

农林复合生态系统土壤水分空间变异性 和时间稳定性研究

朱首军 艳芳 薛泰谦
(西北农林科技大学 陕西杨陵 712100) (延安市林业站)

摘要: 研究土壤水分空间变异性 and 时间稳定性对于提高土壤水分运动研究水平具有重要意义。对渭北旱塬农林复合生态系统土壤水分实测资料分析表明, 该系统内土壤水分的空间分布服从正态分布规律, 其空间分布具有较强的时间稳定性。

关键词: 农林复合生态系统 土壤水分 正态分布 空间变异性 时间稳定性

中图分类号: S 152.7 文献标识码: A 文章编号: 1005- 3409(2000) - 01- 0046- 03

Study on Spatial Variability and Temporal Stability of Soil Moisture in Agri-forestry

ZHU Shou-jun DING Yan-fang
(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry Yangling Shaanxi 712100)
XUE Tai-qian
(Forestry Station of Yan'an City)

Abstract Studying spatial variability and temporal stability of soil moisture has important signification. Determined data of soil moisture in agri-forestry showed that spatial distributing of soil moisture obey normal distribution law.

Key words agri-forestry soil moisture normal distribution spatial variability temporal stability

1 引言

土壤水分是 SPAC 系统中“四水转化”的重要纽带, 研究和了解土壤水分运动规律, 对制定灌溉、施肥等农业措施具有重要的指导意义。目前, 测量土壤水的方法很多, 如烘干法、时域反射仪法、中子仪法、 γ 射线法等, 但不管哪一种方法, 不可能在一块试验地处处测定土壤水分, 必然是将土壤按质地、在平面上划分为不同的区域, 在深度上划分为不同的层次, 取有限的若干点来代表整个试验地的土壤含水量, 即一定面积地块上某一深度的平均含水量。试验结果表明, 即使在自然条件、人为条件基本相同的

较小的地块上, 不同的测点在同一深度的含水量、土壤水分运动的某些经验参数, 由于自然界土壤分布的复杂性, 土壤质地、土壤结构的微小差异而导致不同的测量结果。因此, 研究土壤水分在空间的分布规律, 探求土壤水分测定的精度与取点数量的关系, 对提高土壤水分运动研究水平是至关重要的。

另一方面, 土壤水量在同一测点、同一深度上, 由于时间的变化, 也会得到不同的观测值, 也就是说, 即使土壤水分在空间分布存在着某种规律, 但是这种规律也是建立在土壤水分空间变化的时间稳定性基础上的。因此, 也必须研究土壤水分变化的时间稳定性问题。

* 收稿日期: 2000- 01- 01

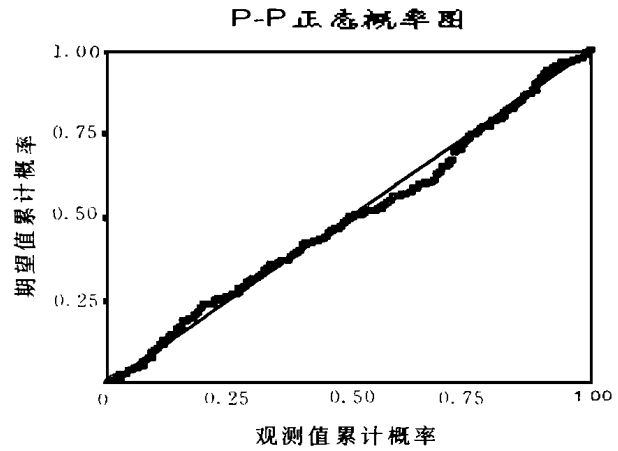
国家“九五”重点科技攻关计划项目, 编号为 96- 004- 05- 07。

2 研究方法

选淳化泥河沟试区地埂花椒- 小麦- 苹果复合模式试验地为研究对象, 在试验地内, 布设 90 个土壤水分测点, 用中子仪测定 0 ~ 20, 20 ~ 40, 40 ~ 60, 60 ~ 80, 80 ~ 100, 100 ~ 120, 120 ~ 160, 160 ~ 200 cm 八个土层的土壤含水量, 同时用环刀法测定每层土样干容重。用数理统计方法, 分析土壤含水量的空间变化规律及其随时间的变化规律。

3 结果分析

3.1 土壤水分空间变化规律及其验证



在自然条件基本相同的条件下, 由于土壤质地、土壤结构等因素的差异, 使得土壤水分存在空间变异性, 因此, 可以认为土壤水分属于随机变量类型, 利用数理统计的方法研究土壤水分的空间分布规律是可行的。

