

南泥湾片段森林蝗虫群落多样性比较

刘缠民¹, 廉振民²

(1. 徐州师范大学生物系, 徐州 221116; 2. 陕西师范大学生命科学院, 西安 710062)

摘要:应用多样性指数、排序和多元逐步回归分析方法比较了南泥湾片段化森林的蝗虫群落结构, 并进行了环境因素的解释。结果显示, 在南泥湾, 树木破坏不严重的片段化森林, 随森林面积的减小, 林缘草层蝗虫种类、多样性指数和均匀度指数差异不大; 林中草层蝗虫密度、多样性指数和均匀度指数减小。在面积小、树木破坏严重、植被结构发生明显改变的片段森林林中草层, 相对于树木破坏不严重的片段化森林, 蝗虫的密度、多样性指数和均匀度指数明显增大; 而林缘草层蝗虫的密度和群落优势度指数上升, 多样性指数和均匀度指数下降。以主分量分析方法可明显将林中草层蝗虫群落分为森林破坏严重和不严重两种类型。通过多元逐步回归分析发现, 影响片段化森林蝗虫群落结构和多样性的主要因素有片段森林面积、森林植被结构的复杂性、食料植物的多少等几个方面。

关键词:森林片段化; 蝗虫群落结构; 排序; 回归; 南泥湾

Comparisons of diversity of grasshopper community in fragmentary forest of Nanniwan

LIU Chan-Min¹, LIAN Zhen-Min² (1. Department of Biology, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221116, China; 2. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(6): 1222~1229.

Abstract: Forest fragmentation is a key factor affecting the insect. The study had principally been carried out in tropical area in China. The paper studies the grasshopper community structures of north china's Nanniwan fragmentary forest using principal component analysis (PCA) and stepwise regression analysis.

The results show that there are 12 species of grasshopper in both edge forest and inner forest of the region, which belong to 5 families, 12 genera. When forest vegetation structure doesn't change drastically, the species, diversity index, dominant index and evenness index of grasshoppers change slightly in forest edge grasses, whereas the density, diversity index and evenness index of grasshoppers in grasses of inner forest decrease with area of forest reducing. In severely damaged forest, in comparison with slightly damaged forest, the vegetation undergoes obvious changes, the species, density, diversity index and evenness index of grasshoppers in grasses of inner forest show signs of obvious increase, the density, dominant index of grasshoppers in grasses of edge forests increase, the diversity index and evenness index decrease. Using principal component analysis (PCA), the grasshopper community structures of fragmentary forest can be divided into two types: the slightly damaged forest and the severely damaged forest. It shows, by stepwise regression analysis, that the area of fragmentary forest and the structure of vegetation and food are important factors, which affect the structure and diversity of grasshopper community.

基金项目:中国科学院特别支持资助项目; 江苏省教育厅资助项目(401); 徐州师范大学科研资助项目(00BXL009)

收稿日期:2002-01-23; **修订日期:**2003-03-20

作者简介:刘缠民(1968~), 男, 陕西长安县人, 硕士。主要从事昆虫生态学及害虫防治研究。E-mail: lcm9009@eyou.net

Foundation item: Special Project of Chinese Academy of Sciences (No. 9770771); Education Foundation of Jiangsu (No. 401); Education Foundation of Xuzhou Normal University (No. 00BXL009)

Received date: 2002-01-23 **Accepted date:** 2003-03-20

Biography: LIU Chan-Min, Master, mainly engaged in the insect ecology. E-mail: lcm9009@eyou.net

Key words: fragmentary forest; community structure; ordination; regression; Nanniwan

文章编号:1000-0933(2003)06-1222-08 中图分类号:Q968 文献标识码:A

人类社会活动使森林生态系统片段化,残存的森林片段被各种人工或退化生态系统所包围,形成相互隔离的格局,引起森林温湿度、风力、植被结构等生境条件发生改变,从而影响其中昆虫及其它生物群落种类数量等特征^[1~17],此方面的研究主要集中在热带雨林地区,本文选取我国北方温带地区的陕北南泥湾,研究了森林片段化对蝗虫群落结构的影响,以期为害虫防治提供一些资料。

1 研究地点及方法

1.1 研究地点状况

南泥湾地下水位高,水源相对陕北其它地区丰富,黄土燥干旱,而沟底湿润,在陕北干旱生境中,是一个比较特殊的地区,其林业、农牧业生产在陕北经济中占有重要的地位。自 1941 年以来,人类砍伐、开荒及其它农牧业生产的影响,导致原有森林片段化严重。本文研究选取了不同面积大小的黄土坡地森林,探讨了森林片段化对蝗虫群落的影响,样地周围被农田、河流或公路隔开,其基本状况见表 1。

