

95.15(1)  
1-11

9072(1)

1995 | 10712x | 015 | 001

# 放牧干扰下的蝗虫-植物相互作用关系

康乐

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

S812

Q969.265-2

A

**摘要** 本文研究了内蒙古典型草原植物和蝗虫群落不同放牧强度影响下的多样性、均匀性和丰盛度变化。比较了蝗虫群落与植物群落在放牧梯度上的相互作用关系。研究发现,放牧干扰活动会明显地影响植物和蝗虫群落结构,但蝗虫群落结构的变化趋势并非与植物完全同步。蝗虫与植物间的联系更多地表现在植物起着蝗虫栖息地条件的作用,而并不完全是食料植物的作用。文中对放牧实践与多样性保护的关系进行了讨论。

**关键词** 草原, 放牧, 蝗虫多样性, 植被变化。

~~植被~~

放牧是干旱和半干旱地区最重要的植被利用方式和经济活动。通常人们更多地注重放牧对草原植被的影响。事实上,在世界温带草原蝗虫是重要的无脊椎动物和初级消费者<sup>[1,2]</sup>。一般说来,蝗虫能够消耗15%左右的植物地上部生物量<sup>[3,4]</sup>。有些蝗虫种转换的能量大约是同一地区鸟或哺乳动物的5到10倍<sup>[5]</sup>。因此,蝗虫在维持草原生态系统的结构和功能方面起着重要作用。

天然草原承受着各种各样干扰的影响<sup>[6]</sup>,家畜的放牧啃食是频繁而常见的扰动因素,对草原植被和昆虫均有明显的影响。特别是当草原被过度啃食形成退化型植被和引起土壤的风蚀时,昆虫群落会随之产生明显的改变。研究这种动态变化将从宏观角度阐明昆虫与植物的相互作用关系。而这种关系对于维持地球的生物地化循环具有重要意义。直翅目昆虫,特别是蝗虫是生态环境变化的重要生物指示体<sup>[7-10]</sup>,因此,蝗虫在生物多样性保护方面也有一定价值<sup>[11]</sup>。在最近的十多年来,放牧对蝗虫群落影响的研究多有报道<sup>[12-20]</sup>。主要集中在草原蝗虫群落组成和结构的变化及蝗虫选择栖境的生态学原因等方面。而很少从生物多样性的角度去探讨蝗虫与植被的联系以及什么样的植被结构和放牧活动对维持蝗虫的多样性具有益处。

昆虫多样性保护的真正含义是昆虫种丰富度的保护<sup>[9]</sup>。本项研究比较了5种类型植被放牧梯度上蝗虫的丰盛度和多样性格局,其目的在于确定不同的放牧强度对蝗虫群落组成、多样性和蝗虫-植物关系的影响与作用。以便提出维持最大的蝗虫生态多样性,抑制有害蝗种和适度放牧的途径。

## 1 材料和方法

**研究地区和样地的设置** 野外研究工作是在位于内蒙古锡林郭勒草原的中国科学院内蒙古草原生态定位站(北纬43°26'—44°08',东经116°04'—117°05')完成的。有关该地自然地理和

\* 本项研究系中国科学院“八五”生物多样性重大项目子专题,也得到国家教委和中国科学院留学归国人员择优基金的部分资助。

收稿日期:1994 09 09,修改稿收到日期:1994 12 06,

气候概况详见有关研究<sup>[19-22]</sup>。植物和蝗虫的取样是在 3 种草原群落类型上完成的。它们是典型草原区的代表性群落<sup>[27]</sup>, 即: 羊草草原 (*Aneurolepidium chinense* steppe)、大针茅草原 (*Stipa grandis* steppe) 和大针茅富含杂类草草原 (Steppe dominated by *Stipa grandis* with the forb diverse)。上述草原因距饮水点或畜群点的距离不同, 形成了不同放牧强度的放牧梯度, 整个样带长 6—7km, 宽 2—3km。从饮水点或畜群点向外延伸确定出不同的放牧地段, 分别称为过度放牧 (overgrazed)、重度放牧 (heavily grazed)、中度放牧 (properly grazed)、轻度放牧 (lightly grazed) 和非放牧 (ungrazed) 地段。每个放牧梯度上分为 5 个地段, 3 个系列共计 15 个地段。非放牧地段是围栏保护下的永久样地。

**蝗虫的取样** 采用一个 1m<sup>2</sup> 的无底样框来进行蝗虫取样, 从 5 月到 9 月每个月 3 次取样, 每个地段每次取 30 个样方。取到的蝗蛹和成虫立即投入 95% 的酒精瓶中, 带回实验室分类鉴定和计数。蝗虫种群数量再根据每种蝗虫不同发育阶段的生物量和能值特点<sup>[28]</sup>, 换算成蝗虫种群或群落的生物量能量 (KJ)。

**植物现存量的取样** 使用地上部收割法, 使用 1m<sup>2</sup> 样方在 6 月至 8 月间每月一次取样, 每个地段每次取样 15m<sup>2</sup>。分别计算生物量、高度、盖度等, 详细方法见有关的研究<sup>[19-22]</sup>。

