

西藏高原高寒草地群落植物多样性和地上生物量监测方法的比较研究

孟凡栋^{1,4},王常顺^{1,4},张振华²,常小峰³,汪诗平^{1*}

(1 中国科学院青藏高原研究所高寒生态学与生物多样性重点实验室,北京 100101;2 中国科学院西北高原生物研究所高原生物适应与进化重点实验室,西宁 810008;3 西北农林科技大学 水土保持研究所,陕西杨陵 712100;4 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:以西藏高原高寒草地 3 种植被类型(高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠草原)为研究对象,分别采用样线法、样方法和巢式样方法进行实地调查,记录每条样线上或每个样方内出现的所有物种,并分物种刈割样方内地部分,通过统计分析比较不同高寒草地群落植物多样性和地上生物量监测方法,以阐明西藏高原高寒草地不同植被类型的最小取样面积和最少样方数或样线长度。结果显示:(1)就物种丰富度而言,400 m 样线法观测到的高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠草原的所有物种数分别占 3 种方法调查到的总物种数的 55%、71% 和 50%;8 m² 巢式样方法调查到高寒草甸、高寒草原的总物种数占所有 3 种方法观测的物种总数的 57.5% 和 57%,而 8 m² 的巢式样方对高寒荒漠草原的调查监测到的物种数最多,其中 2 m² 观测到的物种数就达到所有可能出现物种的 83%;20 个样方法监测到高寒草甸和高寒草原的物种数最多,占 3 种方法观测到总物种数的 78% 和 86%,所以对物种丰富度的调查高寒草甸和高寒典型草原至少需要 20 个样方,高寒荒漠草原需要最小面积不少于 2 m² 的 2 个样方。(2)就地上生物量而言,由地上生物量与物种数之间的变异关系得出最小样方数为 7~11 个,而由地上生物量的变异系数可知,在变异系数小于等于 5% 的前提下,高寒草甸的最小取样面积不小于 0.25 m²,高寒典型草原和高寒荒漠草原的最小取样面积不少于 1 m²。研究表明,对于生产力的监测方法而言,高寒草甸采用 10 个 0.5 m×0.5 m 的样方,而高寒草原和高寒荒漠草原采用 10 个 1 m×1 m 的样方为宜;而对于物种丰富度的监测方法而言,高寒草甸以 20 个 0.5 m×0.5 m 的样方和高寒草原 20 个 1 m×1 m 的样方为宜,高寒荒漠草原采用 2 个不小于 2 m² 样方面积为宜。

关键词:西藏高原;高寒草地;植物多样性;生物量;最小样方面积;最少样方数

中图分类号:Q-31;Q948.15⁺6 文献标志码:A

Comparative Study of Monitoring Methods about Plant Diversity and Aboveground Biomass of Alpine Grasslands in the Tibetan Plateau

MENG Fandong^{1,4},WANG Changshun^{1,4},ZHANG Zhenhua²,CHANG Xiaofeng³,WANG Shiping^{1*}

(1 Laboratory of Alpine Ecology and Biodiversity, Institute of Tibetan Plateau Research of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2 Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Xining 810008, China; 3 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: With three alpine meadow vegetation types of Tibetan Plateau (alpine meadow, alpine steppe and alpine desert steppe) as research objects, we made a fact-finding through the sample line method, quadrat

