوسط شیب عمومی در این اراضی 1/03 درصد در جهت شمال به جنوب و 0/1 درصد در جهت غرب به شرق بود.

اراضی این واحد از نظر تیپ فیزیوگرافی در قسمت‌های بالایی دشت‌های رسوبی قرار داشته و مواد مادری آن از رسوبات رودخانه‌های کوچک موجود در منطقه به همراه رسوبات دامنه‌ای تشکیل شده است. خاک‌های منطقه اسیدی و دارای افق سطحی تیره رنگ با ضخامت کم هستند. در این واحد مزرعه‌ای عملیات تسطیح به شکل خاک‌برداری خاک سطحی از نقاط با ارتفاع بیشتر و خاک‌ریزی در نقاط با ارتفاع کم‌تر انجام شد.



شکل 1- محدوده واحد مزرعه‌ای طرح تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری در روستای خسروآباد- شهرستان فومن به همراه موقعیت نقاط نمونه‌برداری.

2of SID

www.SID.ir

برای نمونه‌برداری خاک سطح‌الارض در قبل از عملیات یکپارچه‌سازی از شبکه نمونه‌برداری تقریباً منظم مستطیل شکل به ابعاد 90 × 60 متر استفاده شده بود (96 نمونه) و بعد از عملیات تسطیح و یکپارچه‌سازی با توجه به حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی، تعداد و شکل واحد زراعی (کرت) احداث شده و غیریکنواختی ظاهری خاک نمونه برداری با تراکم بیشتری به صورت شبکه منظم80 × 60 متر انجام شد (126 نمونه). در محل هر گره حاصل از تقاطع شبکه‌ها، یک نمونه خاک مرکب از 9 نمونه فرعی (شامل یک نمونه خاک در مرکز و 8 نمونه خاک دیگر به فاصله‌های چهار و هشت متر از مرکز گره) تهیه شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات خاک

نمونه‌ها بعد از هوا خشک شدن، از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند و تجزیه‌های لازم در آنها انجام گرفت. قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با استفاده از هدایت سنج، رس به روش هیدرومتری دو زمانه (گی و بادر 1986) ، کربن‌آلی به روش والکلی بلاک (پیج 1982) ، نیتروژن کل به روش تقطیر با دستگاه کجلتیک(برمنر و مولوانی 1982)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (اولسن و سومنر 1982) و پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیری از خاک توسط استات آمونیم نرمال در pH=7 (نودسن و همکاران 1982) اندازه‌گیری شدند.

آنالیزهای آماری

-آمار توصیفی

آماره‌های توصیفی میانگین، چولگی، واریانس و ضریب تغییرات متغیرهای مطالعه شده خاک با استفاده از نرم‌افزارSPSS (نسخه 14) محاسبه گردیدند. از آماره-ی T^2 هُتلینگ (جانسون و ویچرن، 1982) برای مقایسه معنی‌داری اختلاف بین گروه متغیرهای مطالعه شده در دو جامعه قبل و بعد از عملیات تسطیح استفاده گردید.

ضریب تغییرات (CV)، یکی از مفیدترین شاخص‌های آماری برای مقایسه‌ی تغییرات متغیرهای مختلف با میانگین‌های متفاوت و از آن برای ارزیابی غیریکنواختی در زمین آمار استفاده می گردد (محمدی 1385). شدت غیریکنواختی در قبل و بعد از عملیات تسطیح از رابطه زیر محاسبه گردید(بری و همکاران b 2003):

$$\Delta CV = \frac{CV(1) - CV(2)}{CV(2)} \qquad [1]$$

که در آن CV(1)، ضریب تغییرات بعد از عملیات تسطیح و CV(2) ، ضریب تغییرات قبل از عملیات تسطیح است.

آمار مکانی

پیش از به کارگیری روش‌های زمین‌آماری برای هر متغیر خاک، آزمون‌های روند، داده پرت و ناهمسانگردی انجام گرفت (اقبال و همکاران 2005). وجود روند، با استفاده از برازش معادلات خطی و درجه دو مورد بررسی قرار گرفتند. برای پیدا کردن داده‌های پرت، از چهار برابر انحراف معیار در اطراف میانگین هر متغیر استفاده گردید (کاهن و همکاران 1994). برای سهولت مقایسه ساختار مکانی متغیرها در قبل و بعد از تسطیح از نیم‌تغییرنمای استاندارد (ویرا و همکاران 1997) استفاده شد. نیم‌تغییرنما یک تابع آماری برای تجزیه و تحلیل ساختار مکانی متغیرهای ناحیه‌ای است و امکان تجزیه و تحلیل ساختار، مقیاس و شدت تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه‌ای را فراهم می‌کند (محمدی 1385). وبستر و اولیور (2000) حداقل تعداد نمونه مورد نیاز برای به دست آوردن یک نیم‌تغییرنمای پایدار را 100 عدد ذکر کرده‌اند. در این مطالعه از 96 و 126 نمونه خاک به ترتیب در قبل و بعد از عملیات تسطیح استفاده شد. برآورد نیم‌تغییرنمای تجربی با استفاده از رابطه زیر انجام شد:

$$g_i(h) = \frac{1}{2N_i(h)} \sum_{j=1}^{N_i(h)} [Z_i(x_j) - Z_i(x_j + h)]^2 \qquad [2]$$

که در آن N زوج مشاهدات، $Z_i(x_j)$ و $Z_i(x_j+h)$ مقدار متغیر i در دو نقطه x_j و x_j+h است که به فاصله h از هم قرار دارند و $g_i(h)$ نیم‌واریانس است . نیم‌تغییرنماها اختلاف بین نمونه‌ها را نسبت به فاصله در یک یا چند جهت مختلف را نشان می‌دهند (وبستر و اولیور 2000).

