

水稻土物理性质空间变异性研究*

吕军 俞劲炎

(浙江农业大学)

摘 要

本文应用时间序列分析方法和随机统计理论研究了水稻土物理性质田间实际观测值的变异特性,着重讨论了它们在二维平面上的空间变异结构。结果表明,各项性质在田间的变异和分布不是完全随机的,在一定的范围内,各测点的观测值之间存在着空间相关现象。因此,根据统计学原理,土壤观测样点的选取,除了需有合适的数目以外,还应确定观测点的合适大小以及观测点之间的合适间距。同时,本文通过土壤大团聚体含量变异原因的分析,表明了各性质的变异是相互关联、相互作用的。对以空间变异结构为基础的 Kriging 内插技术作了初步的尝试,取得了较好的效果,其内插精度比趋势面法有明显提高,内插值与真值之间的方差平均降低了 32%。

土壤性质,尤其是土壤物理性质在田间的高度变异,严重阻碍了土壤学定量和动态研究的深入以及许多新技术的实际应用,历来是土壤物理学田间研究的主要困难之一。

从 70 年代开始,在北美和西欧出现了一个土壤物理性质空间变异性研究的较大高潮^[1]。70 年代初的有关研究导致了把土壤水分参数作为随机变量的处理方法以及土壤水分运动随机模型的发展。70 年代中后期, Baker (1976) 和 Gelhar (1978) 等人在研究中发现从田间测得的土壤导水率具有一定的空间相关性,从而改进和发展了土壤学田间研究的一些基本概念。80 年代初, Webster 等在分析土壤性质空间变异规律的基础上,引进了新的土壤预测和模拟技术^[2,4]。

在国内,雷志栋等与法国的 Vachauol 合作,做了旱地土壤的有关研究^[3]。本文通过对水稻土的田间观测和分析,研究水稻土物理性质空间变异规律,探讨它们变异的原因,分析在田间条件下各性质之间的相互关系,并对 Kriging 内插法作了初步的研究,以作为空间变异实际应用的示例。

一、基本理论

(一) 基本定义和假设 土壤是一个连续的系统,它的各种性质至少在我们所观测的尺度上可以认为是一种空间的连续现象,这就是说,我们所观测的单元土体相对于土壤颗粒和孔隙是很大的,而相对于土壤性质在空间的变异尺度又是很小的^[5]。在土壤中来完全反映整体的连续变化是困难的,我们

* 本文承中科院南京土壤所姚贤良研究员、清华大学雷志栋副教授、浙江农业大学朱祖祥教授提出宝贵意见,特此致谢。

采用间隔布点的方法把连续的空间过程离散化。这些离散的观测值就构成一个空间序列，假设该序列是一个平稳的随机序列，则序列中各变量的概率密度分布与它们在空间所处的位置无关。另外，还必须指出，我们所研究的土壤性质空间变异性是指一个在宏观上较为均一的地区内的随机的不均匀性，这样的随机不均匀性是不容易改变的，在一定的时间内具有相对的稳定性^[2]。

(二) 空间变异结构 传统上，对土壤性质变异的分析，大多只注意全体观测值的平均数和它们的高散程度，很少甚至完全不考虑观测样点的坐标系统^[7]。但实际上，由于土壤性质的变异是一种空间上的连续过程，这就意味着土壤性质田间观测值在空间上的分布具有一定的结构^[5,7]。本文采用自相关函数和半方差函数描述各土壤性质田间观测值的空间变异结构。

自相关函数是刻划序列中变量在不同位置取值时，相互之间线性相关程度的统计量。其函数关系式为：

$$\rho(\tau) = \frac{\left(\frac{1}{N-K-1}\right) \sum_{i=1}^{N-K} [u(X) - \bar{u}(X)][u(X+\tau) - \bar{u}(X+\tau)]}{\sigma_u^2} \quad (1)$$

