

660-665

3664(13)

第17卷第6期
1997年11月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 6
Nov., 1997

荒漠草原蝗虫群落空间格局的研究

贺达汉^① 郑哲民^② 顾才东^① 王新谱^①

(1. 宁夏农学院农学系, 永宁, 750105 2. 陕西师范大学动物研究所, 西安, 710062)

摘要 应用种-面积关系模型, 计算出宁夏荒漠草原蝗虫群落最小调查面积, 通过 2×2 联列表, 用点相关系数和相关系数公式对蝗虫种间分布关系进行分析, 用模糊聚类法将调查蝗虫划分为4个类群, 以6项聚集指标和新提出的混合度指数, 对9种蝗虫种群及群落分布型进行了分析, 用主成分分析法进行了排序归类。最后依据种群数量、混合度指数、分布型相似性提出群落格局的“主导分布型”新概念, 认为宁夏束颈蝗种群分布型为宁夏荒漠草原蝗虫群落空间格局的“主导分布型”。

关键词: 荒漠草原, 蝗虫群落, 空间格局。

THE STUDY ON SPATIAL PATTERN OF GRASSHOPPER COMMUNITY ON THE DESERT STEPPE IN THE NINGXIA

He Dahan^① Zheng Zhemin^② Gu Caidong^① Wang Xinpu^①(1. Department of Agronomy, Ningxia Agricultural College, Yongning, 750105, China
2. Institute of Zoology, Shaanxi Teacher's University, Xi'an, 710062, China)

Abstract The model of species-area relationship for grasshoppers on the desert steppe was used to determine the minimum area. The relationship among distributions of the grasshoppers was analysed using Point Correlation coefficients and Correlation Coefficients resulted from the four-fold table. The spatial patterns of the community and of the dominant species of grasshopper were analysed using the six aggregation indices. Based on frequencies of species and individuals of grasshopper presented in the sampler, the author proposed a new formula of mix index. And from the values of the mix index the effects of each population on the spatial pattern of the community can be determined. The results show that;

(1) Species-area relationship can be fitted with following equation: $S_q = 1.9691q^{0.2598}$. The minimum area was 1400 m^2 and the species corresponding to the area made up 68 per centage of total grasshopper species in the region.

(2) The interspecific distributions of grasshoppers tended to group habit and could be

* 国家自然科学基金资助项目(39560018)的部分内容。

收稿日期: 1995-09-15, 修改稿收到日期: 1997-04-05。

clustered into 4 group with the Fuzzy combinative.

(3) The aggregation indices were tested, the results indicate that the patterns of grasshopper community and of the dominant species were aggregated distribution of varying degrees, 3 classes were clustered from the PCA ordination for the aggregations.

(4) A new concept of "key distribution pattern" was put forward based on population number, the mix indexes and the similarity of population of grasshoppers to the community in its distribution pattern. The pattern of *Sphingonotus ningxianus* Zheng recognized as the key distribution pattern for the community of grasshoppers on the desert steppe in Ningxia.

Key words: spatial pattern, grasshopper community, desert steppe.

生物群落中各物种存在着互相依存, 相互制约的复杂种间关系, 有些物种呈正相组合状态趋于一起出现, 而一些物种则呈现负相组合状态而趋于分隔出现。群落中每一物种都有自己的种群分布型, 这种分布型式又呈错综复杂的关系与环境的其它物种的分布型相关联, 从而形成群落的水平格局^[1]。目前, 对种群空间格局的研究较为深入。无论是采用离散分布的理论拟合, 聚集强度的测定, 还是纹理格局的分布^[2], 都在一定程度上揭示了种群个体某一时刻的行为习性和诸环境因子的叠加影响, 反映了环境空间结构的异质性和物种选择栖境的内在特性^[3]。从理论上讲, 群落所处的空间是客观存在的实体, 是一个环境因子与多个物种相互作用的多维结构, 群落中每个物种既有其独特的空间位置, 同时又受到不同种间关系的影响^[4,5]。为此, 进行群落种间分布关系及群落空间分布格局的研究, 不仅能加深对群落结构的认识, 而且在群落的抽样调查上也将提供重要的理论依据。

蝗虫是我国北方草地重要的害虫。在一定地区, 常常是以数种至数十种混合发生^[6~8]。蝗虫的分布受寄主植物及地形、地貌、土壤等多种环境因子的影响^[9], 表现出集团性空间分布的特性^[6,7]。笔者于1993~1994年在宁夏贺兰山东麓荒漠草原对蝗虫分布情况进行了调查研究。

