武汉植物学研究 2009,27(6):617~621
Journal of Wuhan Botanical Research

山东百部种群的空间分布格局

张 雷, 邱乾栋, 臧德奎*

(山东农业大学林学院, 山东泰安 271018)

摘 要: 采用扩散系数的 t 检验、Poisson 分布的 χ^2 拟合检验及 Morisita 指数的 F 检验研究了山东百部(*Stemona shandongensis*)种群的空间分布类型;用负二项参数(K)、Cassie 指标($1/K$)、Green 指数(GI)和 Lloyd 的平均拥挤度(m^*)与聚块性指标(PAI)研究其聚集强度。同时利用上述指数研究了取样面积、苗龄对山东百部种群分布格局和聚集强度的影响,分析了分布格局形成的原因。结果表明,总体上山东百部种群的分布格局类型为集群分布,种群聚集尺度多为 8 m^2;当年生植株种群聚集强度高于多年生种群;整个种群分布格局的演化趋向于高聚集强度的集群分布。

关键词: 山东百部; 种群; 空间分布格局; 聚集强度

中图分类号: Q948 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-470X(2009)06-0617-05

A Study on the Spatial Distribution Pattern of *Stemona shandongensis* Populations

ZHANG Lei, QIU Qian-Dong, ZANG De-Kui

(*Forestry College, Shandong Agricultural University*, Taian, Shandong 271018, China)

Abstract: Four natural populations of *Stemona shandongensis* were analyzed by t test of dispersion coefficient, F test of Morisita's index and χ^2 test of Poisson distribution. Their aggregated intensities were measured by using the following indices: Negative binomial parameter (K), Cassie index ($1/K$), Green index (GI), Lloyd's index (m^*) and Patchness index (PAI). The influences of block size and seedling age on the distribution pattern and assemble intensity were revealed using those indexes. The causes of forming the distribution patterns were analyzed. The result indicated that the distribution patterns of *S. shandongensis* populations were clumped. The pattern scale is about eight square meters. The assemble intensities of 1-year-old plant populations were higher than those of perennial plant populations. The evolutionary of *S. shandongensis* populations are becoming higher in assemble intensity.

Key words: *Stemona shandongensis*; Population; Spatial distribution pattern; Assemble intensity

种群空间分布格局研究一直是种群生态学最活跃的研究领域,通过了解群落内物种的镶嵌情况以及物种与环境之间的相互关系,可以揭示种群分布的空间结构和分布特征[1-5]。山东百部 *Stemona shandongensis* 为百部科百部属植物,依据来自山东泰山的标本发表,该种仅产于山东中部低山丘陵地带[6-8],由于人类活动的影响已处于濒危状态,目前尚无山东百部空间分布格局的研究。本研究以山东百部 4 个野生种群为对象,利用种群空间分布格局研究中的各种经典指标及成熟的统计学方法,较全面地研究了山东百部种群的空间分布格局、聚集强度,以期揭示山东百部种群分布格局的形成机制,为制定合理有效的保护对策、加强保护提供基础。

1 研究方法

1.1 取样方法

在充分勘察山东百部野生种群分布状况的基础上,根据生境条件的差异,选取济南莲台山、泰山三阳观、淄博大贤山和淄博唐山 4 个具有代表性、保存相对完整的种群作为调查样地,实行斑块内植株全部取样。在每个样地设置 20 m × 20 m 的方格网,基本样方大小为 1 m × 1 m,总取样面积 1600 m^2。各样地的自然概况见表 1。

收稿日期:2009-02-16,修改日期:2009-04-24。
基金项目:山东省自然科学基金(Y2006D12)。
作者简介:张雷(1982-),男,山东金乡人,硕士研究生,研究方向为植物生态学(E-mail:zhanglei@sdau.edu.cn);臧德奎(1966-),男,教授。
* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail:zangdk@sdau.edu.cn)。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表1 4个种群的自然条件
Table 1 Environmental conditions of four *Stemona shandongensis* populations

