

延安北洛河流域蝗虫群落的边缘效应

李亚妮¹, 王文强², 廉振民²

(1. 延安大学 能源与环境工程学院, 陕西 延安 716000; 2. 延安大学 生命科学学院, 陕西 延安 716000)

摘要: 蝗虫作为重要的昆虫, 研究其边缘效应, 有助于更详细和准确地把握其分布格局, 从而为蝗虫的边缘效应及其强度的分析和其防治提供理论基础。根据延安北洛河流域的生态特点, 选取农田-草地、农田-灌草丛、农田-道路和草地-道路 4 种边缘类型进行调查与分析。结果表明: 草地-道路边缘利于蝗虫孳生, 其物种数(25 种)和多样性指数 H' (2.574 5) 都高于其他 3 种边缘; 边缘效应强度除农田-灌草丛(0.916 0<1)边缘外, 其余类型均呈边缘正效应(>1)。说明在进行蝗虫防治工作时, 应将边缘效应作为一种重要影响因子考虑在内, 同时结合不同种类蝗虫在边缘反应类型上的差异, 采取有针对性的防治措施与手段, 才能达到理想的防治效果。图 1 表 2 参 20

关键词: 昆虫生态学; 蝗虫群落; 边缘效应; 北洛河流域; 延安

中图分类号: Q968 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)02-0275-05

Edge effects of grasshopper communities in the North-Luo River Valley of Yan'an

LI Ya-ni¹, WANG Wen-qiang², LIAN Zhen-min²

(1. College of Energy and Environmental Engineering, Yan'an University, Yan'an 716000, Shaanxi, China;

2. College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an 716000, Shaanxi, China)

Abstract: With the advance of biodiversity and landscape research, the studies on edge effect has enter a new phase since the concept of edge effect came into being, and the study on the response of creature to edge effect has become a hot research topic too. Grasshopper as one group of the important insects, the study on the edge effect would help us to grasp their distribution patterns precisely and hence offer some of basic theory on the analysis on grasshoppers' edge response and its intensity. Four types of edge zones: farmland-grassland, farmland-shrub, farmland-road, and grassland-road, were selected and analyzed based on ecological characteristics of the North-Luo River Valley of Yan'an using the Shannon-Wiener biodiversity index (H'), Pielou index(J), Simpson index(C)and species quantity. Results showed that both species quantity(25 species) and H' of 2.574 5 for the grassland-road treatment were highest. Edge effects with four edges for the farmland-shrub treatment was below 1 (0.916 0); whereas the other three treatments had positive effects(> 1). Thus, for effective grasshopper prevention and control, edge effects should be considered as an important factor so as to combine different types of grasshoppers to different edge types. [Ch, 1 fig. 2 tab. 20 ref.]

Key words: insect ecology; grasshopper communities; edge effect; North-Luo River Valley; Yan'an

边缘效应作为一种普遍存在的自然现象, 是生态交错带的显著特征之一, 也是生态学和保护生物学中非常重要的概念。自从 Leopold^[1]提出边缘效应的概念以来, 绝大部分的研究是关于高等植物和脊椎动物方面^[2-8]。随着生物多样性和景观生态学研究的不断深入, 昆虫的边缘效应及其对边缘效应的应用

收稿日期: 2010-07-07; 修回日期: 2010-09-13

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(206148); 陕西省教育厅科研计划项目(09JK824); 延安大学科研基金资助项目(YD2007-049)

作者简介: 李亚妮, 讲师, 从事生物多样性等研究。E-mail: liyenedu@163.com。通信作者: 廉振民, 教授, 博士生导师, 从事昆虫学、生态学及生物多样性等研究。E-mail: lianzhenmin@yau.edu.cn

研究也日益见多^[9-11], 边缘效应的研究进入了一个全新的阶段。蝗虫作为一个特殊的昆虫类群, 尤其对农业生产有着严重的危害, 对草场、林木幼苗危害也不容忽视。蝗虫发生与环境的关系一直受到人们的广泛关注, 但是以往的研究主要集中在草原蝗虫群落, 对于流域蝗虫群落的边缘效应研究还比较匮乏^[12-14]。近年来, 延安北洛河流域这一特殊地理区域广泛采取封山禁牧和退耕还林还草等一系列措施, 生态植被环境发生了显著变化, 为研究该地区蝗虫群落的边缘效应提供了良好样地。笔者通过探讨该地区生态边缘处蝗虫群落的边缘效应, 以掌握蝗虫群落在边缘处的多样性变化、边缘效应强度及边缘反应类型等特点, 进而为该地区蝗虫防治和农业发展提供科学依据。