1 研究方法

1.1 调查地点及方法 调查地位于宁夏贺兰山东麓洪积扇地荒漠草原, 南北长约60km, 东西宽约7.5km。东接黄灌区农田, 西至贺兰山脚。草地主要为荒漠草原、草原化荒漠, 间有少量沙地、荒滩地。除少数荒滩地植被较茂密外, 大部分草地植被盖度<50%, 高度<10cm。优势种牧草为短花针茅 *Stipa breviflora*、牛枝子 *Lespedeza potaninii*、银白旋花 *Convolvulus ammannii*、猫头刺 *Oxytropis aciphylla*、芪状亚菊 *Ajuanis aohilleoides* 等。

蝗虫调查和布样于每年6~9月间进行, 方法见文献^[10]。

1.2 数据处理与分析

1.2.1 群落调查最小面积 表示物种数作为面积的函数而变化的曲线称为种-面积关系曲线^[11]。根据调查数据, 分别对调查面积和所对应蝗虫种类数进行积加, 作蝗虫种数-面积关系曲线坐标图, 采用 Arrhenius^[11]公式模拟:

$$S_q = C_q^m \text{ 或 } \lg S_q = \lg c + m \lg q \quad (1)$$

式中, S_q 为调查所得蝗虫种数; q 为调查面积; C 为比例系数; m 为参数。最小调查面积采用 Cain^[12]方法计算。

1.2.2 种间分布关系分析 物种联结性为成对物种在取样中存在与不存在的定性数据分析。将调查数据排列成 2×2 联列表, 采用点相关系数 (point correlation coefficient)^[13], 对调查所得蝗虫种类分别进行成对比较计算。

$$\Phi = \frac{ad-bc}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)} \quad (2)$$

式中, a 为两个种都存在的取样数; b 为B种存在而A种不存在的取样数; c 为A种存在而B种不存在的取样数; d 为两个种都不存在的取样数。

物种相关性,为成对物种在样点中出现的数量变化关系分析,采用相关系数法(Correlation coefficient)^[31],即

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

式中, x, y 表示某种蝗虫在不同样点中出现的个体数; $\bar{x}, \bar{y}$ 是其平均数; n 是样点数。

将所得 Φ, r 值矩阵进行模糊合成得 D 矩阵,分别对 Φ, r, D 矩阵进行标准化处理,采用最大最小法得出模糊关系矩阵,分别进行种间分布关系的模糊聚类分析。

1.2.3 分布型分析 根据调查数据,统计出各样点的平均数 $\bar{x}$ 和方差 S^2 ,再计算出各种群的空间聚集度指标^[32](表4),分析群落和各种群的分布型。

1.2.4 种间分布混合度指数的提出 设: a 为每样方中蝗虫出现的频次; i 为每样方中出现蝗虫的种类数($i=1, 2, \dots, S$); n 为每样方中出现蝗虫的个体数; j 为抽样数($j \leq \text{最小调查面积/样方面积}$)。某种蝗虫在群落中的混合度指数为:

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^S a_{ij} \cdot (i+1) \cdot n}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^S a_{ij} \cdot n} \quad (4)$$

F 值愈高,说明该种群分布愈均匀,与群落中其他种群结合程度愈高;当 F 值愈低时,说明种内个体分散程度差,种群表现为聚集分布。在原理上,本指数和Lloyd提出的平均拥挤度(m)有较大的相似性,所不同的是平均拥挤度指的是在同一样方内每个个体的拥挤度或平均在同一样方内每个个体的邻居数^[2]。混合度指数是在平均拥挤度公式中引入不同种的变化,强调的是同一样方内每种昆虫邻居的其它种数。这样,即可根据 F 值判断各种群分布对群落分布型构成的作用以及群落结构的演变和变化。

2 结果与分析

2.1 最小调查面积 3年共调查样地30处,样点面积5000m²,得蝗虫种类19种8300头。蝗虫种类数和调查面积关系见图1。经模拟,得种-面积关系模型:

$$S_q = 1.9691q^{0.2988} \quad r = 0.9962 \quad P_{0.05} = 0.6614$$

最小调查面积为1400m²,相对应种类为13种,占总种类68%。

2.2 蝗虫种间分布关系 以最小调查面积所对应的13种蝗虫的调查数据进行种间分布关系的分析,其种类和个体数量等见表1。

对表2和表3数据进行模糊处理,得出模糊等价关系矩阵,选择不同的 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$),得出聚类树状图。

