植物种群空间分布格局测定的新方法:摄影定位法

王鑫厅^{1,2} 王 炜^{1*} 刘佳慧¹ 梁存柱¹ 张 韬³

(1 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021)
(2 内蒙古工业大学能源与动力工程学院环境工程系, 呼和浩特 010051)
(3 内蒙古农业大学林学院, 呼和浩特 010019)

摘 要 在种群空间分布格局研究中, 取样方法至关重要。受点格局分析方法及地理信息系统原理与方法的启示, 该文论述了一种新的测定方法——摄影定位法。即在典型草原恢复样地中选取 10 m × 10 m 的群落片段, 用竹签将其分成 400 个 50 cm × 50 cm 的亚样方, 应用摄影技术将这 400 个亚样方内所有的物体按一定的顺序拍摄下来, 借助地理信息系统技术准确地确定每株(丛)植物的着生点位置, 实现种群格局的测定, 并通过威尔柯克森符号秩检验, 表明该方法可行。在使用此方法进行种群格局测定时, 工作效率大幅度提高, 且在典型草原群落种群格局测定中得到很好的效果。应用该测定方法对种群格局进行动态监测, 不仅可以测定每个种群的格局动态变化过程, 而且可以监测每株植物的生死过程以及种间的相互关系, 进而从种群格局角度去认识演替过程, 从而把演替的群落、种群尺度监测细化到个体水平。

关键词 摄影定位法 测定方法 摄影技术 地理信息系统 种群格局

A NEW METHOD MEASURING PLANT POPULATION SPATIAL PATTERNS : PHOTOGRAPHY ORIENTATION

WANG Xin-Ting^{1,2} WANG Wei^{1*} LIU Jia-Hui¹ LIANG Cun-Zhu¹ and ZHANG Tao³

(1 Department of Ecology and Environment Sciences, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)
(2 Department of Environment Engineering, School of Energy and Power Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Huhhot 010051, China)
(3 Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract Background and Aims Sampling methods were essential in the process of studying plant population spatial distribution patterns. In early time, the population pattern research method which the ecologist used was generally simple. Some comprehensive research examples indicated the transect methods could not clearly present the spatial pattern in the vision. As a result of the spatial pattern complexity, there have not a measuring method to be possible clearly to express its complete characteristic or all information. So the authors presented a new method, photography orientation method, which based on point pattern analysis and GIS.

Methods The research was taken in a fenced plot of degraded typical steppe in the Xilingole League, Inner Mongolia, which had been monitored since 1983 by the Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station of the Chinese Academy of Sciences. In this research, a community block of 10 m × 10 m was chosen and divided into four hundreds of 50 cm × 50 cm sub-blocks with bamboo chopsticks. All plants in the 400 sub-blocks were then pictured by a digital camera (Nikon D100) in order, and the growing positions of each plant individuals were accurately fixed in the pictures of sub-blocks by using GIS. The feasibility of this new method was examined by Wilcoxon signed ranks test.

Key Results The results showed the method was practicable. The working efficiency was largely enhanced and the research work could be done more delicately when the method was applied to measure population patterns of degraded typical steppe.

Conclusions This study suggests that using this method, the changes in population patterns, the life histories of plant individuals, and the interactions among species could be monitored dynamically; therefore the process of community succession could be probed from the aspect of population patterns.

收稿日期: 2005-08-22 接受日期: 2005-12-20
基金项目: 国家自然科学基金项目(30330120、30360016)
感谢内蒙古气象局宝日娜在文章完成过程中给予的指点和帮助, 内蒙古大学王立新老师、马宝连、艳红、陈丽、王东波、姜超、于轶、赵军、王常顺、迟延艳、云文丽、布仁图雅、苗百岭、乔江、张绪美等硕士研究生在室内及野外数据处理过程中给予的无私帮助, 内蒙古大学赵利清博士在数字影像植物种类鉴别上给予的指导与帮助, 内蒙古气象局王永利博士在 GIS 软件应用上给予的指导
* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: weiwangww@sina.com

Key words Photography orientation method , Camera work , GIS , Population pattern

种群空间分布格局是指在种群水平上,种群个体在水平空间的分布状况,它是种群生物学特性、种内种间相互关系及环境条件综合作用的结果,是种群空间属性的重要方面,也是种群的基本数量特征之一。种群格局的研究不仅能对种群水平结构予以定量的描述,还可以揭示种群及群落的动态变化。因此,种群格局的研究一直是生态学家关注的热点,这样种群格局研究的测定方法就显得至关重要。

