

旱田土壤团聚体的空间变异分析

顾 鑫

(黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163316)

摘要:为更好地进行现代化农田管理,以黑龙江省农业科学院大庆分院试验基地一早田为研究对象,运用地统计学理论和地理信息系统技术,对研究区土壤团聚体的空间变异进行了分析。结果表明:在该研究区中, >5.00 mm、 $0.50\sim 0.25$ mm、 <0.25 mm 三个级别团聚体均表现为中等变异; $5.00\sim 2.00$ mm、 $2.00\sim 1.00$ mm、 $1.00\sim 0.50$ mm 三个级别团聚体均表现为强变异。土壤 MWD 在 $0.20\sim 2.16$ mm,平均为 0.84 mm,表现为中等变异。土壤各级团聚体和土壤 MWD 统计上服从正态或对数正态分布,空间上呈现明显的变异性。

关键词:土壤团聚体;地理信息系统;空间变异

中图分类号:SI52.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)08-0043-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.08.0043

高标准、高质量农田是作物高效高产的重要保障,建立高标准农田的前提在于提高土壤质量、改善土壤结构等基础条件。土壤形成于陆地表面,受时间、气候、地形、母质、植被及人为活动等多种因素的共同影响,其特性在空间分布上表现高度的变异性^[1]。当今世界,随着新兴技术的飞速发展,精准农业(Precision Agriculture, PA)已成为农业的新潮流,它是以信息技术为支撑,根据空间变异,定位、定时、定量地实施一整套现代化农事管理技术体系^[2],加快了现代农业化进程。良好的土壤结构体为土壤团聚体^[3],土壤团聚体对土壤营养、土壤水分、土壤空气、土壤温度等肥力元素具有不可忽视的调节功能。为此,准确把握农田土壤团聚体空间上的变异状况,绘制直观的空间变异分布图在精准农业应用上具有重要的价值。本研究选取黑龙江省农业科学院大庆分院试验基地一常年耕作旱田为研究对象,运用地统计学理论和地理信息系统(Geographical Information System, GIS)技术对土壤团聚体的空间变异情况进行研究,以期为现代化农田管理提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设置于黑龙江省农业科学院大庆分院试验基地($N46^{\circ}40'$ 、 $E125^{\circ}14'$),地形为碟形凹地,

温带大陆性季风气候,具有春季多风,夏季多雨,秋凉,冬寒的特点。年均降水量 426 mm,年均蒸发量 972 mm,土壤易发生盐碱化。本研究选取一常年耕作旱田作为调查研究对象,区域面积约 5 hm²。

1.2 材料

土壤样品采集于 2016 年 4 月中旬,在研究区按照等间距打成 40 m \times 40 m 大小的网格状,在每个网格内采集 5 点样本混合放入硬质盒中,尽量保持土壤原状,采样深度为土壤耕层 $0\sim 20$ cm,样本数共 26 个,利用 GPS 定位仪精确记录采样点的地理位置。

1.3 方法

常规描述性统计是半方差函数分析、空间变异分析的基础^[4],本文对研究区 26 个样本的土壤团聚体组成进行描述性统计分析。土壤团聚体分级采用湿筛法^[5],在土壤团聚体分析仪(型号 TTF 100,浙江)上进行。

平均重量直径(Mean Weight Diameter, MWD)通常作为团聚体质量综合评价的一个重要指标^[6],其值较大则反映土壤的团聚程度较高,抵抗侵蚀的能力强,利用公式^[7]来计算:

$$MWD = \sum_{i=1}^6 \frac{r_{i-1} + r_i}{2} \times m_i$$

式中: i 为级别(>5.00 , $5.00\sim 2.00$, $2.00\sim 1.00$, $1.00\sim 0.50$, $0.50\sim 0.25$, <0.25 mm); r_{i-1} , r_i 分别为第 $i-1$ 与第 i 个级别筛子的孔径(mm);令 $r_0 = r_1$, $r_6 = r_5$, m_i 是第 i 个级别团聚体的含量(%)。

收稿日期:2017-06-03

作者简介:顾鑫(1988-),男,黑龙江省讷河市人,硕士,研究实习员,从事土壤改良与土壤生态研究。E-mail: guxin88@yeah.net。

采用地统计理论中的半方差函数^[8]和普通克里格(Ordinary Kriging)^[9]内插值法进行空间变异分析。

运用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理,利用 ArcGIS 10.2 软件进行空间内插分布图的绘制。

