

高寒草甸群落调查最小样方面积和最小样方数研究

马海霞^{1,2}, 张德罡¹, 杜凯¹, 康玉坤¹, 马源¹, 徐长林¹, 陈建纲¹

(1. 甘肃农业大学 草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 定西市水土保持科学研究所, 甘肃 定西 743000)

摘要:通过对祁连山东段高寒草甸地上生物量和物种数的研究, 确定调查的最小样方面积和最小样方数, 为研究高寒草甸群落特征建立一个可靠的监测方法。结果表明: 当样方面积为 1、2、4、6 和 8 m², 样方数分别为 7、12、8、26、5、02、7、38 和 16、96 时可以获得生物量抽样总体平均值, 鉴于试验的有效性, 以样方面积为 1 m²、样方数为 7 作为生物量取样的最小面积和样方数。在物种数监测时, 要抽样到该群落 50% 以上的物种, 样方面积应该在 0.68~1.08 m², 要抽样到 70%, 80%, 95% 以上的物种分别要求样方面积为 1.00~1.04, 2.73~4.84, 7.09~20.01 m²。相关分析得出, 在小尺度范围内的地上生物量与生长高度之间呈极显著相关性, 与物种数之间呈显著相关, 而与盖度之间无相关性。

关键词:高寒草甸; 最小面积; 回归分析

中图分类号: Q948 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2020)04-0040-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.04.007

在研究草地植物群落的基本特征时, 通常需要在研究区选取草地样本, 通过对样本进行观测来表征该区域草地植物群落的总体特征。因此, 选取样本的方法是否合理, 是否具有代表性, 是准确反映群落特征的关键^[1-3], 样本选取涉及的基本要素包括: 最小样方面积、最少样方数以及样方的空间分布。最小面积不仅作为研究草原群落的概念, 也同样可作为对草地或某一生态系统的测度方法, 它能够精确而快速地反映植被的固有特性及其在一定尺度下的相对均匀性^[4], 同时, 最小面积法在很大程度上取决于所选取的群落类

型, 并且其变化幅度与所选取的样地有较高的相关性。Bunge 等^[5]研究指出, 由于空间异质性因素的影响, 在实际工作中人们发现能代表整个群落组成结构特征的最小面积几乎不存在。并且随着取样面积的增加, 物种数目呈非线性增加^[6], 单一取样尺度下的测度指数值至多只能代表一个尺度的群落多样性特征, 难以对整个群落的组成结构特征进行较为全面客观的描述^[7]。Leps 等^[8]认为用种-面积关系比用单一的物种数目可以更好地描述植物群落的物种丰富度, 用种-面积曲线还可通过外推估计群落的物种数目^[9], 也可以用种-面积曲线确定群落的最小面积^[10-12]。目前中国常用的草原群落取样最小面积标准为, 高草群落 25~100 m², 中草群落 25~40 m², 低草群落 1~2 m²^[2], 森林群落取样最小面积 324~400 m²^[13], 通常取 3 个样方作为重复, 而该取样地的取样面积能否既适用于平缓、植被均匀度好的区域, 又适用于分异度较大的坡地, 还有待进一步验证。本研究以祁连山东段高寒草甸为研究对象, 植物群落主要分布在小尺度且分异度较大的坡地上, 通过探讨取样面积及样方数对群落地上生物量、物种数以及不同重复间的变异程度的影响, 评价目前普遍采用的取样面积对调查结果的影响, 以及

收稿日期: 2019-10-11; **修回日期:** 2020-01-09

基金项目: 农业部全国畜牧总站“草地生态系统关键产品与服务实物量测度研究”和甘肃省草原技术推广总站“基于 3S 技术的草原生态监测与评价研究”

