

根系调查取样点数确定方法的研究

李 鹏¹, 李占斌¹, 赵 忠²

(1. 中国科学院水土保持研究所; 2 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨陵 712100)
水 利 部

摘 要: 根系是植物与外界环境进行物质和能量交换的场所, 其分布特征反映了植物对环境的利用程度。随着科学的发展和技术的进步, 人们对根系的研究也逐渐从定性走向定量, 科学的根系调查方法是进行根系定量研究的关键。在已有的根系调查资料的基础上, 应用数理统计的方法, 对应用土钻法进行根系调查取样所需要的样点数进行了计算和分析, 结果表明, 应该按照不同立地, 不同取样范围进行根系调查。根据调查的需要和实际状况, 确定不同取样范围内所需要的取样点数, 并对 1/4 样圆法的进行了改正和修订, 提出了一种新的野外取样的方法。

关键词: 根系; 取样点数; 土钻法

中图分类号: Q 944.54; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)01-0146-04

Study of the Method for Determining Sampling Number for Root Investigation

LI Peng¹, LI Zhan-bin¹, ZHAO Zhong²

(1. Institution of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2 College of Forestry, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Root system was in the main location for changing the substance and energy between plant and environment, and its distribution reflects the utilization of the plants to the environment. With the development of the science and technology, the study of the root also tend to shift from the qualitative to the quantitative, among which the scientific method for investigation was the key to quantitative study. Based on the data of the root investigation, the number of sampling points needed for root investigation by soil auger was calculated and analyzed by mathematical statistics method. And the results showed that the root investigation should be carried out on different sites and sampling area. Considering the needs of the investigation and the actual condition, the number of sampling points in different sampling area was determined, and some improvement was made to the 1/4 circular sampling method.

Key words: root system; number of sampling; soil auger method

1 概 述

根系是构成植物体的主要部分。近年来, 有关林木根系分布和动态生长的研究已经成为生态研究中的一个热点 (Stone et al 1991, Jackson et al 1996, 单建平等 1992, 王文泉等 1994, 刘颖等 1995, 李凌浩等 1998)。尽管科学技术的发展为根系的研究提供了有力的工具, 但是由于林木根系的生长、分布及其生理过程均发生在地下, 因此难以获得全面客观的认识和了解。到目前为止, 土钻法依然是根系调查中应用最为广泛的主要方法之一。所做的改进主要集中于动力

部分, 可以方便的了解深层土壤中根系的生长分布状况。但是对于在某一个样地上进行根系调查时, 研究人员在采用土钻法进行根系调查时 (W. 伯姆, 1975, 王文泉等 1994, 赵忠等 2000, 李鹏等 2002), 一般都参照对植物地上部分进行研究的方法, 采取 3~6 次重复进行根系调查。但是根系的分布不像林木的地上部分那样直观易见, 显然这种做法难以准确客观地反映根系分布的实际状况。

要使调查的结果能够客观地反映根系在土壤中分布的实际状况, 提高抽样的代表性和准确性, 就需要增加取样的点数。但是取样点数的增加必然会带来人力、物力以及时间

* 收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 国家科技攻关项目 (2001BA 508B 18)。

作者简介: 李鹏 (1974-), 男, 山东烟台人, 在读博士, 主要从事植被根系与土壤侵蚀等方面的研究。

等的增加。这就需要在保证达到预定的可靠程度和准确程度的基础上,使取样的点数尽量地减少,即确定合理的样本容量。

在确定根系调查取样的样本容量时,必须考虑以下具体因素:

- (1) 被调查单位之间的标志变异程度,即方差的大小,标志变异程度越大,则抽取的样本单就越多。
- (2) 极限误差值,如果极限误差小,也就是要求允许的误差范围小,则多抽取样本,反之则少。
- (3) 抽样估计要求的可靠程度。即抽样估计的概率保证程度,而它又与概率度 t 值有关。若抽样要求的可靠程度较高,则相应的 t 值较大,应该多抽取样本,反之则少。