2 结果与分析

2.1 土壤团聚体的描述性统计特征

由表 1 可以看出,各级别土壤团聚体含量差异较大,>5.00 mm 团聚体含量在 0~20%,平均为 6.15%;5.00~2.00 mm 团聚体含量在 1%~41%,平均为 7.08%;2.00~1.00 mm 团聚体含量在 1%~32%,平均为 7.15%;1.00~0.50 mm 团聚体含量在 1%~41%,平均为 8.31%;0.50~

0.25 mm 团聚体含量在 3%~22%,平均为 9.19%;<0.25 mm 团聚体含量在 8%~91%,平均为 62.12%。土壤 MWD 在 0.20~2.16 mm,平均为 0.84 mm。变异系数(CV)能够反映了样本值间的变异程度^[10],通常根据 CV 的大小分为 3 个等级:弱变异(CV≤10%)、中等变异(10%<CV≤100%)、强变异(CV>100%)。>5.00 mm、0.50~0.25 mm、<0.25 mm 三个级别团聚体的 CV 均在 10%~100%,为中等变异;5.00~2.00、2.00~1.00 mm、1.00~0.50 mm 三个级别团聚体的 CV 均大于 100%,为强变异。土壤 MWD 的 CV 为 68.5%,表现为中等变异。经正态分布检验及进行对数转换,使得各个指标呈正态分布或对数正态分布,以达到半方差函数分析使用的要求^[11]。

表 1 土壤团聚体组成的描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of soil aggregate composition

分析项目 Analysis item	样本数 Samples	极小值 Min	极大值 Max	平均值 Mean	标准差 SD	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数 CV	分布类型
>5.00 mm 团聚体含量/%	26	0	20	6.15	5.431	0.94	3.63	88.3	正态
5.00~2.00 mm 团聚体含量/%	26	1	41	7.08	8.745	2.57	9.89	123.5	对数正态
2.00~1.00 mm 团聚体含量/%	26	1	32	7.15	9.159	1.66	4.33	128.1	对数正态
1.00~0.50 mm 团聚体含量/%	26	1	41	8.31	10.414	1.72	5.03	125.3	对数正态
0.50~0.25 mm 团聚体含量/%	26	3	22	9.19	5.036	1.26	3.49	54.8	正态
<0.25 mm 团聚体含量/%	26	8	91	62.12	30.487	-0.92	2.08	49.1	正态
平均重量直径 MWD/mm	26	0.20	2.16	0.84	0.575	1.05	2.94	68.5	正态

2.2 半方差函数分析

采用最优半方差函数模型(决定系数 R²接近于 1、残差 RSS 很小)^[12]对研究区 26 个样本的土壤团聚体组成进行半方差函数分析,参数结果见表 2。基台值(C₀+C)通常反映系统变量空间内的总变异,块基比 C₀/(C₀+C)的大小反映系统变

量的空间自相关程度,C₀/(C₀+C)<0.25 表示强相关,C₀/(C₀+C)>0.75 表示弱相关^[13]。由表 2 可以看出,>5.00 mm 和<2.00 mm 的团聚体均表现为中等的空间自相关,5.00~2.00 mm 团聚体和土壤 MWD 均表现为较强的空间自相关。

表 2 土壤团聚体组成的半方差参数

Table 2 Semivariances of soil aggregate composition

分析项目 Analysis item	理论模型 Model	块金常数 C ₀	基台值 C ₀ +C	块基比 C ₀ /(C ₀ +C)	变程 a/m Range	决定系数 R ²	残差 RSS
>5.00 mm 团聚体含量/%	球状	10.809	36.313	0.298	1.545	0.931	0.081
5.00~2.00 mm 团聚体含量/%	球状	0.095	0.941	0.101	1.181	0.978	0.111
2.00~1.00 mm 团聚体含量/%	球状	0.862	1.310	0.658	1.181	0.991	0.124
1.00~0.50 mm 团聚体含量/%	球状	0.672	1.139	0.590	1.181	0.891	0.151
0.50~0.25 mm 团聚体含量/%	球状	13.773	31.159	0.442	1.126	0.948	0.027
<0.25 mm 团聚体含量/%	球状	482.97	1004.26	0.481	1.181	0.987	0.025
平均重量直径 MWD/mm	球状	0.031	0.367	0.084	1.181	0.952	0.026