作者简介: 马海霞(1979-)女, 甘肃定西人, 在读博士研究生, 工程师, 研究方向为水土保持与生态治理。

E-mail: mxh_qhdx@126.com

张德罡为通讯作者。

E-mail: zhangdg@gsau.edu.cn

确定高寒草甸调查的最小样方面积和最小样方数。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究地点设在青藏高原边缘祁连山东段天祝金强河河谷,距甘肃农业大学高山草原试验站约 2 km 的上八刺沟阴坡高寒草甸区域,海拔 2 978 m, N 37° 10' 46", E 102° 47' 11"。研究区气候寒冷潮湿,据甘肃农业大学高山草原试验站(海拔 2 960 m)记录,年均温 -0.1℃, 1 月 -18.3℃, 7 月 12.7℃, ≥0℃ 年积温 1 380℃; 年降水量 416 mm, 年日照时数 2 600 h; 多为地形雨,集中于 7、8 和 9 月; 年蒸发量 1 592 mm, 为降水量的 3.8 倍。该区植被以线叶嵩草(*Carex capillifolia*), 珠芽蓼(*Polygonum viviparum*), 球花蒿(*Artemisia annua*), 拉拉藤(*Galium aparine* var.), 线叶龙胆(*Gentiana farreri*), 肋柱花(*Lomatogonium rotatum*), 长毛风毛菊(*Saussurea hieracioides*), 藏异燕麦(*Helictotrichon tibeticum* var. *laxiflorum*), 翻白委陵菜(*Potentilla discolor*), 羊茅(*Festuca ovina*), 细叉梅花草(*Parnassia oreophila*), 零零香青(*Anaphalis hancockii*), 小米草(*Euphrasia pectinata*)等为主。

1.2 样地设置与测定方法

在同一海拔、同一坡度选取植被质地较均匀的 10 m×10 m 的 3 个小区作为研究样地。以 1 m² 的小样方齐地面刈割取地上生物量鲜重,将地上部分带回实验室在 65℃ 下烘干称重,获取地上生物量干重(即地上生物量)。物种数监测采用巢式样方法(图 1)^[14-15],在所研究的群落中,随机设置取样点,首先设置 0.25 m² 的样方,将 1 与 2 合并,1、2、3、合并,1、2、3、4 合并,⋯,样方面积依次为 0.25、0.5、1、2、4、8、16、32 和 64 m²。

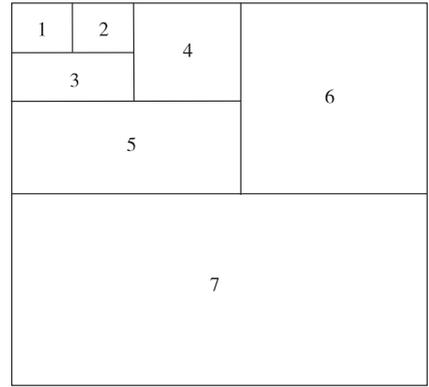


图 1 巢式样方合并扩大顺序图

Fig. 1 Sequence of combining and expanding sample as nest-shape

1.3 数据处理

应用 Microsoft Excel 2013 软件对数据进行初步整理,再利用 SPSS 19.0 软件进行统计分析,主要分析方法有回归分析、单因素方差分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 地上生物量取样的最小面积和最小样方数

随着取样面积的增加,若要取得样本的平均生物量,取样个数(即重复数)有所不同,经回归分析得出结果见表 1。当样方面积为 1 m² 时,样方数为 7.12,才能取得生物量抽样总体平均值;样方面积为 2 m² 时,样方数为 8.26,可以获得抽样总体平均生物量;样方面积为 4 m² 时,样方数为 5.02,可以获得抽样总体平均值;样方面积为 6 m² 时,样方数为 7.38,可以获得抽样总体平均值;样方面积为 8 m² 时,样方数为 16.96,可以获得抽样总体平均值。因此,将群落进行取样,按常规的样方设置,选择样方大小为 1 m×1 m 或者 2 m×2 m, 3 个重复,都无法取得生物量总体平均值。在试验中,考虑到人力物力的合理利用,取 1 m²、7 个重复为生物量取样的最小面积和样方数。