表 1 片段森林样地状况

Table 1 The circumstance of fragmentary forest

样地 Region	面积 Area(km ²)	隔离程度 State of isolation	人为干扰 Disturbance	主要植物 Main plants
A	12	南泥湾镇南 1 km, 三面为玉米及高粱等农田,一面为公路 ^①	虽有人畜进入,但干扰很小 ^②	山杨 (<i>Populus davidiana</i>)、河北杨 (<i>P. hopeiensis</i>) 小叶杨 (<i>P. simonii</i>)、辽东栎 (<i>Quercus liaotungensis</i>)、洋槐 (<i>Robinia pseudoacacia</i>)、侧柏 (<i>Platycladus orientalis</i>) 等。其中,3 种杨树占 50%,辽东栎占 20%,其它 30%。林中光线较弱,较暗,地表温度较低且较干燥 ^③
B	8	南泥湾镇东南 1 km 左右,三面为玉米或高粱田,一面为稻田 ^④	虽有人畜进入,但干扰不大 ^⑤	山杨、河北杨、小叶杨、辽东栎、洋槐树、侧柏等。3 种杨树占 70%,辽东栎占 10%,其它 20%。林中光线较弱,地表温度较高且较干燥 ^⑥
C	2	南泥湾镇东 0.5 km 左右,两面为公路,两面为玉米及高粱田 ^⑦	离村庄近,人畜进入多,干扰大,森林破坏严重 ^⑧	山杨、河北杨、小叶杨、洋槐树等。其中,3 种杨树占 90%,其它占 30%。林中光线强,明亮,地表温度高且干燥 ^⑨
D	>20	南泥湾镇西南 2 km, 一面为公路,一面为云岩河,两面为稻田、玉米或高粱田 ^⑩	属南泥湾乡林场,人畜进入少,干扰小 ^⑪	山杨、河北杨、小叶杨、辽东栎、洋槐树、侧柏。其中,3 种杨树占 40%,辽东栎占 30%,其它树木占 30%。林中光线较弱,较暗,地表温度低,较干燥 ^⑫

① 1 km in the south of Nanniwan Town. one side is the highway, others are the maize and sorghum farmlands; ② Although people and livestock enter, it is very small to be disturbed; ③ *Populus davidiana*, *P. hopeiensis*, *P. simonii*, *Quercus liaotungensis*, *Robinia pseudoacacia*, *Platycladus orientalis*, ect.. Among them, poplar account for 50%, *Quercus liaotungensis* trees account for 20%, The others account for 30%. The light is relatively weak in the forest. Temperature of land surface is relatively low, It is relatively dry; ④ 1 km in the southeast of Nanniwan Town. one side is the rice farmland, others are the maize and sorghum farmlands; ⑤ Although people and livestock enter, it's disturbed little; ⑥ *Populus davidiana*, *P. hopeiensis*, *P. simonii*, *Quercus liaotungensis*, *Robinia pseudoacacia*, *Platycladus orientalis*, ect.. Among them, poplar account for 70%, *Quercus liaotungensis* trees account for 10%, the others account for 20%. The light is relatively weak in the forest. Temperature of land surface is relatively high. It is relatively dry; ⑦ 0.5 km in the east of Nanniwan Town. Two sides are the highway, other sides are the maize and sorghum farmlands; ⑧ Near to the village, people and livestock enter more, it's disturbed and destroyed seriously; ⑨ *Populus davidiana*, *P. hopeiensis*, *P. simonii*, *Robinia pseudoacacia*, ect.. Among them, poplar account for 90%, the others account for 30%. The light is relatively strong in the forest. Temperature of land surface is high. It is dry; ⑩ 2 km in the southwest of Nanniwan Town. one side is the highway, one side is Yunyan Rive, other sides are the maize and sorghum farmlands; ⑪ Belonging to the forest farm of Nanniwan township. People and livestock enter little, it's disturbed little; ⑫ *Populus davidiana*, *P. hopeiensis*, *P. simonii*, *Quercus liaotungensis*, *Robinia pseudoacacia*, *Platycladus orientalis*, ect.. Among them, poplar account for 40%, *Quercus liaotungensis* trees account for 30%, The others account for 30%. The light is relatively weak in the forest. Temperature of land surface is relatively low, It is relatively dry

1.2 取样方法

采用 1 m² 无底取样框按照“Z”形取样方法进行取样^[18],同时,在林缘和林中大面积扫网调查蝗虫种类,每林地林中层,分源低、中、顶 3 部分各取 50 个样方,每林地取样总面积 450m²。林缘草层分源基、源中部及顶部林缘各取 50 样方。林缘取样在森林边缘草层,林中层取样在林中距林缘至少 500m。