根据我们在淳化泥河沟流域的实际观测资料, 点绘同一地块同一时间不同测点土壤水分累计频率曲线(以 1999 年 7 月 10 日 210 个观测值为例), 图 1A 为 210 个测点土壤含水量数据正态概率图, 图 1B 为土壤含水量数据无趋势正态概率图。从图中可以看出, 被检验的数据基本上成一条直线(如图 1), 因此, 可以假设土壤水分的空间分布服从正态分布规律。

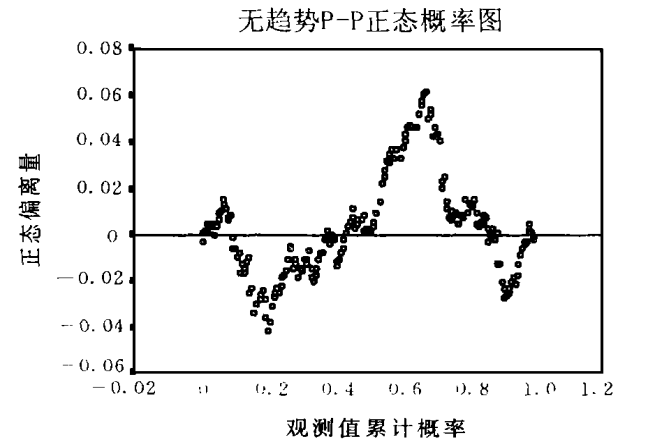


图 1 土壤水分累计频率曲线

应用卡平方法对给定概率值(95%)下的数据进行验证, 结果表明, 因 $P=1.000 > 0.05$, 故土壤水分的空间分布服从正态分布规律(检验结果见表 1)。

	正常值	最小值	最大值	平均值	标准偏差
土壤含水量	210	13.36	35.87	24.1218	3.5820
卡平方	18.308	自由度	9	P	1.000

3.2 取点数与测量精度的关系分析

对于对研究的一定面积的地块而言, 由于土壤特性空间变异性的存在, 观测和取样点的数目不宜过少, 否则所得结果没有代表性, 甚至会得出错误的结论。但我们也不可能处处取样, 测定其土壤含水量, 人能以有限的若干点的含水量为代表, 对未观测点进行估值, 那么, 在给定的精度范围内, 究竟取多少测点合适呢?

设土壤含水量 X 为土壤空间变异的随机变量, 已知其总体的期望值和方差分别为 μ, σ^2 , 从总体中取出容量为 n 的样本 x_1, x_2, \dots, x_n , 其均值为 \bar{x} 。若 n 值不变, 但每次所取样本不同, 则 \bar{x} 也不同, 因而可

视 \bar{x} 为随机变量。在实际应用中, 由于总体的方差是未知的, 只能用样本的方差来代替。

数理统计的原理可知, 如果假定 H_0 (土壤含水量)服从正态分布, 则 $\bar{x} - \mu \leq \Delta$ 成立, 如果 $\bar{x} - \mu > \Delta$, 则假定 H_0 不成立。其中 Δ 为某一给定的精度, 即样本均值与总体均值之间的误差, 它与样本容量、土壤性质等因素有关。

设符合 $\bar{x} - \mu \leq \Delta$ 条件的根率记为 β , 则
$$p\{|\bar{x} - \mu| \leq \Delta\} = \beta$$
 由于 $x \sim N(\mu, \sigma^2)$, 故 $\bar{x} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$ 对于给定的 β , 有

$$\begin{aligned} p\{|\bar{x} - \mu| \leq \Delta\} &= p\left\{\frac{|\bar{x} - \mu|}{\sigma/\sqrt{n}} \leq \frac{\Delta}{\sigma/\sqrt{n}}\right\} \\ &= p\left(-\frac{\Delta}{\sigma/\sqrt{n}} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq \frac{\Delta}{\sigma/\sqrt{n}}\right) = \beta \end{aligned}$$

根据正态分布曲线的特性得

$$p\left\{\frac{|\bar{x} - \mu|}{\sigma/\sqrt{n}} \leq 1.960\right\} = 95\%$$

$$p \left\{ \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq 1.645 \right\} = 95\%$$

当置信水平取 95% 或 90% 时, 得到相应的取样数目 n ,

$$n = 1.960^2 \left(\frac{\sigma}{\Delta} \right)^2 = 3.84 \left(\frac{\sigma}{\Delta} \right)^2 (\beta = 95\%) \quad (1)$$

$$n = 1.654^2 \left(\frac{\sigma}{\Delta} \right)^2 = 2.71 \left(\frac{\sigma}{\Delta} \right)^2 (\beta = 90\%) \quad (2)$$