此外,抽样方法与抽样组织形式对样本容量的大小也会产生影响。在相同条件下,重复抽样比不重复样本多,等距抽样和分类抽样比简单随机抽样所需要的样本数要少。

本文在已有调查资料的基础上,结合统计分析的基本原理,通过对大量进行数理统计分析,从林木根系分布特征和根系取样代表性及合理性方面,对采用土钻法进行根系调查取样点数的确定方法进行了探讨,以期能为同类研究提供参考。

2 材料与方法

大量的研究证实,林木根系在地下的分布状况类似于倒立的锥体,其根系密度的分布随着土层深度的增加而减少,随离树干距离的增加而减少。王文全、赵忠等人在Weller提出的调查取样的方法的基础上,提出了 1/4 营养面积取样法,即在各样地内随机选取 30 株样木,进行每木检尺,并从

中挑选出 4 株平均样木。每株样木在不同的方位划分出 1/4 营养区作为取样区。这一方法可以更加有效的反映出林地上林木根系分布的实际状况。其方法是,在取样时,以样木为中心分别在半径 0.5 m 和 1.5 m 的弧线上按等距确定 3 个取样点,分土层(10 cm)用土钻(\varnothing 6.8 cm)钻取土样,直至无根系出现。从各土层钻取的土样中拣出所有根系,编号后装入塑料袋带回实验室备用。将从野外带回的各个根样,按 $\varnothing < 0.5$ mm, 0.5 mm $\varnothing < 1$ mm, 1 mm $\varnothing < 3$ mm 和 $\varnothing \geq 3$ mm 的标准分为四级。然后,置入 105 烘箱中,烘干至恒重,再分别称重和记录。按照下列公式计算每一个取样点上的根系生物量:

$$N_i = \sum_{j=1}^n X_j \tag{1}$$

式中: N_i ——第 i 个样点处的根系生物量; X_j ——第 i 个样点 j 层的根系生物量应用这一方法,作者对渭北黄土高原地区的主要造林树种——刺槐的根系分布状况进行了调查,作为分析研究的基础。

3 结果与分析

3.1 取样范围的确定

3.1.1 以半径为自变量的单因素方差分析 根据各个样地上的刺槐在距离树干中心不同距离处的根系分布状况,对其常规统计量进行计算,结果表明(见表 2),随着距离的增加,根系的生物量逐渐减少(根系的平均生物量从 3 853.5 到 2 086.9),同时根系在土壤中分布的差异变小,逐渐趋向于均匀(其方差从 5 930.8 降低到 3 875.9)。

表 1 不同距离范围内根系分布常规统计量的计算结果

取样半径/m	样点数	均值	标准偏差	标准误差	均值的 95% 置信区间		最小值	最大值
					下限	上限		
0~ 1.0	72	3 853.5	5 930.8	0 6990	2 458.9	5 247.1	0 01	38 84
1.0~ 2.0	72	2 083.9	3 875.9	0 4568	1 173.1	2 994.7	0 01	30 52
总计	144	2 968.7	5 070.6	0 4266	2 133.4	3 803.9	0 01	35 84

用单因素方差分析的方法对所有样地上距离树干中心不同距离取样范围内各个取样点的根系生物量进行方差分析,建立的原假设 H_0 : 不同取样范围内根系的均值相等;备择假设 H_1 : 不同取样范围内根系的均值不相等。计算结果如下:

表 2 方差分析表

变差来源	平方和	自由度	平均平方	F 值
组间	112 729	1	112 729	4 491
组内	3563 90	142	25 098	
综合	3676 689	143		

由上表可以看出,在 $\alpha=0.05$ 的水平上, $F_{0.05}(1, 70)=$

$3.99 < 4.491$, 因此可以以 $\alpha=0.05$ 水平拒绝 H_0 , 接受 H_1 , 认为在离树干中心不同距离的区域范围内,根系的生物量具有显著差异,因此采用这种划分不同取样范围确定取样的方法能够反映根系分布随着离树干中心的距离的增加而变化的情况。