式中 $\rho(\tau)$ 为自相关函数， σ_u^2 为序列的标准差， N 和 K 分别是序列中变量的总数和具有相同间距的变量的“对数”， $u(X)$ 和 $u(X+\tau)$ 分别是在点 X 和 $X+\tau$ 上获得的观测值（即为序列中的变量）， $\bar{u}(X)$ 和 $\bar{u}(X+\tau)$ 则分别是它们的平均值。

半方差函数则反映了不同距离的观测值之间的方差变化，所谓半方差函数就是方差的一半，即

$$\gamma(\tau) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [u(X) - u(X+\tau)]^2 \quad (2)$$

(2)式中 $\gamma(\tau)$ 为半方差函数，其它符号与(1)式同。

(1)式和(2)式中的 $\rho(\tau)$ 和 $\gamma(\tau)$ 都仅仅是关于观测点间距 τ 的函数，而与观测点所处的位置无关。自相关函数和半方差函数之间存在着许多重要的异同点，在特定的条件下可以换算。但一般认为，自相关函数强调的是观测值之间的线性相关，而半方差函数反映的是变异结构，不限于观测值之间的线性关系^[4]。

(三) Kriging 内插法 Kriging 是以法国 D. G. Krige 的名字命名的一种最优内插法，它的实质是一个实行局部估计的加权平均值：

$$u^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i u(X_i) \quad (3)$$

(3)式中 $u^*(X_0)$ 是在未经观测的点 X_0 上的内插估计值， $u(X_i)$ 是在点 X_0 附近的若干观测点上获得的实测值， λ_i 是各实测值的加权系数。(3)式表明，内插估计值的估计精度，取决于如何公正地选取各实测值的加权系数 λ_i ，所以 Kriging 内插的关键是 λ_i 的求取。

由(3)式，根据统计学上无偏和最优的要求，利用拉格朗日极小化原理，可以推导出 λ_i 与半方差之间的矩阵方程如式(4)

$$A = \begin{bmatrix} \lambda \\ \varphi \end{bmatrix} = B \quad (4)$$

(4)式中

$$A = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1N} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2N} & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \gamma_{N1} & \gamma_{N2} & \cdots & \gamma_{NN} & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \cdots \\ \gamma_{N0} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \lambda \\ \varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \\ \varphi \end{bmatrix}$$

矩阵 A 中的 $\gamma_{11}, \cdots, \gamma_{NN}$ 是各观测点的观测值之间的半方差值，矩阵 B 中 $\gamma_{10}, \cdots, \gamma_{N0}$ 则为观测点 X_i 和

内插点 X_0 之间的半方差值, $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ 即 λ_i 为加权系数, φ 为拉格朗日算子。由(4)式解出 λ_i , 然后代入(3)式就可获得点 X_0 上的内插估计值 $\mu^*(X_0)$ 。

Kriging 法的另一个优点还在于可以预测整个内插过程中的估计误差:

$$\sigma_{\text{min}}^2 = B' \begin{bmatrix} \lambda \\ \varphi \end{bmatrix} \quad (5)$$

(5)式中 B' 为矩阵 B 的转置矩阵, σ_{min}^2 就是内插估计的最小理论方差。

二、材料与方 法

土样采自浙江农业大学实习农场的水稻土,田间当季作物是冬小麦,整个观测采样范围为 127×71 米,总面积 13.6 亩。土壤母质为浅海沉积物,耕层土壤质地为粉质壤土,各项土壤基本性质见表 1。

在田间采用随机布点方式,共设置 30 个观测样点(见图 1),采样深度为耕层 20cm。土壤性质测定全部采用常规分析方法,即土壤颗粒和微团聚体含量用吸管法,大团聚体分析用湿筛法,有机质测定用重铬酸钾-硫酸消煮法。

三、结果和讨论

按照传统的方法,各项土壤性质的基本统计特征值列于表 1。

表 1 各项土壤性质田间观测值的平均数、标准差、变异系数及其概率分布状况
Table 1 Mean, standard deviation, CV and probability of different soil properties