若取精度要求 $\Delta = k\mu$ (可取 5%、10%、15% 等), 则上式可改写为

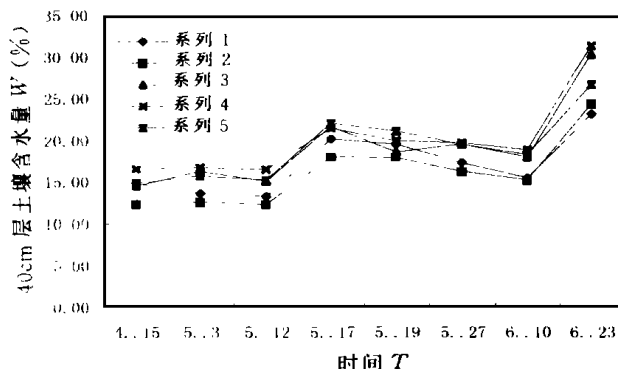


图2 小麦地 40 cm 土壤含水量—时间关系曲线图

将以知的 σ, β, K 值代入 (1) 式得

$$n = 3.84 \left(\frac{\sigma}{\Delta} \right)^2 = 3.84 \left(\frac{\sigma}{k\mu} \right)^2$$

解得 $n = 32$ 。因此, 本项研究取 90 个测点, 能够满足精度要求, 并将误差控制在 5% 以内。

采用同样的方法, 可以求出不同 σ, β, M 下的 n 值。

由以上分析可知, 在一定的 β, Δ 值下, 测数 n 与样本的标准均方差直接有关。当 σ 值大时, 要想得到同样精度的土壤含水量测量结果, 则需要较多的测定数。所以 σ 值是确定土壤水分测量精度的一个重要指标, 而 σ 本身又是表示土壤含水量空间分布的一个重要参数。 σ 值越大, 说明土壤含水量的空间分布差异越大, 反之则小。 σ 值随时间和地点的不同而有所变化。

3.3 土壤水分空间分布的时间稳定性分析

我们在研究土壤水分的空间分布时, 实际上是

$$n = 3.84^2 \left(\frac{C_v}{k} \right)^2 (\beta = 95\%) \quad (3)$$

$$n = 2.71^2 \left(\frac{C_v}{k} \right)^2 (\beta = 90\%) \quad (4)$$

根据上式, 可假定不同的 β 与 k 值, 求出 n 值。

以 1999 年 7 月 10 日观测数据为例, 已知样本的标准均方差为 $\sigma = 3.5820$, 希望有 95% 的概率 ($\beta = 0.95$), 使一组土壤含水量的平均值落在与总体平均值 0.05 ($K = 0.05$) 的误差范围内, 测点至少取多少?

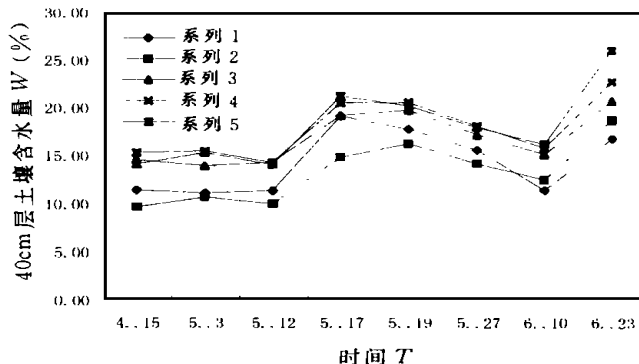


图3 小麦地 20 cm 层土壤含水量—时间关系曲线图

依赖于土壤含水量在时间上具有一定的稳定性这样一个概念, 否则, 我们所研究的规律只是瞬时的。所谓时间的稳定性是指在任意时间内, 在一个试验地中对不同的土壤水分测点所测得的土壤含水量, 大者仍大, 小者仍小。由于土壤水分的空间分布在很大的程度上取决于土壤结构, 而土壤结构是一个相对稳定的因素, 因此, 从概念上看, 这一假设基本上是合理的。

在纯农田和农林复合系统中分别任意选择 5 个测点, 测定各自的 40 cm 土壤含水量, 将含水量 W 随时间 T 的关系点绘在坐标纸上, 如图 2、3 所示。由图中可以看出无论那个测点, 尽管随时间的含水量不同, 但总的趋势却是基本一致的, 这也说明, 土壤水分空间分布的时间稳定性。

我们根据实测资料, 应用非参数性的 Spearman 法和时间标准均方差比较进行了验证, 结果表明, 土壤水分的空间分布具有较强的时间稳定性。

参考文献

- 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 土壤水动力学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1988, 321 ~ 340
- 李海滨, 王政权, 王庆成. 空间异质性定量研究理论与方法 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(6): 651 ~ 657
- 谢永华, 黄冠华, 赵立新. 田间土壤特性的空间变异性 [M]. 中国农业大学学报, 1998, 3(2): 41 ~ 45
- 龚元石, 廖超子, 李保国. 土壤含水量和容重的空间变异及其分形特性 [J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 10 ~ 15
- 陶士珩, 王立祥, 胡希远等. 土壤含水量测定的误差分析及控制 [J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(2): 84 ~ 88