

土壤含水量合理取样数目影响因素的试验研究

——以烟台苹果园为例

谢恒星¹, 张振华^{1,2}, 刘继龙¹, 蔡焕杰², 张晓杰¹

(1. 鲁东大学地理与规划学院, 山东 烟台 264025; 2. 西北农林科技大学教育部旱区农业水土工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 2005 年 4 月至 8 月期间利用 TRIME 系统采用网格化取点方式, 对烟台市农科院苹果园 162 个格点土壤含水量进行了 4 次取样, 对土壤含水量合理取样数目的影响因素进行了试验研究。结果表明, 不同取样时间的最大合理取样数目是最小合理取样数目的 4.37~4.42 倍, 不同样点位置(采样方式)的最大合理取样数目是最小合理取样数目的 1.47~1.51 倍, 对于本苹果园, 土壤含水量分布状况是影响其合理取样数目的最主要因素。降雨有使土壤含水量分布均匀, 降低变异系数, 从而减少合理取样数目的作用。

关键词: 变异系数; 取样数目; 影响因素; 果园

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)04-0114-05

土壤取样是进行土壤属性室内研究的前提和基础。在土壤取样过程中, 如果取样数目不足, 就会造成取样数目过少而不具代表性; 而如果取样数目过多, 又会造成人力物力的浪费。因此, 如何进行合理采样, 一直是人们关注的问题。有关土壤取样数目的研究已有许多报道。Jacob 和 Klute^[1]研究了在一定条件下的取样小区、取样数量以及测定方法之间的最佳组合。Cipra 等^[2]研究发现取样数目地块与地块之间的差异最大, 其次才是地块内取样区域之间的变异, 同一取样区域内样本间的变异最小。王学锋等^[3]研究了土壤有机质的空间变异性, 发现不同的地块在同一置信水平下取样数目相差较大。胡克林等^[4]对农田土壤养分的空间变异性特征进行了分析, 研究发现在土壤较湿时, 各种养分的合理取样数目明显要多于土壤较干时的合理取样数目。伍靖伟等^[5]对簸箕李灌区 40 m×40 m 的试验田块进行了空间变异性研究, 发现当显著水平为 0.1 时, 试验所取的 90 点可使精度系数达到 0.022。孙凯等^[6]对北京通州区辖 800 多 km² 范围内 3022 点的土壤墒情测量数据进行了统计分析, 给出了计算类似区域合理取样数目时的估值方法, 为区域性墒情(旱情)检测站点的建设提供指导。胡顺军等^[7]在渭干河灌区根据直线和网格布点法布置的 150 个取样点的测定资料, 给出了不同置信水平及精度要求下两者的合理取样数目。盛建东等^[8]以 3 种取样间距(100 m、50 m、25 m)进行网格取样, 对土壤速效

养分的空间变异性进行研究, 发现取样间距对合理取样数目具有一定的影响。但以往的研究大多集中在土壤养分或水分静态的合理取样数目上, 往往是针对某一次取样数据的研究, 而有关土壤水分合理取样数目的动态研究较少涉及^[1~8]。本文对烟台市果园内的土壤含水量取样数目影响因素进行了静态和动态的研究, 以期为本区的土壤取样提供科学的理论指导。

1 材料与方法

试验点设在烟台市农科院苹果园内, 所栽果树为 5 龄红富士, 东西株距为 5.7 m, 南北株距 3.0 m。果园面积为 2 770 m², 地势较为平坦, 土壤类型为烟台市典型棕壤, 果园内统一采用深沟施肥方式, 且施肥位置为靠近根部互为 90°的 4 个方向。取样点设在每四棵果树的中间位置, 采样点的空间分布如图 1, 取样点包括 9 行 18 列, 其中南北方向每隔 3 m 取样, 每列共取 9 个样点; 东西方向每隔 5.7 m 取样, 每行共取 18 个样点。整个地块内共计 162 个取样点。土壤水分采用德国产 TRIME-FM 土壤含水量测量系统测定, 测定精度为 1%, 测定深度为 0~15 cm, 测定数值为土壤体积含水率(%), 测定时间分别为 2005 年 4 月 14 日、20 日, 6 月 29 日和 8 月 16 日。每次测定从上午 8:00 开始, 历时为 1 h 左右。所得数据利用 DPS5.02 数据处理系统软件进行统计分析。

收稿日期: 2005-09-12

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2002AA2Z4031); 国家自然科学基金(50609022)