**土壤的取样** 取样深度 0—15cm。测定项目: 土壤硬度、含水量和 pH 值。从 5 月到 9 月每月测定一次, 每个地段测 20 个点。

**数据的分析** 蝗虫种的多样性 ( $H'$ ) 和均匀性 ( $e$ ) 指数通过下式计算:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

$$e = H' / \ln S \quad (2)$$

这里  $P_i$  是蝗虫种群在放牧  $i$  地段的能值占该地段蝗虫总能值的比例,  $S$  为该地段蝗虫物种数。使用相关分析的方法研究蝗虫种组丰盛度变化与植被变化的关系, 计算公式如下:

$$r(i, k) = \frac{\sum Y_{ij} Y_{kj}}{\sqrt{\sum Y_{ij}^2 \sum Y_{kj}^2}} \quad (3)$$

这里  $r$  为相关系数,  $Y_{ij}$  是物种  $i$  在  $j$  地段的相对丰盛度,  $Y_{kj}$  是物种  $k$  在  $j$  地段的相对丰盛度。逐步回归分析的方法被用来筛选对每个蝗虫分布和丰盛度影响最为明显的植物和土壤因子。

## 2 研究结果

### 2.1 不同放牧强度下植物和蝗虫群落动态

在 3 个放牧梯度上, 总的植被盖度、高度和生物量都是随放牧强度的增加而显著地降低 (表 1)。但是, 植物种的丰富度却以适度放牧地段为最高。尽管在非放牧和过度放牧地段物种数都相对较低, 但它们之间在物种组成上差异很大。图 1 是根据植物种在不同放牧地段的生物量的分布情况所做的主成分分析排序图。从图中可以看到, 不同的植物对放牧的反应是明显不同的。图 1 中沿第 1 主成分轴自下而上放牧强度逐渐增加, 沿第 2 主成分轴从左向右放牧强度逐渐增强。羊草 (*Aneurolepidium chinense*)、大针茅 (*Stipa grandis*)、变蒿 (*Artemisia commutata*)、菊叶萎陵菜 (*Serratulla centauroides*) 和木地肤 (*Kochia prostrata*) 等随放牧强度的增加逐渐减少。相反, 冷蒿 (*Artemisia frigida*)、克氏针茅 (*Stipa krylovii*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 等随放牧强度的增强而逐渐增加。

表 1 在 3 个放牧梯度上植物群落的变化\*

Table 1 Changes in plant community characteristics along the grazing gradients\*

植 被 Vegetation	样地 A Site A					样地 B Site B					样地 C Site C				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
植物种数 No. of spp.	28.3	41.0	44.1	33.5	32.0	22.2	31.3	36.4	34.4	31.3	36.4	32.2	31.6	30.0	28.1
盖 度 Coverage(%)	69.2	64.7	39.3	57.0	48.4	54.8	52.6	46.3	34.4	30.7	54.6	43.9	33.5	29.1	23.2
高 度 Height(cm)	36.5	33.0	16.5	12.5	6.5	31.0	26.0	23.0	19.0	9.3	34.3	27.3	21.0	16.2	8.2
生物量 Biomass(g/m <sup>2</sup> )	182.8	144.9	130.2	104.1	99.9	136.8	116.3	104.1	91.9	84.9	186.1	178.0	148.5	142.9	128.9

\* 注:表中样地 A 为羊草草原放牧梯度,放牧强度从左向右逐渐增加。样地 B 为大针茅放牧梯度,样地 C 为富含杂类草的大针茅放牧梯度。

\* Note, Site A, Grazing gradient of *Aneurolepidium chinense* steppe, grazing intensity increased from left to right.  
Site B, Grazing gradient of *Stipa grandis* steppe, grazing intensity increased from left to right.  
Site C, Grazing gradient of the steppe dominated by *Stipa grandis* with rich forb diversity, grazing intensity increased from left to right.

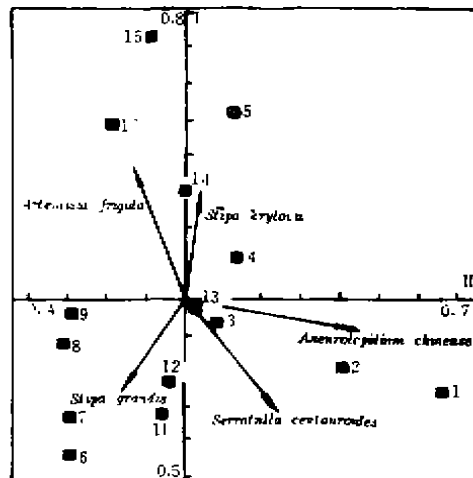


图 1 植物群落在放牧条件下的主成分分析排序图  
Fig. 1 PCA ordination of the plant communities under different grazing intensities