1.3 数据处理及排序、回归方法

群落参数用物种丰富度 S 表示,多样性测度采用 Shannon-Wiener 的多样性指数 $H = - \sum P_i \lg P_i$;均匀性测度用 Pielou 的均匀度指数 $E = H/\lg S$,优势度测度采用 Simpson 的优势度指数 $D = \sum (P_i)^2$ 。其中, P_i 为第 i 种个体数占总个体数之比。排序以主分量分析方法(PCA)进行,回归分析采用多元逐步回归方法。计算以 Spss 软件在计算机上进行。

2 结果与分析

2.1 片断森林植被结构的变化

森林植被构成往往非常复杂,根据调查结果,按照陈水华等的方法^[17],将树高多样性及草高多样性分为 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。4 块片断森林的林缘植被没有太大差异,而林中植被却差异明显(表 2)。

表 2 片断森林植被参数

Table 2 The vegetation variable of fragmentary forests

代号 Code	植被 Vegetation variable	A	B	C	D
A	1 片断森林面积 Area(km ²)	12	8	2	20
THD	2 树高多样性 Tree height diversity	2	3	4	2
HHD	3 林中层草本植物高度多样性 Grasses height diversity	2	3	4	1
TD	4 森林树木盖度 Tree density(%)	66.2	64.6	30.4	69.7
HD	5 草层草本植物盖度 Grasses density(%)	23	25	53	20
HSN	6 林中层草本植物种数 Grasses species number(种/m)	12	14	18	10
HAH	7 草层草本植物平均高度 Grasses average height(cm)	18	21	32	18
CoDD	8 菊科优势度 Compositae dominance degree(%)	35.8	38.8	41.0	34.8
LDD	9 豆科优势度 Leguminosae dominance degree(%)	17.1	17.8	16.5	19.8
GDD	10 禾本科优势度 Gramineae dominance degree(%)	32.6	22.6	37.7	25.0
CyDD	11 莎草科优势度 Cyperaceae dominance degree(%)	1.2	1.8	1.7	10.8
OHDD	12 其它杂草优势度 Other grasses dominance degree(%)	13.3	19.1	6.1	9.5

森林的破坏表现在森林面积和树木盖度的减小、光照增强、林中温度升高、湿度降低、植被层数增加等几方面,引起林中层植物群落组成和结构变化。陕北南泥湾森林原是以辽东栎为主的杂木林,森林的破坏原有的一些主要树木种类数量减少,取代它们的是杨树、刺槐等速生树种。随着森林树木的破坏,森林林窗增多,林下喜阴及附生植物减少,喜阳植物明显增加,草层盖度和草的种类数增大明显,禾本科和菊科优势度增大,尤其喜阳耐旱的种类,如长芒草(*Stipa bungeana*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、隐子草(*Cleisto genes*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、茭蒿(*Artemisia giraldii*) 等种类数量增加,其它科植物优势度相应下降。作为森林树木砍伐严重的对比林地 C,森林林窗多而大,新生的幼树及林下层禾本科和菊科种类数量均明显增加,而 A、B、D 林中树木破坏相对较少,林下层变化不大。

2.2 调查样地蝗虫科、属、种和个体数比较

对样地森林边缘草层及林中层进行调查,4 块林地共采到蝗虫 8 000 多号,隶属 5 科、8 属、12 种,A、B、D 三块样地林缘草层蝗虫种类数无差异,均采到 12 种,C 样地因面积小,未能采到在其它样地分布较少的小垫尖翅蝗(*Epacromius tergestinus*(Charp)),仅采到 11 种。林中层蝗虫属、种和个体数,由于样地林地面积及生态环境不同而不相同(表 3)。从各科、属、种的比较看,斑腿蝗科 > 斑腿蝗科 > 锥头蝗科 > 剑角蝗科,科中个体数量比较,排列顺序与之相同,林缘草层蝗虫前 3 位优势种分别是黄胫小车蝗(*Oedaleus*

infernalis Saussure)、短星翅蝗(*Calliptamus abbreviatus* Ikonn)、狭翅雏蝗(*Chorthippus dubius*(Zub.)),分别占各自总个体数的 29.6%~30.1%、28.4%~29.8%和 7.0%~8.3%。林中层以黄胫小车蝗、短星翅蝗、大垫尖翅蝗(*Epacromius coerulipes*(Ivan.))为优势种,分别占各自样地总个体数的 32.6%~35.9%、26.7%~28.9%和 10.7%~11.8%,4 个林中层样地蝗虫无科间差异,而属种出现的频率 C 样地高于 A、B 和 D 样地,但 A、B 和 D 样地间却无太大的差异。林中层蝗虫个体数量,C 样地明显高于其它 3 个。