Archive of SID

www.SID.ir

برای سهولت مقایسه ساختار مکانی در قبل و بعد از عملیات تسطیح نیم‌تغییرنما با استفاده از رابطه‌ی زیر استاندارد شد (روبرتسون 2008):

$$g'(h)=\frac{g(h)}{S^2} \qquad [3]$$

که در آن $g'(h)$ نیم‌واریانس استاندارد شده و S^2 واریانس نمونه مشاهدات است. با استفاده از این رابطه مقدار نیم‌واریانس در هر گام h با استفاده از واریانس مشاهدات استاندارد می‌شود اما اطلاعات مولفه‌های ساختار مکانی موجود در آن مانند واریانس قطعه‌ای، آستانه و مقدار دامنه مؤثر حفظ می‌شود. استاندارد کردن نیم‌تغییرنماها این امکان را می‌دهد که تغییرپذیری مکانی خصوصیات مختلف با یکدیگر مقایسه گردند (پازگونزالس و همکاران2000).

برای تعیین بهترین مدل (خطی، نمایی و کروی) برازش شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی استاندارد شده از آماره‌های مجموع مربعات باقیمانده[1] (RSS) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. برای درون‌یابی و تهیه نقشه توزیع مکانی هریک از متغیرها، به علت وجود تغییرات نظامدار و همبستگی مکانی در بین نمونه‌ها روش کریجینگ بلوکی به‌کار رفت. در روش کریجینگ برای تخمین متغیرها در مناطق نمونه‌برداری نشده از مؤلفه‌های مدل‌های نیم‌تغییرنمای دارای آستانه استفاده می‌شود. محاسبات آمار مکانی و برآورد کریجینگی متغیرها با استفاده از نرم‌افزار GS+ (نسخه 5/1) انجام شد.

برای ارزیابی صحت برآورد روش کریجینگ از روش اعتبارسنجی جک‌نایف[2] (محمدی 1385) و آماره‌های میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) استفاده گردید.

$$ME=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}[\hat{Z}(x_i)-Z(x_i)] \qquad [4]$$

$$NRMSE=\frac{1}{\bar{Z}}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}[\hat{Z}(x_i)-Z(x_i)]} \qquad [5]$$

که در آن $\hat{Z}(x_i)$ مقدار تخمینی متغیر Z(xi)، $\bar{Z}$ میانگین و N تعداد نمونه می‌باشد.

نتایج و بحث

تحلیل آمار توصیفی

آماره‌های توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری شده در قبل و بعد از عملیات تسطیح در جدول 1 نشان داده شدند. معنی‌دار بودن آماره T^2 هُتلینگ نشان‌دهنده‌ی این است که خطای نوع اول تثبیت شده و اختلاف مشاهده شده در متغیرهای مرتبط با حاصلخیزی در اثر عملیات تسطیح، واقعی و معنی‌دار بوده و به خطای نمونه-برداری مربوط نمی‌شوند. میانگین متغیرهای کربن‌آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده بعد از عملیات تسطیح کاهش نشان دادند. اختلاف ایجاد شده در متغیرها در ناحیه مطالعه شده به دلایلی از قبیل اجرای نامناسب عملیات تسطیح اراضی، عدم جمع‌آوری خاک-های سطحی و انتقال مجدد آنها به سطح خاک و در معرض قرار گرفتن خاک زیر سطحی در بعد از تسطیح مرتبط است.

میانگین مقدار رس در بعد از تسطیح از 14/31 به 25/30 درصد افزایش یافت و به این علت در برخی نقاط کلاس بافتی خاک تغییر یافت. منطقه مورد بررسی در قبل از تسطیح دارای کلاس بافتی رس لومی بوده که به کلاس‌های بافتی رس سیلتی و لوم رس سیلتی در بعد از عملیات تسطیح تبدیل شدند؛ این در حالی است که بِرای و همکاران (2003b) بیان نمودند که تسطیح اراضی شاید بتواند توزیع اندازه ذرات را تغییر دهد، اما کلاس بافتی بدون تغییر باقی می‌ماند. از دلایل عمده تغییر بافت در خاک‌های مطالعه شده را می‌توان به (1985).

بر پایه ΔCV شدت غیریکنواختی تمام متغیرها به-جز درصد رس در بعد از تسطیح به مقدار زیاد افزایش یافته است. با توجه به شیب عمومی واحد مزرعه‌ای خسروآباد و متغیر بودن مواد مادری (که ترکیبی از رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای و واریزه دامنه‌ای است) خاک‌های تشکیل‌یافته در منطقه از نوع انتقالی بوده و در

[1]Residual sum of square
[2]Jacknife

Archive of SID
www.SID.ir

این خاک‌ها احتمال تغییرات و غیریکنواختی رس در قبل از تسطیح در واحد مزرعه زیادی است (داهیا و همکاران 1985).