从 3 种类型植被的 15 个样地中共收集到 11 种蝗虫(表 2),其中 8 种属于槌角蝗亚科(Gomphocerinae),2 种属斑翅蝗亚科(Oedipodinae),1 种属斑腿蝗亚科(Catantopinae)。在 15 个样地之间,蝗虫群落的组成有一定的相似性,一般有 5—6 个共同种。尽管轻度放牧和非放牧地拥有较高的种丰富度,但是在样地间蝗虫种群在量的变化上是非常明显的。从蝗虫的亚科为单位来分析,除斑腿蝗亚科数量较低,无明显规律外,斑翅蝗亚科的数量均随放牧强度的加强而增加。槌角蝗亚科对放牧的反应表现在对不同类型的植被反应不同。在羊草草原,随放牧强度的增加而表现出逐渐增加的趋势,而过度放牧地段,群落生物量热值达到最高。在 2 个大针茅草原放牧系列,槌角蝗亚科随放牧强度的加剧逐渐增加,到重度放牧地段达到最高,在过度放牧地突然下降。由于狭翅雏蝗作为优势种,占蝗

虫群落总热值的 60% 以上,因此,槌角蝗亚科的变化受狭翅雏蝗种群波动的支配。事实上,在槌角蝗亚科中,与狭翅雏蝗有相似变化规律的蝗虫有宽须蚊蝗和毛足槌角蝗。这 3 种蝗虫种群生物量热值占总蝗虫群落的 83% 以上,被认为是内蒙古典型草原的 3 种优势种蝗虫<sup>[14-22,28]</sup>。与上述 3 种蝗虫变化规律显然不同的槌角蝗亚科的其它蝗虫有小翅雏蝗、条纹鸣蝗和白边雏蝗。小翅雏蝗和条纹鸣蝗随放牧强度的增加而逐渐减少,直至完全消失。白边雏蝗仅分布在羊草草地受围栏保护的地段,一经放牧干扰立即消失。

表 2 在不同放牧地段蝗虫种类组成和它们的种群生物量热值(kJ/m<sup>2</sup>)  
Table 2 Grasshopper species composition, and their mean calorific values of the population biomass in differentially grazing plots

蝗虫 (亚科和种类) Grasshoppers (Subfamily and species)	羊草系列 Site A					大针茅系列 I Site B					大针茅系列 II Site C				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
斑腿蝗亚科 <i>Catantopinae</i>															
短星翅蝗 <i>Calliptamus abbreviatus</i>	1.55	0.00	0.33	0.00	0.00	0.08	0.54	1.21	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
斑翅蝗亚科 <i>Oedipodinae</i>															
亚洲小车蝗 <i>Oedaleus decorus asiaticus</i>	0.00	0.00	0.00	1.05	6.66	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
蚊翅皱膝蝗 <i>Angaracris barabensis</i>	0.00	4.56	2.05	3.81	44.37	1.88	3.14	10.42	7.62	17.41	0.17	0.00	0.00	11.55	12.64
小 计 Total	0.00	4.56	2.05	4.86	51.03	1.88	3.14	10.42	8.67	17.41	0.17	0.00	0.00	11.55	12.64
相角蝗亚科 <i>Gomphocerinae</i>															
毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipes</i>	3.39	6.32	3.39	10.17	8.58	7.16	9.13	10.55	12.39	12.35	14.99	17.62	22.31	25.12	9.00
宽须蚊蝗 <i>Myrmeleotettix palpalis</i>	1.17	6.15	8.67	19.26	46.05	3.64	5.44	6.82	10.80	18.33	14.40	14.57	24.70	27.08	17.20
红腹牧草蝗 <i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	0.88	0.25	0.00	0.42	0.42	2.43	0.00	0.00	0.25	0.25	2.26	1.13	0.00	0.00	0.00
褐色雏蝗 <i>Chorthippus brunneus</i>	1.59	0.25	1.47	1.63	0.21	1.72	3.68	2.80	3.47	0.75	4.65	4.06	3.27	3.60	0.33
狭翅雏蝗 <i>Chorthippus dubius</i>	50.19	65.30	85.81	92.93	164.09	49.81	68.65	54.42	88.32	43.53	47.72	48.98	56.93	69.07	31.40
白边雏蝗 <i>Chorthippus albomarginatus</i>	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i>	72.42	13.48	4.60	0.80	0.00	0.29	0.13	0.00	0.00	0.00	4.90	7.07	1.93	1.42	0.00
条纹鸣蝗 <i>Mongolotettix japonicus</i>	2.85	0.88	0.17	0.04	0.00	0.92	0.13	0.00	0.63	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小 计 Total	144.0	92.51	104.23	125.16	219.35	65.72	87.07	74.51	115.95	75.35	89.16	93.35	109.25	126.00	58.19
总 计 Total grasshoppers	145.67	94.12	106.74	130.18	270.42	67.81	90.84	86.23	126.00	92.93	89.16	93.35	109.25	140.23	70.74
总种类数 Total species numbers	9	8	8	9	7	9	8	6	9	6	7	6	5	6	5

Site legends in the table are same as table 1.