表 3 林中层蝗虫科、属、种和个体数的比较

Table 3 Comparison of the grasshoppers' families, genera and species

草层 Layer of grass	比较项目 Items	A(12km ²)			B(8km ²)			C(2km ²)			D(>20km ²)		
		低	中	高	低	中	高	低	中	高	低	中	高
		Low	Middle	Top	Low	Middle	Top	Low	Middle	Top	Low	Middle	Top
林中层 Grasses of interior forest	科 Family	4	4	2	3	3	3	4	3	3	3	2	3
	属 Genus	5	5	4	5	4	5	6	6	4	5	4	5
	种 Species	6	6	5	6	5	5	11	10	8	6	6	5
	个体数 Number	203	184	155	194	167	143	254	243	202	211	190	174
	密度(头/m ²)Density	1.204			1.101			1.550			1.278		
林缘草层 Grasses of edge forest	科 Family	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3
	属 Genus	7	7	6	7	6	5	7	7	4	7	7	6
	种 Species	12	11	9	12	10	7	11	10	8	12	12	10
	个体数 Number	389	342	316	398	352	329	396	371	364	443	369	314
	密度(头/m ²)Density	2.327			2.397			2.513			2.502		

2.3 片断森林生境蝗虫存在度分析

物种存在度是指某种生物在一个群落中出现的程度,存在度一方面反映物种在群落中优势度的情况,另外,它的大小也反映了物种生境适合度的大小。不同大小林中层生境蝗虫的存在度,用在 450 个样方内某种蝗虫在其中的出现频率表示,调查结果列于表 4。

表 4 片断森林中层蝗虫存在度分析

Table 4 The existing degree of grasshoppers in different fragmentary forests

代号 Code	蝗虫种类 Grasshopper species	林中层 Grasses of inner forest				林缘草层 Grasses of edge forest			
		A	B	C	D	A	B	C	D
ASB	短额负蝗(<i>Atractomorpha sinenses</i> Bol.)	0	0	7	0	12	10	13	11
CAI	短星翅蝗(<i>Calliptamus abbreviatus</i> Ikonn)	151	146	187	160	297	315	331	336
CDZ	狭翅雏蝗(<i>Chorthippus dubius</i> (Zub.))	37	31	41	41	84	87	83	88
CAC	白纹雏蝗(<i>Ch. albonemus</i> Cheng et Tu)	0	0	8	0	42	44	48	42
CBH	华北雏蝗(<i>Ch. brunneus huabeiensis</i> Xia et Jin)	0	0	9	0	21	25	29	21
ECI	大垫尖翅蝗(<i>Epacromius coerulipes</i> (Ivan.))	61	54	80	68	39	36	47	44
ETC	小垫尖翅蝗(<i>E. Tergestinus</i> (Charp))	0	0	0	0	10	11	0	14
OIS	黄胫小车蝗(<i>Oedaleus infernalis</i> Saussure)	189	181	228	197	319	322	336	339
ODB	亚洲小车蝗(<i>O. decorus asiaticus</i> B.-Bienko)	58	41	63	64	70	74	79	72
LMM	东亚飞蝗(<i>Locusta migratoria manilensis</i> (Mey.))	0	0	24	0	42	44	47	47
TAT	疣蝗(<i>Trilophidia annulata</i> (Thunb.))	0	0	6	0	34	35	39	34
ACT	中华蚱蜢(<i>Acrida cinerea</i> Thunberg)	46	51	46	45	77	76	79	78

不同的蝗虫种类要求不同的生境类型^[18~23],因此,林中生境不同,对蝗虫的存在度影响很大,狭翅雏蝗、短星翅蝗、大垫尖翅蝗、黄胫小车蝗、亚洲小车蝗和中华蚱蜢,4 样地中都可采到,说明其适应性较强,数量也较大,而以黄胫小车蝗和短星翅蝗数量最多,短额负蝗、白纹雏蝗、华北雏蝗、小垫尖翅蝗、东亚飞蝗和疣蝗喜欢在草层开阔、植物种类丰富的生境中生活,森林树木密集、黑暗、植被较单调的生境,不适宜其生存,未能采到,存在度为 0。

2.4 片断化森林的蝗虫群落特征指数变化

根据取样结果计算样地林缘和林中层蝗虫群落的特征指数,见表 5。A、B、D 三块森林林缘草层多样性、均匀度、优势度 3 种指数差异不大,B、D 样地由于林缘生境相对复杂,部分林缘与谷底湿地相接,短额负

蝗、短星翅蝗、黄胫小车蝗、中华蚱蜢等几个优势种数量大,引起整个林缘样地蝗虫优势度指数略有增大。而 C 样地因面积小未能采到小垫尖翅蝗,且短星翅蝗和黄胫小车蝗两优势种,优势度相对较大,优势度指数大,多样性指数小。总体看,林缘草层的蝗虫多样性指数、均匀度指数和种类数高于林中草层,说明大多数蝗虫喜欢在阳光明亮、空间开阔的草丛中生活,林高树密、光线昏暗不利它们取食、繁殖和栖息。林中草层比较,多样性和均匀度指数表现为 $C > D > A > B$, C 样地明显大于其它 3 样地,这与森林结构变化大,林下生境条件适于蝗虫生活有关。在森林未受到严重破坏,森林结构没有太大变化的 A、B、D 样地,多样性指数和均匀度指数表现为随森林面积的减小而减小,反映了片断化森林面积减小,林中生存空间减少,食物资源短缺,不利于有些蝗虫种类的生活,导致其个体数量的减少。

