

# 香港草地和芒萁群落生物量 收获的最佳样方选择\*

管东生

Peart M R

(中山大学环境科学系, 广州 510275) (University of Hong Kong)

**摘 要** 利用 Wiegert 的方法, 结合边界效应分析, 根据估算及以往热带草地的研究, 讨论了香港草地和芒萁群落选择最佳的样方大小和样方数目问题. 表明  $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$  是最佳的样方尺寸, 需要大约 8~16 个  $1.0\text{ m}^2$  样方才可达到标准误差小于(或等于)生物量平均值 10% 的标准.

**关键词** 草地, 芒萁群落, 生物量, 样方

**分类号** Q948.15

植物生物量的测定是估计第一性生产力的基础<sup>[1,2]</sup>. 因为草地和芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)群落的个体数量极大, 所以收获它们的生物量通常采用随机样方法. 生物量的收获是一个非常费时费力的过程, 而对第一性生产力的研究通常需要反复多次的生物量收获以确定生物量的季节变化<sup>[2]</sup>. 因此, 在研究的初始阶段, 根据研究要求的精度及所投入的时间, 确定一个最佳的样方大小和样方数目, 对于整个研究计划的执行和完成是非常重要的. 但是, 大多数草地生产量的研究都没有考虑到这一问题. 特别是在我国的草地生物量和生产量的研究, 很少对这一问题进行探讨. 本文研究选择最佳的草地和芒萁群落生物量收获样方的大小和样方数目. 虽然研究的样地设在香港, 其方法和结果对于华南地区草地生产量的研究也有重要的理论和实践意义.

## 1 研究地区和方法

研究样地位于香港新界林村郊野公园. 草地的优势种为鸭嘴草属(*Ischaemum* spp.)野古草(*Arundinella setosa*)和金茅(*Eulalia speciosa*). 鸭嘴草属高约 60 cm, 野古草和金茅高约 90 cm. 草本层的盖度达 95% 以上. 伴生的灌木种类主要有桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)和山芝麻(*Helicteres angustifolia*). 在芒萁群落, 芒萁是唯一的优势种, 其盖度接近 100%. 伴生的灌木种类主要有盐肤木(*Rhus Chinensis*)和桃金娘.

确定最佳样方大小和样方数目的基本资料是各种大小样方的方差及其消耗的时间.

\* 美国洛克斐勒兄弟基金会资助项目

收稿日期: 1994-08-01 管东生, 男, 38 岁, 博士

这些资料可用来获得最小方差—时间消耗的样方尺寸,以及计算所要求精度的样方数目.

5 个一组的套状样方如图 1 所示.

于 1993 年 10 月初,作者分别在草地和芒萁群落随机选择并收获 5 个套状样方.将样方中的植物收割至地面,并把每个小样方的植物放入不同的塑料袋,尽快带回实验室.然后将每个小样方的植物分成草和其他植物或芒萁和其他植物.所有植物样品在 105℃ 烘干至恒重.

此外,为了估计草地和芒萁群落的第一性生产量,于 1989 年 2 月至 1990 年 9 月每月月末分别于草地和芒萁群落随机收获 5 个 1.0 m<sup>2</sup> 的样方.

### 2 样方大小的选择

在草地第一性生产量研究中,样方的大小并不固定.例如,非洲肯尼亚的热带草地利用 0.25 m × 0.25 m 的样方<sup>[3]</sup>;印度热带草地利用 0.3 m × 0.3 m 的样方<sup>[4]</sup>;墨西哥、泰国、肯尼亚和巴西的热带草地利用 0.25 m × 1.0 m 的样方<sup>[5]</sup>.此外,也有不少人使用 1.0 m × 1.0 m 的样方<sup>[6,7]</sup>.

Wiegert<sup>[8]</sup>定义最佳的样方大小为对一定的时间消耗来说产生最小的置信界限的面积,他利用 5 个大小不同的套状样方来确定美国密执安弃耕地植被生物量的最佳样方大小.在利用此方法时,对于各种大小的样方,需要确定下列参数:① 每 m<sup>2</sup> 平均生物量;② 每 m<sup>2</sup> 平均生物量的方差( $s^2$ );③ 由最小面积样方的方差除以其他样方的方差得到相对方差( $V_r$ );④ 相对消耗( $C_r$ ),由下式计算,

$$C_r = (C_f + tC_s) / (C_f + C_s) \tag{1}$$

$C_f$  是来往样方之间和称重等花费的时间(单位 min); $C_s$  是收获和处理最小样方样品所花费的时间(单位 min); $t$  是计算样方的面积相对于最小样方面积的倍数; $C_f + tC_s$  是样方的总消耗.

将  $V_r, C_r$  与相应的样方面积作图.出现  $V_r, C_r$  最低值的样方面积即为最佳的样方大小.