表 1 生物量取样的取样面积和样方数关系

Table 1 Relationship between sampling area and sample number of biomass samples

样方面积/m ²	曲线模拟方程	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	x	样方数
1	y = b ₀ e ^{b₁x}	3.00E+11	-0.046			531.78	7.12
2	y = b ₀ e ^{b₁x}	23308448.26	-0.014			1 060.917	8.26
4	y = b ₀ x ^{b₁}	3.52E+78	-23.44			2 094.45	5.02
6	y = b ₀ + b ₁ x + b ₂ x ²	5.005	0.047	-1.49E-05		3 128.6	7.38
8	y = b ₀ + b ₁ x + b ₂ x ² + b ₃ x ³	1.69E+04	-6.142	0	1.20E-07	4 210.45	16.96

2.2 物种数监测的最小面积

2.2.1 观测群落的物种组成 在所调查的全部样地中,总共出现物种为 40 种,分属于 14 科 33 属,其中禾

本科种最多,有 9 个种;菊科次之,7 种,龙胆科 6 个种;莎草科和玄参科为 3 个种。在全部的 40 个物种中,大部分为多年生草本,没有乔木和灌木(表 2)。

表 2 观测群落的物种组成

Table 2 Community species composition

科	属	种	生活型
莎草科 Cyperaceae	苔草属 <i>Carex</i>	苔草	旱生多年生草本
	嵩草属 <i>Kobresia</i>	矮生嵩草(<i>Kobresia humilis</i>) 线叶嵩草(<i>kobresia capillifolia</i>)	多年生草本 多年生草本
蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i>	珠芽蓼(<i>Polygonum viviparum</i>)	多年生草本
菊科 Asteraceae	火绒草属 <i>Leontopodium</i>	火绒草(<i>Leontopodium leontopodioides</i>)	多年生草本
	风毛菊属 <i>Saussurea</i>	风毛菊(<i>Saussurea japonica</i>) 长毛风毛菊(<i>Saussurea hiera cioides</i>)	多年生草本 多年生草本
	香青属 <i>Anaphalis</i>	零零香青(<i>Anaphalis hancockii</i>) 乳白香青(<i>Anaphalis lactea</i>)	多年生草本 多年生草本
	蒿属 <i>Artemisia</i>	柔毛蒿(<i>Artemisia pubescens</i>)	旱生草本
	蒲公英属 <i>Taraxacum</i>	蒲公英(<i>Taraxacum mongolicum</i>)	多年生草本
茜草科 Rubiaceae	拉拉藤属 <i>Galium</i>	拉拉藤(<i>Galium aparine</i>)	多枝蔓生或攀缘状草本
龙胆科 Gentianaceae	龙胆属 <i>Gentiana</i>	麻花艸(<i>Gentiana straminea</i>) 线叶龙胆(<i>Gentiana farreri</i>)	多年生草本 多年生草本
		蓝白龙胆(<i>Gentiana leucomelaena</i>)	一年生草本
	喉毛花属 <i>Comastoma</i>	喉毛花(<i>Comastoma pulmonarium</i>)	一年生草本
	扁蕾属 <i>Gentianopsis</i>	湿生扁蕾(<i>Gentianopsis paludosa</i>)	多年生草本
	肋柱花属 <i>Lomatogonium</i>	肋柱花(<i>Lomatogonium rotatum</i>)	一年生草本
禾本科 Gramineae	披碱草属 <i>Elymus</i> pp.	垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>) 披碱草(<i>Elymus dahuricus</i>)	多年生草本 旱生多年生禾草
		三毛草属 <i>Trisetum</i>	绿穗三毛草(<i>Trisetum umbratile</i>)
	针茅属 <i>Stipa</i>	异针茅(<i>Stipa aliena</i>)	多年生密丛禾草
	早熟禾属 <i>Poa</i>	草地早熟禾(<i>Poa pretensis</i>)	多年生草本
	发草属 <i>Deschampsia</i>	发草(<i>Deschampsia caespitosa</i>)	多年生草本
	冰草属 <i>Agropyron</i>	冰草(<i>Agropyron cristatum</i>)	多年生草本
	羊茅属 <i>Festuca</i>	羊茅(<i>Festuca ovina</i>)	多年生草本
	异燕麦属 <i>Helictotrichon</i>	藏异燕麦(<i>Helictotrichon tibeticum</i>)	多年生草本
蔷薇科 Rosaceae	委陵菜属 <i>Potentilla</i>	翻白委陵菜(<i>Potentilla discolor</i>) 钉柱委陵菜(<i>Potentilla saundersiana</i>)	多年生草本 多年生草本
虎耳草科 Saxifragaceae	梅花草属 <i>Parnassia</i>	细叉梅花草(<i>Parnassia oreophila</i>)	多年生小草本
玄参科 Scrophulariaceae	婆婆纳属 <i>Veronica</i>	兰石草(<i>Lancea tibetica</i>)	
		婆婆纳(<i>Veronica didyma</i>)	一年生至二年生草本
	小米草属 <i>Euphrasia</i>	小米草(<i>Euphrasia pectinata</i>)	一年生草本
毛茛科 Ranunculaceae	银莲花属 <i>Anemone</i>	银莲花(<i>Anemone cathayensis</i>)	多年生草本
	唐松草属 <i>Thalictrum</i>	唐松草(<i>Thalictrumaquilegifolium</i>)	多年生草本
豆科 Leguminosae	棘豆属 <i>Oxytropis</i>	甘肃棘豆(<i>Oxytropis kansuensis</i>)	多年生草本
	苜蓿属 <i>Melissitus</i>	扁蓿豆(<i>Melissitus ruthenica</i>)	多年生匍匐型草本
兰科 Orchidaceae	凹舌兰属 <i>Coeloglossum</i>	凹舌兰(<i>Coeloglossum viride</i>)	
瑞香科 Thymelaeaceae	狼毒属 <i>Stellera</i>	狼毒(<i>Stellera chamaejasme</i>)	多年生草本