از اثرات منفی تسطیح در اراضی مطالعه شده غیریکنواختی و کاهش کربن‌آلی است. در اجرای عملیات تسطیح ضریب تغییرات (CV) کربن‌آلی از 20/6 (قبل از تسطیح) به37/6 درصد (بعد از تسطیح) افزایش یافت. با کاهش درصد کربن‌آلی غلظت عناصر غذایی خاک، تغییرپذیری و چرخه آنها تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (روچت و همکاران 1999). تغییرات این متغیر می‌تواند تحت‌تأثیر عوامل ذاتی مانند نوع موادمادری، بافت‌خاک، آب‌وهوا، pH خاک و توپوگرافی و یا مدیریتی مانند غرقاب نمودن خاک، وضعیت زهکشی اراضی، مقدار مصرف کود، عمق و تعداد دفعات شخم و سوزاندن بقایای گیاه برنج قرار گیرد. با عملیات تسطیح اراضی به نظر می‌رسد اثر بسیاری از عوامل ذاتی و مدیریتی در بعد از تسطیح حذف گردیده و تغییرات کربن‌آلی عمدتاً بعلت خاک‌برداری و در معرض قرار گرفتن خاک زیر سطحی با کربن‌آلی کم است.

شدت غیریکنواختی فسفر در اراضی کشاورزی بر پایه آماره ضریب تغییرات در بسیاری از منابع مطالعه شده زیاد است. کورتین و همکاران (1983) ضریب تغییرات فسفر قابل استفاده را 78 درصد، پازگ و همکاران (2011) این مقدار را در زمین‌هایی با کاربری متفاوت بین 5 تا 127 درصد و دواتگر و همکاران (2012) ضریب تغییرات فسفر قابل استفاده را 95 درصد اعلام نمودند . از دلایل اصلی افزایش غیریکنواختی و کاهش فسفر و پتاسیم قابل استفاده در بعد از عملیات تسطیح تحرک کم و تجمع این عناصر در خاک سطحی است. منبع اصلی این دو عنصر در خاک-های شالیزاری ناحیه مطالعه شده مصرف کود است.

جدول 1-آماره توصیفی متغیرهای مطالعه شده در قبل و بعد از عملیات تسطیح

متغیر	قبل از تسطیح				بعد از تسطیح				ΔCV
	میانگین	واریانس	چولگی	CV	میانگین	واریانس	چولگی	CV	
EC	0/62	0/03	0/63*	26	0/58	0/03	0/39	31	19/51
OC	2/72	0/31	-0/44	20/6	1/73	0/43	-0/20	37/6	82/22
TN	0/25	0/00	0/08	17/4	0/17	0/00	-0/26	33/1	90/85
AP	12/37	49/50	2/95*	56/9	6/99	38/80	3/14*	89/1	56/60
AK	86/40	238/9	0/70*	17/9	68/7	247/ 10	0/80*	22/9	28/10
Cl	14/31	18/60	-0/07	30	25/30	33/32	0/40	22/5	-25/00

T^2- Hotelling=424.3 **

* و **: نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلافها در سطح احتمال یک و پنج درصد

EC: قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)؛ OC: کربن‌آلی (%)؛ TN: نیتروژن کل(%)؛ AP: فسفرقابل‌استفاده (ppm)؛ AK: پتاسیم قابل استفاده (ppm) و Cl: رس(%)

در این واحد مزرعه‌ای مدیریت مزرعه‌ای یکنواختی (از نظر نوع رقم، تاریخ کاشت، مقدار آب آبیاری و مقدار مصرف کود) از طرف کشاورزان اعمال نمی‌گردد که در افزایش غیریکنواختی وضعیت حاصلخیزی مؤثر است. نیتروژن کل نسبت به دیگر عناصر بیشترین تغییرات را نسبت به قبل از تسطیح نشان داد (90/85 درصد). ماده‌آلی منبع عرضه‌کننده نیتروژن بومی در خاک است (کندا و لادها 1997). علت اصلی تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

شدید نیتروژن را می‌توان به پیروی این عنصر از تغییرات و کاهش موادآلی در بعد از تسطیح نسبت داد.

تحلیل ساختار مکانی

چولگی یک شکل عمومی برای نشان دادن انحراف از نرمال بودن توزیع فراوانی است. چولگی فسفر و پتاسیم قابل استفاده در قبل و بعد از تسطیح در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول 1). چولگی معنی‌دار دلالت بر غیرنرمال بودن توزیع فراوانی دارد و هر اندازه مقدار آن بیشتر گردد، بیانگر غیریکنواخت بودن واریانس، وجود جوامع فرعی و یا داده‌های پرت است. غیرنرمال بودن توزیع ناشی از تغییر در محیط-های رسوب‌گذاری، اثرات نامتقارن فرایندهای پدوژنیک یا هیدرولوژی (یانگ و همکاران 1999) و یا فرایندهای مدیریتی بر متغیرها است (داهیا و همکاران 1985).