收稿日期:2013-05-26;修改稿收到日期:2013-08-15

基金项目:中科院西部行动计划(KZCX2-XB3-08);科技部科技基础性工作专项项目(2012FY111400);西藏科技厅面上基金

作者简介:孟凡栋(1987—),男,硕士,主要从事气候变化生态学研究。E-mail:xiumuzaichangge@163.com

*通信作者:汪诗平,博士,研究员,博士生导师,主要从事气候变化和草原管理工作。E-mail:wangsp@itpcas.ac.cn

method and nest quadrat method, respectively. Afterwards, we recorded all species of each transect line or per quadrat and mow the aboveground part of the quadrats. By the comparison of different alpine grassland plant diversity and aboveground biomass monitoring methods via the statistical analysis, we derived the minimum sampling area and the number of quadrats or transect lengths of different vegetation types of the Tibetan Plateau alpine grasslands. The results show that: in terms of species richness, 400 m line transects observed the number of species accounts for 55%, 71%, 50% of all three methods' investigation of alpine meadow, alpine steppe and alpine desert steppe, 8 m² nest quadrats observed the number of species accounts for 57.5% and 57% of all the total number of species of the alpine meadow and alpine steppe separately, And 8 m² nest quadrats monitored the largest number of species of the alpine desert steppe, of which 2 m² number of observed species reached 83% in all possible species. The 20 sampling methods monitored largest number of species of the alpine meadow and alpine steppe, accounting for 78% and 86% of total number of species observed of three methods. Therefore, investigation of species richness is not less than 20 plots in alpine meadow and alpine steppe, alpine desert steppe required minimum area is not less than 2 m² of the two plots. Just in terms of aboveground biomass, the minimum number plots is not less than 7~11 derived from the relationship of coefficient of variation between aboveground biomass and the species, but by the coefficient of variation of aboveground biomass shows that the coefficient of variation is less than 5% of such premise. The sampling area of alpine meadow is not less than 0.25 m²; alpine steppe and alpine desert steppe is not less than 1 m². It can be drawn a conclusion that considering monitoring method of productivity, it will show great advantage for the alpine meadow to use 10 quadrates of 0.25 m² (0.5 m×0.5 m), but for the alpine typical steppe it will be better to choose 10 quadrates of 1 m² (1 m×1 m). However, for species richness of monitoring method, we obtain that it is convenient for the alpine meadow to chooses 20 quadrates of 0.25 m² (0.5 m×0.5 m) and for the alpine desert steppe the data should be accept 20 quadrates of 1 m² (1 m×1 m). Additionally, for alpine desert grassland it is prior to select 2 quadrates of 2 m².

Key words: Tibetan plateau; alpine grasslands; plant diversity; biomass; minimum sampling areas; minimum sampling number

在草地生态学研究中,为了了解草地群落的基本特征,通常会对该区域草地群落选取样本,通过对样本的分析来推断总体特征,因此,采用的监测方法是否合理是能否准确反映该群落特征的关键^[1-2]。监测方法的基本要素包括最小样方面积、最少样方数以及样方的空间分布,在野外实际监测工作中,人们往往在这些要素之间进行取舍和权衡^[3]。如是利用较大的取样面积和较少的样方个数,还是利用较小的样方面积和较多的样方个数进行监测?哪一种取样方法更能反映该群落特征?在物种丰富度监测中,样线法和样方法哪种方法更准确?能否利用样线法监测某一个群落的物种丰富度,多长的样线较为合适(即最短样线如何)?由于野外工作的时限性,特别是青藏高原野外环境更为恶劣,如何既能有效获取准确的草地群落特征数据,又能节省人力和物力,是每一位野外工作者必然考虑的问题。一方面,种-面积曲线主要描述的是某一区域内植物物种数量随面积增加而变化的规律,是确定取样面积大小的有效方法^[4-5]。但由于物种的空间分布特征与地上生物量的空间分布特征可能不一致,因此,所需要的最小样方面积会随监测的内容而不同^[6]。另一

方面,在确定了最小取样面积后,要更准确地了解群落基本特征,最少样方数的确定也同样重要。理论上,所监测指标(如物种丰富度和生物量等)随着样方数的增加其变异系数会随着降低,在置信区间95%和取样精度10%的前提下所需求的样方数即为最少样方数^[1,5]。因此,在不增加原始取样数的基础上,可以利用再取样(Re-sampling)技术,通过不断重复随机取样模拟计算就可以达到判断最少样方数的目的。

西藏高寒草地有5种类型,总面积7 708万hm²,占全区草地面积的95%左右。其中高寒典型草原类,分布于藏北羌塘高原内陆湖盆内、藏南山原湖盆、宽谷区和雅鲁藏布江中游河谷区,面积约3 160万hm²,占全区草地总面积的39%左右;高寒草甸类,全区各地市都有较大面积的分布,面积约2 540万hm²,占全区草地总面积的31%左右;高寒荒漠草原类,主要分布于阿里和那曲地区,面积约870万hm²,占全区草地总面积的11%左右。通过对西藏高原高寒草甸、高寒典型草原、高寒荒漠草原群落植物多样性和地上生物量监测方法的比较研究,拟回答以下科学问题:(1)不同高寒草地群落植