项目 Items	经度(E) Longitude	纬度(N) Latitude	海拔(m) Altitude	年均气温(℃) Yearly average temperature	年降水量(mm) Yearly precipitation	坡度(°) Slope gradient	坡向 Slope aspect	群落类型 Community types
济南莲台山 Liantaishan, Jinan City	116°56.264′	36°26.570′	373	13.8	623.1	24	NW	黄栌、黄榆混交林 Mixed forest of *Cotinus coggygria* and *Ulmus macrocarpa*
泰山三阳观 Sanyangguan, Taishan Mt.	117°06.196′	36°12.831′	429	11.7	715	30	SE	麻栎、栓皮栎混交林 Mixed forest of *Quercus acutissima* and *Q. variabilis*
淄博大贤山 Daxianshan, Zibo City	118°15.062′	36°06.053′	351	11.8	713.8	31	E	侧柏林 Forest of *Platycladus orientalis*
淄博唐山 Tangshan, Zibo City	118°21.789′	36°00.041′	391	13	730	24	SE	刺槐疏林 Open forest of *Robinia pseudoacacia*

1.2 数据处理

种群分布格局的研究方法众多,一般认为扩散系数的 t 检验、Poisson 分布的 χ^2 拟合检验及 Morisita 指数的 F 检验不仅生态学意义明确,而且能够进行统计学检验,研究结果具有严格的统计学意义,较实用[9-13],因此本研究采用这 3 种方法。另外,采用负二项参数(K)、Cassie 指标($1/K$)、Green 指数(GI)和 Lloyd 的平均拥挤度(m^*)与聚块性指标(PAI)这 5 个指标相互映证,来分析比较山东百部的聚集强度。主要公式如下:

(1) 扩散系数 C 及其 t 检验

$C=\frac{S^2}{\bar{x}}$。式中,$S^2=\frac{1}{n-1}\times\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2$,$\bar{x}=\frac{1}{n}\times\sum_{i=1}^{n}x_i$。$S^2$ 是种群多度的方差,$\bar{x}$ 是种群多度的均值,n 为样方总数,x_i 为第 i 个($i=1,2,3\cdots,n$)样方中植株的个数。当 $C=1$ 时,种群为随机分布;当 $C>1$ 时,种群为集群分布;当 $C<1$ 时,种群为均匀分布。为检验 C 偏离 Poisson 分布的显著性,可进行 t 检验,其表达式为:$t=\frac{(C-1)}{\sqrt{2/(n-1)}}$,自由度 $=n-1$。

(2) Poisson 分布的 χ^2 拟合检验

Poisson 分布的概率密度函数为:$P(x)=\frac{m^x\times e^{-m}}{x!}$。式中,$x$ 为小样方植株数观测值,m 为样方中平均植株个体数即 $\bar{x}$,e 为自然对数底。

对 Poisson 分布用下面的公式来计算 χ^2 值以进行卡方拟合检验:$\chi^2=\frac{\sum_{i}^{q}(O_i-T_i)^2}{T_i}$。式中 O_i、T_i 分别是种群的实际频数和理论频数,q 是实际频数所分的组数。一般情况下要求 q 要小于实际频数的最大值,以保证计算出的 χ^2 值不产生偏差。自由度 = 组数 − 2。

(3) Morisita 指数 I 及其 F 检验(丛生指标)

$I=\frac{S^2}{\bar{x}}-1$。当 $I=0$ 时,种群为随机分布;当 $I>0$ 时,种群为集群分布;当 $I<0$ 时,种群为均匀分布。Morisita 指数的 F 检验用以下公式进行:$F=\frac{I\times(\sum x-1)+n-\sum x}{n-1}$,分子自由度为 $n-1$,分母自由度为∞。式中,x 为观测值,n 为样方数。