项目 Item	粉粒含量 Silt	粘粒含量 Clay	大团聚体含量 Macroaggregate	微团聚体含量 Microaggregate	有机质含量 Organic matter
平均值 (%)	84.03	2.45	56.74	86.07	1.94
标准差	4.22	0.93	4.96	2.68	0.14
变异系数 (%)	5.0	37.7	8.7	3.1	7.1
概率分布	正态分布	正态分布	正态分布	正态分布	正态分布

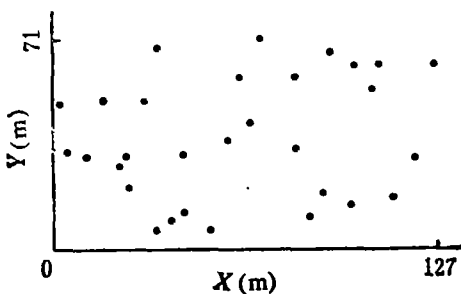


图 1 观测点田间分布坐标图

Fig. 1 Sampling silts distribution in field

由于土壤性质在田间的分布是连续的,所以表 1 所列的统计特征并未能够完整地反映土壤性质在田间的分布和变异规律。而且,现有的大量实践表明,直接采用上述参数所做的模拟和预测,往往难以在实践中取得理想的效果,这就促使我们重新考察从田间获取的数据的性质,寻求新的更有效的参数和方法,改进和完善我们的研究工作。

(一) 空间变异结构分析

按照前述(1)式和(2)式,我们计算了土

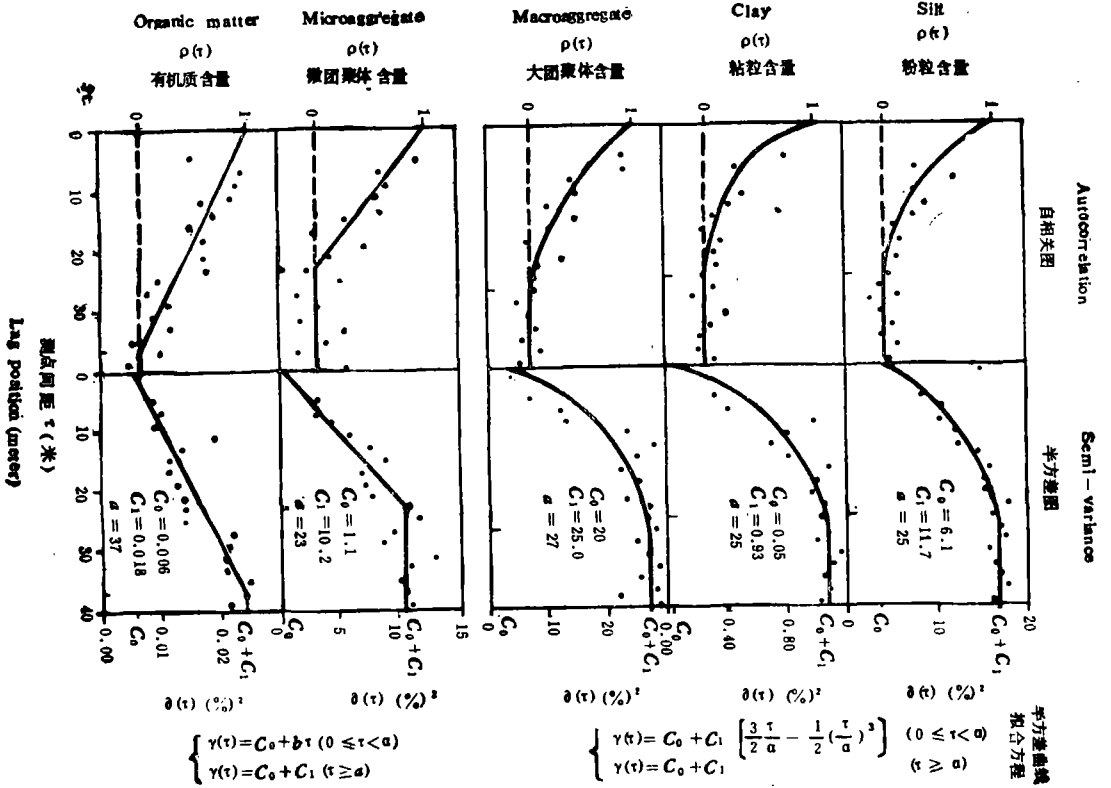


图 2 各土壤性质自相关函数图和半方差函数图
 Fig. 2 Autocorrelogram and semivariogram of different soil properties