1 研究地区概况

研究区域设在延安境内的北洛河流域。北洛河发源于陕西定边县白于山南麓的草梁山, 河流自西北流向东南, 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, 全长 680.3 km, 流域面积为 2.7 万 km²。北洛河流域地处暖温带, 年平均降水量为 510 ~ 540 mm, 属大陆性干旱半干旱季风性气候。北洛河流域呈窄长带状, 从西北向东南斜穿陕北、关中两地区。流域内地质地貌复杂, 上游段为黄土丘陵沟壑区, 侵蚀方式以水蚀为主。中游段为黄土高原沟壑区, 以水蚀、重力蚀为主。下游段包括渭河、洛河冲积平原区及风沙区, 侵蚀方式以水蚀、风蚀为主。

2 研究方法及数据处理

2.1 取样方法

调查时间为 2006 - 2007 年 6 - 9 月, 每月中旬到北洛河流域黄土高原段的吴旗、志丹、甘泉、富县、洛川、黄陵各县, 根据其生态环境特征选取代表性的样地进行取样。在边缘方向设置 4 ~ 10 个与边缘垂直的样条地, 样条地间隔为 5 ~ 20 m, 沿每一样条带每隔 5 m 设置样方, 样方大小为 2 m × 3 m, 取 8 个样方, 以便使取样地至少深入栖息地内部 50 m^[9-10, 14-15]。其中边缘处样方应跨越边缘。具体方法见模式图 1。

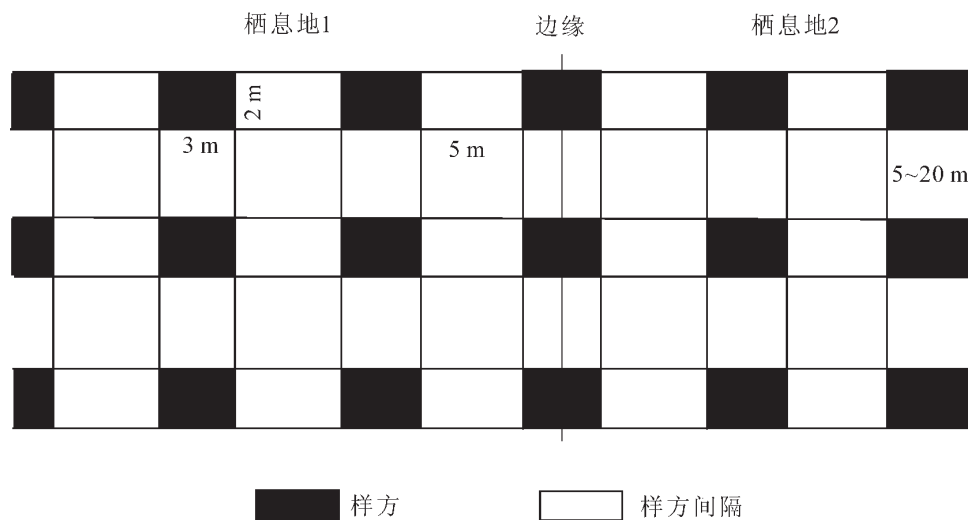


图 1 边缘研究的取样方法

Figure 1 Sampling design of the edge study

2.2 数据收集和标本鉴定

采用直接观察法统计样地中蝗虫的种类和数量, 然后用网径 30 cm 的昆虫网进行随机网捕。将捕捉到的蝗虫迅速投入氰化钾毒瓶中毒死, 毒死后放入事先准备好的纸包, 详细记录采集样方的环境、海拔高度和采集时间等信息, 并将采集到的标本放入干燥阴凉处自然晾干。鉴定前, 把标本进行还软、针插, 鉴定后置于装有防霉防虫药品的标准盒内, 统计出不同地区不同边缘类型中蝗虫的种类及个体数。物种的鉴定参考郑哲民和许文贤《陕西蝗虫》^[16]、郑哲民《蝗虫分类学》^[17]等蝗虫分类专著。

2.3 数据处理

本实验主要采用 Excel 电子表格建立数据库，并充分应用其公式编辑功能，利用生物多样性分析程序进行多样性指数的计算和分析。

数据处理所采用的公式如下^[18]。Shannon-Wiener 多样性指数公式： $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ；Pielou 均匀度指数公式： $J = H'/H'_{\max}$ ；Simpson 优势度指数公式： $C = \sum (N_i/N)$ 。其中， N_i 为群落中第 i 个物种的个体数； N 为群落中物种总个体数； P_i 为第 i 个个体属于第 i 种的概率。