(4) 负二项参数

$K=\frac{\bar{x}^2}{S^2-\bar{x}}$。式中,$K$ 值用来表示种群的聚集强度,K 值愈小则聚集强度愈大。

(5) Cassie 指标(CA)

$CA=\frac{1}{K}$。式中,K 为负二项分布的参数。当 $CA=0$,为随机分布;当 $CA>0$,为聚集分布;当 $CA<0$,为均匀分布。

(6) Green 指数(GI)

$GI=\frac{(\frac{S^2}{\bar{x}}-1)}{n-1}$。当 $GI=0$ 时,种群为随机分布;当 $GI>0$ 时,种群为集群分布;当 $GI<0$ 时,种群为均匀分布。

(7) Lloyd 的平均拥挤度(m^*)与聚块性指标(PAI)

$m^*=\bar{x}+(\frac{S^2}{\bar{x}}-1)=\bar{x}+I$;$PAI=1+\frac{1}{K}$。式中,$K$ 为负二项分布值;m^* 表示一个样方内每个个体的平均拥挤程度。当 $PAI=1$ 时,为随机分布;当 $PAI>1$ 时,为集群分布;当 $PAI<1$ 时,为均匀分布。

1.3 格局规模检验

根据 Greig-Smith 所提出的等级方差分析

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

法[3,14]对 4 个山东百部种群进行格局规模检验。以各区组的均方值为纵坐标,以区组的单位格子数为横坐标,绘制格局分析图,确定格局规模。

2　结果与分析

2.1　种群格局类型

扩散系数的 t 检验、Poisson 分布的 χ^2 拟合检验以及 Morisita 指数的 F 检验(表 2、表 3)的研究结果均表明,山东百部在空间分布格局总体上表现为集群分布,总体上的聚集强度较强。

不同取样面积研究结果显示,山东百部种群在 5 m×5 m、10 m×10 m、20 m×20 m 这 3 个取样面积下,其总的空间分布格局类型没有发生明显变化,均为集群分布。在同一种群中,随取样面积的增大,种群聚集强度有逐渐增大的趋势,这是因为在自然情况下,均匀一致的生境条件很少能在较大的空间范围内出现。在较大的空间范围内,生境的异质性较显著,而在小面积上生境因子的均匀性相对容易满足[15]。就植株年龄而言,山东百部当年生植株种群和多年生植株种群的分布格局均表现为聚集强度较强的集群分布。但通过对两者进行比较可以看出,当年生植株种群的聚集强度高于多年生植株种群,表明山东百部的种子的散布能力较差,种子的分布较为集中,整个种群分布格局的演化趋向于高聚

