

改进的 WHITTAKER 方法: 一种多尺度的嵌套式植物多样性取样方法

梁继业, 于春堂, 杨晓晖
(中国林业科学院林业研究所, 北京 100091)

摘 要: 在分析了目前植物多样性研究中取样技术存在的一些问题之后, 着重介绍了改进的 Whittaker 取样方法。Whittaker 方法是一种标准的多尺度嵌套式长方形取样技术, 而改进的 Whittaker 方法是对这种方法的进一步完善和充实。这种取样方法的应用将有助于降低空间尺度对物种丰富度的影响, 使之更为有效地量度和预测不同生态系统的物种丰富度, 特别是对空间异质性较大的生态系统更具有较高的实用价值。
关键词: Whittaker 取样方法; 改进的 Whittaker 取样方法; 生物多样性; 空间尺度
中图分类号: X176 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)01-0226-04

Modified Whittaker: A Multi-scale Nested Vegetation Sampling Method

LIANG Ji-ye, YU Chun-tang, YANG Xiao-hui
(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: After analyzing some problems on the plant diversity sampling techniques, Whittaker's and Modified Whittaker's sampling method is presented emphatically. Whittaker's method is a standardized approach to quantify species richness at multiple spatial scales, and modified Whittaker's method further improved Whittaker's method. Readers can know about the two methods, and can also get some information for the future sampling work.
Key words: Whittaker's sampling method; modified Whittaker's method; species diversity; spatial scale

1 引 言

对植物多样性的测定, 其中一项重要的工作就是野外调查取样。选择一种合理的取样方法, 不仅可以提高工作效率, 而且还会提高测定的准确性。然而不同的生态系统可能需要确定不同的样方大小及形状^[1], 特别是对那些空间异质性较大的生态系统更是如此, 因此在研究生物多样性的野外取样方法上很难形成一个标准^[2], 这就使得大量的研究成果缺乏可信度和可比性。一般来说在对植物多样性进行研究时, 通常要考虑以下几个方面的问题: (1) 测量的应该是地表范围内的种类而不是个体的数量; (2) 是能够同其他被广泛应用的样本尺度进行对比; (3) 是能指出在这样的对比中, 样方尺度、植物尺度或群落范围的影响; (4) 是在布线的工作上不会浪费很多时间, 从而能更有效的记录数据^[3]。

目前, 国内较常用的野外调查方法是一种覆盖式的正方形嵌套式取样方法, 它可以通过双倍扩大取样面积的办法来对不同的植被类型进行取样(图 1), 多数情况下调查人员通常根据实际情况和经验来选定样方的大小。这种方法的优点在于方法简便易于操作, 但是它存在一些问题, 第一它只适用于地面物种分布比较均匀的情况, 对于在异质性群落或生态交错带上取样的情况不是很好; 第二在特定的群落中研究者通常根据经验来选择样方的大小, 对于较大的样方往往会在调查中漏掉一些分布较少的物种; 第三, 在一定的范围内选择各种因子情况相近的样方也是很费时间的; 第四, 由于在不同地区采用的样方大小不同, 所以就非常困难或不能

对比那些调查结果。

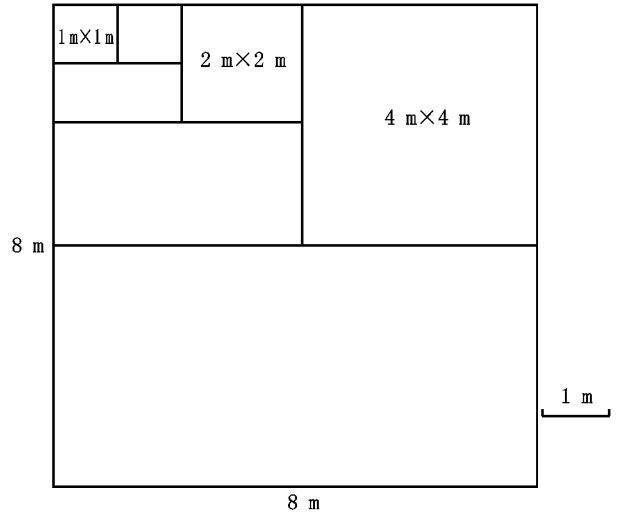


图 1 正方形嵌套式取样图示

实际上很久以前一些科学家就已经发现了这样的问题, 并开始尝试采用一些不同的方法来验证, 什么样的取样方法能够更加有效、合理地进行野外工作。Whittaker 就是其中一位重要的代表, 他在长期从事生物多样性调查工作中发现, 尽管在其以往的工作中收集了大量的物种多样性数据, 但是一直以来没有一个标准的收集数据的方法。因此很难对比那些来自完全不同取样方法的多样性指数^[3]。Wil-

* 收稿日期: 2006-02-24
基金项目: 国家自然科学基金项目(30571529)
作者简介: 梁继业(1976-), 男, 博士生, 从事水土保持与荒漠化防治研究工作; 通讯作者: 杨晓晖, 副研究员, 博士。

liams 等人也发现,多样性指数很大程度上依赖于样本的尺度,因此对比均等尺度样本和获得既有总的和分别的多样性评价是特别重要的^[4~6],而这些都需要对野外的取样方法进行合理的改进。

鉴于以上的考虑,一种多尺度的植物多样性取样方法—Whittaker 方法及改进的 Whittaker 取样方法开始逐渐为生态学家所接受并广泛应用于全球不同类型生态系统的调查中。

2 Whittaker 方法及改进的 Whittaker 取样方法

Whittaker 方法是由美国生态学家 Whittaker 于 1969 年提出的,在研究中他发现对于一个植被单元取样,物种数与尺度的关系非常密切,因此在他的取样设计中,采用 10 倍而不是双倍的扩展面积,并采用 1 m² 的正方形和 2 m×5 m 的矩形,而不是理想的正方形的嵌套式方法。具体的取样设计如图 2^[3]。

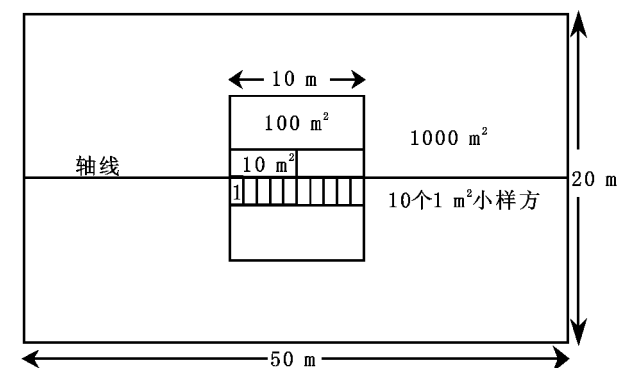


图 2 Whittaker 植物多样性取样设计图示

在取样的过程中,第一步是把一条 50 m 长的带尺(或绳尺)铺设在样地上,然后以这条带为长轴线设置一个 20 m×50 m 的矩形取样地块,这条轴线的选择应能体现样地群落的整体情况。之所以采用 20 m×50 m 样方,主要是因为在经过 330 样方的调查,Shmida 和 Whittaker 发现该方法可以得到 6~167 个种,这种尺度符合理论和实际工作对物种调查的需要^[3]。相比之下太大的样方不仅会增加群落异质性,而且也会增加遗漏稀有种的可能性,同时还会使调查工作更加耗费时间,而太小的样方又不能包括尽量多的物种。

设定好外围的大样方,第二步就是沿着这条 50 m 的带,选取群落中一个 10 m 的典型段,如果可以区分的话,选取能体现下部生长方式有区别的一段。然后沿着这条 10 m 的带,从一边开始,用 1 m 长的木尺或方框分成 10 个 1 m² 的正方形。这 10 个样方号码依次为(1, 2, 3...0; 0 代表第 10 个样方),然后分别把每一个样方中出现的物种情况记录在特别设计记录纸上,这些物种主要是指地上可以鉴别的种类。

第三步在轴线下方设置一个平行于 5 个 1 m² 样方的 1 m×5 m 的长方形,调查记录其中号码从 1~5 个正方形样方中没有的物种。接着再设置一个平行于号码从 6~10 的正方形样本的长方形,记录那些在其它样方中没有的物种(不考虑在第一个 5 个 1 m² 样方和 1 m×5 m 长方形中的)。这样可以得到两个 2 m×5 m 矩形中物种的情况。(10 个 1 m² 样方中的记录都算在一起)

第四步在原来 10 m 的两边各延伸 5 m,扩成一个 10 m×10 m 的样方。然后查找,并记录在小样方中没有找到的物种。

第五再在标记带两边个延伸 10 m,扩大到一个 20 m×

50 m 范围用标记带标示各个角(如果必要其它的点沿着边界)。检查这个 0.1hm² 或 1 000 m² 的范围,调查并记录在前面没有发现的物种。

对于调查图 2 所示大小的一个地块植物,在温带的北美植被中需要工作 1~3 h,在沙漠植被中需要 1/2~1 h,在调查南半球植被丰富地区和热带植被需要 4 h 或更多时间^[3]。

Whittake 方法的优点在于,建立了一种标准的取样方法,可以对比来自不同区域的植物多样性数据;由于采用多尺度的取样,因此能更好的评价空间尺度对物种丰富度的影响;可以比单尺度更好的对比分析群落丰富度情况;可以通过种-面积曲线用来评估大尺度的丰富度情况。分析方法简便、易于操作、节省时间。

尽管 Whittaker 方法有很多优点,但是它仍然存在一些设计上的缺陷。Stohlgren 通过长期的实践和实验指出了 Whittaker 样方的三个明显的设计缺陷^[7],第一是如果生境不是严格的同质性,物种丰富度是受样方形状影响的,而一般来说在异质区域中圆形和正方形取样将比狭长的矩形得到较少的物种^[8]。第二样方的形状和大小相互作用可以影响物种丰富度测量。第三是空间的自相关性的问题,如 10 个 1 m×1 m 小样方相邻在一个小的 20 m×50 m 样方内,(空间高的自相关性),因此,一个物种丰富的 1 m×1 m 小样会影响到大尺度样方的物种调查。基于以上的考虑,他进一步提出了改进设计,并发表文章详细介绍了改进设计的实验研究及其方法。他针对以上三种 Whittaker 样方设计上的缺陷,改变了原来复杂的样方形状和尺度的影响,即从 1 m×1 m 的正方形到 2 m×5 m 的长方形又到 10 m×10 m 最后又回到 20 m×50 m 的长方形的这种设计。改进的方法统一了样方形状,使原来的 1 m×1 m 正方形改成 0.5 m×2 m 长方形;2 个 2 m×5 m 的长方形样方则以对角位置设置在大样方中;中间的 10 m×10 m 正方形样方改成 5 m×20 m 的长方形。此外他还把各个小样方分布在大长方形内的不同位置,以降低自相关性的影响^[9]。其具体的设计见图 3:

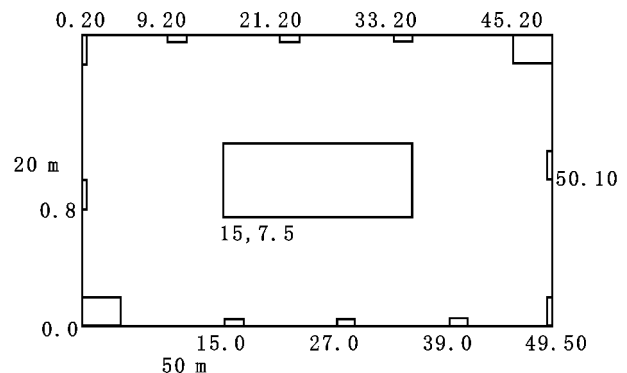


图 3 改进的 Whittaker 取样方法设计图示

(此图显示的是内部样方及其所位置的 X, Y 轴坐标)^[10]

该样方整体是 20 m×50 m 的长方形,以其右下角为坐标零点分别在(0, 8)、(0, 20)、(9, 20)、(21, 20)、(33, 20)、(50, 10)、(49, 50)、(39, 0)、(27, 0)、(15, 0)处设置 10 个 0.5 m×2 m 的小样方;在(0, 0)、(45, 20)处设置 2 个 2 m×5 m;中间坐标(15, 7.5)处设置一个 5 m×20 m 的长方形样方。

3 改进的 Whittaker 取样方法的应用

改进的 Whittaker 方法在某些区域,如植被长的比较茂密地方会测起来比较困难,在大的区域内也需要花费一定的时间,但是这些并不影响它的优点在世界范围内的发挥。表

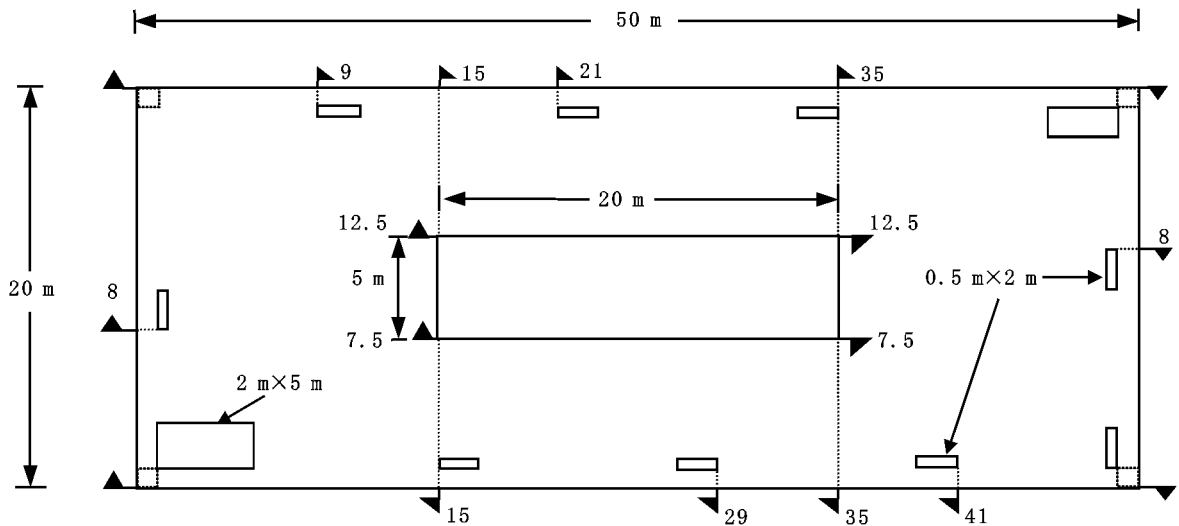


图 5 改进的 Whittaker 取样方法设计图示

为了验证这种改进的方法的优越性,一些研究人员还专门结合其它取样方法来进行了对比分析。如在 Barnett 等人的实验中用了三种长方形的样方来对比分析^[3]。得出的结果说明,改进的 Whittaker 方法在调查物种多样性时比小的多尺度长方形样方和单尺度的长方形样方能发现更多的物种。Campbell 等人用改进的 Whittaker 方法和永久 100 m×100 m 样方作对比,结果显示,改进的 Whittaker 方法趋向于记录更多物种,而且从能量分析上来讲,它能更加有效的发现平均物种数量的变化^[35]。总之,改进的 Whittaker 方法无论是在植物丰富度比较高的雨林地区,还是物种丰富度相对较低的半干旱地区,都有很好的应用^[14, 15]。

4 结 语

Whittaker 取样方法的贡献在于:(1) 提供了一种标准的评价不同植物群落物种丰富度的方法;(2) 当确定物种面积

参考文献:

- [1] Podani J, Csűrös T, Bartha S. Pattern, area and diversity: the importance of spatial scale in species assemblages[J]. Abstracta Botanica, 1993, 17: 37– 51.
- [2] Stohlgren T J. Planning long- term vegetation studies at landscape scales[A]. In: Ecological Time Series[M]. Powell TM, Steele J H eds. New York: Chapman and Hall, 1994. 209– 241.
- [3] Shmida A. Whittaker's plant diversity sampling method[J]. Israel Journal of Botany. 1984, 33: 41– 46.
- [4] Macarthur RH, Wilson EO. The Theory of Island Biogeography[M]. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- [5] Williams CB. Patterns in the Balance of Nature[M]. London: Academic Press, 1964. 324.
- [6] Whittaker RH. Evolution of species diversity in land communities[J]. Journal of Biogeography, 1977, 10: 1– 67.
- [7] Stohlgren T J, Falkner M B, Schell LD. A modified Whittaker nested vegetation sampling method. Vegetatio[J]. 1995, 117: 113– 121.
- [8] Bormann FH. The statistical efficiency of sample plot size and shape in forest ecology[J]. Ecology. 1953, 34: 474– 487.
- [9] Graham L, Knight RL. Multi-scale comparisons of cliff vegetation in Colorado[J]. Vegetatio, 2004, 170: 223– 234.
- [10] Stohlgren T J, Chong G W, Kalkhan M A, Schell LD. Multi-scale sampling of plant diversity: Effect of minimum mapping unit size[J]. Ecological Applications, 1997b, 7: 1 064– 1 074.
- [11] Barnett DT, Stohlgren T J. A nested-intensity design for surveying plant diversity[J]. Biodiversity and Conservation, 2003, 12: 255– 278.
- [12] Adler PB. Neutral models fail to reproduce observed species-time and species-area relationships in Kansas grasslands[J]. Ecology, 2004, 85: 1 265– 1 272.
- [13] O Connor TG. Influence of land use on plant community composition and diversity in Highland Sourveld grassland in the southern Drakensberg[J]. South Africa. Journal of Applied Ecology, 2005, 42: 975– 988.
- [14] Anderson MT, McNaughton SJ, Ritchie ME. Scale-dependent relationships between the spatial distribution of a limiting

(下转第 233 页)

黄土半干旱地区土壤水分对白榆和沙棘生长的有效性评价, 指导白榆和沙棘林分经营的田间土壤水分管理, 然后进行推广, 对在该区开展高效、节水型林业具有重要的理论意义。

表 2 土壤水分对白榆沙棘生长的
有效性分级及林木生理特征

| 土壤水分 生产力分级 | 土壤含水量范围/ % | | 林木生理 特征 |
|---------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| | 白榆 | 沙棘 | |
| 无产无效水 | < 4. 1 | < 3. 7 | P_n WUE 趋于零 |
| 低产低效水 | 4. 1~ 11. 4 | 3. 7~ 9. 5 | P_n WUE 较低, 但随 SWC 的升高增加迅速 |
| 高产高效水 | 11. 4~ 17. 2 | 9. 5~ 16. 5 | P_n WUE 维持较高水平 |
| 高产低效水 | 17. 2~ 24. 1 | 16. 5~ 22. 5 | P_n 较高但是 WUE 随 SWC 增加下降趋势明显 |
| 低产低效水 | 大于 24. 1 | 大于 22. 5 | P_n WUE 较低 |

3 结 论

P_n 与 SWC 的关系的研究表明: 白榆和沙棘都具有较强的耐旱能力, 白榆的土壤水合补偿点为 4. 1%; 沙棘的土壤水合补偿点为 3. 7%。并得出白榆维持较高的 P_n 的 SWC 范围为 11% ~ 22. 3%; 其最大 P_n 对应的 SWC 为 18. 56%。而沙棘维持较高的 P_n 的 SWC 范围在 9. 5% ~ 20%, 其最大

参考文献:

[1] 杨建伟. 不同土壤水分含量对 4 个树种 WUE 的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19 (1): 9– 13.
[2] 侯庆春, 韩蕊莲. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 53– 56.
[3] 韩蕊莲, 梁宗锁. 黄土高原适生树种苗木的耗水特性[J]. 应用生态学报, 1994, 5(2): 210– 213.
[4] 王焘. 逆境胁迫过程中作物光合作用下降的气孔与非气孔行为的理论分析[M]. 中国农业出版社, 1998. 276– 277.
[5] 苏建平. 我国树木蒸腾耗水研究进展[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 177– 179.
[6] 黄占斌, 山仑. 水分利用效率及其生理生态机理研究进展[J]. 生态农业研究, 1998, 6(4): 19– 23.
[7] 上官周平, 邵明安. 改善旱区作物水分利用的生理调控机制[J]. 水利学报, 1999 , (10): 33– 37.
[8] 刘庚山, 郭安红, 等. 不同覆盖对夏玉米叶片光合和水分利用效率日变化的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 152– 156.

(上接第 229 页)

resource and plant species diversity in an African grassland ecosystem[J]. Oecologia, 2004, 139: 277– 287.
[15] Campbell P, Comiskey J, Alonso A, et al. Modified Whittaker Plots as an Assessment and Monitoring Tool for Vegetation in a Lowland Tropical Rainforest[J]. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 2002 , 76: 19– 41.
[16] Ward D, Saltz D, Olsvig– Whittaker L. Distinguishing signal from noise: long-term studies of vegetation in Makhtesh Ramon erosion cirque, Negev desert[J]. Israel. Plant Ecology, 2000, 150: 27– 36.
[17] Seefeldt SS, McCoy SD. Measuring Plant Diversity in the Tall Threætíp Sagebrush Steppe: Influence of Previous Grazing Management Practices[J]. Environmental Management, 2003, 32: 234– 245.
[18] Kalkhan MA, Stohlgren TJ. Using multi-scale sampling and spatial cross-correlation to investigate patterns of plant species richness[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 64: 591– 605.
[19] Keeley JE. Plant Diversity and Invasives in Blue Oak Savannas of the Southern Sierra Nevada[J]. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep, 2002. 693– 704.
[20] Stohlgren TJ, Coughenour MB, Chong GW, et al. Landscape analysis of plant diversity[J]. Landscape Ecology , 1997, 12: 155– 170.
[21] Keeley JE, Fotheringham C.J. Species area relationships in mediterranean-climate plant communities[J]. Journal of Biogeography, 2003, 30: 1 629– 1 657.
[22] Stohlgren TJ, Otsuki Y, Villa C, et al. Patterns of plant invasions: a case example in native species hotspots and rare habitats[J]. Biological Invasions, 2001, 3: 37– 50 .
[23] Bashkin M, Stohlgren TJ, Otsuki Y, et al. Soil characteristics and plant exotic species invasions in the Grand Staircase-Escalante National Monument, Utah, USA[J]. Applied Soil Ecology, 2002, 22: 67– 77.
[24] Vittoz P, Hainard P. Impact of free-range pigs on mountain pastures in the Swiss Jura[J]. Applied Vegetation Science, 2002, 5: 247– 254.
[25] Changwe K, Balkwill K. Floristics of the Dunbar Valley serpentinite site, Songimvelo Game Reserve, South Africa[J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2003, 143: 271– 285.
[26] Stohlgren TJ, Chong GW, Kalkhan MA, et al. Rapid assessment of plant diversity patterns: a methodology for landscapes. Environmental Monitoring and Assessment, 1997b, 48: 24– 43.