## 2.2 植物和蝗虫群落的多样性格局

一般认为,在大范围地理区植物群落的多样性主要受气候的影响。在相对较小的范围内则

主要受人为干扰的影响较大。在本研究样地主要是放牧活动。图 2 是 3 种类型草原群落在不同强度放牧干扰下的多样性和均匀性变化规律。从图 2 中可以看出, 放牧活动常常可以导致多样性和均匀性的增加, 最高的多样性和均匀性指数常出现在中度或重度放牧地段。而非放牧地、过度放牧地均表现出最低的多样性和均匀性。植物种的丰富度格局也有类似的变化趋势(表 1)。

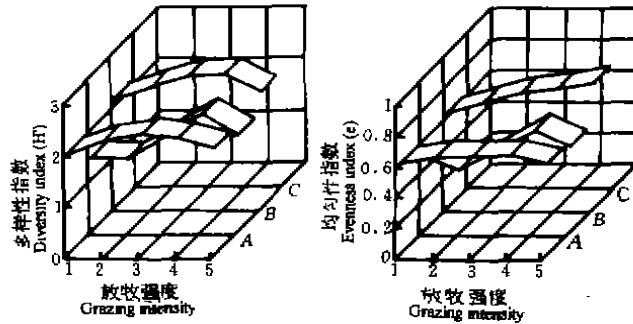


图 2 植物群落多样性和均匀性变化规律

Fig. 2 Diversity and evenness dynamics of the plant communities along the grazing gradients

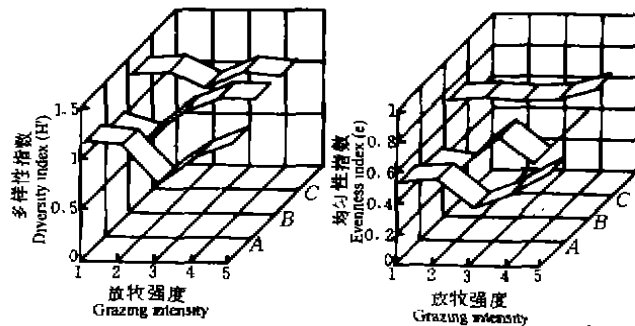


图 3 蝗虫群落多样性和均匀性变化规律

Fig. 3 Diversity and evenness dynamics of the grasshopper communities along the grazing gradients

蝗虫群落的多样性和均匀性变化与植物群落的变化并不完全平行。在中度放牧的地段常常有较低多样性(图 3), 而非放牧地、重度和过度放牧地具有较高的多样性和均匀性。这主要是由于在非放牧地和过度放牧地形成了对某些蝗虫特别有利的栖境, 从而使这些蝗虫侵入定居。例如, 白边雏蝗侵入围栏保护的非放牧地, 而亚洲小车蝗和鼓翅皱膝蝗则侵入过度放牧和重度放牧地段, 导致了上述地段蝗虫群落均匀性的增加。但从蝗虫种的丰富度分析(表 2), 非放牧地和轻度、中度放牧地的蝗虫种类丰富度仍是最高, 而在过度放牧地则是最低的。这与植物群落的变化规律是一致的。两种斑翅蝗亚科的蝗虫的变化规律是与低矮、稀疏和干燥的环境相联系的。这在其它国家的研究中也有类似的结果<sup>(12-15)</sup>。

### 2.3 蝗虫群落与植物群落变化的相关分析

表 3 不同放牧条件下的植被组成(g/m<sup>2</sup>)

Table 3 Plant composition of differently grazed plots along the grazing gradients

植 物 Plants	样地 A Site A					样地 B Site B					样地 C Site C				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
大型禾草 Grass	128.4	91.6	72.6	47.8	30.1	125.4	91.1	61.1	45.2	23.7	113.4	94.6	68.0	40.7	20.8
小禾草 Short grass	4.5	1.7	4.7	6.6	9.7	9.7	1.5	3.6	4.3	8.2	3.0	12.0	8.5	12.1	14.6
莎 草 Sedge	4.5	3.0	2.8	1.6	2.8	0.0	0.1	0.04	0.07	0.3	1.5	2.6	5.8	9.5	13.7
蒿 类 Forb	38.9	43.0	43.2	44.3	54.7	15.6	19.4	33.7	38.4	49.8	40.7	42.5	39.6	54.7	65.4
豆科植物 Leguminous plant	0.3	0.6	1.7	0.5	1.2	0.7	0.7	1.4	2.8	1.6	3.9	0.5	0.4	1.7	3.1
葱类及百合类 Onion & lily	6.2	5.0	5.2	3.3	1.4	5.4	3.5	4.3	1.1	1.3	23.6	25.8	26.2	24.2	11.3
总 计 Total	182.8	144.9	130.2	104.1	99.9	156.8	116.3	104.1	91.1	84.9	186.1	178.0	148.5	142.9	128.9

Site legenes in the talbe are same table 1.