2.3 不同级别团聚体和土壤 MWD 的空间分布

为了更直观地反映土壤团聚体的空间变异情况,在半方差函数分析结果的基础之上,运用 ArcGIS 中普通克里格(Ordinary Kriging)插值方

法对研究区样本数据进行最优内插估计,得到不同级别团聚体和土壤 MWD 的空间分布(见图 1、图 2)。

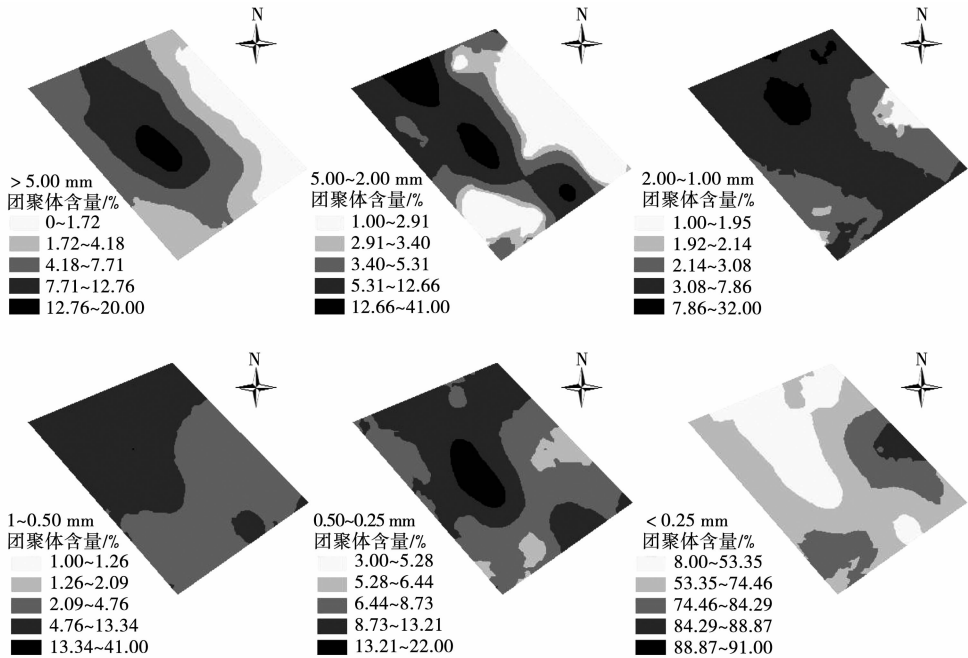


图 1 不同级别团聚体的空间分布情况

Fig. 1 Spatial variability of soil aggregate at different levels

由图 1 可以看出,研究区不同级别团聚体在空间上均表现出明显的变异性。 >5.00 mm 团聚体在空间分布上呈现出由中部区域向四周降低的趋势; $5.00\sim2.00$ mm 团聚体在西南和东北区域较少($1.00\%\sim5.31\%$),在西北和东南区域较多($5.31\%\sim41\%$); $2.00\sim1.00$ mm 团聚体同样在西南和东北区域较少($1.00\%\sim3.08\%$),在西北和东南区域较多($3.08\%\sim32.00\%$); $1.00\sim0.50$ mm 团聚体在东南区域较少($1.00\%\sim4.76\%$),在西北区域较多($4.76\%\sim41.00\%$); $0.50\sim0.25$ mm 团聚体基本表现在南部、西部和东北区域较少($3.00\%\sim8.73\%$),在中部偏北和东南区域较多($8.73\%\sim22.00\%$);而 <0.25 mm 团聚体表现仅在南部和东北区域较多($84.29\%\sim91.00\%$),在中部、西部、北部和东南区域较少($8.00\%\sim84.29\%$)。由图 2 可以看出,研究区土壤 MWD 在空间上明显变异,在西南和东北区域其数值较小($0.20\sim0.66$ mm),在中部、西北和东南区域其数值较大($0.66\sim2.16$ mm)。