表 5 片断森林蝗虫群落特征指数

Table 5 The indices of grasshopper communities in fragmentary forests

草层 Layer of Grasses	样地 Region	蝗虫种类数(S) Grasshopper species	多样性(H) Diversity	均匀性(E) Evenness	优势度(D) Dominant
林缘草层 Grasses of edge forest	A	12	1.9610	0.7892	0.1959
	B	12	1.9691	0.7924	0.1937
	C	11	1.9458	0.8115	0.1954
	D	12	1.9643	0.7905	0.1987
林中草层 Grasses of inner forest	A	6	1.6010	0.8935	0.2352
	B	6	1.5589	0.8699	0.2506
	C	11	1.8419	0.7681	0.2076
	D	6	1.6091	0.8981	0.2318

2.5 片断森林植被状况及林中草层蝗虫群落主分量分析

以片断森林植被状况及林中草层蝗虫群落数据进行主分量分析(PCA),其特征根和信息量列于表 6。由表可见,片断森林植被及蝗虫群落 PCA 第 1、2 主分量占有的信息量之和分别占各自总信息量的 87.88% 和 90.31%,两维分量已占有信息的绝大多数,主分量分析结果理想。

表 6 群落特征根及主分量占有信息量

Table 6 The eigenvalue and information content of communities

主分量 Principal components	片断森林 Fragmentary forests		蝗虫群落 Grasshopper communities	
	特征根	信息量(%)	特征根	信息量(%)
	Eigenvalues	Information content	Eigenvalues	Information content
1	22.79	63.31	20.23	56.21
2	8.86	24.57	12.28	34.10
3	4.36	12.12	3.49	9.69
4	0.00	0.00	0.00	0.00

因子对 PCA 分析的贡献率列于表 7。可以看出,片断森林 PCA 分析中,对第 1 主分量贡献率较大的有草层草层数、禾本科优势度、其它杂草优势度、草种类数、草层盖度、草层高度等,其作用方向与第 1 主分量相同,对第 2 主分量贡献大的有片林面积、树木层数、森林盖度、莎草科优势度等,作用方向也与分量方向相同。在蝗虫群落分析中,对第 1 主分量贡献大的有疣蝗、东亚飞蝗和中华蚱蜢等,它们作用方向与主分量相反,另外贡献率较大的还有短额负蝗、短星翅蝗、狭翅雏蝗、白纹雏蝗等,作用方向与第 1 主分量相同。对第 2 主分量贡献率大的有华北雏蝗、大垫尖翅蝗、黄胫小车蝗、亚洲小车蝗等,作用方向与第 2 主分量相同。以 PCA 分析结果作图 1,图中, X 轴表示第 1 主分量, Y 轴表示第 2 主分量。

由排序结果可看出, A、B、D 三个片断森林植被状况及其林中蝗虫群落比较接近,而样地 C 与它们距离很远。因此,可以大体把它们分为森林破坏严重的 C 和破坏较小的 A、B、D 两大类,排序结果较好的反映了群落的主要特征。

2.6 片断森林群落多样性与生境因素的逐步回归分析

以蝗虫种类丰富度、个体数、多样性指数、PCA 第 1 和 2 主分量分别作因变量,以生境植被因素作自变

量进行多元线性逐步回归,得到回归方程列于表 8。

表 7 片断森林植被和林中草层蝗虫群落主要因素对前 2 个主分量的负荷量

Table 7 The loadings of major factors on the first two principal components

片断森林 Fragmentary forests			蝗虫群落 Grasshopper communities		
因素 Factors	1 主分量 1st principal component	2 主分量 2nd principal component	因素 Factors	1 主分量 1st principal component	2 主分量 2nd principal component
森林面积 A	0.8037	1.4101	短额负蝗 ASB	1.7132	-0.1859
树高多样性 THD	0.9926	1.3582	短星翅蝗 CAI	1.7131	-0.1859
草高多样性 HHD	1.6320	0.5464	狭翅雏蝗 CDZ	1.7034	-0.2771
森林盖度 TD	-0.8846	1.2944	白纹雏蝗 CAC	1.7131	-0.1859
草层盖度 HD	1.5808	-0.0965	华北雏蝗 CBH	0.2937	1.7068
草种类数 HS	1.5951	0.0670	大垫尖翅蝗 ECI	0.9090	1.7292
草均高度 HH	1.5811	-0.0659	小垫尖翅蝗 CTC	0.1235	0.3753
菊科优势度 CoD	1.1944	-0.5478	黄胫小车蝗 OLS	-0.0789	1.7230
豆科优势度 LD	1.534	-0.5978	亚洲小车蝗 ODB	-0.1862	1.7217
禾本科优势度 GD	1.6430	-0.4651	东亚飞蝗 LMM	-1.6753	-0.3415
莎草优势度 CyG	1.0759	1.3344	疣蝗 TAT	-1.7298	-0.0210
杂草优势度 OHD	1.6211	-0.6093	中华蚱蜢 ACT	-1.6057	0.0439