表 2　山东百部种群分布格局

Table 2　Distributing pattern of *S. shandongensis* populations

样地 Plot	取样面积 Sample area (m×m)	扩散指数 Coefficient of dispersion				Morisita 指数 Morisita index			
		C	t	$t(0.05)$	Pattern	I	F	$F(0.05)$	Pattern
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	5×5	1.5442	1.8853	1.7109	C	0.5442	1.8866	1.5173	C
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	5×5	2.3323	4.6151	1.7109	C	1.3323	1.3738	1.5173	C
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	5×5	2.0604	3.6732	1.7109	C	1.0603	1.2616	1.5173	C
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	5×5	3.5286	8.7592	1.7109	C	2.5286	41.0601	1.5173	C
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	10×10	3.1092	14.8398	1.6604	C	2.1092	2.9048	1.2447	C
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	10×10	3.1250	14.9522	1.6604	C	2.1252	1.6137	1.2447	C
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	10×10	3.4529	17.2579	1.6604	C	2.4529	2.7465	1.2447	C
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	10×10	4.9498	27.7891	1.6604	C	3.9498	19.7414	1.2447	C
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	20×20	3.4478	34.5745	1.6487	C	2.4478	1.6169	1.1192	C
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	20×20	3.2319	31.5244	1.6487	C	2.2319	1.1667	1.1192	C
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	20×20	3.6502	37.4324	1.6487	C	2.6502	1.6286	1.1192	C
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	20×20	7.6842	94.4100	1.6487	C	6.6842	9.9607	1.1192	C
济南莲台山Ⅱ Liantaishan, Jinan City Ⅱ	20×20	2.3491	19.0546	1.6487	C	1.3491	1.0175	1.1192	C
泰山三阳观Ⅱ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅱ	20×20	2.8205	25.7136	1.6487	C	1.8205	1.0720	1.1192	C
淄博大贤山Ⅱ Daxianshan, Zibo City Ⅱ	20×20	2.9444	27.4633	1.6487	C	1.9444	1.0640	1.1192	C
淄博唐山Ⅱ Tangshan, Zibo City Ⅱ	20×20	2.7747	25.0667	1.6487	C	1.7747	1.1495	1.1192	C
济南莲台山Ⅲ Liantaishan, Jinan City Ⅲ	20×20	3.4833	35.0758	1.6487	C	2.4833	1.0744	1.1192	C
泰山三阳观Ⅲ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅲ	20×20	2.4536	20.5316	1.6487	C	1.4536	1.0500	1.1192	C
淄博大贤山Ⅲ Daxianshan, Zibo City Ⅲ	20×20	2.8096	25.5590	1.6487	C	1.8096	1.1319	1.1192	C
淄博唐山Ⅲ Tangshan, Zibo City Ⅲ	20×20	7.0423	85.3448	1.6487	C	6.0423	8.9490	1.1192	C

注:Ⅰ,总体种群(Total population);Ⅱ,当年生植株种群(1-year-old plant population);Ⅲ,多年生植株种群(Perennial plant population);C,聚集分布(Clumped pattern)。下同(The same below)。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表3 山东百部种群分布格局与聚集强度

Table 3 Distributing pattern and assemble intensity of *S. shandongensis* populations

样地 Plot	取样面积 Sample area (m×m)	泊松分布的拟合 χ^2 test of poisson distribution			负二项参数(K) Negative binomial index	Cassie 指标(CA) Cassie index	Green 指数(GI) Green index	平均拥挤度(m^*) Mean crowding	聚块性指标(PAI) Patchness index
		χ^2	$\chi^2(0.05)$	Pattern					
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	5×5	61.3827	35.1725	C	13.1563	0.0760	0.0227	7.7042	1.0760
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	5×5	62.7220	35.1725	C	2.3419	0.4270	0.0555	4.4523	1.4270
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	5×5	103.0898	35.1725	C	5.8848	0.1699	0.0442	7.3004	1.1699
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	5×5	61.3827	35.1725	C	13.1563	0.0760	0.0227	7.7042	1.0760
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	10×10	29382.9990	122.1077	C	2.0481	0.4883	0.0213	6.4292	1.4883
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	10×10	1186.8482	122.1077	C	0.8093	1.2356	0.0215	3.8452	2.2356
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	10×10	2736.5676	122.1077	C	1.5043	0.6648	0.0248	6.1429	1.6648
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	10×10	298118852.9	122.1077	C	2.2887	0.4369	0.0399	12.9898	1.4369
济南莲台山Ⅰ Liantaishan, Jinan City Ⅰ	20×20	162881226.1	445.5159	C	0.8773	1.1399	0.0061	4.5953	2.1399
泰山三阳观Ⅰ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅰ	20×20	67455.917	445.5159	C	0.4738	2.1105	0.0056	3.2894	3.1105
淄博大贤山Ⅰ Daxianshan, Zibo City Ⅰ	20×20	15165593	445.5159	C	0.8188	1.2213	0.0066	4.8202	2.2213
淄博唐山Ⅰ Tangshan, Zibo City Ⅰ	20×20	1.4138×1019	445.5159	C	0.5528	1.8090	0.0168	10.3792	2.8090
济南莲台山Ⅱ Liantaishan, Jinan City Ⅱ	20×20	22284.4138	445.5159	C	0.2038	4.9057	0.0034	1.6241	5.9057
泰山三阳观Ⅱ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅱ	20×20	2709593.3	445.5159	C	0.1593	6.2776	0.0046	2.1105	7.2776
淄博大贤山Ⅱ Daxianshan, Zibo City Ⅱ	20×20	94402.8589	445.5159	C	0.2287	4.3694	0.0049	2.3894	5.3694
淄博唐山Ⅱ Tangshan, Zibo City Ⅱ	20×20	33074574055	445.5159	C	0.2493	4.0106	0.0044	2.2172	5.0106
济南莲台山Ⅲ Liantaishan, Jinan City Ⅲ	20×20	1435114578	445.5159	C	0.7540	1.3262	0.0062	4.3558	2.3262
泰山三阳观Ⅲ Sanyangguan, Taishan Mt. Ⅲ	20×20	21710.04	445.5159	C	0.5280	1.8940	0.0036	2.2211	2.8940
淄博大贤山Ⅲ Daxianshan, Zibo City Ⅲ	20×20	6614.3154	445.5159	C	0.9533	1.0490	0.0045	3.5346	2.0490
淄博唐山Ⅲ Tangshan, Zibo City Ⅲ	20×20	7.8906×1020	445.5159	C	0.5383	1.8578	0.0151	9.2948	2.8578