由图2可以看出,草原蝗虫群落种间分布具有明显的集团性。从图2.1联结系数聚类看,当 λ 为0.60~0.65时,13种蝗虫可划分为4类群,荒漠群,包括宁夏束颈蝗(SNZ)、贺兰山疙蝗(PAB)、大胫刺蝗(CDS)、红翅皱膝蝗(ARF)、黑腿星翅蝗(CBC)、短星翅蝗(CAI),主要分布于草场植被长势较差,砾石裸露的半山坡地,为典型荒漠类群;丛生禾草地群,包括黄胫小车蝗(OIS)、亚洲小车蝗(OAB)、中华蚱蜢(ACT),主要分布于靠近农田疏树林的丛生禾草地,以及禾本科牧草为主的丘陵、浅山干草原,荒滩地群,

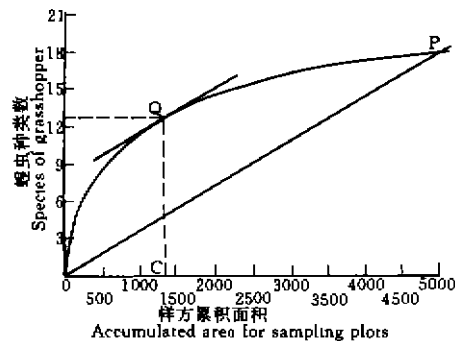


图1 草原蝗虫种-面积关系图

Fig. 1 Species-area curve diagram of grasshoppers on the desert grassland in Ningxia

表1 样地中捕获蝗虫种类及其个体数

Table 1 Grasshopper species were collected on the research sites and their numbers

蝗虫种类	学 名	学名缩写	个体数	%
Species	Scientific name	Abridged name	Number	
宁夏束颈蝗	<i>Sphingotus ningsianus</i>	SNZ	1087	30.09
贺兰山疙蝗	<i>Pseudotemthis alashanicus</i>	PAB	247	6.84
黄胫小车蝗	<i>Oedaleus infernalis</i>	OIS	146	4.08
大胫刺蝗	<i>Compsorhuus davidiana</i>	CDS	326	9.03
红翅皱膝蝗	<i>Angaracris rhodopa</i>	ARF	244	6.76
黑腿星翅蝗	<i>Calliptamus barbarus</i>	CBC	93	2.57
细矩蝗	<i>Leptopternis gracilis</i>	LGE	272	7.53
中华蚱蜢	<i>Acrida cinerea</i>	ACT	195	5.40
短星翅蝗	<i>Calliptamus abbreviatus</i>	CAI	73	2.02
疣蝗	<i>Trilophidia annulata</i>	TAT	148	4.10
花胫绿纹蝗	<i>Aiolopus thalassinus tamulus</i>	ATT	324	8.97
大垫尖翅蝗	<i>Epacromius coerulipes</i>	ECI	183	5.07
亚洲小车蝗	<i>Oedalius asiaticus</i>	OAB	74	2.04

表2 草原蝗虫种间联结性的点相关系数

Table 2 Interspecific point correlation coefficients

[illegible]

表3 草原蝽虫种间相关系数

Table 3 Interspecific correlation coefficients

[illegible]

包括花胫绿纹蝗(ATT)、大垫尖翅蝗(ECT)、疣蝗(TAT),分布于农田田埂、渠边、荒地的高、密草丛中及撩荒地,沙地群,主要包括细矩蝗(LGE)、仅分布于荒漠草原中的沙质地,植被疏,多为沙生灌丛的地带。

从定量分析(图2.2)结果看,当 λ 取0.75~0.78时,除中华蚱蜢(ACT)与丛生禾草地群中的其他种类之间呈现出明显差异外,其他各类群和定性分析的结果基本一致,这可能与中华蚱蜢(ACT)种群数量明显较低有关。

对D矩阵系数进行聚类分析(图2.3)得出,种间的分布类群划分更为明显。在上述4类的基础上,荒漠群可进一步分为3个次级类群:大胫刺蝗(CDS)和红翅皱膝蝗(ARF)为一类,多分布于砾石多而大,植被很少的地段;贺兰山疣蝗(PAB)、黑腿星翅蝗(CBC)和短星翅蝗(CAI)为一类,多分布于砾石少而小,植被相对较好的地段;宁夏束颈蝗(SNZ)单独为一类,其分布较宽,广泛分布于荒漠地带。