3 结果与分析

3.1 4 种边缘类型的蝗虫群落边缘效应分析

本研究调查的 4 种边缘及其相邻的生态系统中蝗虫群落的多样性指数见表 1。由表 1 可以看出，在农田-草地边缘、农田-道路边缘、草地-道路边缘中，蝗虫群落的多样性指数都比各自相邻的生态系统中为高，而在农田-灌草丛边缘中却相反。由农田-草地边缘、农田-道路边缘、草地-道路边缘的多样性指数可以说明边缘处物种丰富，并且各物种的生产能力比在相邻生态系统中为高。针对大部分蝗虫种群来说，它们适应边缘处的环境，能够在边缘很好地生存和繁殖，因此边缘效应呈正效应，也就是说边缘环境有利于蝗虫的孳生。对于农田-灌草丛边缘而言，它们的边缘效应则呈负效应。其原因可能是这种边缘的植被茂盛，盖度太大，照度较小，相对来说不利于蝗虫的孳生。

4 种边缘类型中蝗虫种类从 16 种到 25 种不等，4 种类型边缘地带中的优势种也有

不同。农田-草地边缘地带中蝗虫群落的优势种为轮纹异痂蝗 *Bryodemella tuberculatum*，黄胫小车蝗 *Oedaleus infernalis* 和宽翅曲背蝗 *Pararcyptera microptera*，农田-灌草丛边缘地带中的优势种为黄胫小车蝗、宽翅曲背蝗和短星翅蝗 *Calliptamus abbreviatus*，农田-道路边缘地带中蝗虫群落的优势种为短额负蝗 *Atractomorpha sinensis*，黄胫小车蝗和短星翅蝗，草地-道路边缘中蝗虫群落的优势种为宽翅曲背蝗、黄胫小车蝗、短星翅蝗和轮纹异痂蝗。就蝗虫群落的物种多样性而言，草地-道路边缘地带中的多样性指数 H' 值最高，而农田-灌草丛边缘地带中的 H' 值最低；相反，草地-道路边缘地带中的 Pielou 均匀度指数 J 值最低，而农田-灌草丛边缘地带中的 J 值最高。就蝗虫群落均匀性而言，农田-草地边缘地带中蝗虫群落的均匀性最高，而草地-道路边缘地带中蝗虫群落的均匀性最低。

草地-道路边缘地带中蝗虫的物种数和多样性指数 H' 都明显高于其他 3 种类型边缘地带中的相应指标。这与草地-道路边缘地带中的特殊生境有关。草地内植物种类丰富，植被覆盖度较大，可供蝗虫的食物较多，所以适合植食性蝗虫种类的生存，而且随着气温愈来愈高，草地-道路边缘就成为一些耐旱、喜光的蝗虫种类生存和栖息的理想场所。

3.2 边缘效应强度分析

根据边缘效应强度测度模型^[19-20]进行计算：即令某一度量为群落中种群数量和结构的定量指标。设定由 M 个群落组成的交错区里这一指标为 Y ，各群落里这一指标为 Y_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)；边缘效应强度为 E ，则有 $E = mY/\sum Y_i$ 。

再以 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 和 Simpson 优势度指数 C 这 2 个定量指标去拟合上述公式，则

表 1 蝗虫群落边缘及其相邻生态系统中蝗虫群落的多样性指数

Table 1 Compare on the indexes of biodiversity between edges and the interiors of grasshoppers, communities

边缘类型	多样性指数 H'	均匀度指数 J	优势度指数 C	物种数
农田	2.139 8	0.771 8	0.147 4	16
农田-草地	2.331 6	0.778 3	0.136 1	20
草地	2.265 3	0.752 9	0.105 9	18
农田	2.348 5	0.767 6	0.123 4	19
农田-道路	2.359 9	0.775 1	0.125 4	21
道路				
农田	2.399 5	0.814 9	0.116 1	19
农田-灌草丛	2.3224	0.819 7	0.124 3	17
灌草丛	2.313 7	0.816 6	0.134 4	17
草地	2.621 6	0.836 1	0.098 4	23
草地-道路	2.574 5	0.799 8	0.107 3	25
道路				

可得出分别由 H' 值和 C 值计算出的边缘效应值 E_H 和 E_C : $E_H = mH' / \sum H'_i$, $E_C = mC / \sum C_i$ 。其中: H' 为群落组成的交错区里蝗虫的生物多样性指数; H'_i 为各个群落里蝗虫的生物多样性指数; C 为群落组成的交错区里蝗虫的优势度; C_i 为各群落里蝗虫的优势度指数。边缘效应强度分析结果详见表 2。