وبستر و الیور (2000) نشان دادند که می‌توان از تبدیل‌های لگاریتمی برای داده‌های غیر نرمال با ضریب چولگی بزرگتر از یک و ریشه دوم متغیر برای داده‌های با ضریب چولگی بین نیم و یک استفاده نمود، اما در این تحقیق تبدیل لگاریتمی برای کم کردن میزان چولگی و کشیدگی مؤفق‌تر از ریشه دوم متغیر بود. آزمون داده-های پرت نشان داد که فسفر قابل استفاده در قبل از تسطیح و کربن‌آلی در بعد از تسطیح دارای داده پرت هستند. این داده‌ها در هنگام محاسبه نیم‌تغییرنما حذف و در هنگام برآورد کریجینگ دوباره به چرخه محاسبات برگردانده شدند (محمدی 1385).

متغیرهای مورد بررسی دارای روند نبودند (نتایج نشان داده نشدند). فسفر و پتاسیم قابل استفاده در قبل و بعد از عملیات تسطیح ناهمسانگرد بودند. این دو متغیر در قبل و بعد از تسطیح نیز از چولگی معنی‌دار و توزیع فراوانی غیرنرمال برخوردار بودند. سان و همکاران (2003) علت ناهمسانگردی را به اثرپذیری متغیرها از تغییرات زیاد عامل‌های تشکیل دهنده‌ی خاک و عملیات مدیریتی نسبت دادند.

تمامی متغیرهای مورد مطالعه در قبل و بعد از تسطیح از مدل‌های کروی و نمایی پیروی نمودند (جدول2). این مدل‌ها دارای سه مشخصه اثرقطعه‌ای، آستانه و دامنه تأثیر هستند. برای گروه‌بندی قدرت ساختار مکانی خصوصیات خاک از نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه استفاده گردید. کامباردلا و همکاران (1994) گزارش کردند که اگر این نسبت کمتر از 25 درصد باشد، وابستگی مکانی قوی و اگرنسبت بین 25 تا 75 درصد باشد، وابستگی مکانی متوسط است. برای خصوصیاتی که دارای وابستگی مکانی ضعیف هستند، این نسبت به بیش از 75 درصد خواهد رسید. وابستگی مکانی قوی نشان‌دهنده نقش عوامل ذاتی در کنترل ساختارمکانی متغیر است، در حالیکه وابستگی مکانی ضعیف بر نقش عوامل مدیریتی تاکید دارد.

قدرت ساختار مکانی متغیرهای قابلیت هدایت-الکتریکی، رس، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در بعد از عملیات تسطیح کاهش یافت. اما شاخص‌های پیشنهادی کامباردلا و همکاران (1994) دارای برخی محدودیت-های اساسی مانند عدم در نظر گرفتن دامنه‌تأثیر هستند (ویندروف وزاهو 2010).

دامنه‌تأثیر در تمام متغیرهای مطالعه شده در قبل و بعد از عملیات تسطیح بزرگ‌تر از فواصل نمونه‌برداری (بزرگ‌تر از 90 متر در قبل از تسطیح و بزرگ‌تر از 80 متر در بعد از تسطیح) بود که نشان دهنده خودهمبستگی مکانی است، اما این دامنه در بعد از عملیات تسطیح به شدت کاهش یافت که نشان‌دهنده‌ی اثر عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی در کاهش همبستگی مکانی و تغییرات موضعی قوی است (جدول2). سان و همکاران (2003) نیز کاهش دامنه تأثیر در منطقه مورد مطالعه خود را به اثر کارهای مدیریتی مرتبط دانستند. به استثناء کربن‌آلی و نیتروژن اثرقطعه‌ای در دیگر متغیرهای مطالعه شده بعد از عملیات تسطیح افزایش نشان داد (جدول 2). به نظر می-رسد عملیات تسطیح با ایجاد تغییرات شدید، افزایش غیریکنواختی و تضعیف ساختار مکانی متغیرها افزایش اثرقطعه‌ای را به دنبال داشته است. عوامل مؤثر در اثر قطعه‌ای را می‌توان به وجود مؤلفه‌های تصادفی در توزیع متغیر ، خطاهای نمونه‌برداری، آماده‌سازی و تجزیه متغیرها، وجود تغییرات کوتاه‌دامنه‌ی در فواصل

Archive of SID

www.SID.ir

کوچکتر از مقیاس نمونه‌برداری و تغییرات شدید یا ناهمگنی‌های کوچک نسبت داد (شونینگ و همکاران 2006).

ارزش‌یابی صحت برآورد متغیرها

ارزیابی صحت برآورد کریجینگ در قبل و بعد از عملیات تسطیح با استفاده ازآماره‌های میانگین خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده و واریانس تعدیل شده در جدول 3نشان داده شده است. آماره ME برای تمام متغیرهای مطالعه شده به غیر از فسفر و پتاسیم قابل استفاده به صفر نزدیک بود. آماره ME نزدیک به صفر نشان‌دهنده‌ی آن است که برآوردهای کریجینگ برای متغیرهای قابلیت هدایت الکتریکی، کربن-آلی و نیتروژن به ویژه در بعد از عملیات تسطیح تقریباً بدون اریب هستند.