2.3 群落及种群空间格局 根据调查资料,计算出蝗虫群落及9种主要蝗虫成虫空间分布型(表4)。

对表4聚集指数检验表明,宁夏荒漠草原蝗虫群落及其优势种群均呈不同程度的聚集分布。经对其聚集指数进行主成分分析排序(图3, $G(1)=58.92$; $G(2)=89.47$),其聚集强度可划分为3类:Ⅰ 弱聚集类,包括蝗虫群落(COG)和宁夏束颈蝗(SNZ),聚集程度较差,近乎随机分布;Ⅱ 中聚集类,包括贺兰山疣蝗(PAB)、黑腿星翅蝗(CBC)、短星翅蝗(CAI)、黄胫小车蝗(OIS)、亚洲小车蝗(OAB),其种群数量相对较低,聚集域不十分明显;Ⅲ 强聚集类,包括细矩蝗(LGE)、

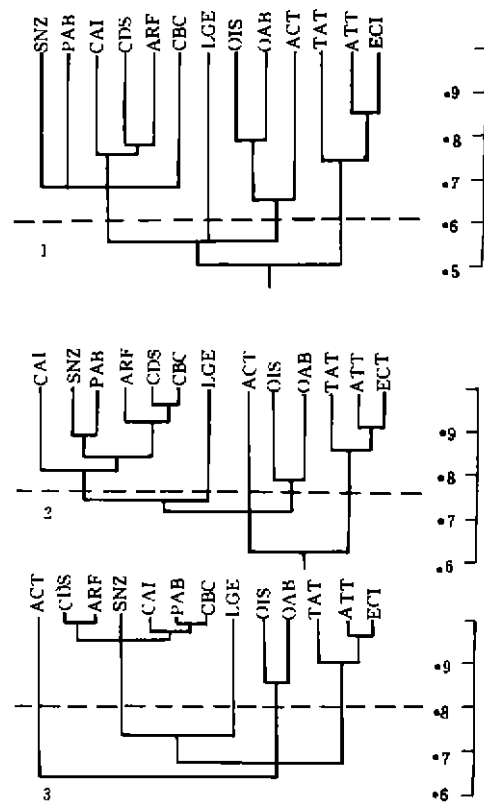


图2 草原蝗虫种间分布关系树状图

Fig. 2 The dendrogram of relationship of grasshopper interspecific distribution on the desert steppe in Ningxia
1. 种间联结性 Interspecific association 2. 种间相关性 Interspecific correlation 3. 联结性和相关性的合成
Composition of association and correlation coefficients

4 宁夏荒漠草原蝗虫群落及优势种群分布的聚集指标

Table 4 The indices of patchness and mix of the community and the dominant species of grasshoppers on the desert steppe in Ningxia

种 类 Species	聚 集 指 标 Indices of patchness						混 合 度 指 数 Indices of mix		
	C	I	K	I_o	$\frac{*}{M}$	$\frac{*}{M/X}$	F_2	F_3	F
蝗虫群落(COG)	0.933	0.068	12.597	0.939	1.982	0.944	-	-	-
宁夏束颈蝗(SNZ)	0.830	0.170	2.297	1.250	0.488	1.251	0.75	0.24	0.99
贺兰山疣蝗(PAB)	1.127	0.127	0.659	3.426	0.286	3.401	0.57	0.14	0.71
黄胫小车蝗(OIS)	0.844	0.156	0.144	1.641	0.419	3.934	0.54	0.06	0.60
大胫刺蝗(CDS)	1.216	0.216	0.495	3.965	0.419	3.934	0.54	0.11	0.65
红翅皱膝蝗(ARF)	1.074	0.174	0.517	2.069	0.248	2.742	0.42	0.08	0.50
黑腿星翅蝗(CBC)	1.066	0.066	0.075	4.040	0.132	3.615	0.46	0.00	0.46
细矩蝗(LGE)	1.416	0.216	0.539	1.832	3.955	0.684	0.27	0.00	0.27
短星翅蝗(CAI)	1.076	0.076	0.041	4.259	0.514	3.872	0.41	0.00	0.41
亚洲小车蝗(OAB)	0.973	0.056	0.539	1.059	0.069	1.407	0.32	0.00	0.32