表 2 研究边缘的边缘效应强度分析

Table 2 Analyses to intensities of edge effect on the studied edges

边缘效应强度	农田-草地边缘	农田-道路边缘	农田-灌草丛边缘	草地-道路边缘	平均
E_H	1.002 3	1.001 7	0.916 0	1.056 7	1.288 2
E_C	0.937 9	0.999 6	1.152 8	0.909 7	1.000 0

说明: E_H 为 Shannon-Wiener 多样性指数强度; E_C 为优势度指数强度。

根据测度公式的生态学意义, 对于 E_H 值, 其边缘效应强度随着 E_H 值的增大而增强, 即 E_H 值越大, 边缘对于栖息地生物的分布格局及其种群数量的影响越大。根据测定通式可知, E_H 大于 1, 可以认为边缘呈正效应; E_H 小于 1, 则说明边缘呈负效应。对于 E_C 值, 显然是较低的 E_C 值表示具有较高的边缘效应强度, 反之, E_C 值大时则边缘效应强度不明显。因为用生态优势度所拟合测得的 E_C 值和边缘效应强度成反比, 所以在测度时 E_C 值可变换为倒数。 E_H 值和 E_C 值均从边缘地带内种群数量和结构上来测定边缘效应强度, 而不反映边缘效应所引起的个体形态变化和生理变化, 后者亦不属于本研究探讨范畴。实际上, 种群组成和结构是边缘效应的主要现象, 因此, 利用 E_H 值和 E_C 值测定群落的边缘效应强度是合适的。

由表 2 的计算结果可以看出, 农田-草地边缘、农田-道路边缘以及草地-道路边缘的 E_H 值都大于 1, 说明这 3 种边缘类型呈正的边缘效应作用。草地-道路边缘地带阳光比较充沛, 而且植被盖度不是很大, 蝗虫活动范围也比较开阔, 所以草地-道路边缘是蝗虫理想的栖息场所, 从而蝗虫多样性比较丰富, 反映在边缘效应强度 E_H 值上, 其值最高达 1.056 7。农田-灌草丛边缘的 $E_H = 0.916 0 < 1$, 也就是说, 这种边缘类型呈负的边缘效应作用, 边缘对灌草丛和农田斑块中蝗虫群落的影响是最弱的, 主要原因在前面有所论述, 说明这类边缘的蝗虫防治应放在农田内部, 而非边缘处。

4 讨论

不同边缘类型因植被类型、光照、温度、湿度和土壤等因子的限制, 其蝗虫群落中生物多样性表现各异。我们对边缘处蝗虫多样性变化的研究发现, 不同边缘处蝗虫多样性以及边缘效应强度都是有差异的。原因有以下几点: 一是各种边缘处环境复杂且存在异质性, 在资源的组成和物种栖境选择上具有差异; 二是由于栖息地内部干扰较大, 迫使蝗虫迁移到栖境边缘, 边缘与栖息地内部这种差异, 有人认为可能是由于不同物种对边缘反应差异造成的。当然边缘效应的研究更应注重统计学意义, 只有对边缘效应的动态演替进行长期监测, 才能证明其可靠性。

边缘效应强度是对边缘效应的强弱进行测量的定量指标, 它对于边缘效应的比较与评价以及在实际中的应用方面都具有重要的意义, 也是边缘效应得以继续开展和深入研究的关键。边缘效应强度的研究与测度, 对于进一步了解边缘(尤其是非天然性边缘)对栖息地内部生物与非生物因子产生的影响提供更有科学价值的理论。

在实际生产中, 应根据农田中主要的蝗虫种类, 结合其边缘反应的特点, 采取合理科学的防治对策, 才是搞好蝗虫防治工作的关键所在。

参考文献:

- [1] LEOPOLD A. *Game Management* [M]. New York: Charles Scribner's Sons, 1933.
- [2] GATES J E, GYSEL L W. Avian nest dispersion and fledging success in field-forest ecotone [J]. *Ecology*, 1978, **59** (5): 871 - 881.
- [3] ROLAND J, KAUPP W J. Reduced transmission of forest tent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampidae) nucleal polyhedrosis virus at the forest edge [J]. *Environ Entomol*, 1995, **24** (5): 1175 - 1178.