2.2.2 物种数监测的最小面积 群落物种数目随着取样面积的增大而增加,在样方面积为 1 m²时,群落中的物种数平均为 19 种;样方面积为 2 m²时,物种数

平均 24 种;而当面积增加到 64 m²时,物种数量增加到了 40 种。因此,将群落进行取样,按常规的样方设置,选择样方大小为 1 m×1 m 或者 2 m×2 m,都不能

包括群落中的大多数物种。利用群落的野外调查数据进行曲线拟合,确定相应的种—面积曲线方程,其中二次方程和对数方程的拟合相关系数达到 0.9 以上(表 3)。要抽样到该群落 50% 以上的物种数,样方面积应该在 0.68~1.08 m²;要抽样到 70%,80%,95% 物种

数,要求样方面积分别为 1.00~1.04,2.73~4.84,7.09~20.01 m²。在设置调查样方时,考虑到样方的代表性,样方至少应该包括全部物种数的 70% 以上,因此样方面积应该设置大于或等于 1.04 m²,此时的样方数为 14.64(表 4)。

表 3 物种数监测的取样面积

Table 3 Relationship between sampling area in species number monitoring

最小面积	$\rho=0.5$	$\rho=0.7$	$\rho=0.8$	$\rho=0.95$
$y=15.602+3.187x-0.044x^2$	1.08	1.04	4.84	7.09
$y=20.954+5.021\ln x$	0.68	1.00	2.73	20.01

表 4 抽样物种数 70% 时的样方个数

Table 4 Number of samples at 70% sample species

样方面积/m ²	模拟方程	b_0	b_1	b_2	物种数	样方数
1.04	$y=b_0+b_1x+b_2x^2$	-4781.092	525.627	-14.38	19	14.64

3.3 高寒草甸主要植被指标之间的相关性分析

通过 Pearson 相关分析,在小尺度范围内的地上生物量与生长高度之间呈极显著相关性,与物种数之间呈显著相关,而与盖度之间无相关性(表 5)。这可

能与植物的生长型有关,此次研究的植被大部分属于直立生长型植物,随生长高度的增加,生物量明显增大,盖度变化却不明显。

表 5 主要植被指标间的相关性分析

Table 5 Correlation between major vegetation index

		地上生物量	物种数	植被高度	植被盖度
地上生物量	Pearson 相关性	1			
	Sig (2-tailed)				
物种数	Pearson 相关性	.752*	1		
	显著性(双侧)	.038			
植被高度	Pearson 相关性	.896**	.145	1	
	Sig(2-tailed)	.000	.315		
植被盖度	Pearson 相关性	.010	.098	.000	1
	Sig(2-tailed)	.945	.501	.999	