对回归方程相关系数进行检验,样方个数 $n=450$,独立自变量 $k=11$,自由度 $df=n-k-1=450-11-1=438$,由相关系数检验表查得 $r_{438,0.01}=0.180$,以上各系数 $r>r_{438,0.01}$,回归效果良好。

由回归方程和相关系数可看出,选入回归方程的生境因素有林中草层高度多样性、其它杂草优势度、禾本科优势度、森林盖度和森林面积几个因素。说明森林片断化面积的减小,树木破坏,林中草层植物种类增加,草层高度多样性增大,从而影响蝗虫种类和数量发生变化。植物对蝗虫的影响主要在两方面^[18~23],一是植物类型复杂性为蝗虫提供了食物选择的范围,二是

植物群落结构为蝗虫形成了特定的栖息条件。回归系数中,草层植物层次复杂程度对蝗虫种类数量的影响系数较大,表明在蝗虫与植物的联系中,对植物结构形成的栖息环境具有较高要求,同时蝗虫喜食的禾本科优势度的选入,说明在森林植被结构变化中,食料植物对蝗虫的种类数量分布也起着非常重要的作用。

表 8 生境因素与蝗虫群落数据的逐步回归分析

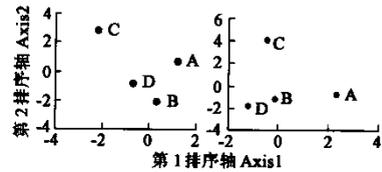
Table 8 The stepwise regression analysis between the environmental factors and grasshopper community characters

回归方程 Regression equation	复相关系数 Multiple correlation coefficient		偏相关系数 Partial correlation coefficient	
$Y_1=43.755-3.041X_3-0.005X_4$	0.998	-0.959	-0.990	
$Y_2=7.097-0.034X_1+268.74X_3$	0.969	-0.732	0.999	
$Y_3=1.688+0.152X_3+0.001X_{10}-0.031X_{12}$	0.999	0.904	0.619	-0.621
$Y_4=16.706-1.235X_3+0.484X_{10}+0.489X_{12}$	0.996	-0.984	0.668	0.792
$Y_5=2.498+1.420X_3+0.055X_{10}-0.220X_{12}$	0.991	0.842	0.624	-0.542

*表中 $Y_1\sim Y_5$ 分别表示种类丰富度、个体数、多样性指数,PCA 第 1 和 2 主分量; $X_1\sim X_{12}$ 表示表 2 各生境因素 $Y_1\sim Y_5$; species, number, diversity index, 1st and 2nd principal component; $X_1\sim X_{12}$: the factors in table 2

3 结果与讨论

3.1 片断化森林,是一种复杂的“岛屿”生境,不同生活习性的动物对森林片断化的反应有较大差异^[7],鸟类、两爬、传粉昆虫(蜂、蝶类)及一些活动性强的节肢动物如(蝗虫、白蚁等),需要较大的生存空间维持其物种的多样性,它们在片断化森林中存在明显的“种-面积”关系,而有些动物并不表现为“种-面积”关



1. 片断森林植被 Fragmentary forests

2. 蝗虫群落 Grasshopper communities

图 1 片断森林植被及蝗虫群落主成分分析排序图

Fig. 1 The PCA ordination of fragmentary forests (1) and grasshopper communities (2)

系^[1~17]。黄春梅在研究热带雨林蝗虫群落时发现,随片断化森林面积的减小,其物种成分正在发生明显的变化,物种的数量减少,特有物种因生境单调化而减少以至消失,广布种增加,物种丰富度及多样性下降。本研究在调查中,也发现在破坏相对不严重的片断森林中草层仅分布有中生及旱生等较适应干旱环境的种类,而难采集到特有种类及典型的林栖湿生种类,且不表现蝗虫种类数随片断化森林面积的减小的现象,这主要是因为陕西北泥湾片断化森林中生境已经很干燥,而生活在其中的仅是一些具有较强适应能力蝗虫种类的原因,但林中草层蝗虫数量、密度、多样性指数和均匀度指数随片断化森林面积的减小而减小,优势度指数升高,这主要与森林片断化导致蝗虫生存空间减小、食物资源短缺有关。

