

陕西洛河流域不同生境蝗虫的群落结构^{*}

刘 慧¹ 廉振民^{1,2**} 常 罡³ 孔光耀¹

(1. 陕西师范大学生命科学院 西安 710062; 2. 延安大学 延安 716000; 3. 中国科学院动物研究所 北京 100080)

The diversity of grasshopper community in different habitats in Luo River Pregon, Shanxi. LIU Hui¹, LIAN Zhen-Min^{1,2**}, CHANG Gang³, KONG Guang-Yao¹ (1. College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi' an 710062 China; 2. Yan' an University, Yan' an 716000, China; 3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 10080 China)

Abstract The structure of grasshopper community in different environment in Luo River region was compared using species-abundance model, diversity index, similarity analysis, principal component analysis and stepwise regression. The results showed that the distribution of grasshoppers in different environment basically matches to the Preston's lognormal distribution in which that in forest matches best. The trend of every diversity index is forest > forest and grassland > floodplain and cropland > typical grassland. In the analysis of similarity and clustering, the similarity of typical grassland, forest and grassland and forest is very high, where as floodplain and cropland are completely different environment. The results of PCA analyzing the vegetation factors and grasshoppers community showed, the cumulative percent of two principal components reach 92.558% and 78.566%, respectively. By stepwise regression analysis it showed that several vegetation factors, including grass height diversity, tree density, leguminosae dominance degree, gramineae dominance degree and other grass dominance degree, influence the species and numbers of grasshopper.

Key words species-abundance model, similarity, PCA, stepwise regression

摘 要 应用种-多度分布模型、多样性指数、相似性分析、主成分(PCA)分析及多元逐步回归等方法比较了洛河流域不同生境的蝗虫群落结构。结果显示:洛河流域各生境的蝗虫分布基本上服从 Preston 对数正态分布,其中以森林拟合的最好。各多样性指数的变化趋势均为森林 > 森林草原 > 河滩和农田 > 典型草原。在相似性分析中,典型草原、森林草原和森林这 3 种生境相似性很高,而河滩和农田则是完全不同的另一种生境。对各生境植被因素和蝗虫群落所进行的主成分分析,结果非常理想,两维主成分的累计方差贡献率分别达到了 92.558% 和 78.566%。通过多元逐步回归发现,影响蝗虫种类和数量变化的植被因素有草本植物高度多样性、树木盖度、豆科优势度、禾本科优势度和其他科优势度等。

关键词 种-多度模型,相似性,主成分,多元逐步回归

蝗虫是农林牧业的重要害虫之一,严重地影响了人民的生产、生活,因此有关蝗虫多样性的研究得到了广泛的关注。但是以往的研究主要集中于草原蝗虫群落,有关流域蝗虫群落的研究还比较匮乏^[1-5]。并且近年来洛河流域的自然环境变化较大:一方面,洛河流域部分地区的森林片断化和栖息地退化导致生态环境变迁,生物多样性遭到破坏;另一方面,老区人民在我国实施西部大开发的大形势下,退耕还林、退耕还草,为当地恢复生态、保持水土流失做出

了积极的贡献。本研究希望能通过调查该地区不同生境蝗虫的生物多样性,探讨洛河流域蝗虫的物种多样性和生态系统多样性特点及分布规律,为该地区蝗虫的防治和农业发展提供一些科学依据。

* 陕西省自然科学基金资助项目(2003C127); 国际泥沙研究培训中心资助项目(2005-01-05)。

** 通讯作者, E-mail: lianzhenmin@snnu.edu.cn

收稿日期: 2006-07-17, 修回日期: 2006-10-13

1 研究地区概况及研究方法

1.1 研究地区概况

洛河(又称北洛河),古称洛水或北洛水,是黄河的二级支流。干流发源于陕西省定边县白于山郝庄梁,流经吴旗、志丹、甘泉、富县、洛川、黄陵等县,在大荔县东南汇入渭河左岸,总长 680 km。流域面积 26 905 km²,水土流失面积 17 281 km²,占流域面积的 64.2%。流域地处暖温带,属大陆性气候。年平均降水量 510~540 mm,7~9 月降水占全年的 50%~63%,且多以暴雨形式出现。