物种丰富度如何随样线长度和面积大小而变化? (2)不同高寒草地群落植物物种丰富度和地上生物量如何随样方面积大小和个数变化而变化? 在此基础上,发展不同高寒草地类型适宜的群落特征监测方法。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究方法

于2011年8月在西藏高原选取那曲高寒草甸($N31^{\circ}17.071'$, $E92^{\circ}05.074'$, 海拔4 416 m)、纳木错高寒草原($N30^{\circ}46.240'$, $E90^{\circ}57.882'$, 海拔4 740 m)和阿里日土高寒荒漠草原($N33^{\circ}23.990'$, $E79^{\circ}48.674'$, 海拔4 360 m)为研究对象,对不同高寒草地群落植物物种丰富度和地上生物量进行实地详细调查。首先选取地形相对均一的典型群落类型,然后利用下列样线法、样方法、巢式样方法^[1,7]分别进行相关指标的监测。

1.1.1 样线法 主要用于植物物种丰富度监测。在选定具有代表性的样地中,将两条带有间隔1 m刻度的100 m样线按东西、南北方向呈十字交叉状或间隔40 m的平行线进行设置,然后从样线一端开始,记录样线上每1 m节点上所接触到的所有植物(包括样线垂直投影所接触到的植物),重复2次。

1.1.2 样方法 主要进行植物物种丰富度和地上生物量的监测。首先设置两条相交(如坡地)或平行(如平坦地)的100 m样线,每隔10 m设置1个样方,共监测20个样方,其中高寒草甸的样方面积为 $0.25 m^2$ ($0.5 m \times 0.5 m$),而高寒草原和高寒荒漠草原的取样面积为 $1 m^2$ ($1 m \times 1 m$)。记录每个样方所出现的所有物种,同时分种刈割地上部分,带回实验室在65 °C下烘干称重。

1.1.3 巢式样方法 主要用于植物物种丰富度和地上生物量的监测。对于高寒草甸而言,从 $0.25 m^2$ ($0.5 m \times 0.5 m$)的小样方开始,随后逐渐成倍扩大样方面积,包括 0.5 、 1 、 2 、 4 和 $8 m^2$;对于高寒草原和高寒荒漠草原而言,从 $1 m^2$ ($1 m \times 1 m$)开始,分别扩大到 2 、 4 和 $8 m^2$ 。重复2次。记录每个大小的样方内出现的所有物种,并分种刈割地上部分,带回实验室在65 °C下烘干称重。

1.2 数据分析

1.2.1 样线法 在Re-sampling stats for excel软件中将样线法测得的400个1 m线段进行随机排列,对新产生的序列从1~400进行编号,然后在Excel中按照等距抽样,抽取X个相邻编号的X m

长的线段的所有组合,统计每个组合内所出现的物种数,然后计算所有X m长样线组合中所出现的物种数的平均值,取1、2、4、8、16、32、64、100、128、200、250、300、350、400 m的样线长度,例如样线长度为4 m的所有组合的编号为1~4、2~5、3~6……397~400。最后制作种-样线长度曲线,估计最短样线长度^[5,8]。

1.2.2 样方法 利用Re-sampling stats for excel软件中的S(混排)程序,先将20个样方(每个样方已编号,分别为1、2……20)随机排列,对新产生的排列用R(取样)程序抽取 n ($1 \leq n \leq 20$)个样方,将抽取的n个样方作为一个样本,用RS(重复取样)程序对这个样本进行100次重复取样,得到100个n个样方的样本。统计每个样本的物种丰富度,求出这100个样本的平均物种丰富度和标准误,并对结果做种-样方数曲线。类似地,地上生物量则是应用Re-sampling stats for excel软件中重取样功能在20个现有样方数据中随机取 n ($2 \leq n \leq 20$)个值,求出这n个数据的平均数 x ,然后对 x 重复计数1 000次,计算这1 000个结果的平均值和标准误,最后求出它们的变异系数,做出样方数与变异系数的曲线。

1.2.3 巢式样方 统计各个不同面积的样方中所出现的物种数,然后将1与2合并,1、2、3合并,1、2、3、4合并,1、2、3、4、5合并,统计合并后的样方的所有物种数,并求出合并后样方与合并前巢式样方中等面积样方的物种数的平均值(图1)。最后对所求平均值与样方面积的关系做种-面积曲线。