作者简介: 谢恒星(1981—), 男, 山东兖州人, 硕士生, 主要从事区域水土资源高效利用研究。E-mail: star-yt@eyou.com

通讯作者: 张振华(1971—), 教授, 硕士生导师, 主要从事区域水土资源高效利用研究。

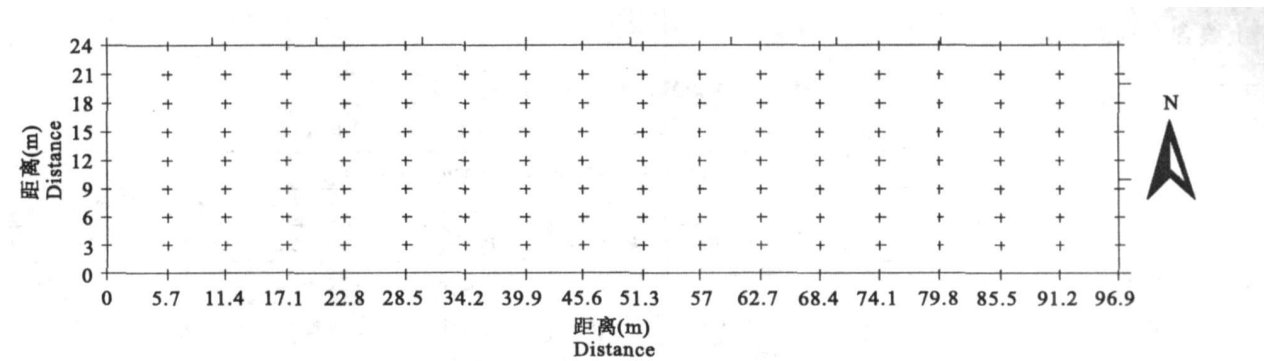


图 1 样点空间分布

Fig.1 Spatial distribution of sampling points

2 结果与分析

2.1 土壤含水量数据统计分析

对测量所得的 4 个时期土壤含水量原始数据进行统计分析,结果如表 1。

由表 1 可知,4 个时期土壤含水量数据均符合正态分布。2005 年 4 月 20 日的土壤含水量均值最大,为 27.61%,其对应的变异系数最小,为 0.10;8 月 16 日的土壤含水量均值最小,为 17.25%,其对应的变异系数最大,为 0.21。从整体来看,变异系

数有随均值降低而增加的趋势。8 月 16 日的土壤含水量均值比 4 月 20 日的土壤含水量均值降低了 60.06%,而变异系数却增加了 110%,变异系数相对于均值变化较明显。4 月 19 日有一场中等强度的降水,从而使 4 月 20 日整个地块内的土壤含水量数值升高,分布也趋均匀,因此,降水有使土壤含水量变异系数降低的效应;进入 8 月份以后烟台市一直无降雨,果园经历长期干旱,地块内土壤含水量平均较低,因而 8 月 16 日的土壤含水量均值较低,变异系数也较大。

表 1 5 个时期土壤含水量统计特征

Table 1 Statistical characteristics of soil water content in 5 periods

采样日期 (Y-M-d) Sampling date	样点数 Sample number	分布类型 Distribution type	均值 Mean	方差 Variance	标准差 Standard deviation	偏度系数 Skewness	峰度系数 Kurtosis	变异系数 Coefficient of variation
2005-04-14	162	正态 Normal	18.21	9.80	3.13	0.05	-0.20	0.17
2005-04-20	162	正态 Normal	27.61	7.38	2.72	0.04	0.55	0.10
2005-06-29	162	正态 Normal	24.97	14.72	3.84	0.12	0.56	0.15
2005-08-16	162	正态 Normal	17.25	13.62	3.69	0.25	-0.25	0.21

2.2 取样时间对土壤含水量合理取样数目的影响

合理的取样数目 (N) 应满足的要求:样本的均值 $\bar{x}_N$ 和总体的均值 μ 之差的绝对值小于或等于某一规定精度 Δ 的这一事件的概率达到所要求的置信水平 P_l ,即合理的取样数目应满足^[9]

$$p\{|\bar{x}_N - \mu| \leq \Delta\} = P_l \tag{1}$$

若取样是独立的,且取样数目足够多,则中心极限定理成立。于是,由概率统计原理可知随机变量 $\eta = (\bar{x}_N - \mu) / \sqrt{\sigma^2 / N}$ 为标准正态分布(均值为 0,方差为 1)。在实际应用中,总体的方差 σ^2 是未知的,只能用样本的方差 s^2 代替。此时,由概率统计原理可知,随机变量 $t = (\bar{x}_N - \mu) / \sqrt{s^2 / N}$ 服从 t 分布。因此,

$$p\left\{\left|\frac{\bar{x}_N - \mu}{\sqrt{s^2 / N}}\right| \leq \lambda_{\alpha,t}\right\} = P_l \tag{2}$$