جدول 2-مؤلفه‌های مدل‌های نیم‌تغییرنمای برازش شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی استاندارد شده متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	قبل از تسطیح					بعد از تسطیح					
	مدل	C0	A0	R^2	RSS	$\frac{C0}{C0+C}$	مدل	C0	A0	R^2	RSS	$\frac{C0}{C0+C}$
EC	کروی	0/48	410	0/96	$9/7\times10^{-7}$	41	نمایی	0/6	215	0/68	$2/6\times10^{-4}$	55
OC	کروی	0/55	550	0/95	$4/7\times10^{-4}$	55	کروی	0/34	120	0/91	$3/3\times10^{-3}$	33
TN	کروی	0/57	845	0/99	$2/4\times10^{-3}$	57	کروی	0/48	215	0/81	0/013	47
AP	کروی	0/31	194	0/93	$7/4\times10^{-3}$	31	نمایی	0/65	100	0/74	0/013	64
AK	کروی	0/02	1120	0/96	$8/8\times10^{-6}$	40	نمایی	0/03	130	0/72	$8/1\times10^{-3}$	60
Cl	کروی	0/32	345	0/98	$4/2\times10^{-3}$	29	نمایی	0/55	200	0/71	14/9	56

C0: اثرقطعه‌ای؛ A0 : دامنه تأثیر ؛ R^2: ضریب تبیین؛ RSS: مجموع مربعات باقیمانده و $\frac{C0}{C0+C}$: نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه

بر پایه ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) به استثناء فسفر قابل استفاده، در بقیه متغیرها برآورد قوی تا متوسط بود. فسفر قابل استفاده در متغیرهای مطالعه شده دارای نسبت واریانس قطعه-ای به آستانه بیشتر (ساختار مکانی ضعیف‌تر)، ضریب تغییرات بیشتر (غیریکنواختی بیشتر)، دامنه تأثیر کمتر (وابستگی مکانی کم و موضعی قوی) بود.

تهیه نقشه‌های هم‌ارز متغیر مورد مطالعه

نقشه‌های هم ارز تهیه شده از کریجینگ برای متغیرهای مورد مطالعه در شکل 3 نشان داده شده‌اند. میانگین درصد رس در بعد از عملیات تسطیح افزایش نشان می‌داد. در نواحی با رس بیشتر به نظر می‌رسد خاک‌ها از ذخایر و توانایی بیشتری در عرضه عناصر غذایی و کارایی تولید خاک برخوردار باشند (دابرمن و ابرتور 1999)، اما با افزایش میانگین درصد رس امکان تشکیل سله و کاهش نسبت منافذ ماکرو به میکرو و در نتیجه محدودیت نفوذ ریشه و جذب آب و عناصر توسط ریشه نیز بیشتر می‌گردد (برای و همکاران 2004b).

کربن‌آلی در اراضی مطالعه شده بعد از عملیات تسطیح کاهش نشان داد. بیشترین این کاهش‌ها منطبق با شمال-غرب این ناحیه است که از شیب بیشتری برخوردار و خاک‌برداری بیشتری در آن انجام شد. با کاهش کربن‌آلی خاک در این ناحیه عرضه بومی نیتروژن دچار محدودیت می‌گردد (دبرمن و ابرتور 1999).

میانگین غلظت پتاسیم قابل استفاده بعد از عملیات تسطیح از 86/4 به 68/7 میلی‌گرم در کیلوگرم (نزدیک به 21 درصد) کاهش یافت. در هر دو شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

جدول3-آماره‌های ارزیابی صحت درون‌یابی متغیرها با استفاده از روش کریجینگ

متغیر	قبل از تسطیح		بعد از تسطیح	
	ME	NRMSE	ME	NRMSE
EC	0/16	0/40	0/003	0/28
OC	0/14	0/17	-0/005	0/35
TN	0/00	0/14	0/000	0/29
AP	-1/27	0/57	-1/39	0/85
AK	-1/38	0/16	-1/57	0/22
Cl	-0/01	0/30	0/30	0/20

ME : میانگین خطا و NRMSE: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده.