洛河流域呈窄长带状,从西北向东南斜穿陕北、关中两地区。流域范围,北以白于山与无定河分水,西沿子午岭与泾河为界,东至崂山、黄龙山分水岭与延河及其以南的黄河小支流分界,南与渭河相邻。洛河流域黄土高原段随着不同地区湿润度分布的差异,形成了植被的天然地带性变化,由东南向西北天然植被的地带性分布规律为:森林、森林草原、典型草原。按侵蚀情况及自然特点,洛河流域有 4 种地貌类型:(1)黄土丘陵林区;(2)黄土丘陵沟壑区;(3)黄土高原沟壑区;(4)黄土阶地区。本研究主要集中在洛河流域的黄土丘陵沟壑区和黄土高原沟壑区。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查:由于样地中农作物、杂草等较高,此外还有灌木和乔木,因此不宜采用网罩法捕捉蝗虫。本研究采取昆虫网随机采集法来统计样地中蝗虫的数量和种类。采用直接观察法统计样地中蝗虫的种类和数量;对于不能确定种类的蝗虫,首先统计其数量,再用网径 30 cm 的昆虫网采集回实验室进行鉴定,计算各种的个体数量比例。

野外调查共选取了洛河流域黄土高原段的 5 个县,即黄陵县(黄土高原南部森林区)、富县(黄土高原南部森林区)、甘泉(黄土高原中南部森林草原区)、志丹(黄土高原中南部森林草原区)和吴旗(黄土高原北部丘陵沟壑典型草原区)。根据每个县的生态环境特征,选取了一些

具有代表性的样地采集标本。

野外调查于 2004 年 5~9 月进行,每月的中旬在上述样地选择不同的生态类型作为样点,在各样点内按随机取样原则统计蝗虫的种类和数量。具体取样方法为:按“Z”字形每走约 50 步取一样方,样方的大小为 1 m × 1 m,每块样地取样 50 个左右。

1.2.2 数据处理:群落多样性指数使用 Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Weiner 多样性指数、种间相遇机率、Simpson 优势集中度指数、Pielou 均匀度指数;相似性分析采用 Pearson 相似矩阵;排序采用主成分(PCA)分析;回归采用多元逐步回归分析^[6~8]。

以上分析均在计算机上完成,主要采用的工具有 EXCEL 电子表格,SPSS 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 蝗虫群落数量分析

本次实验共采集到蝗虫标本 1 647 只,隶属于 6 科 13 属 20 种,癞蝗科 Pamphagidae 1 属 1 种,锥头蝗科 Pygomorphae 1 属 1 种,斑腿蝗科 Catantopidae 3 属 3 种,网翅蝗科 Arcypteridae 3 属 9 种,斑翅蝗科 Oedipodidae 4 属 4 种,剑角蝗科 Acrididae 2 属 2 种(表 1)。

表 1 各生境蝗虫群落科、属、种和个体数比较

	典型草原	森林草原	森林	河滩和农田
科	5	6	5	6
属	8	12	12	13
种类	10	16	18	16
个体数	180	470	445	551

洛河流域蝗虫种类分布极不均匀,古北种占 70%,东洋种仅短角外斑腿蝗 *Xenocatantops humilis brachycerus* (Willemsen) 1 种,占 5%,广布种占 20%,特有种占 5%,本区特有种为楼观雏蝗 *Chorthippus louguanensis* Cheng et Tu。

黄胫小车蝗 *Oedaleus infernalis* Saussure 为本区蝗虫优势种,占总数量的 20.2%;短角外斑腿蝗 *Xenocatantops humilis brachycerus* (Willemsen) 和异色雏蝗 *Chorthippus biguttulus* (L.) 的数量最少,分别仅占 0.1% 和 0.06%(图 1)。