集强度的集群分布。在所研究的4个种群中,泰山三阳观种群的聚集强度最大,平均拥挤度最小,受威胁最严重。

2.2 种群格局规模

种群格局规模的分析表明,济南莲台山、泰山三阳观、淄博大贤山和淄博唐山4个种群在区组8处均有一个显著的峰值(图1),说明4个取样种群的聚集尺度均为8 m^2。因此可以认为,山东百部种群的聚集尺度为8 m^2。

3 讨论

种群分布格局是物种与环境长期相互适应、相互作用的结果。一般认为,环境因子的异质性、植物繁殖体本身散布的有限性以及种间竞争是种群形成集群分布的主要原因[2,16,17]。研究表明,在较大空间尺度上,山东百部种群分布格局表现为集群分布,不同类型种群的聚集强度有所差异,但种群聚集尺度多为8 m^2。这种空间分布格局的形成,既与人为活动的影响有关,也与山东百部本身的生物学特性有关。

山东百部的主要分布区属于低山丘陵,人类活动比较频繁,生境破坏较严重,而济南莲台山、泰山三阳观、淄博大贤山和淄博唐山这4个种群都处于风景旅游区中,景区建设和旅游活动也严重影响了山东百部种群规模的扩大。就繁殖习性而言,山东百部既可进行有性繁殖,也可进行无性繁殖,但以前