壤粉粒含量等五项性质实际测定值的自相关函数和半方差函数。为了计算的方便，将各测点之间的间距(单位：米)分为 0—2, 2—4, 4—6……各组，取它们的中值，这就使得观测点之间的距离分别为 $\tau = 1, 3, 5, \dots$ 。由于采样点的设置是随机的，所以不同间隔距离 τ 的“对数” K 是不相同的。将算出的自相关函数值和半方差函数值，按照各自所对应的距离 τ ，绘制成各项土壤性质田间观测值的自相关函数和半方差函数图(图 2)。

自相关函数图和半方差函数图描述了土壤性质实际观测值在二维平面上的空间变异结构。图中自相关函数值的变化表明，在一定的范围内 ($\tau < a_1$)，自相关函数值 $\rho(\tau) > 0$ ，表明各观测值之间存在着一定线性相关关系。并且，随测点间距的增大，自相关函数值 $\rho(\tau)$ 逐渐减小，至 $\tau \geq a_1$ 时，它基本上只在零值上下波动，表明观测值之间的线性相关关系不复存在。半方差图则反映了不同观测点的观测值之间的偏差，在一定的范围内是一个随测点间距的增加而逐渐增大的过程，当测点间距 $\tau \geq a_2$ ($a_2 = a_1$) 时，它们的方差趋于稳定。因此，图 2 十分清楚地揭示了土壤性质在田间分布和变异的基本规律，即土壤性质的实际观测值在田间的平面分布不是完全随机的，在一定的范围内，它们是隶属于空间轨迹的一种有序变化，只有在这一范围以外时，变化的轨迹方才消失，观测值之间的差异才具有均值为零、方差恒定的重要统计特性，才具备随机理论的应用条件。图 2 还表明，即使在客观上较为均一的地区，土壤各性质在田间的变化，是确定性变异和随机

性变异共同作用的结果,其确定性的变化规律,往往控制一定范围内土壤性质的变化和分布。

在变异理论中,通常把空间相关的最大距离 $a(a = a_1 = a_2)$ 称为极限距离。极限距离的概念对于土壤调查和统计分析中观测样点的设置具有重要的意义和参考价值。因为在极限距离以内重复设置观测样点,将是无效的,这样做违犯了统计抽样的独立性原则,并且导致样本总方差的估计偏低。

需要指出,土壤性质的空间变异通常是有方向性的。也就是说,在不同的方向上可能呈现不同的变异规律,各方向上的半方差曲线不会完全重合。由于本研究采用随机布点,各观测点没有严格的方向性排列,而没有做这方面的验证。因此,本文所描述的土壤性质空间变异,是各方向上变异的平均效果。

(二) 空间变异原因分析

本文所描述的五项土壤性质相互之间有着密切的关系,土壤大团聚体的状况,在很大程度上取决于土壤微团聚体的含量以及土壤颗粒和有机质的状况。为了进一步探索土壤物理性质在田间的空间相关现象,分析它们在相关空间范围内的相互影响,我们选择较综合的土壤性质大团聚体含量为结果变量,其余四项为自变量。考虑到在土壤中,这四个自变量之间也具有相互作用,我们选用通径分析方法,分析各项性质的变异对大团聚体变异的影响,同时将大团聚体与各自变量之间的相关系数分解为直接作用和间接作用之和,以进一步剖析各自变量之间的相互作用。在大团聚体的相关空间以内,各项土壤性质半方差值之间的相关系数如表 2 所示。

