

تأثیر پراکنش مکانی عناصر غذایی کم مصرف خاک بر عملکرد کمی و کیفی گندم

علی داد کرمی^۱

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

چکیده

تغییرات مکانی عناصر غذایی کم مصرف باعث غیریکنواختی محصول در نقاط مختلف مزرعه شده و عملکرد کاهش می‌یابد. در این پژوهش عملکرد دانه گندم و مقادیر آهن، روی، مس و منگنز در خاک، دانه و کاه گندم در ۳۶ نقطه از مزرعه ۴۰ هکتاری اندازه‌گیری شد. میان‌یابی پارامترها در نقاط فاقد داده با روش‌های کریجینگ، وزن دادن عکس فاصله (IDW) و کوکریجینگ، و با برازش مدل‌های خطی، نمایی، گوسی و کروی بر نیم‌تغییرنمای تجربی انجام شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل برای مقادیر روی و مس خاک کروی و برای آهن و منگنز خاک نمایی بود. بهترین میان‌یاب برای مقادیر روی، آهن، مس و منگنز خاک کریجینگ بود. بهترین مدل برای غلظت آهن و روی دانه نمایی و برای مس و منگنز دانه کروی بود. بهترین میان‌یاب برای غلظت آهن، روی، مس و منگنز دانه کریجینگ بود. بهترین مدل برای غلظت آهن، روی و منگنز در کاه گندم نمایی و برای مس کروی بود. بهترین میان‌یاب برای غلظت آهن، منگنز، و مس در کاه گندم IDW و برای روی در کاه گندم کریجینگ بود.

واژه‌های کلیدی: آهن، تغییرپذیری مکانی، روی، زمین‌آمار، کشاورزی دقیق، مس، منگنز.

مقدمه

شناخت عوامل محدود کننده تولید و رفع آن موجب افزایش عملکرد خواهد شد. تعیین پراکنش مکانی عناصر غذایی در مزرعه و کاربرد آن به مقدار مورد نیاز گیاه با کودپاش نرخ متغیر در نقاط مختلف مزرعه ضمن افزایش بهره‌وری نهاده، صرفه اقتصادی داشته و از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می‌کند. آمار و زمین‌آمار اطلاعات مفیدی در رابطه با تغییرپذیری مکانی و ناهمگونی ویژگی‌های خاک در مناطق وسیع و ناهمگون مهیا می‌کند (Komnitsas et al., ۲۰۱۰). زمین‌آمار یکی از روش‌های قوی برای ارزیابی تغییرپذیری مکانی منابع طبیعی مانند خاک است (Sauer et al., ۲۰۰۶).

شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک کلیدی برای درک فرایندهای خاک در مقیاس مزرعه و حوزه آبخیز است (Corwin et al., ۲۰۰۶). شناخت تغییرپذیری ویژگی‌های خاک و گیاه در مکان و زمان، اصولی پایه‌ای برای مدیریت دقیق اراضی کشاورزی است (Grego and Vieira ۲۰۰۵). تحقیقات متعددی با هدف مقایسه تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک با تغییرپذیری مکانی عملکرد محصول برای توسعه عملیات مدیریتی انجام گردیده است (Eghball et al., ۲۰۰۳; Kitchen et al., ۲۰۰۳; Chang et al., ۲۰۰۴). با استفاده از چند روش زمین‌آمار و کریجینگ، توزیع مکانی عناصر غذایی برای اراضی تولید سبزیجات تعیین گردیده و نتایج نشان داده که همه روش‌های زمین‌آمار دقت برآورد را افزایش داده است (Shi et al., ۲۰۰۵). توصیف موفقیت‌آمیز تغییرپذیری مکانی فلزات سنگین (Romic and Romic, ۲۰۰۳)، ریزمغذی‌ها (Liu et al., ۲۰۰۴) و دیگر ویژگی‌های خاک (Gilbert and Wayne, ۲۰۰۸; Liu et al., ۲۰۰۸) گزارش شده است.