式中, $\lambda_{\alpha,t}$ 为 t 分布的特征值,可由显著水平 $\alpha = 1 - P_l$ 和自由度 $f = N - 1$ 查 t 分布表求得。由式(1)、(2) 可得到所要求的取样数目 N 为

$$N = \lambda_{\alpha,t}^2 \left(\frac{s}{\Delta}\right)^2 \tag{3}$$

若考虑到取样精度要求 $\Delta = ku$ (k 为精度系数),则式(3) 可改写为

$$N = \lambda_{\alpha,t}^2 \left(\frac{s}{uk}\right)^2 = \lambda_{\alpha,t}^2 \left(\frac{CV}{k}\right)^2 \tag{4}$$

式中, CV 为变异系数。

利用上式,显著水平 α 分别取 0.05、0.1、0.2、0.3,精度系数 k 分别取 0.01、0.02,求得苹果园内

土壤含水量的合理取样数目如表 2。

表 2 4 个时期合理取样数目统计结果
Table 2 Statistical results of reasonable sampling number in 4 periods

显著水平 Significance level	合理取样数目 Reasonable sampling number							
	2005—04—14		2005—04—20		2005—06—29		2005—08—16	
	$k=0.01$	$k=0.02$	$k=0.01$	$k=0.02$	$k=0.01$	$k=0.02$	$k=0.01$	$k=0.02$
0.05	1110	278	384	96	864	216	1694	424
0.1	782	196	271	68	609	152	1193	298
0.2	475	119	164	41	370	92	725	181
0.3	310	78	107	27	241	60	473	118

由表 2 可知,在同一显著水平下,4 个时期的土壤含水量合理取样数目均随着精度系数(k)的增大而减少;并且对于任一时期的取样,在同一精度系数下,合理取样数目均有随显著水平的增大而减少的趋势。在同一显著水平和精度系数下,4 月 20 日的合理取样数目最小,8 月 16 日的合理取样数目最大,4 月 14 日和 6 月 29 日的合理取样数目较接近。在 0.01 的精度系数下,8 月 16 日的合理取样数目相对于 4 月 20 日的合理取样数目的增量由 0.05 显著水平下的 341.15% 上升到 0.3 显著水平下的 342.06%;在 0.02 的精度系数下,合理取样数目的相对增量由 0.05 显著水平下的 341.67% 下降到 0.3 显著水平下的 337.04%。两种精度系数下显著水平由 0.05 变化到 0.3 时,合理取样数目的相对增量变化均不大;但同一精度系数和显著水平下,两个时期的土壤含水量合理取样数目的相对增量都比较大,均超过 330%。8 月 16 日土壤含水量合理取样数目是 4 月 20 日合理取样数目相同显著水平和精度系数下的 4.37~4.42 倍,由于不同的取样时间对应不同的土壤含水量,因此不同时期合理取样数目的变化实际上是不同土壤含水量变化的反应。由式(4)可知,当取样数目超过 120 时,在同一显著水平下,4 个时期的样本自由度(f)相同,在 t 分布表中的值 $\lambda_{\alpha, f}$ 也相同,在相同的精度系数下,合理取样数目 N 只与变异系数 CV 有关,且 N 与 CV 的二次方成正比例关系;在同一显著水平和变异系数下,合理取样数目(N)只与精度系数(k)有关,且与 k 的二次方的倒数成比例;在同一精度系数和变异系数下,合理取样数目 N 与 $\lambda_{\alpha, f}$ 的二次方成比例。由表 1 可知,4 次取样数目均大于 120,4 月 20 日的土壤含水量变异系数最小,因而相同显著水平和精度系数下合理取样数目最小;8 月 16 日的土壤含水量变异系

数最大,因而相同显著水平和精度系数下合理取样数目最大;4 月 14 日和 6 月 29 日土壤含水量变异系数较接近,因此同一精度系数和显著水平下的合理取样数目也较接近。由于合理取样数目与变异系数、精度系数 $\lambda_{\alpha, f}$ 和的二次方成比例,因此合理取样数目对三个参数的变化比较敏感,对于同一时期的土壤含水量合理取样数目,当精度系数和显著水平变化时,合理取样数目表现出较大的变化。对于本试验的 162 个取样点,4 月 14 日的取样在 0.1 的显著水平下较接近 0.02 的精度系数;4 月 20 日的取样在 0.2 的显著水平下较接近 0.01 的精度系数;6 月 29 日的取样在 0.1 的显著水平下可达 0.02 的精度系数;8 月 16 日的取样在 0.2 的显著水平下较接近 0.02 的精度系数。