表 2 表明,在田间条件下,五项性质的空间变异,相互之间存在着密切的关系。根据表 2,得到通径分析的结果如表 3。

通径分析的结果,既描述了大团聚体的变异与各自变量之间的因果关系,也反映了各自变量之间的平行关系。表 3 表明,粉粒变异对大团聚体变异的影响主要是直接作用,这可能与粉粒本身的粒径较大有关;而粘粒的直接作用却是十分微弱的,它对大团聚体变异的影响则主要是通过微团聚体这样一种间接的作用,这从统计意义上说明了多级复合是粘粒形成大团聚体的主要途径。微团聚体显然是以直接作用为主;有机质的作用与粘粒有所不同,它对大团聚体的直接作用大于通过微团聚体的间接作用,表明有机质结合较大颗粒的能力比粘粒强。

表 2 各性质相关空间以内 ($r \leq 27$ 米) 半方差值之间的相关系数

Table 2 The correlation coefficients among semivariance of different soil properties

项目 Item	粉粒 Silt	粘粒 Clay	大团聚体 Macroaggregate	微团聚体 Microaggregate	有机质含量 Organic matter
粉粒	1	0.2411*	0.2619*	0.0176	-0.0824
粘粒		1	0.3272**	0.6262**	-0.2931**
大团聚体			1	0.5349**	0.3856**
微团聚体				1	-0.2185*
有机质					1

综观通径分析的结果,它与大团聚体形成的多级复合学说基本一致,各因素对大团聚

表 3 大团聚体在相关空间内的变异的通径分析结果
Table 3 Path analysis result of macroaggregate variation in its correlation space

	粉粒与大团聚体的相关系数	$r_{1y} = 0.2619$	决定系数 Dyxi	大小次序* Order
x_1 粉 粒	粉粒的直接作用	$P_{1y} = 0.2917$	0.0851	4
	通过粘粒的间接作用	$r_{12}P_{y1} = 0.0047$	0.00002	15
	通过微团聚体的间接作用	$r_{13}P_{y1} = 0.0112$	0.0001	13
	通过有机质的间接作用	$r_{14}P_{y1} = -0.0457$	0.0021	9
	总 和	Total = 0.2619		
x_2 粘 粒	粘粒与大团聚体的相关系数	$r_{2y} = 0.3272$		
	粘粒的直接作用	$P_{2y} = 0.0194$	0.0004	11
	通过粉粒的间接作用	$r_{21}P_{y1} = 0.0703$	0.0049	8
	通过微团聚体的间接作用	$r_{23}P_{y1} = 0.4001$	0.1601	3
	通过有机质的间接作用	$r_{24}P_{y1} = -0.1626$	0.0264	5
总 和	Total = 0.3272			
x_3 微团聚体	微团聚体与大团聚体的相关系数	$r_{3y} = 0.5349$		
	微团聚体的直接作用	$P_{3y} = 0.6389$	0.4081	1
	通过粉粒的间接作用	$r_{31}P_{y1} = 0.0051$	0.00002	15
	通过粘粒的间接作用	$r_{32}P_{y1} = 0.0121$	0.0001	12
	通过有机质的间接作用	$r_{34}P_{y1} = -0.1213$	0.0147	7
总 和	Total = 0.5349			
x_4 有机质	有机质与大团聚体的相关系数	$r_{4y} = 0.3856$		
	有机质的直接作用	$P_{4y} = 0.5549$	0.3079	2
	通过粉粒的间接作用	$r_{41}P_{y1} = -0.0240$	0.0006	10
	通过粘粒的间接作用	$r_{42}P_{y1} = -0.0057$	0.00003	14
	通过微团聚体的间接作用	$r_{43}P_{y1} = -0.1396$	0.0195	6
总 和	Total = 0.3856			
剩余		$P_{yE} = 0.6013$	0.3615	

* 根据决定系数从大到小排列。

体变异的影响,以微团聚体的直接作用为最大,它是影响大团聚体含量在田间的变异的最重要因素,其他依次分别为有机质的直接作用,粘粒通过微团聚体的间接作用以及粉粒的直接作用。其他作用都比较小。

(三) Kriging 内插结果

用 Kriging 内插法估计未能直接观测到的地段或点上的土壤性质,是以空间变异结构为基础的一项新技术。以土壤粉粒为例,我们对 30 个观测点中的前 20 个点进行 Kriging 内插,同时还对这 20 个点作了趋势面内插。在计算过程中,我们假设内插点上的粉粒含量是未知的,并以真实测定值作为对内插结果评价的依据。根据观测点在田间的分布,我们分别采用内插点 (x_0) 周围的已知点 (x_i) 的点数为 5、10、16 三个方案,趋势面内插取 $N = 29$ (除内插点外的全部观测值),内插结果列于表 4。

表 4 表明,在 3 个 Kriging 内插方案中,以 $N = 10$ 的结果为最好,它与真值之间的

表4 Kriging 和趋势面内插估算结果
Table 4 Results of Kriging and drift surface interpolation

点号 Point	Kriging 内插 Kriging interpolation						趋势面内插 Drift surface interpolation		实际测定值 True value
	N = 5		N = 10		N = 16		N = 29		
	y_1	σ_1^2	y_2	σ_2^2	y_3	σ_3^2	y_4	σ_4^2	
1	84.10	4.45	84.70	7.34	83.81	3.31	85.18	10.16	81.99
2	84.56	1.12	84.82	0.64	83.88	3.03	86.52	0.81	85.62
3	83.84	40.70	84.37	34.22	83.45	45.29	83.51	45.02	90.22
4	84.15	37.09	84.84	29.16	83.49	45.56	82.61	58.28	87.65
5	84.47	10.11	84.63	9.12	83.73	15.37	85.66	3.98	87.65
6	86.51	20.61	85.42	11.90	83.92	3.80	84.07	4.39	81.97
7	85.42	12.74	85.16	14.52	83.69	27.88	84.16	23.12	88.99
8	85.19	8.47	85.35	9.42	83.80	2.31	83.49	1.47	82.38
9	85.93	5.78	83.54	11.49	83.79	13.25	85.63	30.00	80.15
10	84.75	26.11	82.95	10.96	83.59	15.60	84.37	22.37	79.64
11	84.28	7.56	82.67	1.30	83.44	3.65	85.62	16.73	81.53
12	84.90	9.12	83.00	1.25	83.75	3.50	84.20	5.40	81.88
13	85.06	6.50	83.36	0.76	83.44	0.86	82.63	0.02	82.51
14	78.57	117.72	82.53	34.69	83.61	39.82	82.98	41.47	89.42
15	82.46	13.69	83.90	5.11	83.82	5.48	85.56	0.36	86.16
16	82.55	5.66	83.74	1.42	83.92	1.02	84.48	0.20	84.93
17	82.80	0.26	83.49	0.03	83.82	0.26	83.72	0.16	83.31
18	86.32	1.77	85.14	0.02	83.69	1.69	82.47	6.37	84.99
19	87.01	5.15	85.20	0.21	84.57	0.17	85.81	1.14	84.74
20	83.18	2.19	85.97	18.23	82.72	1.05	85.47	14.22	81.70
平均值	16.84		10.09		11.63		14.81		

平均方差最小;与趋势面内插结果比较, Kriging 内插的效果 ($N = 10$) 显然较优,它们与真值之间的方差 σ_2^2 比 σ_1^2 平均减少 32%, 内插精度有明显提高。

趋势面内插方法的实质,是根据全部观测值在田间变化的总趋势所给出的二维平均值(平均平面)。但我们已知,土壤粉粒在田间的分布并不是完全随机的,存在着局部的变化轨迹。Kriging 方法正是充分利用粉粒含量的空间变异结构(式(4)),并且实行局部估计(如 $N = 10$)而不是全部观测值,使得内插点上的观测值既符合极限距离以内的变化轨迹,又从属于整个田间(极限距离以外)的随机性变化。因此,在现有的线性最优估计中,Kriging 法的估计误差要小于任何其它线性模型的估计结果。