在种群格局研究的早期,生态学家采用的测定方法一般比较简单。由于空间格局的复杂性,到目前为止没有一种单一的方法可以清晰地表达其全部特征或所有信息(Dale, 1995)。一些综合性研究实例表明样带方法(Transect methods)不能在视觉上清晰地再现空间格局(Ripley, 1988)。Greig-Smith (1952)设计的邻接格子样方法一直被生态学者所采用,但这种方法除野外工作量繁重外,也同样不能再现种群在空间上的分布。截止目前,在种群格局研究中需要一种既能测度种群空间分布格局的类型,又能直观地观察和分析植物个体如何分布的测定方法。因此,本文提出了一种新的测定方法,并在典型草原群落种群格局测定中取得较理想的效果,拟通过本文与同行共享。

1 测定方法的思想来源

Ripley(1977)提出的点格局分析方法因其能够清楚直观地分析各种尺度下的种群格局和种间关系(张金屯, 1998)而被生态学家广泛应用,其以植物个体在空间的坐标为基本数据,它的原始数据采集是在一定的空间上测量植物个体的着生点位置坐标。

地理信息系统是在计算机硬件、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等。地理信息系统操作对象是空间数据,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体,空间数据的最根本特点是每个数据都按照统一的坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述(汤国安和赵牡丹, 2000)。受这些思想的启示,将摄影技术与地理信息系统技术结合起来应用于种群格局的研究中,实现对植物株丛着生点位置的精确定位。

2 测定方法的实例与步骤

2.1 测定样地的自然条件

样地位于内蒙古锡林郭勒盟典型草原地带中国科学院草原生态系统定位研究站设置的围栏内,地理坐标为 43°38' N, 116°42' E,海拔 1 187 m,属温带大陆性半干旱气候,冬季寒冷干燥,夏季温暖较湿润。年平均气温 0.18 °C,年平均降水量 349.6 mm,年均净水面蒸发量 1 641.5 mm。年均日照时数 2 533 h,大于 0 °C 的积温平均为 2 428.7 °C,大于 10 °C 的多年平均积温为 1 983.3 °C,具有冬寒夏温的中温带气候特征。该样地位于丘陵坡麓前缘与锡林河二级阶地之间,地势微倾斜,地表较平整,土壤为典型栗钙土。样地为 1983 年围封的退化群落恢复样地(简称“恢复样地”)。围封时的群落状态为冷蒿(*Artemisia frigida*) + 糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)群落,属于羊草(*Leymus chinensis*) + 大针茅(*Stipa grandis*)草原的严重退化变体,面积 600 m × 400 m。

2.2 原始数据的采集

在恢复样地中,选择地表平坦(避免中心投影因地形起伏过大而产生植物株丛生点位置偏差及微地形引起的微生境变异),群落外貌均匀且具有代表性的 10 m × 10 m 群落片段,用竹筷制成的竹签将其分割成 400 个 50 cm × 50 cm 的亚样方(竹签为亚样方的顶点),用红色油漆把竹签顶端染红。从 10 m × 10 m 群落片段的左下角(东北方向)即第一行开始去除凋落物和立枯物(去除枯落物的过程应十分仔细,尽可能使活的植物个体不被去除或折断而使工作量较大),露出土壤表面,以便在拍摄的影像上准确地识别植物物种以及准确地给每株植物定位。第一行清除完毕,把 Nikon D100 数码相机(600 万有效像素)镜头竖直向下架在三脚架(Manfrotto 455B 配 141RC 云台)横向支撑的云台上,固定好,相机距地面垂直高度 1.75 m,镜头焦距固定在 30 mm 处,焦平面与地面平行。从第一行左端第一个亚样方开始,把取景器中心对准亚样方中心(通过对角线找到亚样方中心,用红色竹筷给亚样方中心定位,将取景器中心对准红色竹筷顶端),让亚样方的 4 个顶点(即 4 根竹签)进入取景器,拍摄下亚样方中的全部植物。第一行拍完,清除第二行的凋落物和立枯物,拍摄第二行,以此类推,拍完 10 m × 10 m 的群落片