Long 等人<sup>[5]</sup>利用 Wiegert 的方法确定热带草地的最佳样方大小,发现 0.25 m<sup>2</sup> 的样方是最佳的.本研究与 Long 等(1992)的发现一致.从表 1 和 2 的结果可见,根据 Wiegert 的方法,0.25 m<sup>2</sup> 的样方较好.

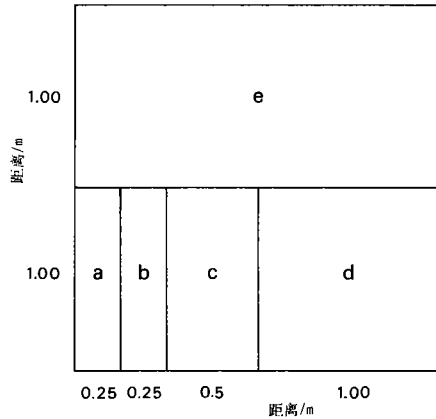


图 1 收获香港草地和芒萁群落的套状样方图

Fig. 1 Diagram of the arrangement of the nesteol quadrats used for sampling the standing crop of vegetation in the grassland and fernland of Hongkong

表 1 5 个植被组分和 5 种样方大小的平均生物量方差( $s^2$ )和相对方差( $V_r$ )<sup>①</sup>

Tab. 1 Mean phytomass, the variance of the mean phytomass, ( $s^2$ ) and relative variance of the mean ( $V_r$ ) for the three categories of vegetation and five quadrat sizes

样方大小 <sup>②</sup> /m <sup>2</sup>	草地或芒萁			其他种类			总 量			
	平均值/g. m <sup>-2</sup>	S <sup>2</sup>	V <sub>r</sub>	平均值/g. m <sup>-2</sup>	S <sup>2</sup>	V <sub>r</sub>	平均值/g. m <sup>-2</sup>	S <sup>2</sup>	V <sub>r</sub>	
草 地	0.25	538	20478	1.00	76	5445	1.00	614	20479	1.00
	0.50	515	21779	1.06	72	1805	0.33	587	27378	1.34
	1.00	465	12004	0.59	81	1445	0.27	546	16244	0.79
	2.00	425	8404	0.41	82	396	0.073	507	9244	0.45
	4.00	412	6124	0.30	94	605	0.11	506	8000	0.39
芒 萁 群 落	0.25	901	92474	1.00	104	3920	1.00	1005	84495	1.00
	0.50	889	73201	0.79	115	1620	0.41	1004	73201	0.87
	1.00	867	37843	0.41	103	1280	0.33	970	28878	0.34
	2.00	813	28878	0.31	101	980	0.25	914	23804	0.28
	4.00	821	19844	0.21	105	500	0.13	893	17999	0.21

①所有计算以 1.0m<sup>2</sup> 样方为基础;②0.25=a, 0.50=a+b, 1.00=a+b+c, 2.00=a+b+c+d, 4.00=a+b+c+d+e;③V<sub>r</sub> 是最小样方的 s<sup>2</sup> 除以各种大小样方的 s<sup>2</sup> 所得。

表 2 各种样方大小的时间消耗

Tab. 2 Cost data for the various quadrat sizes /min

样方大小/m <sup>2</sup>	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
固定消耗(C <sub>f</sub> )	10	10	10	10	10
可变消耗(C <sub>v</sub> · t)	20	40	80	160	320
总消耗	30	50	90	170	330
相对消耗(C <sub>r</sub> )	1.0	1.7	3.0	5.7	11.0

作者发现小样方难以操作而且易产生不精确的生物量估计. 问题在于边界效应. 对于单位面积来说, 小样方有较大的边界比例, 从而增加确定哪些植物应包括在样方内的困难. Milner 和 Hughes 也指出小样方将增大边界效应<sup>[1]</sup>. 偏差通常倾向于产生生物量的过高估计<sup>[8]</sup>. 香港的草地, 许多植物如野古草、金茅等是丛生植物. 如果不正确地包括或排除一丛植物, 对总生物量将有较大的影响. 此外, 在草地和芒萁群落, 植物的地上部分比它们的地面部分占有更大的空间. 样方是在地面定位, 在收获时要确定那些植物的地上部分超出样方范围将有些困难. 而这一误差也与边界效应密切相关, 较大的边界比例将产生较高的生物量估计. 从表 1 可以看出, 小样方给出过高的生物量估计值. 这是由于边界效应产生的结果. 这一结果支持小样方如 0.25 m<sup>2</sup> 不适合于香港草地和芒萁群落的生物量调查.