表 4 蝗虫种群热值与植物生物量的相关系数及显著性水平

Table 4 Correlation coefficients of grasshopper calorific values and plant biomass, and sigificance levels of correlations

植 物 Plants	蝗虫亚科 Grasshopper subfamily		
	斑腿蝗亚科 Catantopinae	斑翅蝗亚科 Oedipodinae	槌角蝗亚科 Gomphocerinae
大型禾草 Grasses	0.340	-0.864 <sup>++</sup>	-0.021
小禾草 Short grasses	-0.470	0.215	0.070
莎 草 Sedges	-0.432	-0.005	0.375
蒿 类 Forbs	-0.690 <sup>++</sup>	0.561 <sup>+</sup>	0.239
豆科植物 Leguminous	-0.057	0.505 <sup>+</sup>	-0.317
葱 类 Onions	-0.302	-0.595 <sup>+</sup>	-0.043
总的植物 Total	-0.065	-0.811 <sup>++</sup>	-0.005

+,  $P < 0.10$ . ++,  $P < 0.05$ 

在放牧活动影响下,各类植物对放牧强度的反应是明显不同的(表3)。嗜口性良好的高大禾草、葱类和豆科植物等随放牧强度的加强而逐渐减少。相反,密丛或匍匐生长、耐牧的小禾草、蒿类和其它杂类草则明显增加。莎草科植物的变化无明显规律。不同的蝗虫亚科间对植物组成变化的反应是明显不同的(表4)。斑腿蝗亚科的蝗虫与蒿类等杂类草的生物量变化呈明显的负相关。斑翅蝗亚科的蝗虫与高大禾草、葱类及总的植物生物量呈明显的负相关,而与蒿类和豆科植物的生物量呈明显的正相关。在槌角蝗亚科中,由于狭翅雏蝗的种群占有绝对优势,因此,槌角蝗亚科与植物生物量之间的相关性很大程度上受狭翅雏蝗的支配。实际上在槌角蝗亚科中,每种蝗虫与上述植物生物量的相关性是不同的(表5)。宽须蚁蝗与大型禾草呈明显的负相关而与蒿类呈明显的正相关,这说明该种蝗虫是与草原退化密切相关的。红腹牧草蝗与大型禾草呈正相关,褐色雏蝗则与蒿类生物量呈负相关,小翅雏蝗与大型禾草、葱类和总的

植物生物量呈正相关,这说明这 3 种蝗虫更喜欢轻度或非放牧的草原环境。狭翅雏蝗由于分布范围很广且在大部分研究地均保持优势种地位,故它与植物的相关性不够明显。

表 5 槌角蝗亚科蝗虫种群热值与植物生物量的相关系数及显著性水平

Table 5 Correlation coefficients of the grasshopper calorific values within subfamily Gomphocerinae and plant biomass, and significance levels of correlation

蝗 虫 Grasshopper	植 物 Plants						
	大型禾草 Grasses	小禾草 Shortgrasses	莎 草 Sedges	蒿类 Forbs	豆科植物 Leguminous	蕁类 Onins	总的植物 Total
毛足棒角蝗 <i>D. barbipes</i>	-0.275	0.238	-0.005	0.075	0.188	0.331	0.023
宽须蚊蝗 <i>M. palpalis</i>	-0.707 <sup>++</sup>	0.577 <sup>+</sup>	0.409	0.727 <sup>++</sup>	0.175	0.071	-0.334
红腹牧草蝗 <i>Om. haemorrhoidalis</i>	0.530 <sup>+</sup>	0.025	-0.321	-0.206	-0.221	0.006	0.404
褐色雏蝗 <i>Ch. brunneus</i>	0.371	-0.163	-0.300	-0.482 <sup>-</sup>	0.073	0.393	0.375
狭翅雏蝗 <i>Ch. dubius</i>	-0.125	-0.182	0.020	0.054	-0.165	-0.432	-0.345
小翅雏蝗 <i>Ch. fallax</i>	0.749 <sup>+-</sup>	-0.182	0.368	-0.109	-0.456	0.593 <sup>+</sup>	0.825 <sup>+-</sup>
条纹鸣蝗 <i>M. japonicus</i>	0.399	-0.373	-0.283	-0.392	-0.262	-0.399	0.011

+;  $P < 0.10$ , ++;  $P < 0.05$

表 6 蝗虫种群、群落热值和种类数与植物、土壤因子的多元逐步回归分析

Table 6 Correlativity of grasshopper population and community associated with vegetation and soil parameters test by multivariate regression analysis

蝗 虫 Grasshoppers	植 被 Vegetation			土 壤 Soil			R 值 R value
	高 度 Height	生物量 Biomass	种类数 No. spp.	水分含量 Water content	硬度 Hardness	pH 值 pH value	
<i>C. abbreviatus</i>					-54.2		0.43
<i>O. decorus asiaticus</i>	36.7	7.0	-30.5		736.8	369.0	0.95
<i>An. barsbensis</i>		27.6	-169.2		2791.8		0.86
<i>D. barbipes</i>	304.8	492.1		349.1			0.90
<i>M. Palpalis</i>	149.9		-169.6	3459.6			0.90
<i>O. haemorrhoidalis</i>			-23.2				0.64
<i>Ch. brunneus</i>	32.6					342.8	0.89
<i>Ch. dubius</i>		145.9			7238.3	6419.4	0.86
<i>Ch. albomarginatus</i>			-16.7	76.2			0.67
<i>Ch. fallax</i>				1503.0			0.89
<i>M. japonicus</i>		3.0					0.55
种类数 No. of species					9545.6		0.72
总热值 Total calorific value	-0.1	0.03					0.79

草原放牧活动对蝗虫群落的影响是多方面的,不仅通过每种植物数量的变化来影响蝗虫,而且也通过植物群落的组成、结构和土壤理化性质的变化来影响蝗虫的多样性和丰盛度。表 6 是每个蝗虫种群热值、蝗虫群落总热值以及蝗虫种类数与植被因子和土壤因子的多元逐步回归分析。表中的数据是经过逐步回归分析剔除了相关性不显著因子之后,保留下的最有相关性

的因子( $P < 0.05$ )。两种斑翅蝗亚科的蝗虫明显地与植物种类呈负相关,与土壤硬度呈正相关。这说明这两种蝗虫恰恰是与草原退化密切相关的。毛足棒角蝗对放牧活动呈正的反应<sup>[22]</sup>,与植物生物量、高度和土壤含水量呈正相关。这说明毛足棒角蝗对放牧反应的双重性。由于毛足棒角蝗是一种早期发生的兼栖型蝗虫<sup>[19,21]</sup>,所以对湿润的土壤和充足的阳光依赖性较大,它喜欢稀疏的植被,但又需具有一定的高度,故极端退化的草场并不是它适宜的生境。宽须蚊蝗与毛足棒角蝗的情况类似,但表现在对土壤硬度呈明显的正相关,而与植物种类数呈明显的负相关,说明宽须蚊蝗对放牧的反应是较为敏感的。狭翅雏蝗与土壤硬度呈明显的正相关,说明放牧活动形成的紧实而干旱的土壤有利于它的生存,同时由于该种蝗虫适应范围宽,植物生物量增大时,它也能保持主导种的地位。褐色雏蝗与植被高度呈正相关,说明它的生存是与高的植被条件相联系的。条纹鸣蝗与植物的生物量呈正相关,高生物量的植物群落是它理想的环境,放牧引致的低生物量退化草场对其明显不利。小翅雏蝗和白边雏蝗与土壤含水量呈明显的负相关,这说明放牧活动对它们的影响主要表现在对栖境湿度的明显减少。它们是中生和中湿生环境的蝗种<sup>[19,21]</sup>,放牧形成的干旱环境对它们是致命的。这就是为什么在草甸草原和具灌溉条件的人工草地小翅雏蝗和白边雏蝗可以形成高密度的原因。土壤 pH 值有随放牧强度增加而升高的趋势,但在自然界土壤 pH 值的变化受许多因子的影响,故很难分析。蝗虫群落总热值与植物群落的重要值和土壤硬度呈正相关,蝗虫种类数与植物生物量呈正相关,这说明生物量高的典型草原可以维持较丰富的蝗虫种类。反之,由于放牧活动的影响,某些蝗虫种群数量随之增加,也有一些蝗虫种的入侵特定地段定居。由于放牧活动的影响,植物群落中杂类草的种类和数量明显上升(表 3),而在重度放牧地段蝗虫种类数也有上升趋势,这两者间可能存在着一定的相关性。

### 3 结论与讨论

蝗虫的分布和丰富度与植被的类型和结构变化是密切相关的<sup>[1-2,8-20]</sup>。在同一类型的草原生态系统中,放牧活动可以明显地改变群落结构和土壤的特性,从而影响蝗虫群落的动态。不同的放牧强度可以导致某些植物和蝗虫种类的存在和消失及种群数量的消长,从而影响到植物和蝗虫群落的多样性。但是,植物群落的多样性变化在不同放牧地段表现得更为明显,而蝗虫群落的变化在两个放牧的极端地段(过度放牧和非放牧)较为明显。在轻度放牧到重度放牧梯度上,蝗虫群落的多样性变化表现出较大的波动性。这可能与蝗虫具有主动选择栖境的能力有关<sup>[17]</sup>。另外,蝗虫群落的多样性和均匀性变化并不与植物群落的相应变化完全平行。但是,植物种类最为丰富的地段,也常常是蝗虫种类较为丰富的地段。

蝗虫对放牧活动的反应不是呈简单的相关,而是矛盾的统一体。放牧活动破坏了一些蝗虫的适生环境,使一些种类消失或数量减少,同时又创造了一些有利的环境条件,使另一些蝗虫丰盛起来或使一些蝗虫侵入定居。对同一种蝗虫来说也是如此,如放牧活动破坏了狭翅雏蝗的植栖条件,但放牧形成的较为紧实和干燥的土壤又为其产卵和后代的生存创造了有利的条件。这种益害关系的变动和转换,使狭翅雏蝗的种群波动带有双重性,即在一定的范围内放牧可以增加其种群数量;另外,良好的植被条件也可维持其较大的种群数量。相似的情况也可以在宽须蚊蝗和毛足棒角蝗中观察到。当然,并不是所有的蝗虫均能做到的,这是因为只有上述 3 种蝗虫对典型草原环境才具有最大的适应力<sup>[19,21-22]</sup>。

放牧强度在一定范围内可以促进某些蝗虫种群数量的增加。但是如果过度放牧引起植被



的极度退化,致使环境条件发生了根本性的改变并超越了蝗虫的适应能力,这样的植被条件只能维持贫乏的蝗虫种类和较低的种群水平。

放牧活动引起一些蝗虫种群数量的增加和减少是蝗虫在种群水平上的表现。事实上,不论是增加者还是减少者,放牧活动对每种蝗虫的作用机制是明显不同的。如小翅雏蝗、白边雏蝗和条纹鸣蝗均为放牧条件下的减少者,对前两种蝗虫起主要影响作用的是土壤的含水量,而后一种则为植物的生物量。

蝗虫与植物间的联系更多地表现在植物起着蝗虫栖息地条件的作用,而不完全是食料植物的作用。从蝗虫种食性分析<sup>29</sup>可以发现,在某些蝗虫种丰盛的地段上,食料植物并不相应的丰富。在这种情况下,蝗虫优先选择的勿宁说在于合适的栖境。

在生产实践中,放牧活动是否可以用来控制有害蝗种和维持较高的生物多样性呢?本研究说明,轻度和适度的放牧可以防止草原的退化并维持较高的植物和蝗虫的多样性。并且,可以防止湿生性蝗虫(白边雏蝗)和旱生性蝗虫(亚洲小车蝗和鼓翅皱膝蝗)<sup>(21)</sup>从放牧的两个极端地段(即非放牧和过度放牧地段)侵入定居。这意味着适度放牧可以使草原生态系统的保护与持续利用有机地统一起来。McNaughton<sup>(30)</sup>认为,适度的放牧可以提高植物生产量的两倍以上。加强草原的放牧管理、恢复已退化的草地,有可能降低某些旱生性蝗虫的种群密度并维持较高的蝗虫丰富度。

#### 参 考 文 献

- 1 Anderson N L. Some relationship between grasshopper and vegetation. *Ann. Ent. Soc.* 1964, 57: 736—742
- 2 Quinn M A, Patricia S, Charles H *et al.* Effect of grasshopper (Orthoptera: Acrididae) density and plant composition on growth and destruction of grasses. *Environ. Entomol.* 1993, 22(5): 993—1002
- 3 Gyllenberg G. The energy flow through a *Chorthippus parallelus* (Zett.) (Orthoptera) population on a meadow in Tyarminne, Finland. *Acta Zool. Fenn.* 1969, 123: 1—74
- 4 Gandar M V. The dynamics and trophic ecology of grasshoppers (Acrididae) in a South African savanna. *Oecologia*, 1982, 54: 370—378
- 5 Samways M J. Insects in biodiversity conservation, some perspectives and directives. *Biodiver. and Conserv.* 1993, 2: 258—282
- 6 White P S and Pickett S T A. Natural disturbance and patch dynamics, An introduction. In: Pickett S T A and White P S (eds.). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York, 1985, 3—13
- 7 Gueguen A, Lefeuvre J C, Forgeard F, *et al.* Analyse comparee de la dynamique de la restauration du peuplement d'Orthopteres et du peuplement vegetal dans une zone brulee lande. *Bull. Ecol.* 1980, 11(3): 747—764
- 8 Pfadt R E. Density and diversity of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in an outbreak on Arizona rangeland. *Environ. Entomol.* 1982, 11(3): 690—694
- 9 Isern-Vall J. A quantitative ecology of Orthopteran communities on Pyrenean grassland above timberline (Huesca, Spain). *Bot. San. Veg. Plagas (Fuera deserie)* 1990, 203: 311—320
- 10 Bailey W and Rentz D C F. The Tettigoniidae, Their diversity and importance in biological research. In: Bailey W J and Rentz D C F (eds.). *The Tettigoniidae, Biology Systematics and Evolution*. Springer-Verlag, London, 1990, 1—8
- 11 Kang L. Influence of livestock grazing on the grasshopper (Orthoptera, Acrididae) diversity in Inner Mongolian Steppes. *Chinese Biodivers.* 1994, 2, Suppl. 9—17
- 12 Barker J F. A preliminary study of the distribution of Acrididae in relation to overgrazing in Botswana. *Botsw. Notes Rec.* 1982, 14: 1—10
- 13 Barker J F. The distribution of Acridioidae (grasshoppers) in relation to overgrazing. *Botsw. Notes Rec.* 1985, 17: 141—148
- 14 Capinera J L and Sechrist T S. Grasshopper (Acrididae)-host plant associations, Response of grasshopper population to cattle grazing intensity. *Can. Ent.* 1982, 114: 1055—1062

- 15 Fielding D J and Brusven M A. Grasshopper (Orthoptera, Acrididae) community composition and ecological distribution on southern Idaho rangeland. *Environ. Entomol.* 1993, 22, 71—81
- 16 Grayson F W L and Hassall M. Effects of rabbit grazing on population variables of *Chorthippus brunneus* (Orthoptera). *Oikos* 1985, 44, 27—34
- 17 Joern A. Distribution, densities and relative abundance of grasshopper (Orthoptera, Acrididae) in a Nebraska sandhill prairie. *Southwest Nat.* 1982, 14, 37—45
- 18 Jepson-Inne K and Bock C E. Response of grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) to livestock grazing in southeastern Arizona; differences between seasonal and subfamily. *Oecologia* 1989, 78, 430—431
- 19 康乐. 蝗虫群落动态对草原放牧活动的反应. 草原生态系统研究, 第 5 集. 北京: 科学出版社, 1995
- 20 康乐, 陈永林. 草原蝗虫的时空异质性. 草原生态系统研究, 第 4 集. 北京: 科学出版社, 1992, 109—123
- 21 Kang L and Chen Y L. Multidimensional analysis of resource utilization in assemblages of rangeland grasshoppers (Orthoptera, Acrididae). *Entomol. Sinica*, 1994, 1(3), 178—192
- 22 Kang L and Chen Y L. Dynamics of grasshopper community under different grazing intensities in Inner Mongolia. *Entomol. Sinica*, 1995, 2(2), (in press)
- 23 Müller R H and Onsager J A. Grasshopper (Orthoptera, Acrididae) and plant relationships under different grazing intensities. *Environ. Entomol.* 1991, 20(3), 807—814
- 24 Quinn M A and Walgenbuch D D. Influence of grazing history on the community structure of grasshoppers of a mixed-grass prairie. *Environ. Entomol.* 1990, 19(6), 1756—1766
- 25 Wingerden W K R E van, Mueter J C M, Kleukers R M J C *et al.* The influence of cattle grazing on grasshopper abundance (Orthoptera, Acrididae). *Proc. Exper. & Appl. Entomol.*, N. E. V. Amsterdam, 1991, 2, 28—34
- 26 Wingerden W K R E van and Dimmers W J. Effects of rabbit and cattle grazing on grasshoppers (Orthoptera, Acrididae), of river dunes. *Proc. Exper. & Appl. Entomol.*, N. E. V. Amsterdam, 1993, 4, 1—9
- 27 Laverenko E M. The provincial division of the subregion of Centre of Asia of the Eurasian steppe region. *J. Botany ~ (USSR)*. 1970, 55(12), 1734—1747
- 28 康乐, 陈永林. 典型草原蝗虫种群数量、生物量和能值的比较研究. 草原生态系统研究, 第 4 集. 北京: 科学出版社, 1992, 141—150
- 29 康乐, 陈永林. 草原蝗虫的营养生态位. 昆虫学报, 1994, 36(2): 179—186
- 30 McNauton S L. Grazing as an optimization process. Grass ungulate relationships in the serengeti. *Am. Nat.* 1979, 113, 591—703

## GRASSHOPPER-PLANT INTERACTIONS UNDER DIFFERENT GRAZING INTENSITIES IN INNER MONGOLIA

Kang Le

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Grasshopper population had been monitored for two years on the different grazing pastures of natural steppes in Inner Mongolia, and correlated with floral biomass in these pastures. Grasshopper and plant sampling were conducted in three types of vegetation sites. Each site was divided into five plots as: ungrazed, lightly grazed, properly grazed, heavily grazed and overgrazed plots along grazing gradients, based on different grazing intensities. Abundance and diversity of plant and grasshopper communities in the plots were compared. Total calorific values of grasshopper biomass were significantly higher in low biomass pastures, although the values reduced in the overgrazed plots of *Stipa* steppes. Change in plant community directly affected the community structure of grasshoppers. However, the diversity and evenness pattern of vegetations were not entirely parallel to those of grasshopper species. Diversity of plant species was significantly higher in moderately grazed plots, while diversity of grasshopper species were significantly higher in ungrazed and lightly grazed plots. Calorific values of grasshoppers in subfamily Catantopinae were positively correlated with grass and negatively correlated with forbe and short grasses, while the values of grasshoppers in subfamily Oedipodinae were negatively correlated with grasses and total plant biomass and positively correlated with forbs and leguminous plant. In subfamily Gomphocerinae, some species were closely associated with overgrazed pastures, while some species were associated with good floral conditions. Soil compactness and water content also significantly affected grasshopper species biomass and community complex. Grazing in moderate intensity preserved the highest plant diversity and more diverse grasshopper community with lower proportion of the pest species. The relationships between grazing practice and conservation of plant and grasshopper diversity were discussed.

**Key words:** Grassland, grazing, grasshoppers, biodiversity, vegetation change.