- [4] 于丹, 吴刚, 詹存卫, 等. 山地-水域交错区的生境异质性与水生植物多样性的关系研究[J]. 生态学报, 1998, **18** (1): 69 - 75.
YU Dan, WU Gang, ZHAN Cunwei, *et al.* Diversity of macrophytes relative to heterogeneities of habitats in mountain-waters ecotone [J]. *Acta Ecol Sin*, 1998, **18** (1): 69 - 75.
- [5] 覃凤飞. 紫金山破碎化森林的边缘效应与种群扩散[D]. 南京: 南京大学, 2003.
QIN Fengfei. *Edge Effect and Population Expansion of Deforestation in Zijinshan*[D]. Nanjing: Nanjing University, 2003.
- [6] 邓文洪, 高玮. 次生林不同类型森林边缘的鸟类物种丰富度及个体多度比较[J]. 生态学报, 2005, **25** (11): 2804 - 2810.
DENG Wenhong, GAO Wei. Comparison of bird species richness and individual abundance among different forest edges [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25** (11): 2804 - 2810.
- [7] 丁立仲, 卢剑波, 赵月琴, 等. 千岛湖破碎化景观中灌木层植被的边缘效应[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2006, **32** (5): 563 - 568.
DING Lizhong, LU Jianbo, ZHAO Yueqin, *et al.* Edge effects of landscape fragmentation on the shrub-layer vegetation in the One-Thousand Island Lake [J]. *J Zhejinag Univ Agric & Life Sci*, 2006, **32** (5): 563 - 568.
- [8] 马文章, 刘文耀, 杨礼攀, 等. 边缘效应对山地湿性常绿阔叶林附生植物的影响[J]. 生物多样性, 2008, **16** (3): 245 - 254.
MA Wenzhang, LIU Wenyao, YANG Lipan, *et al.* Edge effects on epiphytes in montane moist evergreen broad-leaved forest [J]. *Biodiversity Sci*, 2008, **16** (3): 245 - 254.
- [9] FRAVER S. Vegetation responses along edge to interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoko River Basin, North Carolina [J]. *Conserv Biol*, 1994, **8** (3): 822 - 832.
- [10] PELTONEN M, HEIOVAARA K, VAISANEN R. Forest insects and environmental variation in stand edges [J]. *Silv Fenn*, 1997, **31** (2): 129 - 141.
- [11] 严忠诚, 陈永林. 内蒙古锡林河流域 3 种草原蝗虫对植物高度选择的观察[J]. 昆虫知识, 1997, **40** (3): 271 - 275.
YAN Zhongcheng, CHEN Yonglin. Observation of plant height selection in 3 species of grasshoppers in grasslands of the Xilin Gol River Basin, Inner Mongolia [J]. *Entomol Knowl*, 1997, **40** (3): 271 - 275.
- [12] 常罡. 洛河流域黄土高原段蝗虫群落多样性研究[D]. 陕西师范大学, 2005.
CHANG Gang. *Studies on the Diversities of Grasshopper Community in Luo River District of Loess Plateau*[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2005.
- [13] 常罡, 廉振民, 蒋国芳, 等. 黄土高原洛河流域蝗虫群落排序及环境因素分析[J]. 昆虫知识, 2006, **43** (1): 41 - 46.
CHANG Gang, LIAN Zhenmin, JIANG Guofang, *et al.* Ordination and environmental factors analysis of grasshopper community in Luo River District of Loess Plateau [J]. *Chin Bull Entomol*, 2006, **43** (1): 41 - 46.
- [14] KAPOS V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon[J]. *J Trop Ecol*, 1989, **5**: 173 - 185.
- [15] MATLACK G.R. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States [J]. *Biol Conserv*, 1993, **66**: 185 - 194.
- [16] 郑哲民, 许文贤, 廉振民. 陕西蝗虫[M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1990.
- [17] 郑哲民. 蝗虫分类学[M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1993.
- [18] 马克平. 生物多样性的测度方法[M]//钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 科学出版社, 1994: 141 - 165.
- [19] 王伯荪, 彭少麟. 鼎湖山森林群落分析: X 边缘效应[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1986 (4): 52 - 56.
WANG Bosun, PENG Shaolin. Analysis of forest community in Dinghushan: X edge effect [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatsen*, 1986 (4): 52 - 56.
- [20] 王伯荪, 彭少麟. 城乡边缘效应[J]. 生态科学, 1986 (1): 84 - 85.
WANG Bosun, PENG Shaolin. Edge effect of country [J]. *J Ecol Sci*, 1986 (1): 84 - 85.