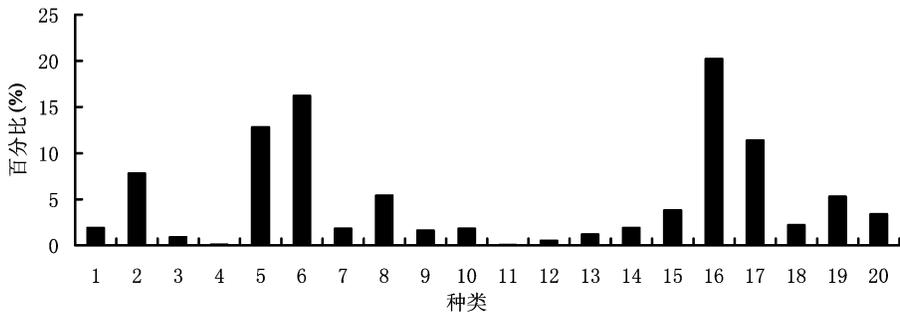


图1 蝗虫种类多度

1. 笨蝗 2. 短额负蝗 3. 小稻蝗 4. 短角外斑腿蝗 5. 短星翅蝗 6. 隆额网翅蝗 7. 黑翅雏蝗 8. 白纹雏蝗 9. 楼观雏蝗
10. 夏氏雏蝗 11. 异色雏蝗 12. 小翅雏蝗 13. 东方雏蝗 14. 素色异爪蝗 15. 大垫尖翅蝗 16. 黄胫小车蝗 17. 赤翅蝗
18. 疣蝗 19. 荒地蚱蜢 20. 日本鸣蝗

2.2 种—多度分布

种—多度关系研究是群落生态学研究的重要内容之一,其目的在于描述群落内各物种个体数量的分布规律^[9]。

在 X 轴为 倍程刻度 (Log 3 对数级数)、Y 轴为普通算术刻度的坐标系中,以蝗虫个体数为横坐标,以蝗虫种类数为纵坐标来描绘种—多度折线图。若某个体数恰好落在某倍程边界时,则将其一半分配至其边界的前一倍程,后一半至后一倍程。

如图 2 所示,各生境的蝗虫分布基本上服从 Preston 对数正态分布,其中以森林拟合的最好,其次是典型草原,森林草原与河滩和农田由于边缘效应的存在,物种分布极不稳定^[10]。该模型反映了各个生境的蝗虫群落结构组成和多个物种共存于群落中的原则,群落可以容纳较多的稀有种。可以认为,在黄土高原地区,森林是一种环境较好、物种丰富的群落。

2.3 群落多样性指数的变化

表 3 表示的是不同生境蝗虫群落多样性的变化。从中可以看出,Shannon-Weiner 多样性指数的变化趋势是森林> 森林草原> 河滩和农田

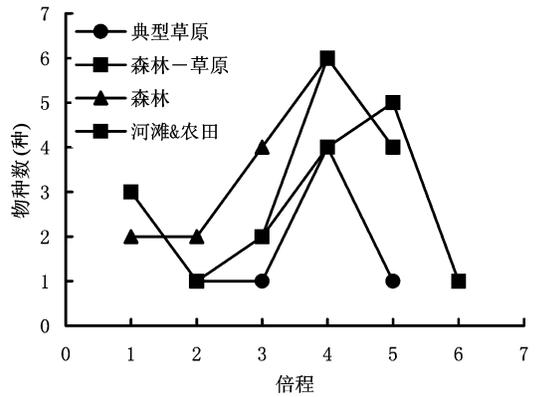


图2 各生境种—多度分布图

> 典型草原。蝗虫在森林的分布最多,其主要原因是:森林植被的破坏使密林变疏,使林中温度升高、湿度降低、光照增加,土壤湿度及结构、植被等生境条件发生变化,使草层多样性增加,草本植物种类增大,适宜蝗虫取食的植物种类数量增大。森林的植被丰富,气候适宜,适合蝗虫的生长和繁殖;森林草原是过渡带,兼有森林和草原的各自特点,但是因为其环境很不稳定,所以物种多样性略低于森林;河滩和农田的多样性高于典型草原,这是因为河滩和农田的植

表 2 不同生态类型多样性指数

	H'	D_m	J_{sw}	λ	PIE	$H'(GS)$
典型草原	1.820 5	1.201 3	0.790 7	0.183 2	0.816 8	1.656 9
森林草原	2.241 6	1.689 9	0.808 5	0.132 3	0.867 7	2.129 6
森林	2.353	1.932 3	0.814 1	0.130 0	0.870 0	2.303 3
河滩 & 农田	2.192 3	1.647 3	0.790 7	0.143 8	0.856 2	2.103

被主要是一些草本植物和农作物,而这正是某些蝗虫所喜食的;草原植被稀少,单调,气候干旱,蝗虫的分布较少。

Margalef 物种丰富度指数、种间相遇机率(PIE)和等级多样性指数 H' (GS) 的变化趋势与 Shannon-Weiner 多样性指数完全一致,优势集中度指数 λ 则恰恰相反。Pielou 均匀度指数的变化趋势是森林 > 森林草原 > 河滩 & 农田 = 典型草原。

2.4 相似性分析

上面的多样性分析主要是基于 α 多样性的,为了更好的对物种群落进行分析, β 多样性也是不容忽视的。 β 多样性用来描述沿着环境梯度变化物种替代的程度。不同群落或某环境梯度上不同点之间的共有种越少, β 多样性越大。目前比较成熟的群落分类和排序技术是测度 β 多样性的较好方法,其中最简便的方法是运用相似性系数来测度群落生境间的 β 多样性。本文所采用的是 Pearson 相似性系数。

表3是各个生态类型的相似性系数矩阵,可以看出,典型草原和森林草原(0.872)以及森林(0.755)的蝗虫群落分布相似性极显著,森林草原和森林(0.761)的群落分布相似性也极显著。典型草原和河滩和农田(0.462)、森林草原和河滩和农田(0.473)的蝗虫群落分布相似性为显著,而森林和河滩和农田(0.416)的群落分

布相似性不显著。

相似性结果反映了蝗虫群落在生境上的分布规律,典型草原—森林草原—森林是一个连续的分布范围,而河滩和农田则是完全不同的另一种生境。

表3 不同生境相似性系数矩阵

	典型草原	森林草原	森林	河滩和农田
典型草原		0.872**	0.755**	0.462*
森林草原	0.872**		0.761**	0.473*
森林	0.755**	0.761**		0.416
河滩和农田	0.462*	0.473*	0.416	

注:原始数据为概率“%”型即各物种所占的比例。*表示相关显著($P < 0.05$);**表示相关极显著($P < 0.01$)。

2.5 植被因素及蝗虫群落主成分(PCA)分析

2.5.1 植被因素主成分分析:植被的构成往往非常复杂,根据调查结果,按照陈水华等的方法,将树高多样性及草高多样性划分为5个等级(1~5),1表示树木或草层高度一致,多样性水平很低;5表示各种高度的树木或草的种类很丰富而且均匀,多样性水平很高^[1]。表4是本实验所采用的一些主要生境植被因素。

植被因素 PCA 的第一和第二主成分的方差贡献率分别为 68.982% 和 23.576%,两者累计的方差贡献率达到了 92.558%,占据了绝大多数的信息量,所以它们可以代表整个植被的特征。

表4 不同生境植被参数

代号	植被参数	生境			
		典型草原	森林—草原	森林	河滩和农田
THD	树高多样性	1	3	4	0
GHD	草本植物高度多样性	3	4	3	4
TD	树木盖度(%)	5	52	55	0
GD	草本植物盖度(%)	40	35	24	45
CoD	菊科优势度(%)	15.7	33.7	28.2	24.6
LD	豆科优势度(%)	4.3	18.3	18.6	14.5
GrD	禾本科优势度(%)	63.5	32.3	26.4	41.7
CyD	莎草科优势度(%)	3.1	7.1	16.1	3.4
OD	其他科优势度(%)	13.4	8.6	10.7	15.8

各植被因素对 PCA 的贡献率为:对第一主成分贡献率大的有树高多样性、树木盖度和莎草科优势度等,它们的作用方向与第一主成分相同;此外贡献率较大的还有草本植物盖度和

其他科优势度,它们的作用方向与第一主成分相反。对第二主成分贡献率大的有草本植物高度多样性、菊科优势度和豆科优势度,它们的作用方向与第二主成分相同;此外贡献率较大的

还有禾本科优势度,它的作用方向与第二主成分相反。

2.5.2 蝗虫群落主成分分析:蝗虫群落 PCA 的第一和第二主成分的方差贡献率分别为 47.102% 和 31.464%,两者累计的方差贡献率达到了 78.566%,占取了大多数的信息量,所以它们可以代表整个蝗虫群落的特征。