به دلیل تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در یک اکوسیستم مشابه، ویژگی خاک ممکن است تغییرات مکانی معنی‌داری را داشته باشد (Robinson and Metternicht, ۲۰۰۶). این تغییرات عمدتاً از فاکتورها و فرایندهای خاک‌سازی و کاربری اراضی ناشی می‌شود (Ersahin, ۲۰۰۳).

مواد و روش‌ها

گندم یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی در استان فارس است که تغذیه و مدیریت بهینه آن در نقاط مختلف مزرعه سبب افزایش تولید خواهد شد. قطعه مزرعه‌ای ۴۰ هکتاری که از یک سیستم آبیاری بارانی سنتریپوت آبیاری می‌شد انتخاب گردید. بصورت تصادفی از ۳۶ نقطه مزرعه مزبور نمونه‌برداری خاک از لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و مقادیر آهن، روی، مس و منگنز در خاک و در دانه و کاه گندم اندازه‌گیری شد. عملکرد گندم در سطح ۲ مترمربعی نیز اندازه‌گیری شد. داده‌ها در محیط Excel درج و محاسبات آمار کلاسیک با SPSS و محاسبات زمین‌آمار با نرم‌افزار GS+ انجام گردید. میان‌یابی پارامترها در نقاط فاقد داده با روش‌های کریجینگ، وزن دادن عکس فاصله و کوکریجینگ، و با برازش مدل‌های خطی، نمایی، گوسی و کروی بر نیم‌تغییرنمای تجربی انجام شد. برای بیان خطای مطلق و ارزیابی برآوردها و انتخاب روش مناسب درون‌یابی از آماره‌های میانگین اریب خطاها (MBE)، میانگین مطلق خطاها (MAE)، ریشه دوم میانگین مربعات خطاها (RMSE) و واریانس اشتباه معیار (MSDR) استفاده گردید. در نهایت بر اساس بهترین مدل واریوگرامی و بهترین میان‌یاب تخمین ویژگی‌ها در نقاط فاقد داده انجام شد و نقشه‌های مربوطه ترسیم و تجزیه و تحلیل لازم انجام شد.

نتایج و بحث

مس قابل جذب خاک با درصد اشباع، درصد رس، آهن و روی قابل جذب خاک همبستگی مثبت ولی با T.N.V، درصد شن همبستگی منفی نشان داد. منگنز قابل جذب خاک نیز با کربن آلی، پتاسیم و روی قابل جذب خاک همبستگی مثبت داشت. آهن قابل جذب خاک نیز با فسفر و مس قابل جذب خاک همبستگی مثبت و با پتاسیم قابل جذب خاک همبستگی منفی داشت. روی قابل جذب خاک نیز با درصد رس، مس و منگنز قابل جذب خاک همبستگی مثبت نشان داد. مقدار آهن دانه با مقدار روی دانه همبستگی مثبت داشت ولی مقدار روی دانه با درصد سیلت خاک همبستگی منفی نشان داد. منگنز دانه گندم با درصد اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، پتاسیم قابل جذب خاک، درصد سیلت خاک و مقادیر فسفر، پتاسیم، مس و روی دانه همبستگی مثبت ولی با وزن هزار دانه گندم، اسیدیته گل اشباع و درصد رس خاک همبستگی منفی نشان داد. مقدار مس دانه گندم با قابلیت هدایت الکتریکی و پتاسیم قابل جذب خاک و مقدار منگنز دانه گندم همبستگی مثبت ولی با اسیدیته گل اشباع، درصد رس خاک و مقدار فسفر گاه گندم همبستگی منفی داشت.