3.2 面积小、林木破坏严重的片断森林,一方面使密林变疏,森林的郁闭性被打破,林内外草层隔离减少,林中草层蝗虫种类、数量和密度增加,另一方面毁林使林地片断化,林地面积减少,相对使林缘草层的比例明显增加,增大了蝗虫进入林中草层的机会。第三,毁林使林中温度升高、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,林中草层植物结构复杂,草层层数增多,且趋向于分布均匀,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,利于蝗虫生存,使其密度、种类增加,危害加重。而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^[21]。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。如斑翅蝗科的种类黄胫小车蝗、亚洲小车蝗、东亚飞蝗等及网翅蝗科的种类如白纹雏蝗等,喜欢生活在禾本科植物丰富、光照充足的草丛中,而如斑腿蝗科的短星翅蝗、剑角蝗科的中华蚱蜢等,则可以生存在生态幅度比较宽阔的环境中^[19~23]。在南泥湾破坏严重的小面积森林,往往为蝗虫创造了有利的生活环境,加之由沟底的湿润的土壤到塬顶干燥土壤均有,为不同蝗虫的提供了适宜的产卵繁殖场所,更易造成其大发生,因此,植树造林不失为一种防止蝗虫大发生的好方法。

3.3 森林片断化,森林面积的减小,在农田等生境异质性隔离程度不大的情况下,对林缘蝗虫的种类数影响不大。而对林中草层蝗虫,面积的减小伴随着光照、湿度、温度、植被等生境条件的变化,蝗虫种类及数量增加明显。人类对树木的砍伐及放牧也会引起植被的变化,导致禾草栖和地栖类蝗虫数量的增大^[19,20,24],应引起重视。

3.4 蝗虫对栖息环境的选择是多方面的,各因素彼此联系,相互影响,对蝗虫群落起着综合的生态效应,其中,森林片断化引起林中植被结构的复杂化、禾本科植物的种类数量增加、森林面积的变化等因素,对蝗虫群落结构有着较大的影响。以多样性指数、均匀度指数、优势度指数、排序和多元逐步回归方法,从整体研究,全面系统的探讨,会更好地反映蝗虫与环境的关系。

References:

- [1] Chen Z P, Wang Y X, Feng Q, *et al.* The studies on species diversity of myomorpha rodents in fragmental tropical rainforest in Xishuangbanna, Yunnan, China. *Zoological Research*, 1999, **20**(2): 126~130.
- [2] Huang C M, Yang L L. Influence of habitat change in the tropical rainforest on the fauna and species of Acridoidea in Xishuangbanna, China. *China Biodiversity*, 1998, **6**(2): 122~123.
- [3] Hu K M, Tao T. Comparisons of hemipterous in the primary, secondary and artificial forests of Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, **12**(1): 40~46.
- [4] Li C D, Xiao N N, Yang D R, *et al.* Comparison of the community component of soil animals on the fragments of tropical rain forest in Xishuangbanna, China. *Zoological Research*, 1997, **18**(1): 45~49.
- [5] Liao C H, Li Z X, Huang H T. Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(5): 549~555.
- [6] Raphael K D. An overview of invertebrate survey: A test of methods for the raperones to forest fragmentation. In: Watt A. D. ed. *Forests and Insect*. London: Chapman & Hall, 1997. 303~320
- [7] Robinson G R, Holt R D and Gaines M S. Diverse and conservation effects of habitat fragmentation. *Science*, 1992, **257**: 524~527.
- [8] Weng J X, Yang X J, Yang L, *et al.* Bird species diversity of fragmentary rainforest at Xishuangbanna, China. *Zoological Research*, 1997, **18**(3): 267~274.
- [9] Xu Z H, Yang B L, Hu G. Formicidae ant community in fragments of mountain rainforest in Xishuangbanna, China. *Zoological Research*, 1999, **20**(4): 288~293.
- [10] Xu Z H, Yang B L, Hu G. A comparative study on the ant communities in primeval and secondary forests of four vegetation subtype in Xishuangbanna of China. *Zoological Research*, 1999, **20**(6): 360~364.