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

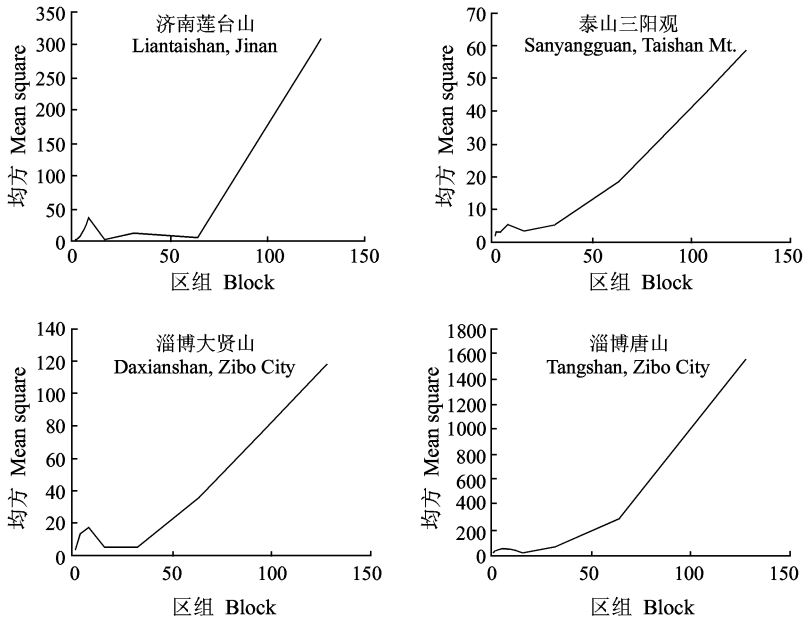

图 1　山东百部种群格局聚集规模

Fig. 1　Pattern scale analysis of *Stemona shandongensis* populations

者为主。山东百部的种子在 7 ~ 9 月成熟,但开花结实量小,主要是种群内较大的植株结实,种子自然散布的能力较差,蒴果开裂后种子仅散布于母株周围,并极易因雨水冲刷而集中到山坡上的凹地,所以种子萌发成幼苗在母株周围或下方凹地形成高强度的集群状分布。种群格局的分析也表明,当年生植株种群的聚集强度高于多年生植株种群。无性繁殖方面,山东百部可以通过茎基部的蘖芽更新,更新幼苗同样聚集在母株周围,使种群内的分布格局更加趋向于集群分布。此外,物种由于生态学特性的差异,分布范围或宽广或狭域,山东百部主要生长于低海拔阔叶林下,对光照和土壤等生境条件要求相对比较严格,也是导致其形成斑块分布的原因之一。

集群分布格局是山东百部种群在生物群落中为了生存和延续所表现的一种生态对策,但对其种群分布格局的动态变化过程和生长机制尚不完全了解,值得进一步研究。因此,在山东百部的保护策略上,首先应当保护其自然分布区的生境,对于分布集中的区域进行封育性保护,减少人为活动的干扰。

参考文献:

[1] Hedrick P W. Population Biology[M]. New York:Jones and Barlett Publishers Inc. ,1984: 85 -106.

[2] 谢宗强,陈伟烈,刘正宇,等. 银杉种群的空间分布格局[J]. 植物学报,1999,41(1): 95 -101.

[3] Greig-Smith P. The use of random and contagious quadratsin the study of structure of plant communities[J]. *Annals of Botany*, 1952,16: 293 -316.

[4] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,2004: 243 -282.

[5] 张峰,上官铁梁. 山西翅果油树群落优势种群分布格局研究[J]. 植物生态学报,2000,24(5): 590 -594.

[6] 臧得奎,彭卫东. 百部属一新种[J]. 植物研究,1996,16(4): 413 -414.

[7] 李法曾,赵遵田,樊守金,等. 山东植物精要[M]. 北京:科学出版社,2004: 136.

[8] Ji Z H, Duyfjes B E E. *Stemonaceae*[M]//Flora of China: Vol. 24. Beijing:Science Press, St. Louis:MBG Press,2000: 70 -72.

[10] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适用性研究[J]. 植物生态学报,1997,21(5): 480 -484.

[11] 韩照祥,朱惠娟,张文辉,等. 不同地区不同尺度下栓皮栎种群的空间分布格局[J]. 西北植物学报,2005,25(6): 1216 -1221.

[12] 张亚爽,苏智先,胡进耀. 四川卧龙自然保护区珙桐种群的空间分布格局[J]. 云南植物研究,2005,27(4): 395 -402.

[13] 邢福,王艳红,郭继勋. 内蒙古退化草原狼毒种子的种群分布格局与散布机制[J]. 生态学报,2004,24(1): 143 -148.

[14] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. 2nd ed. London: Butterworth & Co. ,1962.

[15] 李媛,梁士楚,黄元河,等. 野生罗汉果种群分布格局研究[J]. 广西植物,2007,27(4): 581 -584.

[16] Kershaw K A, Looney J H H. Quantitative and Dynamic Plant Ecol. 3rd ed [M]. London: Edward Arnold,1985.

[17] Pielou E C. Mathematical Ecology [M]. New York: Wiley, 1977.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn