

京郊平原区粮田土壤水分垂直变异性的半方差表征

李 红, 周连第, 张有山

(北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089)

摘要: 利用半方差分析对不同土壤质地和不同土壤肥力的土壤水分在垂直方向上的变异做了初步研究。结果表明: 在京郊平原粮田冬小麦、夏玉米一年两作的种植制度下, 土壤水分在垂直方向上变异的变程为 50~ 60 cm, 土壤水分在垂直方向上块金值与基台值之比为 1.41%~ 9.26%, 远小于 25%。说明不同土壤质地的土壤水分在各自的变程范围内存在高度的空间相关性, 其中土壤质地越粘重, 变程越小, 空间相关性越弱; 同一质地肥力越高, 变程越大, 空间相关性越大。

关键词: 半方差分析; 土壤水分; 垂直变异

中图分类号: S152.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)01-0111-03

Quantification of Vertical Variability of Soil Water in Suburb Fields of Beijing

LI Hong, ZHOU Lian-di, ZHANG You-shan

(Research Institute of Plant Nutrients and Resources, Beijing Academy
of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089, China)

Abstract: With semivariogram analysis, this paper studied vertical variability of soil water of different texture and different fertility in the suburb of Beijing. The results of semivariogram analysis showed: when cultivating wheat in winter and corn in summer, the range of vertical variability of soil water was 50~ 60 cm, the degree of heterogeneity changing with the depth. The nugget variance to sill ratio was 1.41%~ 9.26%, less than 25%, which meant that soil water had higher autocorrelation in the range of vertical variability. For different texture, the lower autocorrelation and smaller range of vertical variability, the heavier of the texture of soil. As for different fertility, the degree of autocorrelation and range of vertical variability increased with the fertility. These results have an important effect on the management and utilization of soil water in fields. Moreover, to a definite accuracy the field work in soil water in practice will be reduced on the basis of the rules of vertical variability of soil water.

Key words: Semivariogram analysis; Soil water; Vertical variability

国内外研究者利用遥感和野外实测的土壤水分资料从不同尺度上分析了土壤水分的地统计学特性, 但是缺乏对系统分析实测土壤垂直剖面的土壤水分空间结构的研究。而对水分的垂直空间的研究不仅利于田间土壤水分的管理和利用, 而且也可以减少实际的取样工作量。本研究利用半方差分析, 对不同土壤质地以及相同土壤质地不同土壤肥力的

土壤水分在垂直方向上的变异性进行研究, 据此为京郊粮田土壤水分的管理和利用提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验地点设在北京通州区徐辛庄镇, 分别选择砂质土、壤质土(一级地力)、壤质土(二级地力)、重

收稿日期: 2002-03-17

基金项目: 北京市自然科学基金项目(6012006)

作者简介: 李 红(1973-), 女, 山东海阳人, 助理研究员, 主要从事遥感、GIS 在土壤资源管理中的应用研究。

壤质土的地块,土壤类型均为潮褐土,地块面积为 6 hm^2 ,都是小麦、玉米一年两作。在每个处理的地块上根据生育期分别取 $0 \sim 10 \text{ cm}$, $10 \sim 20 \text{ cm}$, $20 \sim 30 \text{ cm}$, $30 \sim 40 \text{ cm}$, $40 \sim 50 \text{ cm}$, $50 \sim 60 \text{ cm}$, $60 \sim 70 \text{ cm}$, $70 \sim 80 \text{ cm}$, $80 \sim 100 \text{ cm}$ 土层土样测定土壤含水量。

1.2 研究方法

采用地统计学研究土壤水分在垂直空间的变异性,地统计学是以区域化变量为理论基础,以半方差函数为基本工具的一种数学方法。区域化变量理论考虑的是被任一间距分开的位置上某一特性成对数据间的差异(差数)变量的方向性,假定数据(随机变量) $z(x)$ 与 $z(x+h)$ 分别位于 x 和 $x+h$ 点上(这里 x 与 $x+h$ 是一维、二维或三维空间坐标的位置, h 是既有距离又有方向的向量,一般称为位差,用以分开距离和方向),则这对数据每一位置的方差是:

$$s^2 = [z(x) - z]^2 + [z(x+h) - z]^2 \quad (1)$$

式中, z 为两个数值的平均值。

如果随机函数 $z(x)$ 的增量 $[z(x+h) - z(x)]^2$ 为方差的一半,则这一函数就称为半方差函数,半方差函数是地质统计学研究土壤空间变异性的关键函数,它描述土壤空间变异结构。即

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i+h)]^2 \quad (2)$$

式中, $\gamma(h)$: 半方差函数; h : 样本间距,又称为位差; $N(h)$: 间距为 h 的样本对数; $z(x)$: 土壤特性在 x 处的值。

有关的研究表明: 球状模型(Spherical Model)和指数模型(Exponential Model)适合土壤水分的实际变异函数值。球状模型的变程等于相关距离 a ; 而指数模型并不表现出有限变程,但实践中变程值近似用 $3a$ 表示。

$$\begin{cases} \gamma(h) = c_0 + c \left[\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right] & h \leq a \\ \gamma(h) = c_0 + c & h > a \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - e^{-\frac{h}{a}} \right) \quad (4)$$

式中, c_0 为块金值(nugget), $c_0 + c$ 为基台值(sill), a 为相关距离(correlation length)。

2 结果与分析

2.1 土壤水分的传统统计特征分析

根据实测不同层次的土壤含水量(表1),分析表明: 变异最大的是 80 cm 土层的土壤含水量,由于该区域的地下水位较高,因而对深层土壤含水量的影响较大,其次是 10 cm 土层的土壤含水量,由于受

气候和人为等各因素的影响变异较大,最小的是 30 cm 和 40 cm 土层的土壤含水量, $30, 40 \text{ cm}$ 土层基本上受作物根系的影响,相对稳定。

表1 重壤质土壤不同土层土壤含水量的统计特征值

	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数	K-SZ
x_1	0.085	0.236	0.187	0.049 7	0.265	0.763
x_2	0.140	0.242	0.202	0.035 4	0.175	0.782
x_3	0.192	0.266	0.218	0.025 4	0.117	0.801
x_4	0.172	0.270	0.225	0.028 4	0.126	0.403
x_5	0.146	0.274	0.232	0.036 2	0.156	0.436
x_6	0.130	0.277	0.223	0.050 7	0.227	0.745
x_7	0.126	0.278	0.220	0.056 8	0.239	0.731
x_8	0.122	0.279	0.218	0.060 4	0.277	0.715

注: $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ 分别代表 $10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 \text{ cm}$ 土层的含水量,样本数为 60 个

2.2 不同质地的土壤水分垂直变异性的分析

从图 1~ 4 可知,不同土壤质地土壤水分垂直变异的理论模型为球状模型,但是中壤质土壤的土壤水分需要对变异系数进行取对数的预处理。

表2 不同土壤质地的土壤水分垂直变异理论模型的相应参数

土壤质地类型	理论模型	块金值	基台值	块金值/基台值(%)	变程(cm)
砂质土	球状模型	0.000 001	5.68E-04	0.18	60
重壤质	球状模型	0.000 01	0.001 08	9.26	50
中壤土(2)	球状模型(lgW)	2.62E-05	8.26E-04	3.17	55
中壤土(1)	球状模型(lgW)	4.79E-06	3.39E-04	1.41	57

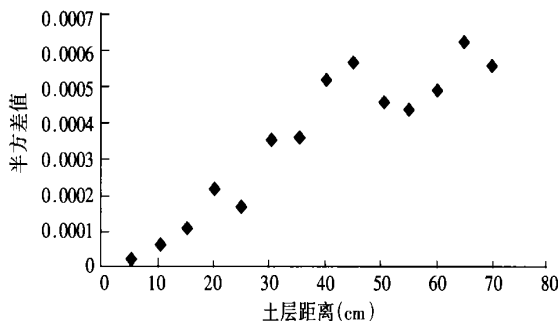


图1 砂质土壤水分垂直方向半方差分布

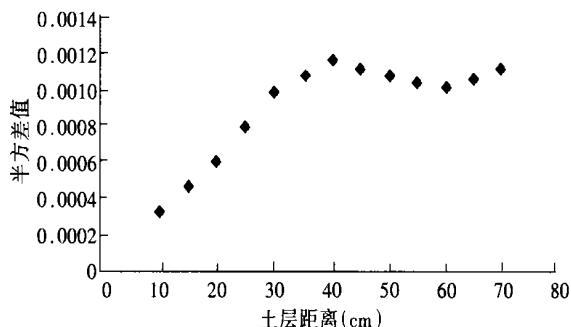


图2 重壤质土壤水分垂直方向半方差分布

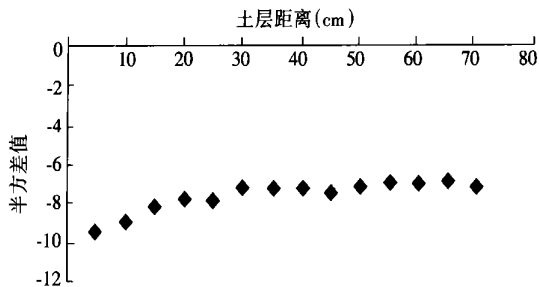


图3 中壤质(2)土壤水分垂直方向半方差分布

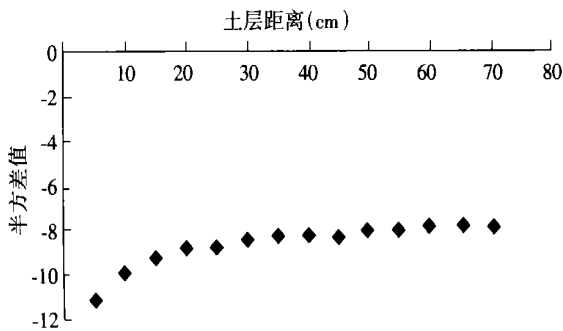


图4 中壤质(1)土壤水分垂直方向半方差分布

从表2可以看出,不同土壤质地土壤水分垂直变异的变程不同,变程最大的是砂质土,其次是中壤质(1)和中壤质(2),最后是重壤质,但是它们的变程都在50~60 cm。我们以重壤质土壤水分的变程为例加以说明,重壤质土壤水分垂直变异的变程为50 cm,也即在垂直方向50 cm以内土壤水分相关,可以通过插值进行预测,超过50 cm则不存在相关性。

块金值通常表示由于试验误差和小于试验取样尺度引起的变异,较大的块金值表明较小尺度上的某种过程不容忽视,表2中的块金效应都很小,这说明在取样尺度下,影响土壤水分垂直变异的过程作用较小。对于不同的土壤质地而言块金值也存在一定的差异,其中以重壤质的块金值最大,而砂质土的块金值最小。

基台值通常表示土壤系统内总的变异,块金值与基台值之比可以表明系统变量的空间相关性的程度,若比值小于25%,说明系统具有强烈的空间相关性;若比值为25%~75%,表明系统具有中等的空间相关性;大于75%说明系统空间相关性很弱。表2中的土壤水分垂直方向上的块金值与基台值之比为0.18%~9.26%,远小于25%,这说明不同土壤质地土壤水分在各自的变程范围内存在高度的空间相关性。这是因为土壤水分在垂直空间的分布是由结构性因素和随机性因素共同作用的结果。但是也注意到重壤质的土壤水分在垂直空间的相关性最小,砂质土壤水分在垂直空间的相关性最大。

同时还注意到相同的土壤质地不同的土壤肥力状况下土壤水分的垂直变异也不同。以中壤质土壤为例,分别对一级地和二级地进行半方差分析,半方差分析的结果见表2,其中中壤质(1)代表一级地,中壤质(2)代表二级地。可以从它们的变异模型的参数得到,相同土壤质地不同的肥力状况下,土壤肥力越高,土壤水分垂直变异变程越大,土壤水分垂直变异的块金值越小,块金值与基台值之比越小,这也说明在我们的田间取样尺度下,肥力越高,土壤水分在垂直空间的相关越大,变异越小,影响土壤水分垂直变异的过程作用越小。

3 结论

对京郊平原区粮田各种不同土壤质地的土壤水分的垂直变异进行了研究,得到土壤水分在垂直方向上的变程为50~60 cm。土壤水分在垂直方向上块金值与基台值之比为0.18%~9.26%,远小于25%,这说明不同的土壤质地土壤水分在各自的变程范围内存在高度的空间相关性。

研究结果表明,不同土壤质地土壤的变程和空间相关性有一定的差异,其中土壤质地越粘重,变程越小,空间相关性越弱;同一质地肥力越高,变程越大,空间相关性越大。利用研究结果不仅为平原区京郊粮田土壤水分的管理和利用提供依据,而且也可以指导京郊平原区粮田土壤水分垂直取样,根据土壤质地与肥力情况决定采样方法,以减少工作量。另外在不确切知道土壤质地时,可以取不同土壤质地土壤水分垂直变异变程的下限(50 cm)来确定取样的深度。

参考文献:

- [1] 王政权,王庆成. 森林土壤物理性质的空间变异性研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 945-950.
- [2] 史海滨,陈亚新. 土壤水分空间变异的套合结构模型及区域信息估值[J]. 水利学报, 1994, (7): 70-77; 89.
- [3] 李菊梅,李生秀. 几种土壤营养元素在土壤中的空间变异[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(2): 58-64.
- [4] 沈思渊. 土壤空间变异研究中统计学的应用及其展望[J]. 土壤学进展, 1989, 17(3): 11-25.
- [5] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in field [J]. Advance in Soil Science, 1985, (3): 1-70.
- [6] Li H, Renolds J F. On definition and quantification of heterogeneity [J]. Oikos, 1995, 73: 280-284.