

内蒙古草原主要蝗虫的防治经济阈值

邱星辉, 康 乐, 李鸿昌

(中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100080)

摘要: 通过取样调查确定内蒙古草原的优势蝗虫种类; 根据 5 种优势蝗虫自然种群的结构和数量, 计算了其蝗蝻和成虫的平均寿命; 在半自然条件下测定了这 5 种蝗虫在不同发育阶段的日食量。根据这 5 种蝗虫蝗蝻和成虫平均寿命及其日食量数据, 估算了不同蝗虫造成的牧草损失, 提出了其防治经济阈值(3 龄蝻, 头/m²), 其中: 毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes* 为 22.7, 小蛛蝗 *Aeropedellus variegates minutus* 为 37.4, 亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* 为 16.9, 宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* 为 34.3, 狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius* 为 36.7。

关键词: 蝗虫; 典型草原; 取食量; 防治经济阈值; 内蒙古

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2004)05-0595-04

The economic threshold for control of the major species of grasshoppers on Inner Mongolian rangeland

QIU Xing-Hui, KANG Le, LI Hong-Chang (State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Grasshoppers are the most important invertebrate pests on rangelands in the Inner Mongolia, where control should be initiated in most regions. A reasonable economic threshold for grasshopper control is essential to the judicious deployment of insecticidal control and thus crucial to the success of integrated pest management. According to the daily food consumption assessed in semi-natural condition and the average longevity of nymphal instars and of adult calculated based on field population sampling data of five major species of grasshoppers, the economic thresholds (3rd instar, individuals/m²) for controlling these grasshoppers by insecticide (malathion) on Inner Mongolian Steppe were suggested, i. e. 22.7 for *Dasyhippus barbipes*, 37.4 for *Aeropedellus variegates minutus*, 16.9 for *Oedaleus asiaticus*, 34.3 for *Myrmeleotettix palpalis*, and 36.7 for *Chorthippus dubius*.

Key words: Grasshopper; steppe; food consumption; economic threshold for control; Inner Mongolia

蝗虫是广大草原区的重要害虫。近 20 年来随全球气候变化、草场过度放牧和草畜配置失衡, 草地退化和沙化的面积不断扩大, 加剧了草原蝗虫的频繁发生, 在不同年份蝗灾总是此起彼伏, 近年来尤为严重, 2001 年内蒙古草原蝗虫成灾面积达 4 154 700 hm², 虫口密度达 50 ~ 300 头/m², 2002 年虫口最大密度达 420 头/m² (潘建梅, 2003)。蝗虫危害形成了“蝗害-草原退化-蝗害加剧”的恶性循环, 加速使草地进一步退化甚至沙漠化。干旱区人工草地极易导致蝗虫的大发生, 蝗虫的有效控制成为“退耕还草”成败的因素之一。因此, 草原蝗虫的防治已成为草地管理的一项重要战略任务。目前, 草原蝗虫的防

治依然主要依赖化学防治。害虫的防治经济阈值是害虫防治决策的基础 (Onstad, 1987), 为达到经济、有效防治的目标、减少环境污染, 需要确定科学的防治经济阈值。近年来, 已有一些有关蝗虫经济阈值的研究报道 (Davis *et al.*, 1992; 廉振民和苏晓红, 1995; 冯光翰等, 1995; 乔璋等, 1996; 李新华等, 1998), 但不同地区蝗虫种类和草地类型不同, 需要根据不同地域的蝗虫危害和防治措施, 制定不同的防治经济阈值。在国家“九五”科技攻关计划的资助下, 我们对内蒙古草原主要蝗虫的经济阈值进行了系统研究, 现将研究结果报道如下, 以供生产和决策部门参考。

基金项目: 国家“九五”科技攻关计划项目(96-016-01-06)

作者简介: 邱星辉, 男, 1965 年生, 江西人, 博士, 副研究员, 从事昆虫生态学、毒理学和分子生物学研究, E-mail: qiuXH@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2004-02-25; 接受日期 Accepted: 2004-08-18