2.3 样点位置对土壤含水量合理取样数目的影响

由于 4 月 20 日和 8 月 16 日的土壤含水量样点数据代表地块内土壤含水量的两种极端情况,因此以两个时期土壤含水量数据为例,研究样点位置对土壤含水量合理取样数目的影响。在图 1 中,分别把从南向北和从西向东的土壤含水量数据定义为奇、偶数行数据和奇、偶数列数据,则每个时期均有 4 种取样方式。不同空间位置样点数据的统计结果如表 3。

由表 3 可知,同一时期的地块内,尽管 4 种取样方式的取样数目有所不同,但每种取样的土壤含水量数据均符合正态分布。每个时期的 4 种取样方式所得数据的均值、标准差和变异系数中的最大值相对于最小值的变化幅度分别为 2.46% 和 5.34%、15.02% 和 5.90%、22.22% 和 10%。4 月 20 日的土壤含水量均值变幅较小,但变异系数变幅较大。两个时期土壤含水量数据分别在不同显著水平(α)和精度系数(k)下求得合理取样数目(如表 4)。

表 3 不同空间位置的土壤含水量统计特征

Table 3 Statistical characteristics of soil water content in different space

采样日期 (Y—M—d) Sampling date	样点位置 Sample sites	样点数 Sample number	分布类型 Distribution type	均值 Mean	方差 Variance	标准差 Standard deviation	偏度系数 Skewness	峰度系数 Kurtosis	变异系数 Coefficient of variation
2005—04—20	奇数行 Uneven row	90	正态 Normal	27.91	7.13	2.67	0.26	0.03	0.10
	偶数行 Even row	72	正态 Normal	27.24	7.55	2.75	—0.19	1.05	0.10
	奇数列 Uneven column	81	正态 Normal	27.61	6.38	2.53	0.05	0.16	0.09
	偶数列 Even column	81	正态 Normal	27.61	8.48	2.91	0.04	0.75	0.11
2005—08—16	奇数行 Uneven row	90	正态 Normal	16.85	14.19	3.77	0.36	—0.10	0.22
	偶数行 Even row	72	正态 Normal	17.75	12.65	3.56	0.16	—0.29	0.20
	奇数列 Uneven column	81	正态 Normal	17.35	13.60	3.69	0.04	—0.34	0.21
	偶数列 Even column	81	正态 Normal	17.14	13.79	3.71	0.46	—0.05	0.22

表 4 不同取样方式土壤含水量合理取样数目

Table 4 Reasonable soil water content sampling numbers in different sampling methods

采样日期 Sampling date (Y—M—d)	显著水平 Significance level	合理取样数目 Reasonable sampling number							
		奇数行采样 Uneven row sampling		偶数行采样 Even row sampling		奇数列采样 Uneven column sampling		偶数列采样 Even column sampling	
		K=0.01	K=0.02	K=0.01	K=0.02	K=0.01	K=0.02	K=0.01	K=0.02
2005—04—20	0.05	392	98	392	98	318	79	474	119
	0.1	275	69	275	69	223	56	333	83
	0.2	166	42	166	42	135	34	201	50
	0.3	108	27	108	27	88	22	131	33
2005—08—16	0.05	1897	474	1568	392	1729	432	1897	474
	0.1	1330	333	1100	275	1212	303	1330	333
	0.2	804	201	665	166	733	183	804	201
	0.3	525	131	433	108	478	119	525	131

由表 4 可知,在同一显著水平和精度系数下,2005 年 4 月 20 日奇数行采样和偶数行采样、2005 年 8 月 16 日奇数行采样和偶数列采样所得的合理取样数目相同。这是因为 4 月 20 日奇数行和偶数行土壤含水量样本数据、8 月 16 日奇数行和偶数列土壤含水量样本数据具有相同的变异系数,样点数分别为 90、72 和 90、81,在相同的显著水平下 t 分布表中对应相同的自由度(f),因此二者的 $\lambda_{\alpha,t}$ 相同,在相同的精度系数下合理取样数目只与变异系数有关,因此所得的合理取样数目也相同;由于 4 月 20 日的土壤含水量 4 种取样方式变异系数变幅更大,因此同一显著水平和精度系数下合理取样数目