1.2.4 统计分析 利用SPSS软件(16.0版本)中的最小显著差数法(LSD)进行方差分析,将不同处理的平均数从小到大排列,计算出 $LSD_{0.05}$ 和 $LSD_{0.01}$,将两两平均数的差数与 $LSD_{0.05}$ 和 $LSD_{0.01}$ 比较,进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 物种丰富度取样的最小样线长度、面积以及样方数

2.1.1 种-样线长度关系 图2表明,样线法所观测到的物种数随着样线长度的增加而增加,并且样

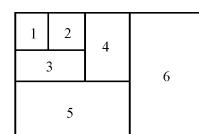


图1 巢式样方示意图
Fig. 1 Diagram of nest sampling method

线长度与物种数之间呈对数关系。那曲高寒草甸样线法所观测到的物种数为 22, 在样线长度为 100 m 和 200 m 时计算机处理得到的物种数分别为 15.2、19.6, 分别占 400 m 样线所观测的总物种数的 69%、89%; 纳木错高寒草原的样线法观测到 25 种植物, 其中 100 m 和 200 m 的样线长度计算机处理分别得到 17.4、21.3 种, 占该方法观测总物种数的 70% 和 85%; 而日土高寒荒漠草原在样线法下观测到 2 种物种, 在 100 m 和 200 m 长时计算机处理得到 1.6 和 2 种, 占该方法 400 m 样线观测物种总数

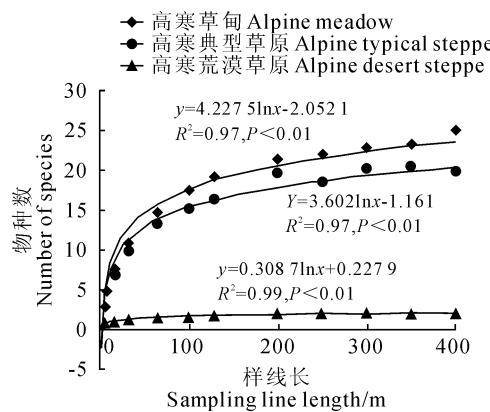


图 2 物种丰富度-样线长度曲线

Fig. 2 The relationship between species richness and sampling line length

表 1 不同取样方法所观测物种数间的差异显著性检验
Table 1 Analysis of variance on the number of species observed in the different sampling methods

取样方法 Method	高寒草甸 Alpine meadow	高寒草原 Alpine steppe	高寒荒漠草原 Alpine desert steppe
样线长 Line length/m	64	13.2d	14.7d
	100	15.2c	17.4c
	128	16.4b	19.0b
	200	19.6a	21.3a
巢式样方 Nest method /m ²	0.25	14d	—
	0.5	16.75c	—
	1	20b	15b
	2	21.75ab	17ab
	4	22ab	18.75a
样方数 No. of samples	8	23a	19.5a
	5	20.4d	22.84d
	6	21.77c	23.85c
	7	22.02c	24.81b
	8	23.3b	25.22b
	9	23.93b	26.22a
	10	24.77a	26.69a
			2.98a

注: 小写字母表示 0.05 水平差异显著性。

Note: The normal letters mean significant difference at 0.05 level.

的 80% 和 100%。对于所有高寒草地类型而言, 200 m 样线法所观测到的物种数显著大于其他样线长度所观测到的物种数(表 1)。

2.1.2 种-取样面积关系 图 3 所示, 随着取样面积的增加, 观测到的物种数也不断增多, 并且物种数曲线开始时快速上升, 而后水平延伸趋于稳定。那曲高寒草甸采用 8 m² 巢式样方法所观测到的物种数为 23, 巢式样方在 0.5 m² 和 1 m² 的样方面积下, 可观测到 16.75、20 个物种, 分别为 8 m² 巢式样方观测到物种总数的 73% 和 87%。纳木错高寒草原 3 种不同监测方法比较下, 8 m² 巢式样方法观测到的物种数只有 20 种, 而巢式样方在 1 m² 和 2 m² 取样面积下分别观测到 15、17 种, 分别占 8 m² 巢式样方观测到物种总数的 75%、85%。日土高寒荒漠草原采用 8 m² 巢式样方法可观测到 4 种物种, 而巢式样方在 1 m² 和 2 m² 时可观测到 2.5 和 3.3 种, 在样方面积达到 4 m² 时可观测到 4 种, 分别占巢式样方法观测物种总数的 63%、83%、100%。