注:**在 0.01 水平(双侧)上显著相关,*在 0.05 水平(双侧)上显著相关

3 讨论

由于群落的物种组成、分布及环境异质性变化等因素,选择合适的基本样方,往往既能保证抽样代表性,同时也能极大地提高抽样效率^[16]。最小取样面积的确定,在一定程度上还应取决于进一步分析的目的、具体指标及所允许的误差范围,因而最小取样面积的确定应尽可能多指标化^[17],但同时,样方的数量也是一个很重要的因素。同样,在样方面积一定的情况下,也可以估算出需要多少个样方才能真实地反映出整个

区域内物种丰富度。物种丰富度与存在尺度,取样数目关系很大,在某个特定生境范围内物种数量对取样尺度的响应模式都不一样^[18-19]。Bunge^[20]研究指出,由于空间异质性因素的影响,在实际工作中能代表整个群落组成结构特征的最小面积几乎不存在,并且随着取样面积的增加,物种数目呈非线性增加^[21],该结果与本研究结果一致,本研究中物种数随取样面积的增加呈二次曲线和对数曲线形式。单一取样尺度下的测度指数值至多只能代表一个尺度的群落多样性特征,难以对整个群落的组成结构特征进行较为全面客

观的描述^[22]。高寒草甸生态学的研究面临着生境脆弱地植物群落生境资源小气候空间高度异质性的问题,植物群落学研究对象的取样问题始终是植物群落的基础问题,确定合适的取样尺度和数量对研究结果的可靠性十分重要^[23]。

本研究调查的群落为高寒草甸,当样方面积为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 时,群落中物种平均数为 19 种,当样方面积为 $8\text{ m} \times 8\text{ m}$ 时,平均物种数为 40 种。调查群落主要是草本植物,特别是禾本科植物占比例较大,有 9 种。众多物种进入的同时,使得群落中偶见种的比重增加,这使得野外调查样方要包括所有的物种非常困难。在设置调查样方时,考虑到样方的代表性,样方至少应该包括全部物种数的 70% 以上,根据群落的种—面积曲线,要使调查样方至少包括 70% 以上的物种,样方的面积应该大于或等于 1.04 m^2 。该结果与杨子松等^[24]的研究结果基本一致,即当比例因子 ρ 取值为 0.6、0.7、0.8 时,样地面积为 2 m^2 ,能够满足精度 60%~80% 的研究要求;当 ρ 取值为 0.9 时,样地面积为 4 m^2 ,能够满足精度 90% 的研究要求。关于森林群落调查得出,油蒿群落在鄂尔多斯高原植被抽样到 70% 以上的物种,要求样方面积为 $10.45\sim 12.62\text{ m}^2$ ^[12],亚热带山地次生灌丛幼年林的取样问题以往习用的样方面积为 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$,或 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ ^[25-27],福建中亚热带常绿阔叶林最小面积为 400 m^2 时,可包括整个群落 60% 的物种数目,样地面积为 1000 m^2 时,则可包括整个群落 90% 的物种数目^[28],高黎贡山中山湿性常绿阔叶林取样的最小取样面积为 600 m^2 ,灌木层、草本层最小取样面积为 180 m^2 ^[29]。草本乌里胡枝子、无芒隐子草、冰草、白羊草的群落最小面积分别为 3.4、4.1、1.4、4.8 m^2 ^[30],金莲花样地的最小样地面积为 36 m^2 ($6\text{ m} \times 6\text{ m}$),长方形为 32 m^2 ($8\text{ m} \times 4\text{ m}$),圆形为 78.5 m^2 (半径 5 m)^[31]。因此,目前对于草地生态的研究普遍采用取样面积为 1 m^2 ,样方数为 3 的取样强度导致群落生物量偏高、物种数偏低,该取样面积仅适合于平缓、植被均匀度好的情形,并不适合用于分异度较大的坡地,而且适当增加取样面积可减少由于取样面积过小所导致的重复间结果差异过大问题^[32-35],这是因为在一个尺度上定义的同质性景观,可以随着观测尺度的改变而转变成异质性景观^[36]。因此,生态学研究必须考虑尺度效应。