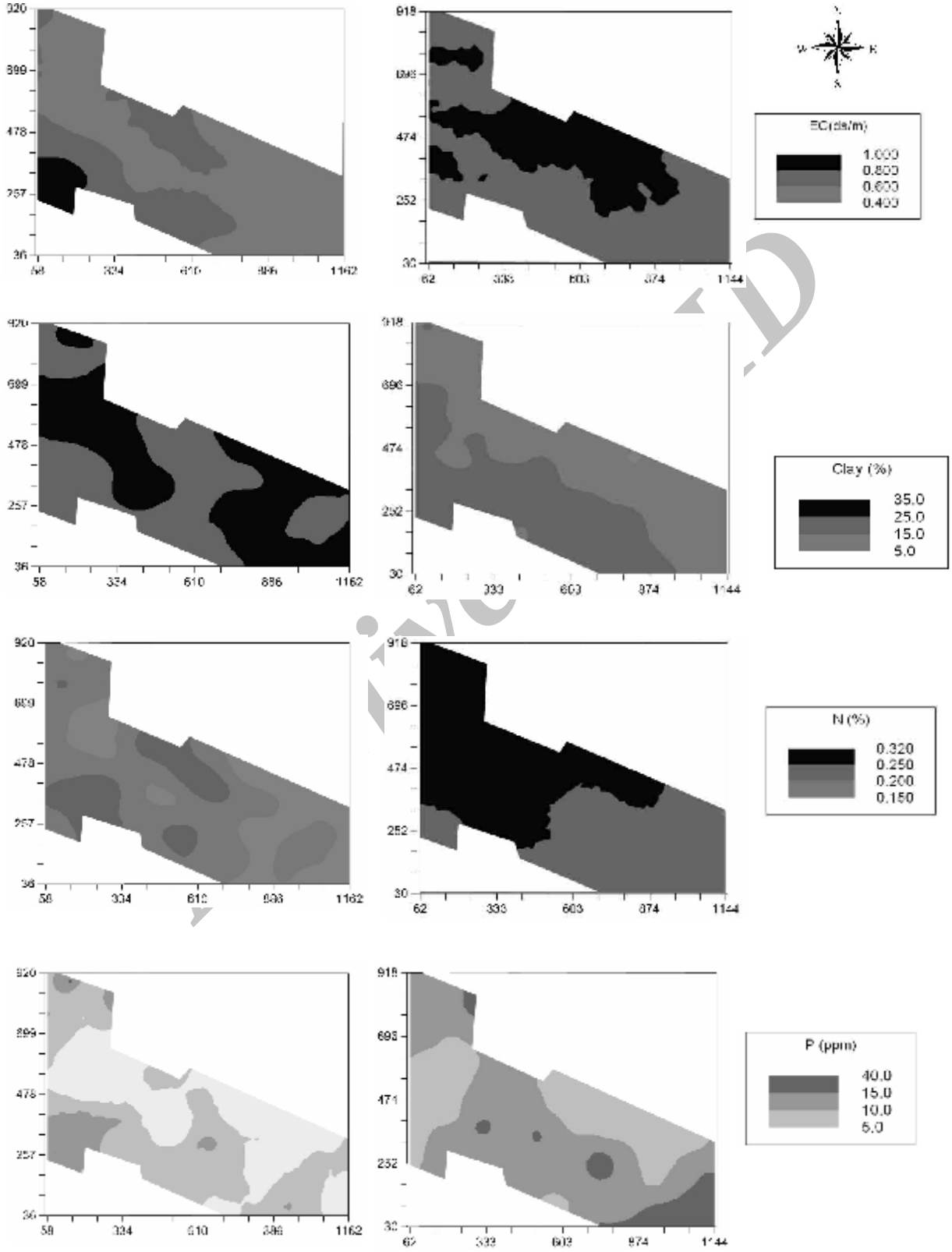
غلظت کمتر از حد بحرانی 115 میلی‌گرم در کیلوگرم (کاووسی و کلباسی 1378) بود. به نظر می‌رسد عواملی از قبیل بالا بودن بارش در منطقه و برقراری سیستم آبیاری غرقابی برای کشت برنج منجر به آبشویی پتاسیم به سوی زهکش‌ها شده و از غلظت آن در خاک سطحی کاسته است. بیشترین کاهش پتاسیم قابل استفاده در بعد از عملیات تسطیح در شمال و غرب ناحیه دیده می‌شود که منطبق با خاک‌برداری بیشتر است. سطوح خیلی کم پتاسیم قابل تبادل در این خاک‌ها (با غلظت کمتر از 90 میلی‌گرم در کیلوگرم) منجر به موازنه منفی پتاسیم و پیشرفت فرآیند تخلیه پتاسیم غیرقابل تبادل می‌شود. تیموتی و استریت (2003) با بررسی چهار واحد مزرعه‌ای متفاوت و در دو سال متوالی نشان دادند که غلظت پتاسیم در مواضع خاک‌برداری کمتر از مواضع خاک‌ریزی است.

توزیع مکانی فسفر قابل استفاده در قبل از عملیات تسطیح غیریکنواخت بوده است و کلاس‌های متفاوت غلظتی در مجاور یکدیگر قرار داشتند. علت آن به عواملی از قبیل متفاوت بودن مدیریت کودی این عنصر توسط زارعین منطقه (عدم مصرف کود فسفره و یا مصرف مقادیر متفاوت کود فسفره توسط زارعین مختلف) و کم تحرکی این عنصر در خاک بر می‌گردد. در بعد از تسطیح اکثر نواحی واحد مزرعه بر پایه حد بحرانی 10 میلی‌گرم در کیلوگرم (میرنیا و محمدیان 1384) کمبود شدید فسفر قابل استفاده (کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان می‌دهند که تقریباً منطبق با نواحی خاک‌برداری هستند. تیموتی و استریت (2003) نشان دادند که شدت کمبود این عنصر در مناطق تسطیح شده منطبق با مناطق خاک‌برداری است و در اثر کمبود فسفر رشد ریشه و پنجه‌زنی آن محدود می‌گردد. غیر یکنواختی ایجاد شده در اثر عملیات تسطیح در وضعیت حالصلخیزی این اراضی نشان می‌دهد که مصرف کود بر پایه توصیه‌های کودی یکنواخت و رایج منجر به بیش‌بود عناصر در اراضی با غلظت بیش از حدبحرانی و ادامه کمبود آن در نواحی می‌گردد که غلظت آن بسیار کمتر از حدبحرانی است.