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地位于内蒙古锡林郭勒盟白音锡勒牧场境内,为中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站所在地。该地的自然环境和植被特征见康乐和陈永林(1994)。

1.2 蝗虫取样

选择羊草 *Leymus chinensis* 草原、大针茅 *Stipa grandis* 草原以及过牧冷蒿 *Artemisia frigida* 草原为样地,进行了野外定点调查(1995)。从 5~9 月在研究地不同类草场(羊草草原、大针茅草原、过牧冷蒿草原)随机取蝗虫样,样方面积为 1 m²,每次取样共 30 样方。将样方内的蝗虫带回,在实验室中根据蝗虫的形态和发育特征鉴定蝗虫的种类、年龄结构,烘干至恒重后称取其生物量。分析不同蝗虫的数量和生物量的季节时动态,比较不同蝗虫在全年的数量和生物量的相对比重明确主要蝗虫的种类。

1.3 蝗虫的平均寿命

根据自然种群的年龄结构和数量数据,按 Onsager 和 Hewitt(1982)的方法计算出自然条件下蝗蛹以及成虫的平均寿命。

1.4 主要蝗虫取食量的测定

参考李鸿昌等(1987)方法在不同蝗虫的发生盛期,同步采集 10~20 头 3 龄蛹至成虫的不同龄期的蝗虫于自然挂笼中,以优势植物羊草为食料,群体饲养,记录每日蝗虫的取食面积,折算平均取食量。试验设 5 个重复,蛹期持续 3 天,成虫期分早、中、晚期各进行 3 天。

1.5 蝗虫造成的牧草损失及防治经济阈值(economic threshold, ET)的估算

由于蝗虫防治主要在 3 龄,我们在计算每头蝗虫造成的牧草损失时,不包括 1~2 龄蝗蛹。每头蝗虫造成的牧草损失(forage loss, FL)的计算公式为:

$$FL = (C_3 + C_4 + C_5) \times Ln + Ca \times La \quad (1)$$

其中 C_3 、 C_4 、 C_5 分别为 3 龄、4 龄、5 龄蝗蛹的日食量; Ca 为雌雄成虫日取食量的平均值; Ln 和 La 分别为蝗蛹和成虫的平均寿命。

根据经济阈值(ET)的基本概念,即挽回损失=防治成本的原则,由下列公式(2)计算不同蝗虫造成牧草损失(FL)的防治经济阈值:

$$ET = \frac{CC}{FL \times P \times EC} \quad (2)$$

其中: CC 为防治成本, P 为牧草市价, EC 为防治效果(死亡率%)。

2 结果与分析

2.1 典型草原优势蝗虫种类

在羊草草原,常见有 12 种蝗虫,早期种毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes* 占绝对优势,其数量占全生长季蝗虫总数量的 50.2%,生物量占 32.7%;其次是早期种宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* 和晚期种狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius*,其数量分别占蝗虫总数量的 20.3% 和 10.7%,生物量分别占总生物量的 13.6% 和 16.1%(表 1)。大针茅草原常见有 11 种蝗虫,以早期种毛足棒角蝗、宽须蚁蝗和中期种鼓翅皱膝蝗 *Angaracris barabensis* 为主,其中毛足棒角蝗占绝对优势,其数量占总数量的 52.1%,生物量占总生物量的 49.1%,当为该草原蝗虫监测和防治的主要目标(表 1)。过牧冷蒿草原常见有 9 种蝗虫,以早期种小蛛蝗 *Aeropedellus variegates minutus*、宽须蚁蝗、中期种亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* 为主,但从生物量角度看,大型种类的轮纹异痂蝗 *Bryodemella tuberculatum dilutum* 和鼓翅皱膝蝗也发生较重,并呈增加趋势(表 1)。