对于高寒草甸而言, 1 m² 面积大小的样方所观测到的物种数显著大于 0.25 m² 与 0.5 m² 面积所观测到的物种数, 但与 2 m² 与 4 m² 所观测到的物种数差异不显著, 而显著少于 8 m² 大小所观测到的物种数(表 1); 对于高寒草原和高寒荒漠草原而言, 当巢式样方面积增加到 2 m² 时所观测到的物种数随着取样面积继续增加差异不明显(表 1)。

2.1.3 种-样方数关系 如图 4, 种-样方数曲线最初快速上升, 而后近水平延伸。那曲高寒草甸采用样方法所观测到的物种数为 31, 样方法在 5 个样方和 10 个样方时, 得到的结果为 20.4、24.77 个物种, 占 20 个样方法观测物种总数的 66%、80%; 纳木错

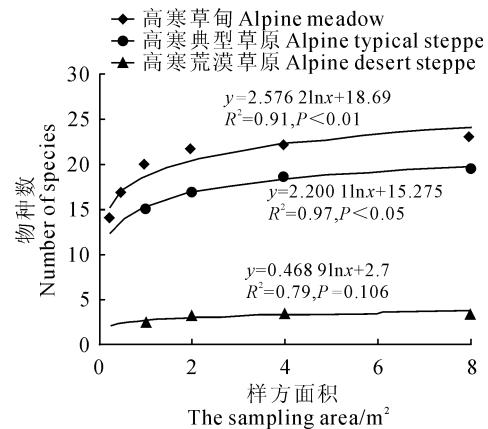


图 3 物种丰富度-取样面积曲线

Fig. 3 The relationship between number of species and the sampling area

高寒草原在 20 个样方法监测下观测到的总物种数为 30,5 个和 10 个样方的观测到 22.84 和 26.69 种植物, 分别占 20 个样方法观测总物种数的 76% 和 89%。日土高寒荒漠草原采用 20 个样方法观测到 3 种物种, 样方法在 5 个和 10 个时能观测到 2.87 和 2.98 种植物, 占 20 个样方法观测总数的 97% 和 100%; 对于高寒草甸, 10 个样方的物种数显著大于其他样方数所观测到的物种数; 但对于高寒草原和荒漠草原, 8~9 个样方所观测到的物种数与 10 个样方所观测到的物种数差异不显著(表 1)。

3 种方法所观测到的那曲高寒草甸、纳木错高寒草原和日土高寒荒漠草原总的物种数分别为 40、35 和 4。但由于取样方法的不同以及偶见种的影响而使不同取样方法所监测到的物种数不同^[6]。

表 1 中的方差分析是在 SPSS 软件中选取最小显著差数法(LSD), 将不同处理的平均数从小到大排列, 计算出 $LSD_{0.05}$ 和 $LSD_{0.01}$, 将两两平均数的差数与 $LSD_{0.05}$ 和 $LSD_{0.01}$ 比较, 做出统计推断, 通过对不同方法所观测物种丰富度的差异进行显著性检验得知, 高寒草甸随样线长度的增加, 差异也显著性增大, 显然 200 m 满足统计上的要求; 随着 20 样方法的样方数增加所观测到的物种数也显著增加, 10 个样方的物种数显著大于其他样方的物种数; 巢式样方中 0.25 m^2 与 0.5 m^2 存在显著性差异, 0.5 m^2 与 1 m^2 存在显著性差异, 当巢式样方面积增加到 2 m^2 时随着面积继续增加差异不明显。高寒典型草原样线法各样线长度之间都存在显著性差异, 100 m 与 128 m 之间存在显著性差异($P < 0.05$), 与 200 m 存在极显著差异($P < 0.01$), 因此 100 m 样线长