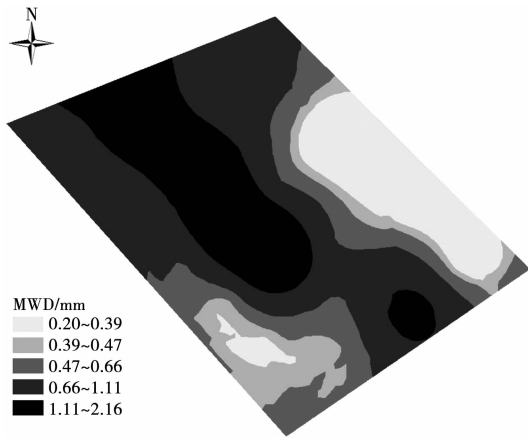


图 2 土壤 MWD 的空间分布情况

Fig. 2 Spatial variability of soil MWD

3 结论与讨论

通过地统计理论分析和普通克里格最优内插估计得出,该研究区土壤各级团聚体和土壤 MWD 统计上服从正态或对数正态分布,空间上呈现斑块状分布,存在明显的变异性。 >5.00 mm、 $0.50\sim0.25$ mm、 <0.25 mm 三个级别

团聚体和土壤 MWD 均表现为中等变异;5.00~2.00 mm、2.00~1.00 mm、1.00~0.50 mm 三个级别团聚体均表现为强变异。土壤团聚结构为良好的土壤结构^[3],有利于作物的生长,掌握土壤团聚体空间上的变异状况,绘制直观的空间变异分布图在农业应用上具有重要的价值。而团聚体的形成与稳定是漫长而复杂的,受多种因素(如温度、湿度等条件和施肥、耕作等措施)的影响,这种在同一区域上的变异可能由于多年来施肥措施或耕作方式的多样性所致,也可能土壤自身条件所致或者各种因素间的相互作用所致,这将有待于进一步调查研究。

参考文献:

[1] 张勇,陈效民,杜臻杰,等.典型红壤区田间尺度下土壤养分和水分的空间变异研究[J].土壤通报,2011,42(1):7-12.
[2] 吕子强.精准农业变量施肥技术助推现代化大农业增产增收[J].中国农业信息,2013(7):218.
[3] 孙经伟,尧水红,李娜,等.农田恢复措施对黑土母质发育的新成土壤团聚体微形态及孔隙结构的影响[J].中国土壤与肥料,2016(4):17-23.
[4] 腊贵晓,顾怀胜,刘国顺,等.喀斯特地区烟田土壤养分的空

间变异特征[J].水土保持研究,2012,19(3):48-53.
[5] 徐爽,王益权.湿筛过程中分散液的质量对土壤团聚体稳定性的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):1012-1020.
[6] 李霄云,王益全,孙慧敏,等.有机污染型灌溉水对土壤团聚体的影响[J].土壤学报,2011,48(6):1125-1131.
[7] 顾鑫,安婷婷,李双异,等. $\delta^{13}\text{C}$ 法研究秸秆添加对棕壤团聚体有机碳的影响[J].水土保持学报,2014,28(2):243-247.
[8] 苗正红,邱中军,毕强,等.基于半变异函数的土壤有机碳空间预测方法[J].地理空间信息,2015,13(6):68-70.
[9] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006:363-422.
[10] 顾鑫,杨丽,任翠梅,等.基于地统计学的田块尺度盐碱土特性研究[J].中国水土保持,2017(7):48-51.
[11] 王水献,王云智,董新光,等.开孔河流域浅层地下水矿化度时空变异及特征分析[J].水土保持研究,2007,14(2):293-296.
[12] 祝锦霞,徐保根,章琳云.基于半方差函数与等别的耕地质量监测样点优化布设方法[J].农业工程学报,2015,31(19):254-261.
[13] 李龙,姚云峰,秦富仓.黄花甸子流域土壤全氮、速效磷、速效钾的空间变异[J].生态学杂志,2015,34(2):373-379.

Spatial Variation Analysis of Soil Aggregates in Dry Farmland

GU Xin

(Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316)

Abstract: To better manage modern farmland, with a dry farmland at the testing ground of Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences as the research object, the spatial variation of soil aggregates in the study area was analyzed by using geostatistics and geographic information system (GIS) techniques, which provided some scientific basis for modern farmland management. The results showed that the aggregates in $> 5.00\text{ mm}$, $0.5\sim 0.25\text{ mm}$ and $< 0.25\text{ mm}$ three levels showed moderate variation and the aggregates in $5.00\sim 2.00\text{ mm}$, $2.00\sim 1.00\text{ mm}$ and $1.00\sim 0.50\text{ mm}$ three levels showed strong variation. Soil MWD was $0.20\sim 2.16\text{ mm}$, with an average of 0.84 mm , showing moderate variation. Soil aggregates at all levels and soil MWD statistically obeyed the normal or lognormal distribution, showing a significant variability in space.

Keywords: soil aggregate; geographical information system; spatial variability

欢迎订阅