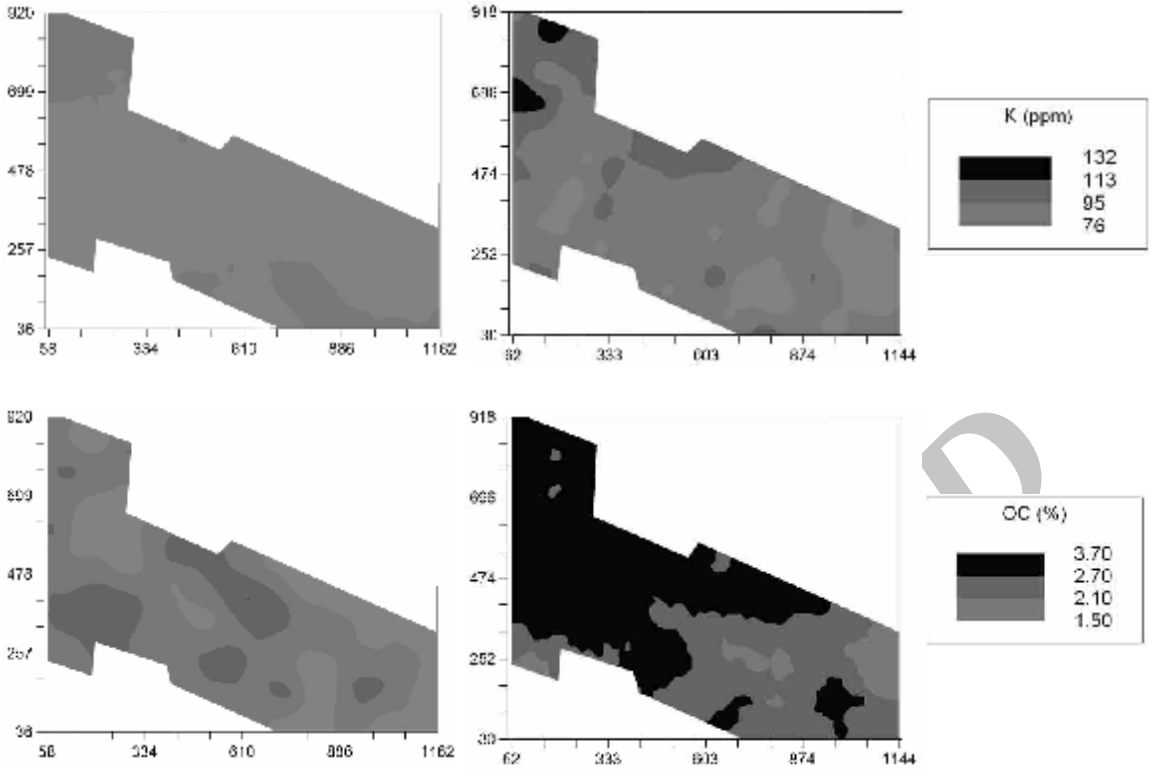
Archive of SID

www.SID.ir

قبل از تسطیح بعد از تسطیح



www.SID.ir



شکل2- نقشه هم‌ارز کریجینگی متغیرها در قبل و بعد از تسطیح

بنـابراین توصـیه‌هـای یکـسان و رایـج کودهـای شیمیایی منجر به تشدید غیریکنواختی، کـاهش راندمان مصرف کود و عدم دسـتیابی بـه عملکـرد مطلـوب مـی-شود. در این شرایط تهیه نقشه‌هـای خـواص مـرتبط بـا حاصلخیزی، شناسایی محدوده‌های کمبود و استفاده از راهکار مدیریت تغذیه خاص مزرعه بر پایه مصرف نرخ متغیر کود می‌تواند نقش چـشمگیری در بهبـود مـدیریت کلان این اراضی در زمینه کاهش هزینه تولید و افـزایش عملکرد داشته باشد.

قدردانی

این مقاله از یک پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور با عنوان " بهینه‌سازی مدیریت حاصلخیزی در خاک‌های شالیزاری اراضی تجهیز و نوسازی استان گیلان، کد 040-80-07-78-18-118" استخراج شده است که از این مؤسسه وآزمایشگاه شیمی خاک آن به ترتیب برای تامین اعتبار ومساعدت در انجام تحقیق قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

بی‌نام، 1387. تحلیلی اطلاع رسانی توسعه روستایی و کشاورزی ایران. سایت خبری .خبرگذاری اقتصادی ایران، http://iranabadi.ir

کاوسی م و کلباسی م، 1378. مقایسه روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم خاک برای تعیین سطح بحرانی پتاسیم برای برنج در تعدادی از خاک‌های شالیزاری استان گیلان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی شماره 3. صفحه‌های 70-57.

Archive of SID

www.SID.ir

میرنیا سخ و مmحمدیان، 1384. برنج، اختلات عناصر غذایی، مدیریت عناصر غذایی. انتشارات دانشگاه مازندران، 436 صفحه.