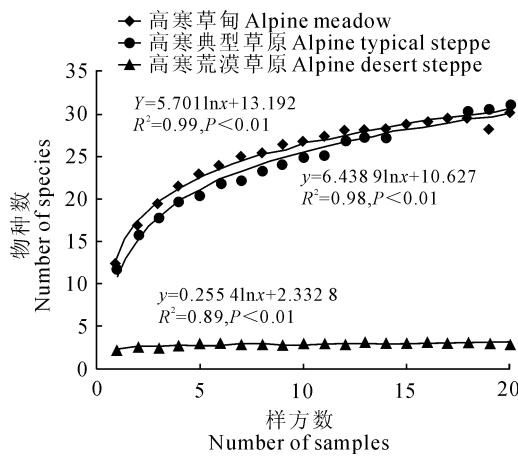


图 4 物种丰富度-样方数曲线

Fig. 4 The relationship between species richness and number of samples

度满足不了统计的需求, 至少要将样线延长到 200 m; 20 样方法中样方数达到 9 个时, 再增加样方数也无显著差异; 而巢式样方法中样方面积增加到 2 m^2 时满足需求。同样的, 高寒荒漠样线法两两之间也存在显著性差异, 所以选择 200 m 作为最短样线是合适的; 20 样方法中 8~10 个样方显著多于 5~7 个样方; 巢式样方中当面积增加到 2 m^2 时物种数随面积的增加而增加但不显著。由以上各监测方法可知, 在监测物种丰富度时, 高寒草甸最短样线为 200 m, 最少样方数为 10 个, 最小面积为 2 m^2 ; 高寒典型草原最短样线为 200 m, 最少样方数为 9 个, 最小面积为 2 m^2 ; 高寒荒漠最短样线为 200 m, 最少样方数为 8 个, 最小面积为 2 m^2 。

2.2 生物量的最小取样面积和最小样方数

2.2.1 生物量的最小取样面积 采用巢式样方法, 不断增加取样面积, 不仅能消除样方面积的影响, 还能反映不同空间尺度的特征以及与微环境变化的关系^[5]。图 5 是不同取样面积下单位面积地上生物量的变异系数变化。图 5 表明, 高寒草甸、高寒典型草原、高寒荒漠草原的变异系数均小于 1%, 说明随面积的增加, 地上生物量的变化不大, 基本上趋于稳定。所以以生物量作为主要特征的高寒草甸、高寒典型草原、高寒荒漠草原的最小取样面积分别为 0.25 m^2 、 1 m^2 、 1 m^2 。

2.2.2 生物量的最小样方数 由图 6 可以看出, 在样方数小于 5 时, 曲线下降较快, 说明天然草地存在着较强的异质性。当样方数大于 5 时, 曲线下降显著减缓。而当样方数大于 10 时, 变异系数的变化不

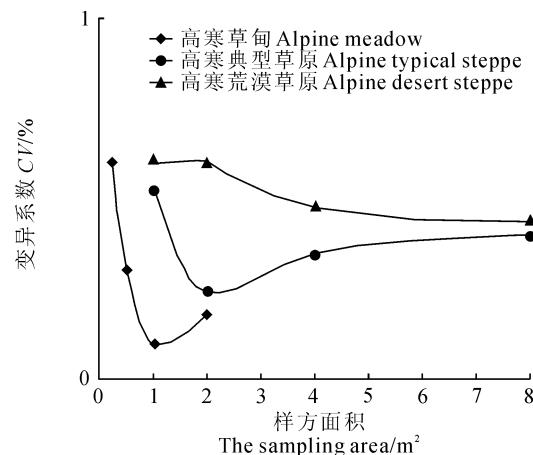


图 5 3 种植被类型单位面积地上生物量随样方面积增加的变异系数变化

Fig. 5 The variation coefficient of the aboveground biomass per unit area of three vegetation types

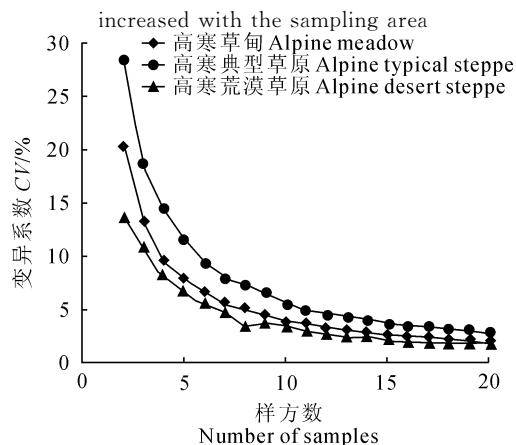


图 6 3 种植被类型地上生物量随样方数
增加的变异系数变化

Fig. 6 The variation coefficient of the aboveground biomass of three vegetation types increased with the number of quadrats