3.1.2 以坡向为自变量的单因素方差分析 根据不同立地上刺槐根系的分布状况,对其常规统计量进行计算,结果表明(见表 3),从阴坡立地到阳坡立地,根系的生物量逐渐减少(根系的平均生物量从 3 806.6 到 2 130.8),同时根系在土壤中分布的差异也逐渐减少,逐渐趋向于均匀(其方差从 6 706.0 降低到 2 321.5)。说明在阴坡立地上,刺槐的根系生长发育更加充分,其他各种因素对于根系生长发育的影响作用逐渐增大,使得根系在土壤中分布的差异增大。

表 3 不同坡向根系分布常规统计量表

坡向	样点数	均值	标准偏差	标准误差	均值的 95% 置信区间		最小值	最大值
					下限	上限		
阳坡	72	2 1308	2 3215	0 2736	1 5852	2 6763	0 009	8 819
阴坡	72	3 8066	6 7060	0 7903	2 2307	5 3825	0 10	35 839
综合	144	2 9687	5 0706	0 4255	2 1334	3 8039	0 006	35 839

用单因素方差分析的方法对所有样地不同坡向上各个取样范围内的取样点的根系生物量进行方差分析,建立的原假设 H_0 : 不同坡向上根系的均值相等;备择假设 H_1 : 不同坡向上根系的均值不相等。计算结果如下:

表 4 方差分析表

变差来源	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i> 值	<i>Sig</i>
组间	101.105	1	101.105	4.015	0.047
组内	3575.583	142	25.180		
总计	3676.689	143			

从上表可以看出,在 $\alpha=0.05$ 的水平上, $F_{0.05}(1, 70)=3.99 < 4.015$, 因此可以以 $\alpha=0.05$ 水平拒绝 H_0 , 接受 H_1 , 认为在不同坡向的立地上,根系的生物量具有显著差异,因此需要针对不同立地上的刺槐的根系进行调查研究。

另外对阴坡或阳坡立地上不同半径范围内的根系分布分别进行单因素方差分析的结果表明,各个立地上的方差差异不显著。但是如果把所有样地作为一个样本对其进行方差分析的结果表明,不同半径范围内的根系分布在 $\alpha=0.05$ 的水平上有显著差异(见表 2)。根据统计学原理,这一现象说明在阴坡或者阳坡立地上的样本容量不能满足分析的需要,即需要增加根系调查所采用的样点数才能反映根系在土壤中的分布的状况。

3.1.3 以半径、坡向为变量的双因素方差分析 从上述双

表 5 坡向与半径的双因素方差分析

变差来源	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i> 值	<i>Sig</i>
半径	112.729	1	112.729	4.631	0.033
坡向	101.105	1	101.105	4.153	0.043
半径坡向	54.773	1	54.773	2.250	0.136
剩余	3408.081	140	24.343		
总计	4845.778	144			

因素方差分析表中可以看出,半径与坡向这两个因素的主效应在 $\alpha=0.05$ 的水平上显著,说明这两个因素对根系的分布均产生显著影响,应该对不同坡向,不同半径范围内的根系分特征进行调查。而半径与坡向的交互作用在 $\alpha=0.05$ 的水平上不显著。

3.2 根系调查取样方法

根据上述计算结果,结合林木根系的分布随着离树干距离的增加而减少的特点,在根系取样时,可以把根系的可能分布范围划分为不同的取样区,并假定,在同一取样区内,根系的分布状况是基本一致的。因此,可由下式确定不同取样区内的全部可能取样点数:

$$N_i = \frac{\pi(R_i^2 - R_{i-1}^2)}{d^2} \quad (2)$$

式中: n_i ——第 i 个取样区的全部可能取样点数; R_i ——以样

木为中心第 i 个取样区的半径; R_{i-1} 为以样木为中心第 $i-1$ 个取样区的半径; d 土钻半径。要达到研究所需要的代表性和精度,则在每一个样地中应取的抽样点数为:

$$n = \frac{U_{\alpha}^2 v^2 (N - 1)}{(1 - A)^2 N + N^2 v^2 + 1} \quad (3)$$

式中: v ——变异系数; U_{α} ——标准正态分布的临界值; A ——估计精度; N ——总体样本数。其中:

$$v = 1 - \frac{\Delta}{x} \quad (4)$$

$$\Delta = \frac{U_{\alpha} S}{n - 1} \cdot 1 - \frac{n}{N} \quad (5)$$

$$A = 1 - \frac{U_{\alpha} S}{x} \cdot \frac{1}{n - 1} \cdot 1 - \frac{n}{N} \text{ 或者}$$

$$A = 1 - \frac{U_{\alpha} v}{n - 1} \cdot 1 - \frac{n}{N} \quad (6)$$

根据上述公式对刺槐根系分布调查所需取样点的计算结果见表 6,结果表明,在 0~1.0 m 的取样范围内,根据原 1/4 样圆法进行取样,其估计精度为 81.86%,可靠性为 95%。在可靠性不变的情况下,使其精度提高为 90%,则在每一个样地中需要有 36 个取样点。在 1.0~2.0 m 的范围内,其估计精度为 78.08%,可靠性为 95%。在可靠性不变的情况下,使其精度提高为 85%,则在每一个样地中需要有 44 个取样点,若将其精度提高到 90%,则需要的取样点数为 99 个。同样,对不同坡向上的样地的计算结果表明,在可靠性不变的情况下,在阴坡立地上,要使估计精度达到 95%,因而需要更多的取样点数(39 个),而在阳坡立地上由于根系分布的变异系数较大,要使精度达到 90%,进行调查时所需要的取样点数较多(81 个)。

表 6 不同样地取样点数的计算结果

	<i>R</i> = 1.0 m	<i>R</i> = 2.0 m	阳坡	阴坡
原来的取样点数	72	72	72	72
估计精度/%	81.86	78.08	87.16	79.24
修改精度/%	85 或 90	85 或 90	95	85 或 90
计算取样点数	87 或 195	260 或 584	118	110 或 243

根据上述计算结果,应用正交实验设计方法,在此基础上,根据前人提出的 1/4 样圆法的基础上,进行改进,方法是在每一个样地上选取 4 株平均样木,在每株样木在不同的方位划分出 1/4 营养区作为取样区。在每一个取样区内采用“M”形等距离取样方法(这一方法比简单随机取样方法具有更小的误差)。取样时,以样木为中心分别在半径 0~1.0 m 和 1.0~2.0 m 的取样范围内按下图所示确定 5 个取样点,分土层(10 cm)用土钻($\varnothing 6.8$ cm)钻取土样,直至无根系出

现。由于阴坡和阳坡立地上根系调查所需要的取样点数有较大差异, 因此建议采用本文确定的调查方法继续进行调查, 在获取较多数据之后, 再进行详细计算。

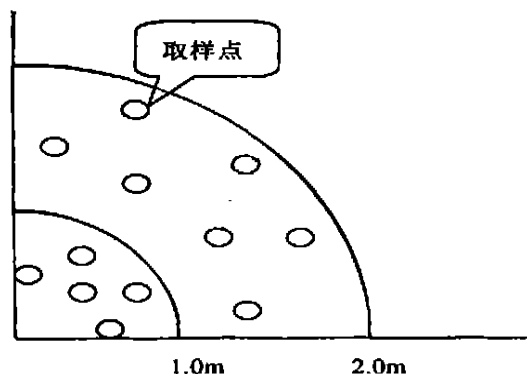


图1 根系调查样点分布示意图

参考文献:

- [1] R B Jackson, J C Canadell, H A Mooney. A global analysis of root distribution for terrestrial biomes[J]. *Oecologia*, 1996, 180: 389- 411.
- [2] 贾乃光 数理统计(第2版)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993
- [3] 赵忠, 李鹏, 王乃江. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(1): 96- 100
- [4] 李鹏, 赵忠, 李占斌, 等. 淳化县不同立地上刺槐根系的分布参数[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2002, 26(5): 32- 36
- [5] E L Stone, P J Kalisz. On the maximum extent of tree roots[J]. *For. Ecol Manage*, 1996, 46: 59- 102
- [6] 单建平, 陶大立. 国外对树木细根的研究动态[J]. *生态学杂志*, 1992, 11(4): 46- 49
- [7] 李凌浩, 林鹏, 等. 武夷山甜槠林细根生物量和生长量的研究[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(4): 337- 340
- [8] 刘颖, 邓丽琴. 从根系特点分析辽西地区树种的抗旱性[J]. *沈阳农业大学学报*, 1995, 26(2): 171- 176
- [9] 王文全, 王世绩, 等. 粉煤灰田立地上杨、柳、榆、刺槐根系的分布和生长特点[J]. *林业科学*, 1994, 30(1): 25- 33
- [10] W 伯姆. 根系研究法 [M]. 北京: 科学出版社 1985

(上接第145页)

大部分根系集中在表层40 cm的土层中, 深层根系的根系密度值较小, 并且相对比较一致。但是不同径级的根系表面积和根系体积等参数的分布特征却发生了变化。较大径级的根系的表面积增加, 在所有径级根系中, 0.2~0.4 mm, 0.4~0.6 mm和1~1.5 mm的根系表面积最大。

4 结论与讨论

通过对草本植物群落不同根系参数的分布特征可以看

4 结论与讨论

(1) 不同取样范围内的根系分布在 $\alpha=0.05$ 的水平上差异显著, 可以按照0~1.0 m, 1.0~2.0 m的标准将根系的分布空间划分为不同的取样空间进行调查。

(2) 不同坡向上的根系分布也表现出了明显差异, 因此需要对不同立地上的根系分布进行调查。

(3) 提出了1/4样圆法的改进方法。作为一种尝试, 本文在已有观测资料分析的基础上, 对林木根系分布调查取样方法确定进行了初步的探讨。由于调查资料等方面的限制, 对更大范围取样空间的分析研究有待于进一步深入。本研究结果可以为林木根系调查取样中正交实验设计提供依据, 以提高取样的代表性、合理性和观测精度。

出草本植被的根系主要集中分布在表层0~40 cm的土层中。深层土壤中的根系数量较少。大量研究证实, 根系的垂直分布特征是植被与环境条件之间相互作用的结果^[1~3]。在草本植被的根系中, 细根的比例相对较大。由于细根的周转速度较快^[4], 有利于有机物质在土壤中的累积, 提高土壤的有机质含量, 改善土壤的理化性质, 因此草本植被对于当地生态环境建设和恢复具有重要意义。

参考文献:

- [1] 黄瑞冬, 赵君实. 植物根系研究方法进展[J]. *沈阳农业大学学报*, 1991, 22(3): 164- 168
- [2] 廖兴其. 根系研究方法评述[J]. *世界农业*, 1995, (7): 23- 24
- [3] W 伯姆. 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社 1985
- [4] Lyr, H, G Hoffmann. Growth rates and growth periodicity of tree roots[J]. *Int. Rev. For. Res* 1967, 2: 181- 236
- [5] R J Loch, T Espigares, A Costantini, et al. Vegetative filter strips to control sediment in forest plantations: validation of a simple model using field data[J]. *Aust. J. Soil Res*, 1999, 37: 929- 946
- [6] R J Loch. Effects of vegetation cover on runoff and erosion under simulation rain and overland flow on a rehabilitated site on the Meandu Mine, Tarong, Queensland[J]. *Aust. J. Soil Res*, 2000, 38: 299- 312
- [7] 查轩, 唐克丽, 张科利, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J]. *水土保持学报* 1992, 6(2): 52- 59
- [8] C Carroll, L Merton, P Burger. Impact of vegetation cover and slope on runoff, erosion, and water quality for field plots on a range of soil and spoil materials on central Queensland's coal mines [J]. *Aust. J. Soil Res*, 2000, 38: 313- 327
- [9] 彭祥林, 贾恒义. 黄土高原草地土壤生态[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1997
- [10] 李鹏, 李占斌, 郑良勇. 植被保持水土有效性研究进展[J]. *水土保持研究*, 2002, 9(1): 76- 80