的变幅也大,在 0.05 的显著水平和 0.01 的精度系数下,偶数列采样所算得的合理取样数目比奇数列采样所算得的合理取样数目增加了 49.06%,在 0.02 的精度系数下为 50.63%。但同一精度系数和显著水平下偶数列采样所计算的合理取样数目是奇数列合理采样数目的 1.47~1.51 倍,相对于不同时间的合理取样数目,样点位置(采样方式)对土壤含水量合理取样数目的影响要小得多。

3 结论与讨论

本文通过 2005 年 4 月 14 日、4 月 20 日、6 月 29 日和 8 月 16 日对烟台市农科院苹果园 162 个格点

土壤含水量取样分析,研究了取样时间和不同取样方式对土壤含水量合理取样数目的影响。当取样数目超过 120 时,在同一显著水平和精度系数下, $\lambda_{\alpha,t}$ 为定值,取样数目 N 只与变异系数 CV 有关,且 N 与 CV 的二次方成正比例关系。4 月 20 日和 8 月 16 日的土壤含水量变异系数分别为最小值 0.10 和最大值 0.21,因此合理取样数目分别对应同一显著水平和精度系数下的最小值和最大值;4 月 14 日和 6 月 29 日土壤含水量变异系数较接近,因此同一精度系数和显著水平下的合理取样数目也较接近。合理取样数目对变异系数、精度系数和显著水平的变化比较敏感,对于同一时期的土壤含水量合理取样数目,当精度系数和显著水平变化时,合理取样数目表现出较大的变化。4 月 19 日有一场中等强度的降水,使得 4 月 20 日整个地块内的土壤含水量数值升高,分布也更均匀,因此,降雨有使土壤含水量增加,水分分布更趋均匀的效应,导致土壤水分变异系数变小从而降低了合理取样数目。样点位置(采样方式)对土壤含水量合理取样数目也有影响,但同一精度系数和显著水平下两种采样方式所得合理采样数目的最大值是最小值的 1.47~1.51 倍,相对于不同时间的合理取样数目的最大值与最小值的倍数(4.37~4.42 倍)要小得多,由于不同时间的土壤含

水量不同,因此,对于本苹果园,土壤含水量分布状况是影响其合理取样数目的主要因素。

参 考 文 献:

[1] Diaz O A. Soil nutrient variability and soil sampling in the Everglades agricultural area [J]. Commu. Of Soil Sci. and Plant Analy, 1992, 23(17220): 2313—2337.

[2] Cipra J E, Bidwell O W, Whitney K A, et al. Variation with distance in selected fertility measurements of pedons of western Kansas Ustoll[J]. Soil Sci Soc Am. Proc., 1972, 36: 111—115.

[3] 王学锋, 张 衡. 土壤有机质的空间变异性[J]. 土壤, 1995, (2): 85—89.

[4] 胡克林, 李保国, 林启美, 等. 农田土壤养分的空间变异性特征[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 33—38.

[5] 伍靖伟, 杨金忠, 陆垂裕, 等. 簸箕李灌区土壤空间变异性研究[J]. 中国农村水利水电, 2000, (4): 10—12.

[6] 孙 凯, 王一鸣, 杨绍辉, 等. 墒情监测取样方法的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 74—77.

[7] 胡顺军, 康绍忠, 宋郁东, 等. 渭干河灌区土壤水盐空间变异性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 10—12.

[8] 盛建东, 肖 华, 武红旗, 等. 不同取样尺度农田土壤速效养分空间变异特征初步研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 63—67.

[9] 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.

Experimental research on factors affecting soil water content reasonable sampling number
——Take Yantai apple orchard as an example

XIE Heng-xing¹, ZHANG Zhen-hua^{1,2}, LIU Ji-long¹, CAI Huan-jie², ZHANG Xiao-jie¹

(1. Geography and Resources Management Department, Ludong University, Yantai 264025; 2. The Key

Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on grid sampling method, 4 soil water content samplings were conducted using TRIME system from April to August, 2005 in apple orchard of Yantai Academy of Agricultural Sciences, and affecting factors of soil water content reasonable sampling number were investigated, too. The results showed that the biggest sampling number was 4.37 to 4.42 times of the least sampling number in different sampling periods, and the biggest sampling number was 1.47 to 1.51 times of the least sampling number in different sampling methods. Rainfall made soil water content uniform, decrease the coefficient if variance, and then decrease the reasonable sampling numbers.

Key words: coefficient of variation; reasonable sampling number; affecting factors; orchard