大,均在 2%~5%。因此,为了减少变异性而增加样方数,而当样方数增加到一定数目后继续增加样方数对变异性的影响不大,所以,在实际采样中一般选择曲线变化趋于平缓时的样方数作为最小样方数,这里选择 CV 值小于等于 5% 时的样方数作为最小样方数^[5],由图 6 可知,高寒草甸的最小样方数为 9,而高寒草原和高寒荒漠草原的最小样方数分别为 11 和 7。

3 讨 论

国内对内蒙古草原及其他草原的取样方法研究较多,而对青藏高原高寒草地的取样方法研究较少。在草地生态系统研究中,不仅要调查物种丰富度,还要对生产力进行监测^[6]。由于时间、空间和人力的约束,选择一种合适的取样方法显得尤为重要^[9]。本研究表明,无论是高寒草甸还是高寒草原或荒漠草原,如果利用样线法观测某一个群落的物种丰富度时,至少要利用 200 m 长的样线长度才能观测到 400 m 样线所观测到的总物种数的 80% 以上。而如果要利用样方法观测某一群落的物种丰富度时,高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠草原的最小样方面积分别为 1、1 和 2 m²,但对于监测群落地上生物量而言,其最小样方面积分别为 0.25、1 和 1 m²。

采用巢式样方法,不断增加取样面积,不仅能消除样方面积的影响,还能反映不同空间尺度的特征以及与微环境变化的关系^[5]。为了减少变异性而增加样方数,而当样方数增加到一定数目后继续增加样方数对变异性的影响不大,所以,在实际采样中一

般选择曲线变化趋于平缓时的样方数作为最小样方数,这里选择 CV 值小于等于 5% 时的样方数作为最小样方数^[5],因此,由图 5 可知,高寒草甸的最小样方数为 9,而高寒草原和高寒荒漠草原的最小样方数分别为 11 和 7。

值得注意的是,3 种方法所观测到的那曲高寒草甸、纳木错高寒草原和日土高寒荒漠草原总的物种数分别为 40、35 和 4 种。但由于取样方法的不同以及偶见种的影响而使不同取样方法所监测到的物种数不同^[6]。如 400 m 样线长度所观测到的高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠草原的所有物种数分别只有 22、25 和 2 种,分别占 3 种方法调查到的总物种数的 55%、71% 和 50%;8 m² 巢式样方法对高寒草甸、高寒草原调查到的总物种数分别为 23 和 20 种,占 3 种所有方法观测的物种总数的 57.5% 和 57%,而 8 m² 的巢式样方对高寒荒漠草原的调查监测到的物种数最多,其中 2 m² 观测到的物种数为 3.3 种,占所有可能出现物种的 83%。而 20 个样方法监测到高寒草甸和高寒草原的物种数最多,分别为 31 和 30 种,占 3 种方法观测到总物种数的 78% 和 86%。所以对物种丰富度的调查高寒草甸和高寒典型草原至少需要 20 个样方,高寒荒漠草原需要最小面积不少于 2 m² 的 2 个样方。由于自然和人为因素对物种丰富度的影响不大,对物种丰富度的调查可以选择 5~8 年调查一次^[10]。由地上生物量与物种数之间的变异关系得出最小样方数为 7~11 个,最小样方数要既能够充分反映植物群落的基本特征,又不会浪费人力、物力^[5],所以这里选择 10 个样方作为地上生物量的调查方法;而由地上生物量的变异系数可知,在变异系数小于等于 5% 的前提下,高寒草甸的最小取样面积不小于 0.25 m²,高寒典型草原和高寒荒漠草原的最小取样面积不少于 1 m²。

物种丰富度随样线长度的增长和取样面积的增大而显著增加,当取样单位增加到一定程度后其增加趋势变缓;样方个数的增加也显著减少取样误差而使物种丰富度和地上生物量趋于一个稳定值。由于样线法只能监测物种丰富度,而样方法可以同时监测物种和植物生物量。所以,建议在野外调查中适宜的取样方法是:生产力的监测方法为高寒草甸采用 10 个 0.25 m² (0.5 m × 0.5 m) 的样方,而高寒典型草原和高寒荒漠草原采用 10 个 1 m² (1 m × 1 m) 的样方;物种丰富度的监测方法分别为高寒草甸 20 个 0.25 m² (0.5 m × 0.5 m) 的样方,高寒典型草原 20 个 1 m² (1 m × 1 m) 的样方,高寒荒漠草原采