محمدی ج، 1385. پدومتری (جلد دوم- آمار مکانی). انتشارات پلک، 453 صفحه.

Bremner JM and Mulvancy CS, 1982. Nitrogen-total. Pp. 595-622. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbilogical Prorerties, 2nd edition. ASA and SSSA. Madison. WI.

Brye KR, Slaton NA, Stavin MC, Norman RJ and Miller DM, 2003. Short- term effects of land leveling on soil physical properties and microbial biomass. Soil Sci Soc Am J 67: 1405-1417.

Brye KR, Chen P, Purcell LC, Mozaffari M and Norman RJ, 2004a. First-year soybean growth and production as affected by soil properties following land leveling. Plant and Soil 263: 32-334.

Brye KR, Staton NA, Mozaffari M, Savin MC, Norman RJ and Miller DM, 2004 b. Short- term effects of land leveling on soil chemical properties and their relationships with microbial biomass. Soil Sci Soc Am J 68: 924- 934.

Cahn MD, Hummel JW and Brouer BH, 1994. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. Soil Sci Soc Am J 58:1240-1248.

Cambardella CA, Boorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci Soc Am J 58:1501-1511.

Courtin NP, Feller MC and Klinka K, 1983. Leteral variabililty in some properties of disturbed forest soils in south-western British Columbia. Can J Soil Sci 63:529-39.

Dahiya IS, Richter J and malik RS, 1985. Scale-dependent correlations among soil properties in two tropical lowland rice fields. Soil Sci Soc Am J 61:1483-1496.

Davatgar N, Neishabouri MR and Sepaskhah AR, 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. Geoderma 173-174: 111-118.

Doberman A and Oberthar T, 1999. Fuzzy mapping soil fertility: a case study on irrigated rice land in the Philippines. Geoderma 77:317-339.

Eke HV, 1987. Characteristics of exposed subsoil-at exposure and 23 years later. Agron J 79: 1067-1073.

Johnson RA, Wichern DA, 1982. Applied Multivariate Analysis. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Iqbal J, Thomasson JA, Jenkins JN, Owens PR and Whisler FD, 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. Soil Sci Soc Am J 69: 1338–1350.

Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle Size analysis. Pp. 383-409. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analaysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA, Madison, WI.

Archive of SID

www.SID.ir

Kundu DK and Landha JK, 1997. Effect of growing rice on nitrogen mineralization in flooded soil. Soil Sci Soc Am J 61:839-845.

Miller DM, 1990. Variability of soil chemical properties and rice growth following land levening. Arkansas Farm Res. 39:4.

Olsen SR and LE somner, 1982. Phosphorus. Pp. 403-427. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbilogical Prorerties 2nd edition. ASA and SSSA. Madison, WI.

Paz-Gonzales SR, Vieira MPT and Castro T, 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. Geoderma 97: 273–292.

Page AL, 1982. Organic matter characterization. Pp. 581-593. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbilogical Prorerties 2nd edition. ASA and SSSA. Madison. WI.

Pierce FJ and Nowak P, 1999. Aspects of Pecision Ariculture. Adv Agron 87: 1- 85.

Robbins CW, Westermann DT and Freeborn LL, 1999. Phosshorus forms and extractability from three sources in recently exposed calcareous subsoil. Soil Sci Soc Am J 63:1717-1724.

Roberetson GP, 2008. GS+: Geostatistics for the Environmental Science. Gamma Design Software. Plainwell, Michigan USA.

Rochette, PD, Angers A and Flanagan LB, 1999. Maize residue decompositions measurement using soil surface carbon dioxide fluxes and natural abundance of carbon-13. Soil Sci Soc Am J 63: 1385- 1396.

Schoning I, Totsche KV and Kogel-Knabner I, 2006. Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested luvisol. Geoderma 136: 631-642.

Sharma PK and De Datta SK,1985. Puddling influence on soil, rice development, and yield. Soil Sci Soc Am J 49: 1451-1457.

Sun B, Zhou Sh and Zhao Q, 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical china. Geoderma 115: 85-99.

Timothy W and Street JE, 2003. Rice fertilization. Pp. 1341- 1136. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station., MJSS.

Webster R and Oliver MA, 2000. Geostatistics for Environmental Scientists. Wiley Chichester, England.

Weindorf DC and Zhu Y, 2010. Spatial variability of soil properties at Capulin Vlcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. Pedosphere 20(2):185-197.

Vieira SR, Nielsen DR Biggar JW and Tillotson PM, 1997. The scaling of semivariograms and the kriging estimation. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 21: 525–533, Vicosa.

Archive of SID

www.SID.ir

Yang L, Jiang C and Jin J, 1999. Application of GIS in soil testing and fertilization for high yield cotton production. Pp. 1-4. In: Proceedings of the Fourth Workshop on Agro-chemical Cervices and New Fertilizer Development. National Chemical Fertilizer Industrial Information Center, Dalian, China.

Yongnian G, Junfeng G and Jiongfeng C, 2011. Spatial variability of surface soil available phosphrorous and its relation with environment factors in Chaohu Lake watershed. Environment Research and Public Health 8: 3299-3317.

Archive of SID

www.SID.ir