4 结论

在小尺度下,高寒草甸取样面积为 1 m^2 、样方数为 7 作为生物量取样的最小面积和最小样方数。物种数监测中,要抽样到该群落 70% 以上的物种,样方面积至少设置为 1.04 m^2 ,样方数为 14.64。地上生物量与生长高度之间呈极显著相关性,与物种数之间呈显著相关,而与盖度之间无相关性。

参考文献:

- [1] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998:1-10.
- [2] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001:35-39.
- [3] 杨利民, 韩梅, 李建东. 松嫩平原草原群落物种多样性抽样强度研究[J]. 生物多样性, 1997, 5(3): 168-172.
- [4] 郝占庆. 东北长白山北坡植物群落多样性及其梯度形态分析[D]. 沈阳: 应用生态研究所, 2000.
- [5] Bunge J M, Fitzpatrick. Estimating the number of species: a review[J]. Journal of the American Statistical Association, 1993, 8: 364-373.
- [6] Kvalseth T O. Note on biological diversity, evenness, and homogeneity measures[J]. Oikos, 1991, 62: 123-127.
- [7] 王永繁, 余世孝, 刘蔚秋. 物种多样性指数及其分形分析[J]. 植物生态学报, 2002, 26(4): 391-395.
- [8] Leps J, Tursa J S. Species—area curve, life history strategies, and succession: a field test of relationships[J]. Vegetatio, 1989, 83: 249-257.
- [9] 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 功能群体多样性和组成差异对四类高山草甸群落植物群落生产力的影响[J]. 生物多样性, 2004(12): 403-409.
- [10] Palmer M W. The estimation of species richness by extrapolation[J]. Ecology, 1990, 71: 1195-1198.
- [11] Barkman J J. A critical evaluation of minimum area concepts[J]. Vegetatio, 1989, 85: 89-104.
- [12] 刘志兰, 孙旭, 高君亮, 等. 鄂尔多斯高原油蒿群落研究基本样方大小的确定[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 185-195.
- [13] 王仁师, 程小放. 滇中亚热带山地主要森林群落取样的最小面积[J]. 西南林学院学报, 1991, 11(2): 156-161.
- [14] Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 植被生态学的目的和方法[M]. 鲍显诚译. 北京: 科学出版社, 1986: 27-46.
- [15] 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.
- [16] 刘彤, 崔运河, 翟伟, 等. 莫索湾南缘沙漠植物群落多样性抽样方法的研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(3): 367-374.
- [17] 杨持, 宝荣. 羊草草原种群分布格局的最适取样面积[J]. 生态学报, 1986, 6(4): 324-329.
- [18] 杨利民, 韩梅, 赵淑春. 松嫩平原草地植物多样性取样强度的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1996, 18(4): 33-36.
- [19] 朱锦懋, 姜志林. 闽北森林群落物种多样性的可塑性面积单元问题[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 304-311.
- [20] Bunge J M, Fitzpatrick. Estimating the number of species: a review[M]. Journal of the American Statistical Association, 1993, 88: 364-373.
- [21] Kvalseth T O. Note on biological diversity, evenness, and homogeneity measures[J]. Oikos, 1991, 62: 123-127.
- [22] 王永繁, 余世孝, 刘蔚秋. 物种多样性指数及其分形分析[J]. 植物生态学报, 2002, 26(4): 391-395.
- [23] 尚占环, 姚爱兴, 龙瑞军. 干旱地区山地荒漠草原阴坡植物群落空间异质性[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 312-318.
- [24] 杨子松, 黎云祥, 刘伟, 等. 岷江上游干旱河谷荒坡植物群落种-面积曲线拟合及最小面积确定[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(3): 227-230.
- [25] 何妙光. 亚热带山地常绿阔叶林和针叶林的样地面积大小的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1964, 2(1): 118-127.
- [26] 林英. 亚热带森林植被研究方法[J]. 江西大学学报(自然科学版), 1963(1): 1129-139.
- [27] 杨宝珍, 李博, 曾四弟. 关于草原晕落研究中样方面积大小
- 的初步探讨[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1964, 2(1): 111-117.
- [28] 游水生, 王小明, 王海为. 福建中亚热带常绿阔叶林(米楮林)最小面积的确定[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(6): 438-442.
- [29] 石翠玉, 杜凡, 王娟, 等. 高黎贡山生物多样性研究—I 中山湿性常绿阔叶林最小取样面积研究[J]. 西南林学院学报, 2007, 27(1): 12-14.
- [30] 唐龙, 郝文芳, 孙洪罡, 等. 黄土高原四种乡土牧草群落种-面积曲线拟合及最小面积的确定[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 83-88.
- [31] 李永宁, 马凯, 黄选瑞. 金莲花产量抽样调查的样地最小面积与形状研究[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 61-69.
- [32] 管东生, Peart M R. 香港草地和芒萁群落生物量收获的最佳样方选择[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1996, 35(2): 118-123.
- [33] 张修玉, 许振成, 宋巍巍, 等. 西双版纳紫茎泽兰生物量收获的样方选择与模型[J]. 草业科学, 2010, 27(10): 85-90.
- [34] LANTA V, LEPS J. Effects of species and functional group richness on production in two fertility environments: An experiment with communities of perennial plants[J]. Acta Oecologica, 2007, 32(1): 93-103.
- [35] KAREL M, JULIAN A, STEPHEN R. Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland[J]. Journal of Ecology, 2008, 96(5): 884-893.
- [36] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 22-39.