用面积不少于 2 m² 的 2 个样方。

参考文献:

- [1] 姜恕.草地生态研究方法[M].北京:农业出版社,1986:22—35.
- [2] YANG L M(杨利民),HAN M(韩梅),LI J D(李建东). Study on sampling intensity of species diversity of grassland community in the Songnen Plain of China[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性),1997,5(3):168—172(in Chinese).
- [3] 陈佐忠,汪诗平.草地生态系统观测方法[M].北京:中国环境科学出版社,2004.
- [4] TANG L(唐龙),HAO W F(郝文芳),SUN H G(孙洪罡),et al. Fitting and assessment of species-area curves of four native pasture communities on Loess Plateau[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*(干旱地区农业研究),2005,23(4):83—88(in Chinese).
- [5] 董鸣.中国生态系统研究网络观测与分析标准方法——陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1996:1—23.
- [6] WANG G J(王国杰),WANG SH P(汪诗平). Comparative study on the sampling methods of the *Leymus chinensis* grassland of Inner Mongolia Autonomous Region[J]. *Acta Agrestia Sinica*(草地学报),2003,11(4):283—288(in Chinese).
- [7] FANG J Y(方精云),WANG X P(王襄平),SHEN Z H(沈泽昊),et al. Methods and protocols for plant community inventory[J]. *Biodiversity Science*(生物多样性),2009,17(6):533—548(in Chinese).
- [8] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1982:1—15.
- [9] 阳含熙,卢泽愚.植物生态学统计方法[M].北京:科学出版社,1981:386—404.
- [10] WANG SH P(汪诗平),LI Y H(李永宏),WANG Y F(王艳芬),et al. Influence of different stocking rates on plant diversity of artemisiafrigida community in Inner Mongolia Steppe[J]. *Acta Botanica Sinica*(植物学报),2001,43(1):89—96(in Chinese).

《西北植物学报》2012 年刊载论文第一作者信息统计分析

《西北植物学报》2012 年第 1~12 期共发表论文 391 篇(含英文 10 篇)。从刊载论文第一作者信息统计看,具有博士和硕士学位(含在读博士和在读硕士)的共 350 人,占 89.5%;具有副高以上职称(含在读研究生导师——通讯作者)共 229 人,占 58.6%;从论文研究单位看,主要来源于大学(297 篇,占 76.0%)和研究所(94 篇,占 24.0%,其中中国科学院系统 21 篇,占 5.4%);从年龄方面看,第一作者中 40 岁以下的占 91.6%。由此可以看出,《西北植物学报》2012 年度刊发的论文作者具有厚实的学术研究底蕴,研究单位也具有可靠的条件支持,为保证研究论文的质量和水平以及创新性奠定了良好的基础。具体统计结果如下:

1. 第一作者学位状况

博士 109 人(其中博士后 1 人),占 27.9%;硕士 92 人,占 23.5%;在读博士 42 人,占 10.7%;在读硕士 107 人,占 27.4%。

2. 第一作者职称状况

正高 17 人,占 4.4%;副高 66 人,占 16.9%;中级 79 人,占 20.2%。具有副高以上职称的通信作者共 146 人。第一作者中在读博士和硕士研究生的导师(通信作者)承担着对论文选题、实验设计、实验条件(包括经费)保障、具体实验指导等一系列工作,并对论文负有全部解释的责任,所以这部分论文的实质性作者应为研究生导师——通信作者。

3. 第一作者单位分布状况

大学 297 人,占 76.0%;研究所 94 人,占 24.0%(其中中科院研究所 21 人,占 5.4%)。

4. 第一作者年龄结构

30 岁以下的 264 人,占 67.5%;30~40 岁的有 94,占 24.0%;40 岁以上的 33 人,占 8.4%。

5. 第一作者地区分布状况

西北地区 120 篇,占 30.7%;西南地区 54 篇,占 13.8%;华北、东北地区 105 篇,占 26.8%;华东、华中、华南地区 112 篇,占 28.6%。