段。将拍完的具有一定顺序的 400 幅 50 cm × 50 cm 的亚样方数字影像导入计算机,并按行列进行编号,以便室内处理。

2.3 数字影像的室内处理

将已经编号的 10 m × 10 m 群落片段的 400 幅亚样方数字影像在 R2V 软件下通过输入控制点坐标(分别以每个亚样方的 4 个顶点即 4 个竹签的基部为控制点)将其统一到同一坐标系中,按不同的植物种建立不同的图层,对每种植物(如羊草)的每株丛进行坐标定位即数字化(为避免中心投影所引起的植物个体位置的偏差,在对每株丛植物进行定位时,应贴近植物株丛基部)。然后借助地理信息系统软件(ArcGIS & Desktop),对每种植物的图层进行数据格式转化,从而得到每种植物的属性表即植物个体的坐标,最后将每种植物的坐标转入到 Excel 软件中,此后便可以将数据应用于种群格局分析中。

在对每种植物的个体进行定位时,由于草原群落中几乎所有植物种的个体都难以确定,故历来对草原植物进行格局分析都以植物株丛为计量单位。其中,根茎型禾羊草以地上枝为单位(株),密丛型禾草大针茅以丛为单位,对具长根茎与短根茎的米氏冰草(*Agropyron michnoi*)而言,单独生长的以地上枝(株)为单位,聚集生长的以丛为单位,小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)以根际萌生枝为单位,茎匍匐生长的冷蒿连续成片的单元为一丛,单个生长的以地上枝(株)为单位;其它植物以此为例,单个生长的植株以株为单位,聚集生长的植丛以丛为单位。

2.4 数据可靠性检验

为了验证这种数据处理方法(笔者在此暂称这种将摄影技术与地理信息系统理论方法相结合的测定方法为摄影定位法(Photography orientation method))的可靠性与准确程度,在恢复样地中另外设置了 16 个 50 cm × 50 cm 的亚样方,对其中羊草种群的每株植物进行实地坐标量算,量算的结果与应用该数据处理方法(摄影定位法)所得到的结果见图 1,并在 SPSS 软件中进行两个相关样本检验(威尔柯克森符号秩检验, Wilcoxon signed ranks test)结果见表 1 和表 2。从表 1 中可以看出:Z 值等于 $-0.267(x)$ 、 $-1.543(y)$,渐进的双尾显著性概率分别为 $0.790(x) > 0.05$ 、 $0.123(y) > 0.05$,表明用这种方法(摄影定位法)所得到的值与实测值无显著差异。从表 2 中看出正负秩数量接近,可以判定应用该方法(摄影定位法)测得的值和实测值之间无显

图 1 实测点与摄影定位法所得点比较图
Fig.1 Comparison between actually measured points and points measured by photography orientation method
* 实测点 Actually measured points • : 摄影定位法所得点 Points measured by photography orientation method

表 1 实测点与摄影定位法所得点相应坐标间统计检验
Table 1 Statistic test of corresponding coordinate about actually measured points and points measured by photography orientation method

	CX-AX	CY-AY
检验统计量 Z	- 0.267 ^a	- 1.543 ^b
双尾显著性概率 Asymp. Sig. (2-tailed)	0.790	0.123

a 基于正秩数 Based on positive ranks b :基于负秩数 Based on negative ranks
CX :实测点的横坐标 Abscissa about actually measured points CY :实测点的纵坐标 Ordinate about actually measured points
AX :摄影定位法所得点的横坐标 Abscissa about points measured by photography orientation method AY :摄影定位法所得点的纵坐标 Ordinate about points measured by photography orientation method

表 2 实测点与摄影定位法所得点相应坐标间威尔柯克森符号秩检验
Table 2 Wilcoxon signed ranks test of corresponding coordinate about actually measured points and points measured by photography orientation method

		观测量 总数 N	平均秩 Mean rank	秩和 Sum of ranks
CX-AX	负秩数 Negative ranks	74 ^a	75.36	5 577.00
	结 Ties	0 ^c		
	正秩数 Positive ranks	73 ^b	72.62	5 301.00
	总秩 Total	147		
CY-AY	负秩数 Negative ranks	72 ^d	64.46	4 641.00
	结 Ties	0 ^f		
	正秩数 Positive ranks	75 ^e	83.16	6 237.00
	总秩 Total	147		

a : CX < AX b : CX > AX c : CX = AX d : CY < AY e : CY > AY f : CY = AY CX、CY、AX、AY 见表 1 See Table 1

著的差异 ,也就是说该种方法是可行、可靠的。图 1 中通过实测测得的植丛着生位点与经拍摄、影像数据处理后所得的位点坐标间误差的产生可能是受到实测时地表的轻微起伏对量测的影响。