表4的结果还表明, Kriging 内插中已知点数目的选取应取决于极限距离的大小和观测点的设置情况。本研究中,取 $N = 5$ 不足反映局部区域内的变异结构,估计效果较差,当 $N = 10$ 时,已足够反映粉粒含量在田间的变异规律。但是在我们的研究中, Kriging 内插估计的理论误差 σ_{\min}^2 大于实际估计误差 σ_2^2 ($N = 10$ 时, $\sigma_{\min}^2 = 20.10$), 这一问题有待于进一步的研究。

四、结 论

1. 土壤物理性质的田间变异不是完全的随机变异, 在一定的范围内观测值之间存在着空间相关现象。土壤粉粒含量、粘粒含量、大团聚体含量、微团聚体含量和有机质含量空间相关的极限距离分别是 25、23、27、23 和 37 米。

2. 各项土壤性质在田间的变化, 相互之间存在着密切的关系。土壤大团聚体(粒径 10—0.25mm)含量在相关空间内的变异, 依次主要由微团聚体、有机质的直接作用及粘粒通过微团聚体的间接作用、粉粒的直接作用所造成。分析结果还表明, 通径分析的方法在土壤中的应用是可行的, 有它的独到之处。

3. 土壤粉粒含量的内插结果表明, Kriging 方法能提高内插精度。Kriging 法中已知点数的选取应由极限距离的大小和观测样点的设置来确定。

另外, 本文研究还表明, 考虑和利用土壤性质的空间变异结构, 是使土壤过程的预测和模拟进一步逼近田间实际的有效途径。

参 考 文 献

- [1] 雷志栋、杨诗诱、许志荣、G. Vachaud, 1985: 土壤特性空间变异性研究。水利学报, 第9期, 10—20页。
- [2] G. Vachaud (袁剑舫译), 1983: 土壤物理研究和水分管理。土壤学进展, 第1期, 21—40页。
- [3] Bresler, E. and Lagan, G., 1984: Statistical analysis of satinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol:48. 1—11.
- [4] Burgess, T. M. and Webster, R., 1980: Optimal interplation and isarithmic mapping of soil properties: 1, The semivariogram and punctual Kriging. *J. Soil Sci.* Vol:31. 315—341.
- [5] Burrough, P. A., 1983: Problems of superimposed effects in the statistical study of spatial variation of soil. *Agricul. Water Manage.*, Vol:6. 123—143.
- [6] Gajem, Y. M., Warrick, A. W. and Myers, D. E., 1981: Spatial dependence of physical properties of a typic torrifluent soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol: 45. 729—751.
- [7] Nielsen, D. R., Tillotson, P. M. and Vieira, S. R., 1983: Analysis field-measured soil water properties. *Agricul. Water Manage.* Vol:6. 93—109.
- [8] Warrick, A. W. and Nielsen, D. R., 1980: Spatial variability of soil physics. "Application of soil physics", Hillel, D., Academic Press, New York, 319—344
- [9] Youngs, E. G., 1983: Soil physical theory and heterogeneity. *Agricul. Water Manage.*, Vol:6. 223—228.

SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL PROPERTIES OF PADDY SOIL IN FIELD

Lü Jun and Yu Jinyan
(*Zhejiang Agricultural University*)

Summary

Spatial variability of silt and clay contents, macroaggregate and microaggregate contents and organic matter content measurements was studied by using stochastic theory and time series analysis theory. The measurements were made on thirty sites (1×1 meters in size) selected at random in a silty-loamy paddy soil with an area of 127 m×71 m.

Spatial variability of each soil property were characterized statistically by autocorrelation function, semivariance function and their diagram. The results show that the physical properties of paddy soil are not completely disordered in field. There are spatial correlation for measurements at all the observation sites. The limit distance of spatial correlation of silt, clay, macroaggregate, microaggregate and organic matter content are 25, 25, 27, 23 and 37 meters, respectively.

Interrelations among variations of different properties was studied using path analysis. It shows that the variation of macroaggregate more than 70% is caused by three other variations: microaggregate (34%), silt (23%) and organic matter (16%). Finally, Kriging interpolation have been used for spattial prediction of silt content in filed. Comparing with surface interpolation, the average variance estimated by Kriging interpolation is deseased by 32%.