- [11] Yang D R. Study on the structure of the butterfly community and diversity in the fragmentary tropical rainforest of Xishuangbanna, China. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, **41**(1):48~55.
- [12] Yang D R, Li C D, Han D B, *et al.* The effects of fragmenting of tropical rainforest on the species structure of fig wasps and fig trees, China. *Zoological Research*, 1999, **20**(2):126~130.
- [13] Yang L L, Wu Y R. Species diversity of bees in different habitats in Xishuangbanna tropical forest region. *China Biodiversity*, 1998, **6**(3):197~204.
- [14] Yang X D, Sha L Q. Species composition and diversity of soil meso fauna in the 'Holy Hills' fragmentary tropical rainforest of Xishuangbanna, China. *China. J. Appl. Ecol.*, 2001, **12**(2):261~265.
- [15] Yang X D, She Y P, Zhang Z Y, *et al.* Studies on structure and diversity of ant groups in the fragmentary tropical rainforests of 'Holy Hills' of Dai nationality in Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(8):1321~1328.
- [16] Zhang Z Y, Cao M, Yang X D, *et al.* A study on species diversity of ant in fragments of seasonal rainforest of Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(8):1321~1328.
- [17] Cheng S H, Ding P, Zheng G M, *et al.* The richness of island habitat avian communities and their influencing factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(2):141~149.
- [18] Kang L. Grasshopper-plant interactions under different grazing intensities in Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(3):182~189.
- [19] Yan Z C, Chen Y L. Studies on the individual size group and the life form of grasshoppers in typical steppe of Inner Mongolia, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(6):666~670.
- [20] He D H, Zheng Z M. Mathematical analysis of the changes in grasshopper and plant community diversities and the relationships between them in the desertification of steppe. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 1997, **3**(1):6~12.
- [21] Joern A. Vegetation structure and microhabitat selection in grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). *Southwestern Naturalist*, 1982, **27**:197~209.
- [22] Kang L, Chen Y L. Multidimensional analysis of resource utilization in assemblages of rangeland grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). *Entomol. Sinica*, 1994, **1**(3):178~192.
- [23] Yan Z C, Chen Y L. Effect of grazing on habitat structure and habitat selection of grasshoppers of *Leymus chinensis* prairie. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(3):278~282.

参考文献:

- [1] 陈志平, 王应祥, 冯庆, 等. 云南西双版纳片断热带雨林鼠形啮齿类物种多样性研究. *动物学研究*, 1999, **20**(2):126~130.
- [2] 黄春梅, 杨龙龙. 双版纳热带雨林环境变化对蝗虫区系成分和物种多样性的研究. *生物多样性*, 1998, **6**(2):122~123.
- [3] 扈克明, 陶涛. 西双版纳原生林、次生林、人工林中蟾类昆虫的比较. *生态学报*, 1992, **12**(1):40~46.
- [4] 李朝达, 肖宁年, 杨大荣, 等. 西双版纳片断热带雨林土壤动物组成的比较. *动物学研究*, 1997, **18**(1):45~49.
- [5] 廖崇惠, 李健雄, 黄海涛. 南方亚热带森林的土壤动物群落多样性. *生态学报*, 1997, **17**(5):549~555.
- [8] 文继贤, 杨晓君, 杨岚, 等. 西双版纳片断热带雨林中鸟类物种多样性研究. *动物学研究*, 1997, **18**(3):267~274.
- [9] 徐正会, 杨比伦, 胡刚. 西双版纳片断山地雨林蚁科昆虫群落研究. *动物学研究*, 1999, **20**(4):288~293.
- [10] 徐正会, 柳太勇, 何云峰. 西双版纳四种植被亚型原始林和次生林蚂蚁群落比较研究. *动物学研究*, 1999, **20**(6):360~364.
- [11] 杨大荣. 西双版纳片断雨林热带蝶类群落结构与多样性研究. *昆虫学报*, 1998, **41**(1):48~55.
- [12] 杨大荣, 李朝达, 韩灯保. 热带雨林片断化对榕小蜂和榕树树种的影响. *动物学研究*, 1999, **20**(2):126~130.
- [13] 杨龙龙, 吴燕如, 等. 西双版纳热带森林地区不同生境蜜蜂的物种多样性研究. *生物多样性*, 1998, **6**(3):197~204.
- [14] 杨效东, 沙丽清. 西双版纳“龙山”片断热带雨林中小型土壤动物群落组成与多样性研究. *应用生态学报*, 2001, **12**(2):261~265.
- [15] 杨效东, 余宇平, 张智英, 等. 西双版纳傣族“龙山”片断热带雨林蚂蚁类群结构与多样性研究. *生态学报*, 2001, **21**(8):1321~1328.
- [16] 张智英, 曹敏, 杨效东, 等. 西双版纳片断季节性雨林蚂蚁物种多样性研究. *生态学报*, 2001, **21**(8):1321~1328.
- [17] 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 岛屿栖息地鸟类群落的丰富度及其影响因素. *生态学报*, 2002, **22**(2):141~149.
- [18] 康乐. 放牧干扰下的蝗虫植物相互作用关系. *生态学报*, 1995, **15**(3):182~189.
- [19] 颜忠诚, 陈永林. 内蒙古草原蝗虫个体大小及生态型划分的探讨. *生态学报*, 1997, **17**(6):666~670.
- [20] 贺达汉, 郑哲民. 不同沙化地段蝗虫与植物群落多样性的变化及相互关系的数值分析. *应用与环境生物学报*, 1997, **3**(1):6~12.
- [23] 颜忠诚, 陈永林, 郑哲民. 放牧对蝗虫栖境结构的改变及其对蝗虫栖境选择的影响. *生态学报*, 1998, **18**(3):278~282.