جدول ۱- آمار توصیفی عناصر غذایی کم مصرف خاک در مزرعه مورد مطالعه

متغیر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
Cu	د	۸۲/۰	۷۶/۱	۳۰/۱	۰۴/۰	-۳۱/۰	۲۰/۰
Mn	د	۴/۱	۷/۲	۰۷/۱	۴۳/۵	-۱۰/۰	-۱۷/۰
Fe	د	۳۶/۱	۲/۱	۲۳/۸	۷۲/۴	۵۷/۰ به	-۳۷/۰ به
Zn	د	۵۶/۱	۴/۱	۹۶/۰	۰۵۴/۱	۲۷/۰ به	-۷۵/۰ به
						۰۴/۰	-۷۴/۰

جدول ۲- مدل های برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی و خلاصه ای از اطلاعات زمین آماری عناصر غذایی کم مصرف

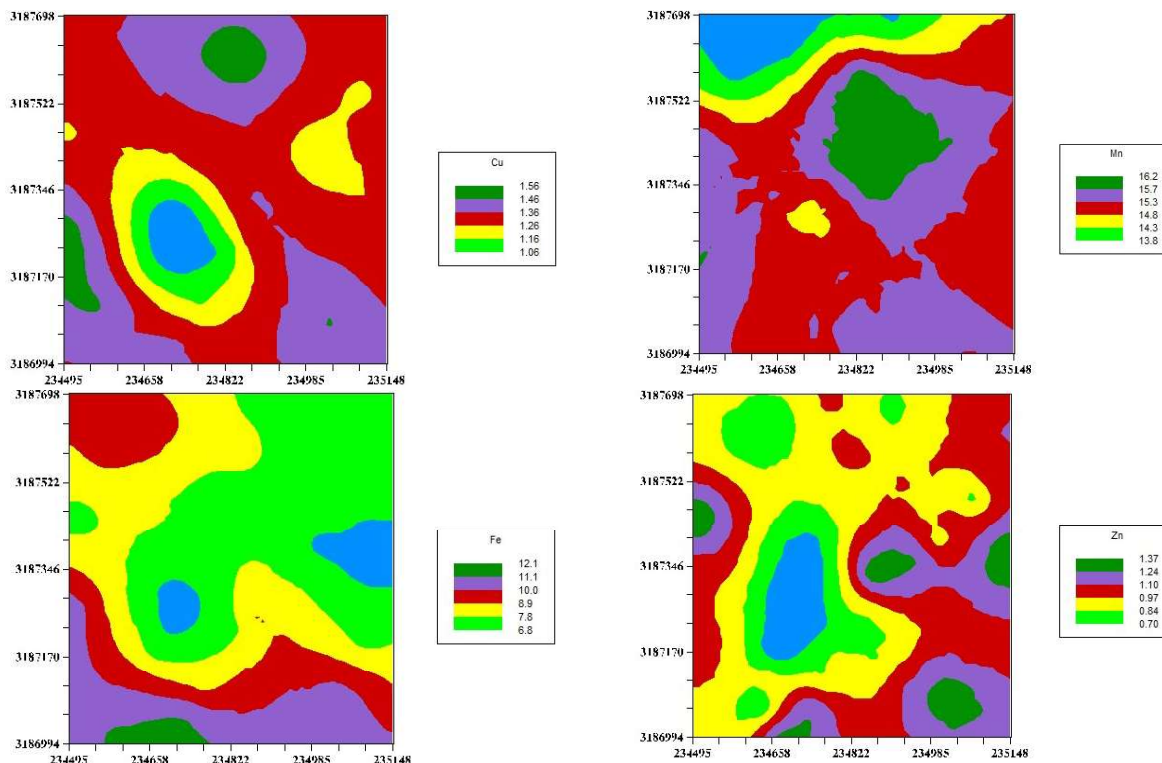
فاکتور	مدل	C.	C.+C	$\frac{C_0}{C_0+C}$	A.	R ²	RSS
Cu	کروی	۰۱۴۳/۰	۰۴۷۱/۰	۳۰۴/۰	۲۷۱	۸۷۷/۰	۹۹/۴×۱۰ ^{-۵}
Mn	نمایی	۱۳/۴	۲۶۱/۸	۵۰۰/۰	۴۳۲	۵۶۱/۰	۸۶۶/۰
Fe	نمایی	۰۲۱۹/۰	۰۷۲۲/۰	۳۰۳/۰	۱۶۳	۹۴۱/۰	۵۸/۴×۱۰ ^{-۵}
Zn	کروی	۰۰۰۰۱/۰	۰۱۴۰۲/۰	۰۰۱/۰	۱۹۰	۹۸۹/۰	۹۹/۳×۱۰ ^{-۵}

C: واریانس قطعه ای، C.+C: آستانه، $\frac{C_0}{C_0+C}$: نسبت همبستگی مکانی، A: دامنه تاثیر (متر)، R²: ضریب تبیین و RSS: مجموع مربعات خطا.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش های میان یابی عناصر کم مصرف خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	روش میان یابی	MBE	MAE	RMSE	MSDR
مس خاک	kriging	-۰۱۲۳/۰	۱۳۸۸/۰	۱۷۵۱/۰	۱۴/۴×۱۰ ^{-۵}
	IDW	-۰۲۵۵/۰	۱۵۲۶/۰	۱۹۳۱/۰	۰۳/۵×۱۰ ^{-۵}
منگنز خاک	kriging	۰۶۱۵/۰	۹۲۸۸/۱	۴۴۲۹/۲	۰۰۸۱/۰
	IDW	۱۵۰۳/۰	۹۵۹۹/۱	۴۵۴۶/۲	۰۰۸۱/۰
آهن خاک	kriging	-۰۴۰۳/۰	۵۳۰۸/۱	۸۴۲۹/۱	۰۰۴۶/۰

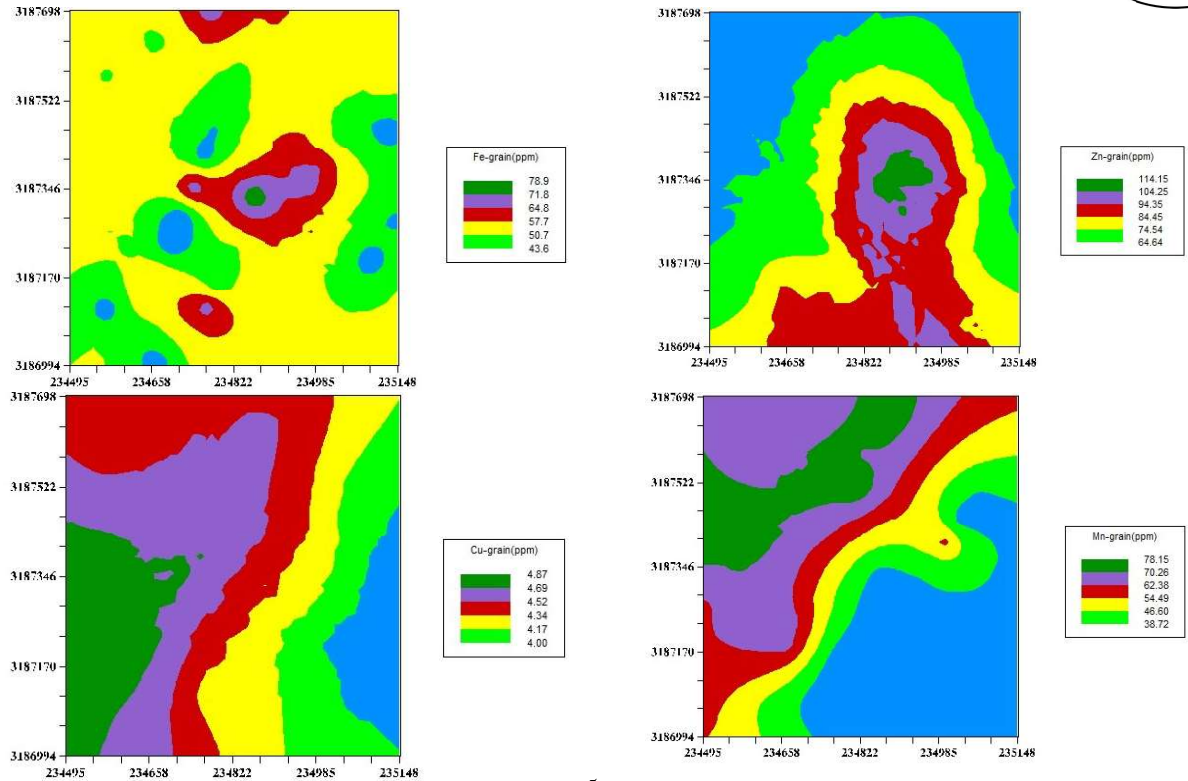
۰۰۵۵/۰	۰۲۱۶/۲	۶۴۶۱/۱	-۴۳۵۶/۰	IDW	
۵۸/۵×۵-۱۰	۲۰۲۴/۰	۱۶۳۳/۰	-۰۳۷۲/۰	kriging	
۲۴/۶×۵-۱۰	۲۱۵۱/۰	۱۶۱۱/۰	-۰۴۳۹/۰	IDW	روی خاک



شکل ۱- نقشه پراکنش مکانی منگنز (بالا راست)، مس (بالا چپ)، روی (پایین راست) و آهن (پایین چپ) قابل جذب خاک

تغییرات مقادیر مس خاک از شرق و جنوب شرقی به شمال و غرب مزرعه افزایش نشان داد و کمترین مقادیر آن تقریباً در مرکز مزرعه مشاهده شد. منگنز قابل جذب خاک در شمال غربی مزرعه کمترین مقدار را داشت و بیشترین مقدار آن نیز تقریباً در مرکز مزرعه مشاهده شد. آهن قابل جذب خاک از شمال شرقی به جنوب غربی مزرعه افزایش نشان داد و عمده مزرعه مقادیر پایین این عنصر را نشان داد. روی قابل جذب خاک در ناحیه میانی مزرعه کمترین مقدار را داشت. در جناحین مزرعه و به خصوص در شرق مزرعه مقادیر روی قابل جذب خاک افزایش نشان داد (شکل ۱).

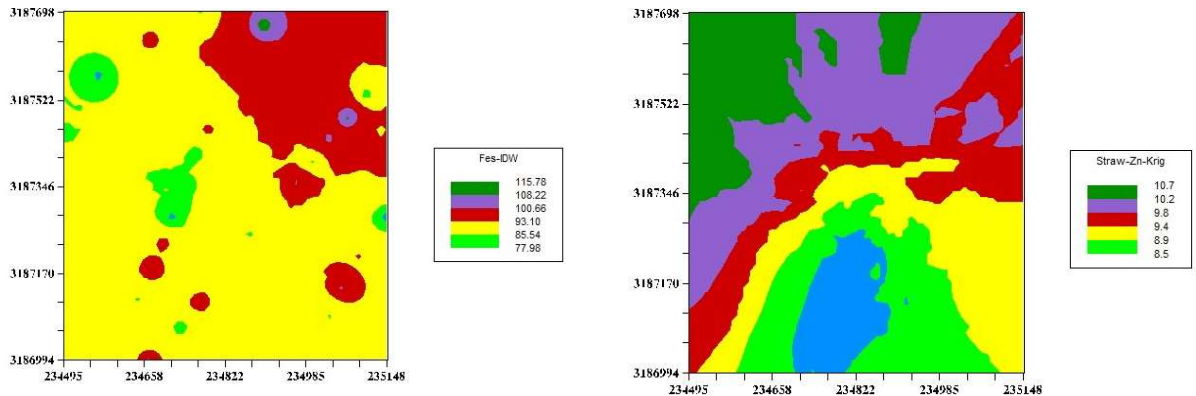
برای مقادیر منگنز، و روی دانه بیشترین ضریب تبیین با مدل کروی حاصل شد که علاوه بر بیشترین ضریب تبیین، کمترین مقدار مجموع مربعات خطا را داشتند. بهترین مدل برای آهن و روی دانه گندم مدل نمایی بود. پارامترهای آهن و منگنز دانه گندم از ساختار مکانی قوی و روی و مس دانه از ساختار مکانی متوسط برخوردار بودند. بهترین روش میان‌یابی برای مقادیر آهن، روی، مس و منگنز دانه روش کریجینگ بود.



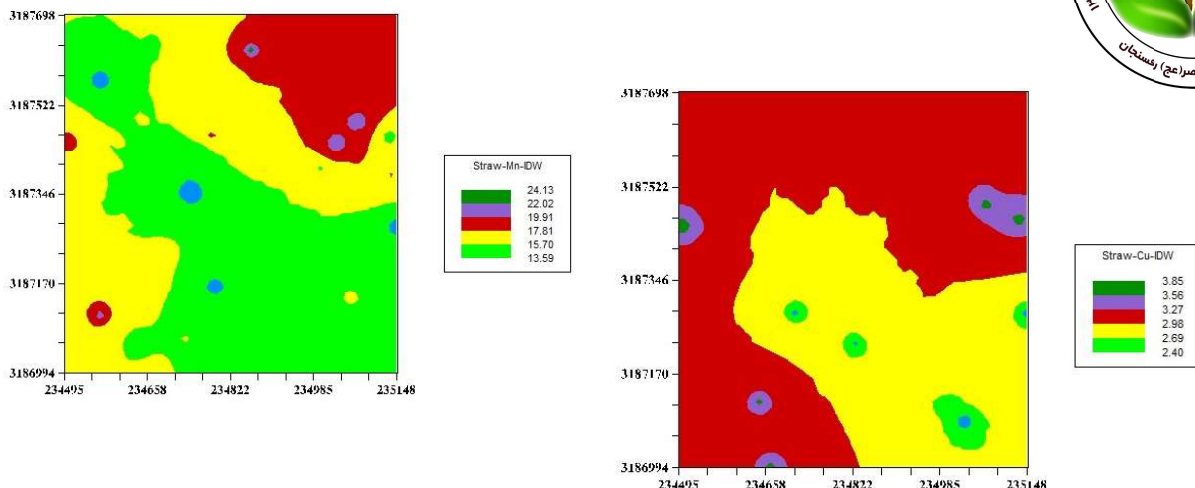
شکل ۲- نقشه پراکنش مکانی غلظت روی (بالا راست)، آهن (بالا چپ)، منگنز (پایین راست) و مس (پایین چپ) در دانه گندم

غلظت آهن دانه گندم در مزرعه مورد مطالعه تغییرات قابل ملاحظه‌ای را داشت. در عمده سطح مزرعه مقدار آن از سطح پایینی برخوردار بود و بیشترین مقادیر آن تقریباً در قسمت میانی مزرعه مشاهده شد. مقادیر پایین‌تر روی دانه گندم در قسمت شمالی مزرعه دیده شد و در قسمت میانی و به خصوص در مرکز مزرعه بیشترین مقدار را داشت. مقادیر مس دانه گندم از شرق به غرب مزرعه مورد مطالعه افزایش نشان داد. مقادیر منگنز دانه گندم از جنوب شرقی به شمال غربی مزرعه مورد مطالعه افزایش نشان داد (شکل ۲).

بهترین مدل واریوگرامی برای مقادیر مس کاه گندم کروی و برای مقادیر آهن، منگنز و روی کاه گندم مدل نمایی بود. نیم‌تغییرنمای منفرد پارامترهای مزبور برای آهن و منگنز از ساختار مکانی قوی و برای روی و مس از ساختار مکانی متوسط برخوردار بود. نقشه پراکنش برای مقدار روی در کاه گندم با روش میان‌یابی کریجینگ و برای آهن، مس و منگنز با روش وزن دادن عکس فاصله که بر روش میان‌یابی کریجینگ ارجحیت داشت در شکل ۳ ارائه شده است.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

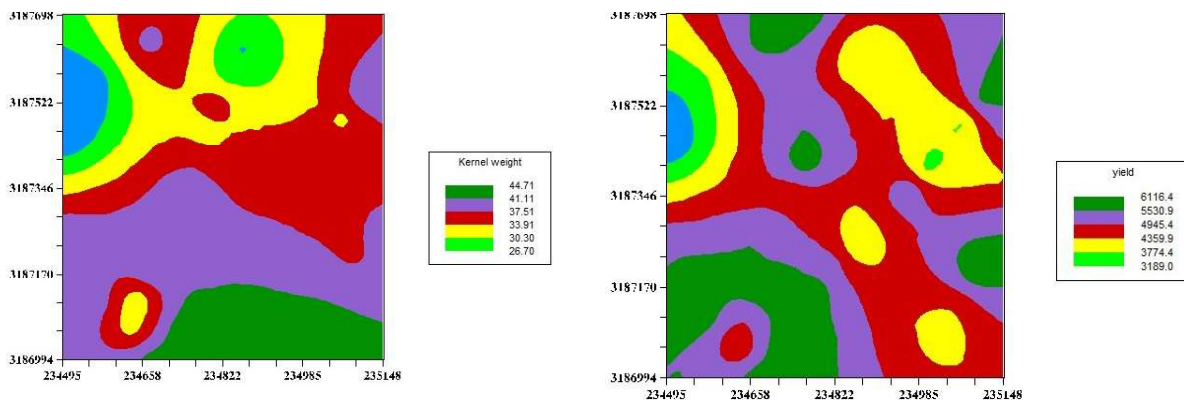


شکل ۳- نقشه پراکنش مکانی غلظت روی (بالا راست)، آهن (بالا چپ)، مس (پایین راست) و منگنز (پایین چپ) در کاه گندم

مقدار روی در کاه گندم از جنوب و جنوب شرقی به شمال و شمال غربی افزایش داشت. مقدار آهن نیز از جنوب غربی مزرعه به شمال شرقی افزایش داشت. مقدار منگنز در کاه گندم مشابه مقدار آهن کاه گندم بود و مقدار منگنز نیز از جنوب غربی مزرعه به شمال شرقی افزایش داشت. مقدار مس در کاه گندم مشابه مقدار مس در کاه بود. به طور کلی مقدار این عنصر در کاه از جنوب و جنوب شرقی به شمال و شمال غربی افزایش داشت (شکل ۳).

جدول ۴- آمار توصیفی عملکرد دانه گندم در مزرعه مورد مطالعه

متغیر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
عملکرد دانه گندم	کیلوگر م	۲۵۵	۶۱۵	۴۹۲	۸۴۳۷۴	۴۹/۰	-۶۲/۰
وزن هزار دانه	گرم	۲۳	۴۳	۳/۳۶	۴/۲۶	۹۳/۰	۲۴/۰



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی عملکرد دانه گندم (راست)، وزن هزار دانه گندم (چپ)

سطح وسیعی از مزرعه عملکرد پایین داشت. وزن هزار دانه گندم تغییرات زیادی داشت و مشاهده می شود که در سطح وسیعی از مزرعه وزن هزار دانه گندم کم بود، به خصوص در شمال غرب مزرعه که عناصر غذایی کم مصرف به خصوص روی و منگنز خاک کم و میزان شوری خاک بیشتر و محدودیت عوامل تولید بیشتر بود وزن هزار دانه مقادیر کمتری را نشان داد که با مدیریت بهتر می توان سطح تولید را به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش داد.

منابع

Chang, J. Clay, D.E. Carlson, C.G. Reese, C.L. Clay, S.A. and Ellsbury, M.M. ۲۰۰۴. Defining yield goals and management zones to minimize yield and nitrogen and phosphorus fertilizer recommendation errors. Agron. J., ۹۶: ۸۲۵-۸۳۱.



- Corwin, D.L., Lesch, S.M., Oster, J.D. and Kaffka, S.R. ۲۰۰۶. Monitoring management- induced spatio-temporal changes in soil quality through soil sampling directed by apparent electrical conduction. *Geoderma*, ۱۳۱: ۳۶۹-۳۸۷.
- Eghball, B., Schepers, J.S., Negahban, M. and Schlemmer, M.R. ۲۰۰۳. Spatial and temporal variability of soil nitrate and corn yield: Multifractal analysis. *Agron. J.*, ۹۵: ۳۳۹-۳۴۶.
- Ersahin, S. ۲۰۰۳. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۶۷: ۱۸۴۸-۱۸۵۵.
- Gilbert, C. and Wayne, H. ۲۰۰۸. Kriging analysis of soil properties. *J. Soils Sediments*, ۸: ۱۹۳-۲۰۲.
- Grego, C.R., Vieira, S.R. ۲۰۰۵. Spatial variability of soil physical properties in an experimental plot. *Brazilian J. Soil Sci.*, ۲۹: ۱۶۹-۱۷۷.
- Kitchen, N.R., Drummond, S.T., Lund, E.D., Sudduth, K.A. and Buchleiter, G.W. ۲۰۰۳. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil-crop systems. *Agron. J.*, ۹۵: ۴۳۸-۴۴۹.
- Komnitsas, K., Guo, X. and Li, D. ۲۰۱۰. Mapping of soil nutrients in an abandoned Chinese coal mine and waste disposal site. *Minerals Eng.*, ۲۳: ۶۲۷-۶۳۵.
- Liu, C.W., Jang, C.S. and Liao, C.M. ۲۰۰۴. Evaluation of arsenic contamination potential using indicator kriging in the Yun-Lin aquifer (Taiwan). *Sci. Total. Environ.*, ۳۲۱: ۱۷۳- ۱۸۸.
- Liu, X.M., Zhao, K.L., Xu, J.M., Zhang, M.H., Si, B. and Wang, F. ۲۰۰۸. Spatial variability of soil organic matter and nutrients in paddy fields at various scales in southeast China. *Environ. Geol.*, ۵۳: ۱۱۳۹-۱۱۴۷.
- Robinson, T.P. and Metternicht, G. ۲۰۰۶. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computer and Electronics in Agriculture*, ۵۰: ۹۷-۱۰۸.
- Romic, M. and Romic, D. ۲۰۰۳. Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environ. Geol.*, ۴۳: ۷۹۵-۸۰۵.
- Sauer, T.J., Cambardella, C.A. and Meek, D.W. ۲۰۰۶. Spatial variation of soil properties relating to vegetation changes. *Plant and Soil*, ۲۸۰: ۱-۵.
- Shi, Z., Li, Y., Makeshine, F. and Wang, R.C. ۲۰۰۵. Assessment of temporal and spatial variability of soil salinity in a coastal saline field. *Environ. Geol.*, ۴۸: ۱۷۱-۱۷۸.

Abstract

Spatial variation of micro-nutrients cause of no uniformity of crop yield at different points of field and reduced of crop yield. In this research, the wheat grain yield data, and amounts of iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu) and manganese (Mn) in soil, and grain and straw of wheat was measured at ۳۶ points of a field with ۴۰ ha area. The interpolation of parameters in non-sampled areas were predicted by means of kriging, inverse distance weighted (IDW), and co-kriging methods and the experimental semi-variograms were fitted to linear, exponential, Gaussian, and spherical models. The results showed that the best variogram model for available Zn and Cu in soil was spherical and for Fe and Mn was exponential. The best interpolation method for Zn, Fe, Cu and Mn of soil was kriging. The best variogram model for concentration of Fe and Zn in wheat grain was exponential and for Cu and Mn was spherical. The best interpolation method for Fe, Zn, Cu and Mn concentration in wheat grain was kriging. The best variogram model for concentration of Fe, Zn, and Mn in wheat straw was exponential and for Cu was spherical. The best interpolation method for Fe, Mn, and Cu concentration of wheat straw was IDW and for Zn was kriging.