Study on minimum sample area and minimum sample number in alpine meadow community survey

MA Hai-xia^{1,2}, ZHANG De-gang¹, DU Kai¹, KANG Yu-kun¹, MA Yuan¹,
XU Chang-lin¹, CHEN Jian-gang¹

(1. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation in Dingxi, Dingxi 743000, China)

Abstract: Based on the study of aboveground biomass and species richness of alpine meadow in the Eastern Qilian Mountains, the minimum sample area and minimum sample numbers were determined to establish a reliable

ble monitoring method for accurate monitoring and research of alpine meadow community characteristics. The results showed that when the sample area was 1,2,4,6,and 8 m²,and the number of sample squares was 7, 12, 8, 26,5. 02,7. 38 and 16. 96, respectively,the total mean value of biomass sampling could be obtained. In view of the effectiveness of the test,the sample area was 1 m² and the sample number was 7 as the minimum area and sample number for biomass sampling. In species number monitoring,to sample more than 50% of the species in the community,the sample area should be 0. 68 to 1. 08 m²;to sample 70%,80%,and 95% of the species in the community,requiring the sample area to be 1. 00 to 1. 04,2. 73 to 4. 84,and 7. 09 to 20. 01 m², respectively. Correlation analysis shows that in a small scale,aboveground biomass was extremely significantly correlated with growth height,and significantly correlated with species numbers,and not correlated with coverage. correlation with coverage.

Key words: alpine meadow; minimum area; regression analysis

(上接 39 页)

Effects of chilling stress on seed germination of alfalfa

GAO Qian,XU Hong-yu,LI Zhen-song,HE Feng,TONG Zong-yong,LI Xiang-lin

(Institute Of Animal Science Of CAAS,Beijing 100193,China)

Abstract: Two alfalfa varieties,Zhaodong and WL440,were taken as cold-tolerant and non-cold-tolerant varieties respectively. The germination status of the two alfalfa varieties was recorded through the chilling stress treatment of low temperature at 10°C and 25°C as the control,and the physiological and biochemical indexes of 7-day-old seedlings were measured. Results showed that the germination rate of alfalfa decreased significantly,the germination time was prolonged,and seedlings grew slowly under chilling stress. Chilling stress can also damage cells and cause membrane peroxidation and accumulation of reactive oxygen species. The protective enzyme system with the function of removing reactive oxygen species was also inhibited by low temperature,leading to the imbalance between the generation and clearance of reactive oxygen species,and also the oxidative damage. The cells were damaged or even dead.

Key words: alfalfa;chilling stress;germination;antioxidant enzymes