图 2 是大小从 0.25 m<sup>2</sup> 到 4.0 m<sup>2</sup> 排列的样方生物量相对平均值. 揭示草地最小的样方有最大的生物量估计. 随着样方增大生物量降低, 但是, 当样方达到 1 m<sup>2</sup> 时, 这种变化已很小. 此外, 图 2 也表明芒萁群落与草地有相似的结果. 只是芒萁个体分布相对均匀, 其生物量随样方尺寸的增加降低相对较小. 这表明 1.0 m × 1.0 m 是最佳的样方尺寸.

虽然样方从 1 m<sup>2</sup> 扩大到 2 m<sup>2</sup> 时, 群落的生物量仍略有降低. 但应该注意, 用来调查最佳样方大小的生物量资料是由套状样方提供. Van Dyne 等<sup>[9]</sup>发现, 由于边界效应, 利用

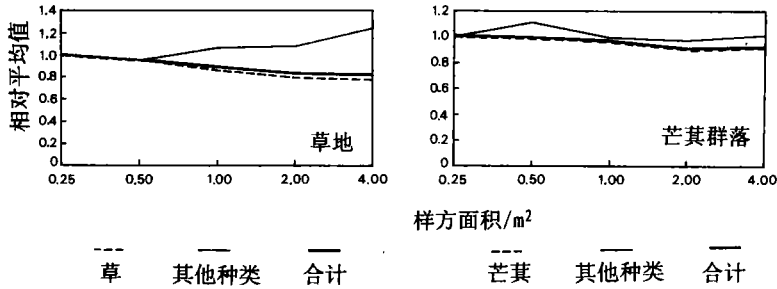


图 2 草地和芒萁群落样方面积与相对平均值

Fig. 2 Relative mean values for the three categories against quadrat size in the grassland and fernland

套状样方会产生偏差. 因为边界效应通常产生过高估计, 先收获的样方将有相对高的生物量. 在本研究中, 收割顺序为 a→b→c→d→e. 小样方先收割, 所以从 1 m<sup>2</sup> 到 2 m<sup>2</sup> 生物量的轻微变化, 主要是由于利用套状样方所造成的偏差. 因此, 作者认为没有必要选择 2.0 m<sup>2</sup> 或更大的样方来估计香港草地和芒萁群落的生物量.

### 3 样方数目的选择

样方数目的选择取决于样品的变异性. 不同的研究往往选择的样方数目不同<sup>[6,7]</sup>. 样方数目的确定取决于所要求的精度. Milner 和 Hughes 建议以标准误差小于生物量平均值的 10% 为标准<sup>[1]</sup>. 根据以往的研究, 在乌干达的 2 个热带草地收获 5 个 1.0 m<sup>2</sup> 的样方, 其标准误差通常小于生物量平均值的 20%<sup>[10]</sup>. 在象牙海岸的热带草地收获 8~16 个样方其标准误差为平均值的 4%~10%<sup>[6]</sup>. 而本研究中, 作者每月收获 5 个 1.0 m<sup>2</sup> 样方, 连续收获 20 个月, 其标准误差相当于平均值的比率. 在草地为 8.2%~15.7%, 在芒萁群落为 6.2%~15.0%. 大约一半样品标准误差超过平均值的 10%.

利用实验样品数据, 可估计达到一定精度要求所需要的样品数目  $n$ . 根据关系式

$$SE = SD/n^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

可得 
$$n = SD^2/SE^2 \quad (3)$$

$SD$  为样本的标准离差;  $SE$  为标准误差. 与样品数目有关, 当  $n$  增大时, 其值变小. 也即当要求获得较小的  $SE$  时,  $n$  就要增大. 在这里, 要求标准误差小于平均值的 10%, 故  $SE = 0.1 \times \bar{x}$  ( $\bar{x}$  为平均值). 根据 20 个月收获的生物量资料, 分别利用最大标准误差的一组进行计算 (在草地  $\bar{x} = 51$ ,  $SD = 17.89$ ; 在芒萁群落  $\bar{x} = 36$ ,  $SD = 12.07$ ), 得出草地样方数目为 13, 芒萁群落为 12.

因为标准误差与样方数目成反比, 所以采用小样方面积和大样方数目可得到较小的标准误差. 收获 20 个 0.25 m × 1.0 m 热带草地样方可得到小于平均值 10% 的标准误差<sup>[5]</sup>. 而 20 个样方总面积与本文 5 个 1.0 m × 1.0 m 样方总面积相同. 前者获得的标准误差较小, 主要由于其采用相对小的样方面积和大的样方数目. 但是, 0.25 m × 1.0 m 样方

太小,不适合香港的植物群落.而 Long 等在确定  $0.25\text{ m} \times 1.0\text{ m}$  为最佳样方面积时只考虑样品的方差和时间消耗,并没有考虑边界效应<sup>[5]</sup>.