2.5 应用该种测定方法所得到的几个种群的原状分布图(图 2~图 5)

图 2 星毛委陵菜在样地中的分布位点图

Fig.2 Mapped point pattern of *Potentilla acaulis*

图 3 羊草在样地中的分布位点图

Fig.3 Mapped point pattern of *Leymus chinensis*

图 4 小叶锦鸡儿在样地中的分布位点图

Fig.4 Mapped point pattern of *Caragana microphylla*

图 5 冷蒿在样地中的分布位点图

Fig.5 Mapped point pattern of *Artemisia frigida*

局动态变化过程 ,而且可以监测每株植物的生死过程以及种间的相互关系 ,进而从种群格局角度去认识演替过程 ,从而把演替的群落、种群尺度监测细化到个体水平。将该测定方法与点格局理论以及其它一些比较理想的种群格局分析方法结合起来 ,可以很好地分析种群空间结构、种群空间分布的各向异性特征。

应用该测定方法进行格局测定时 ,在样地大小上选取了 10 m×10 m 的群落片段 ,这样的选择更为合理(宝日娜 2003)。从原来为 20 m×20 m 的取样面积中分割出 10 m×10 m 的群落片段 ,用点格局分析方法中的 $K(t)$ 函数法分析后 ,比较结果表明 :在两个抽样面积上结果差异非常小(宝日娜 2003)。因此 ,选择 10 m×10 m 的取样面积 ,这不仅可以节省获取原始数据所花费的大量时间 ,而且可以尽可

3 结论与讨论

在植物种群空间分布格局的取样工作中利用地理信息系统测定位点 ,使工作效率大幅度提高 ;其次 ,采用高分辨率的数码相机进行野外实地拍摄 ,可以大量节省时间和花费 ,从而在格局研究过程中取得了较理想的效果。应用该测定方法对草原群落种群格局进行动态监测 ,不仅可以测定每个种群的格

能详细地分析研究空间格局中蕴含的生态学信息。

在亚样方设置上,选取了 50 cm × 50 cm 的小样方,这样的亚样方设置比较合理(宝日娜,2003),在研究过程中设置 1 m × 1 m 的亚样方其结果是可能遗漏了一些低矮植物,如黄囊苔草(*Carex korshinskyi*)等。亚样方设置为 50 cm × 50 cm 弥补了 1 m × 1 m 亚样方的不足,且能够尽可能多的获取植物种群的原始信息。

本文提出的 10 m × 10 m 的取样面积及 50 cm × 50 cm 的亚样方是对典型草原而言,若采用该方法对非典型草原区的种群格局进行测定时,研究者应根据实际情况合理地选择取样面积和亚样方设置。

该测定方法主要适用于草本植物群落以及形体较小的灌木群落,尤其典型草原植物群落。对于比较高大的森林群落而言,此方法存在很大局限,可行性很小。

在应用该方法进行种群个体定位时,由于某些种群的个体难以确定,这就需要研究者根据研究的需要和种群自身的特点合理地选择个体单位进行定位,这会更客观地反应种群格局的空间分布特征。

另外,采用此方法进行种群格局测定时,不会产生个体重复计算的问题,同时也不会产生个体的遗漏。

参 考 文 献

Bao RN (宝日娜) (2003). *Study on Analysis Method of the Plant Population's Spatial Distribution Pattern in Steppe* (草原植物种群空间分布格局分析方法的探索). PhD dissertation, Department of Ecology and Environment Sciences, Inner Mongolia University, Huhhot, 53 – 54. (in Chinese)

Dale MRT (1995). Spatial pattern in communities of crustose saxicolous lichens. *Lichenologist*, 27, 495 – 503.

Greig-Smith P (1952). The use of random and contiguous quadrats in the study of the structure of plant communities. *Annual Botany*, 16, 293 – 316.

Ripley BD (1977). Modelling spatial pattern. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 39, 17 – 212.

Ripley BD (1988). *Statistical Inference for Spatial Processes*. Cambridge University Press, Cambridge.

Tang GA (汤国安), Zhao MD (赵牡丹) (2000). *Geographical Information System* (地理信息系统). Science Press, Beijing, 2. (in Chinese)

Zhang JT (张金屯) (1998). Analysis of spatial point pattern for plant species. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 22, 344 – 349. (in Chinese with English abstract)

责任编辑：彭少麟 责任编辑：刘丽娟