大胫刺蝗(CDS)和红翅皱膝蝗(ARF),种群分布集中,表现出明显的地域性。

表4还列出各种群混合度指数计算结果。 F 值大小排列顺序为:宁夏束颈蝗(SNZ)>贺兰山疙蝗(PAB)>大胫刺蝗(CDS)>黄胫小车蝗(OIS)>红翅皱膝蝗(ARF)>黑腿星翅蝗(CBC)>短星翅蝗(CAI)>亚洲小车蝗(OAB)>细矩蝗(LGE)。 F_3 值排列顺序为:宁夏束颈蝗(SNZ)>贺兰山疙蝗(PAB)>大胫刺蝗(CDS)>红翅皱膝蝗(ARF)>黄胫小车蝗(OIS),其余各种群在调查样方中均未出现3种或3种以上的混合。这说明荒漠草原蝗虫群落分布型的形成主要受宁夏束颈蝗(SNZ)、贺兰山疙蝗(PAB)、大胫刺蝗(CDS)、红翅皱膝蝗(ARF)以及黄胫小车蝗(OIS)种群分布的影响。

3 问题与讨论

生物在环境中分布及其与周围环境之间的相互关系所形成的结构,称其为群落的格局^[1]。关于种群分布格局的研究较为深入,而对群落空间分布格局的定量研究则较少。本文涉及到的种-面积的关系、种间分布关系的联结系数和相关系数分析以及群落中种群混合度指数都是从不同角度对群落格局研究的初探。种-面积关系为群落格局的抽样奠定了定量研究的基础;种间分布关系分析反映出群落格局组成的脉网系统;种群混合度指数提供了衡量群落格局中各种群分布的融合程度,能对各种群的分布对群落格局的“贡献力”作一评估。

应该指出,单位面积或单位体积抽样的格局分析,很明显与抽样单位大小有关。以不同的取样单位,分析同一群落(或种群),可能得到完全不同的结果。同样,取样总体面积的不同也将引起分布格局的变化。为此,确定合适的取样面积和抽样单位面积是精确地了解自然群落分布格局的关键。本文以最小调查面积为测定单位,为合理地确定调查抽样面积提供了较为理想的方法,对蝗虫取样单位面积的确定则还有待于做更深入细致的工作。

各种种群由于在群落中生态地位的不同,其分布型在群落格局形成中的“贡献力”大小亦不相同。把群落中种群数量最多、混合度指数最高、分布型最接近群落分布型的某种群的分布型定义为主分布型。本文所分析的蝗虫群落中,宁夏束颈蝗(SNZ)种群的分布型可定义为宁夏荒漠草原蝗虫群落格局的主导分布型。

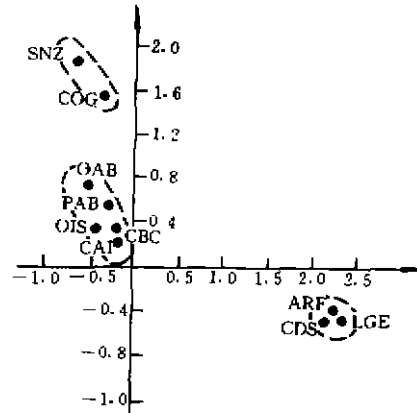


图3 蝗虫群落及种群空间分布聚集指标主成分分析排序图

Fig. 3 PCA ordination of the indices of patchiness for the community and the dominant species of grasshoppers on the desert steppe in Ningxia

参 考 文 献

- 1 Hutchinson G B. The concept of pattern in ecology. *Proc. Acad. Nat. Sic.* 1953, **105**, 1~12
- 2 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994
- 3 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990
- 4 郭依泉, 赵志模, 朱文柄. 桔园昆虫群落季节格局研究. *西南农业大学学报*, 1987, **33**(3), 27~32
- 5 郭依泉, 朱文柄, 赵志模. 桔园昆虫群落空间结构研究. *西南农业大学学报*, 1988, **34**(2), 150~158
- 6 李宏实. 吉林省西部草原蝗虫群落的集团结构. *生态学报*, 1991, **11**(1), 73~78
- 7 Joern A and Lawlor L R. Guild structure in grasshopper assemblages based on food and microhabitat resource. *Oikos*, 1980, **37**, 93~104
- 8 He Dahan. The occurrence and advance of research on locusts and grasshoppers in the Northern grasslands of China. *Entomol. Research*, Shaanxi, China 1994, **1**, 228~234
- 9 Quinn M A, Kepner R L et al. Habitat characteristics and grasshopper community dynamics on mixedgrass rangeland. *Can. Entomol.*, 1991, **123**, 89~105
- 10 康乐等. 内蒙古锡林河滩地蝗虫群落变化的梯度分析, 青年生态学者论丛(I), 1991, **1**, 231~239
- 11 Arrhenius O. Species and area. *J. Ecol.* 1921, **19**, 95~99
- 12 Cain S A. The species-area. *Amer. Midland Natur.*, 1938, **19**, 575~581
- 13 王伯荪. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 1987