各蝗虫种类对 PCA 的贡献率为:对第一主成分贡献率大的有短额负蝗、小稻蝗、楼观雏蝗、大垫尖翅蝗、黄胫小车蝗和荒地蚱蜢等,它们的作用方向与第一主成分相同;此外贡献率较大的还有白纹雏蝗、夏氏雏蝗等,它们的作用方向与第一主成分相反。对第二主成分贡献率大的有短角外斑腿蝗、黑翅雏蝗、异色雏蝗、小翅雏蝗和东方雏蝗等,它们的作用方向与第二主成分相同。

3 讨论

几种常用的 α 多样性指数, Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Weiner 多样性指数、优势集中度指数和种间相遇机率均能反映出洛河流域黄土高原段蝗虫群落的多样性特征,即不同生态类型的蝗虫群落分布则表现出森林 > 森林—草原 > 河滩和农田 > 典型草原的趋势。然而 Pielou 均匀度指数的变化却有些异常,没有一定的规律性,其原因可能是不同生态类型的物种数差异太大。Pielou 均匀度指数的计算是 Shannon-Weiner 多样性指数的实测值与最大值之比,而 Shannon-Weiner 多样性指数的最大值是指此样本中所含有的物种数减 1 的倒数,物种差异越大,其最大值差异越大。因此当 Pielou 均匀度指数计算的分母差异值很大时,其可比性就很差,无法反映出客观规律。

蝗虫群落组成结构与蝗虫的栖息条件和植被构成有着密切的关系。不同的蝗虫种类要求不同的植被、生活环境及不同的产卵繁殖场所^[12]。因此,了解并控制蝗虫发生的特殊生境对防止蝗虫大发生非常必要。

生境相似性比较的结果反映了物种在生境

内组成的分布规律及物种之间的相关关系。黄胫小车蝗在 4 种生境中所占的比例均比较高,可见该种是整个研究地区的广布优势种;短额负蝗和荒地蚱蜢在河滩和农田中分布较多,说明它们喜欢栖息于潮湿的环境;大垫尖翅蝗只在河滩和农田这一生境中采到,这与它喜欢分布在盐碱地、喜食禾本科植物的生物学特性是分不开的^[13-15]。

主成分分析常被用来寻找判断某种事物或现象的综合指标,并将综合指针所蕴藏的信息适当的解释,以便更深刻的表现事物的内在规律。通过本研究证明,主成分分析是一种非常好的排序方法,用此方法可以取得比较满意的结果。

致谢 感谢陕西师范大学生命科学学院王孝安教授在数据分析过程中给予的帮助;感谢延安大学生命科学学院刘长海副教授、王延峰博士在野外采集标本过程中给予的帮助。

参 考 文 献

- 1 严忠诚,陈永林. 昆虫学报, 1997, 40(3): 271~275.
- 2 刘缠民,廉振民. 徐州师范大学学报(自然科学版), 2001, 19(2): 63~65.
- 3 刘缠民,廉振民. 生态学报, 2003, 23(6): 1222~1229.
- 4 常罡,廉振民,蒋国芳,王彦青,刘慧. 昆虫知识, 2006, 43(1): 41~46.
- 5 陈永林. 昆虫知识, 2005, 42(5): 506~509.
- 6 马克平,刘玉明. 生物多样性, 1994, 2(4): 231~234.
- 7 Lockwood J. A., Li H. C., Dodd J. L., Williams S. E.. *J. Orthop. Res.*, 1994, 2: 4~14.
- 8 May R., *Patterns of Species Abundance and Diversity*, Cambridge MA: Harvard University Press, 1975. 81~120.
- 9 孙儒泳. 动物生态学原理(第 3 版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001. 394.
- 10 廉振民,于广志. 生态学报, 2004, 21(8): 1269~1275.
- 11 陈水华,丁平,郑光美,诸葛阳. 生态学报, 2002, 22(2): 141~149.
- 12 Joern A. *Southw. Natur*, 1982, 27: 197~209.
- 13 颜忠诚,陈永林. 生态学报, 1997, 17(6): 666~670.
- 14 贺达汉,郑哲民. 应用与环境生物学报, 1997, 3(1): 6~12.
- 15 颜忠诚,陈永林. 生态学报, 1998, 18(3): 278~282.