另一方面,如果样方数目固定,增大样方的面积可获得较为精确的估计.在本研究中,5个  $4.0\text{ m}^2$  的样方得到草和芒其地上部标准误差分别为其平均值的 8.5%和 7.8%,而 5个  $1.0\text{ m}^2$  的样方则为 10.5%和 10.0%(表 3).但是,正如表 2 所指出的,象  $4.0\text{ m}^2$  这样大的样方在消耗上是不合算的.

虽然 Milner 和 Hughes 建议以标准误差小于平均值的 10%作为生态系统研究可接受的精度,但事实上,大多数热带草地生物量估计的标准误差都超过生物量平均值的 10%<sup>[5]</sup>.因为要每月收获  $8 \sim 1.0\text{ m}^2$  的样方,对于一个要持续收获一年以上的研究项目来说,工作量确实很大.根据收获现有的资料来看,能够达到标准误差为平均值的 20%以内还是可以接受的.通常收获 5 个  $1.0\text{ m}^2$  的样方即可达到这一相对低的标准.

表 3 生物量随样方面积增加的变化<sup>①</sup>

Tab. 3 Variation of biomass with increment quadrat size

	样方大小 <sup>②</sup> / $\text{m}^2$	草地或芒其/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	其他种类/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	总量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$
草 地	0.25	538(64)	76(33)	614(64)
	0.50	515(16)	72(19)	587(74)
	1.00	465(49)	81(17)	546(57)
	2.00	425(41)	82(8.9)	507(43)
	4.00	412(35)	94(11)	506(40)
芒 其 群 落	0.25	901(136)	104(28)	1005(130)
	0.50	889(121)	115(18)	1004(121)
	1.00	867(87)	103(16)	970(76)
	2.00	813(76)	101(14)	914(69)
	4.00	821(63)	105(10)	926(60)

①所有计算以  $1.0\text{ m}^2$  为基础;②同表 1;③括号内的数字为标准误差( $n=5$ ).

## 4 小 结

利用 Wiegert(1962)的方法选择最佳样方时,通常选中较小的样方(如  $0.25\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ ).但是,Wiegert 方法要结合考虑边界效应的影响,才能避免较大的误差出现.特别是优势草种群为丛生分布时,过小的样方将会产生生物量的过高估计.根据目前的研究, $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$  样方应用在华南的草地是合适的.

从本文及其他热带草地的结果看,需要大约  $8 \sim 16$  个  $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$  的样方才可达到标准误差小于生物量平均值 10%的标准.但是,这个样方数目的工作量太大.而目前大多数热带草地的研究只达到标准误差为生物量平均值的 20%以内.对于  $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$  的样方来说,通常 5 个样方即可达到这一要求.

## 参 考 文 献

- 1 Milner C, Hughes R E. Methods for Measurement of Primary Production of Grassland. IBP Handbook No 6. Oxford:Blackwell Scientific Publications, 1968. 70
- 2 Roberts M J, Long S P, Tieszen L L, et al. Measurement of plant biomass and net primary production In: Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Oxford:Pergamon Press, 1985. 1~19
- 3 Deshmukh I K. Primary production of grassland in Nairobi National Park, Kenya. Journal of Applied Ecology, 1986, 23:115~123
- 4 Singh J S, Yadava P S. Seasonal variation in composition, plant biomass, and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukshetra, India. Ecological Monographs, 1974, 44:351~376
- 5 Long S P, Jones M B, Roberts, M J(eds. ) Primary Productivity of Grass Ecosystem of the Tropics and sub-tropics. Chapman & Hall, London, 1992
- 6 Menaut J C, Cesar J. Structure and primary productivity of Lamto Savannas, Ivory Coast. Ecology, 1979, 60:1197~1210
- 7 Ram J, Singh J S, Singh S P. Plant biomass, species diversity and net primary production in a central Himalayan high altitude grassland. Journal of Ecology, 1989, 77:456~468
- 8 Wiegert R G. The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs. Ecology, 1962, 43:125~159
- 9 Van Dyne G M, Vogel W G, Fisser H G. Influence of small plot size and shape on range herbage production estimates. Ecology, 1963, 44:746~759

## The Selection of an Optimum Size and Number of Quadrat for Sampling the Biomass in the Grassland and Fernland of Hong Kong

Guan Dongsheng\* Peart M R

**Abstract** The selection of an optimum size and number of quadrat is very important to save time and obtain an estimate of biomass with a tolerable margin of error at a given level of confidence. the grassland and fernland of Hong Kong have been discussed by use of the Wiegert method and analysis of the edge effect as well as data from the past research of tropical grassland. The results show that  $1.0 \times 1.0$  m quadrat ( $1.0\text{m}^2$ ) is an optimum quadrat size, and about 8 to 16 of them are required for a standard error within 10% of the mean. However, in fact, the harvested quadrat number or size in most studies of tropical grassland are usually less than those mentioned above due to limits imposed by labour and time constraints.

**Keywords** grassland fernland, biomass, optimum size and number of quadrat, selection

\* Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275