表 1 内蒙古草原不同种蝗虫的相对数量和生物量(1995 年)
Table 1 Relative number and biomass of various grasshopper species on Inner Mongolian rangeland in 1995

蝗虫种类 Species	羊草草原 <i>Leymus chinensis</i>		大针茅草原 <i>Stipa grandis</i>		冷蒿草原 <i>Artemisia frigida</i>	
	数量 (%)	生物量 (%)	数量 (%)	生物量 (%)	数量 (%)	生物量 (%)
	Number	Biomass	Number	Biomass	Number	Biomass
毛足棒角蝗 Db	50.18	32.65	52.11	49.08	3.84	3.24
宽须蚁蝗 Mp	20.28	13.59	19.04	5.88	12.51	4.11
狭翅雏蝗 Cd	10.71	16.11	5.99	3.82	6.76	5.54
小翅雏蝗 Cf	5.66	4.75	2.12	0.79	2.99	1.35
小蛛蝗 Avm	4.93	1.74	0	0	53.85	28.96
亚洲小车蝗 Oa	4.08	9.24	4.18	6.87	11.74	16.96
鼓翅皱膝蝗 Ab	2.98	15.30	8.64	22.48	2.07	6.33
短星翅蝗 Ca	0.61	0.87	4.95	8.73	1.61	2.74
褐色雏蝗 Cb	0.30	0.30	0.15	0.25	0	0
轮纹痂蝗 Btd	0.24	5.33	0	0	5.85	29.34
条纹鸣蝗 Mjv	0.24	0.08	1.06	0.33	0	0
红腹牧草蝗 Ohh	0.06	0.01	1.76	1.76	0.02	0.03

Db: *Dasyhippus barbipes*; Mp: *Myrmeleotettix palpalis*; Cd: *Chorthippus dubius*; Cf: *Chorthippus fallax*; Avm: *Aeropedellus variegates minutus*; Oa: *Oedaleus asiaticus*; Ab: *Angaracris barabensis*; Ca: *Calliptamus abbreviatus*; Cb: *Chorthippus brunneus*; Btd: *Bryodemella tuberculatum dilutum*; Mjv: *Mongolotettix japonicus vittatus*; Ohh: *Omocestus haemorrhoidalis haemorrhoidalis*. 下表同 The same for the following tables.

综合考虑蝗虫的发生数量及其潜在的危害程度,我们确定以毛足棒角蝗、小蛛蝗、宽须蚁蝗、亚洲小车蝗和狭翅雏蝗等优势种蝗虫为重点研究对象。

2.2 主要蝗虫造成的牧草损失估算

蝗虫在 1~2 龄时取食量少,因此防治一般针对 3 龄蝗蝻,为此我们测定了 5 种主要蝗虫的 3 龄至成虫的日取食量。在蝗虫自然发生时期,在野外环

境条件下测定了不同蝗虫各发育阶段的日食量,结果见表 2。从表中数据可以看到,大中型种类(亚洲小车蝗)的日食量最大,小型种类(小蛛蝗、宽须蚁蝗)相应的日食量小,成虫的日食量是 3 龄蝻的 10~20 倍,亚洲小车蝗雌性成虫的日食量达 32.8 mg 干重。

表 2 不同蝗虫各发育阶段的日食量(mg 干重/日)

蝗虫种类 Species	蝗蝻 Nymph			成虫 Adult	
	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	♂	♀
亚洲小车蝗 Oa	1.68 ± 0.21	10.38 ± 2.12	11.52 ± 1.35	10.45 ± 1.56	32.77 ± 5.56
毛足棒角蝗 Db	1.56 ± 0.24	2.84 ± 0.31	5.59 ± 0.78	10.30 ± 2.11	17.49 ± 1.69
宽须蚁蝗 Mp	1.46 ± 0.19	2.28 ± 0.11	3.43 ± 0.43	4.18 ± 0.54	8.09 ± 1.34
小蛛蝗 Avm	1.20 ± 0.21	2.72 ± 0.24	7.93 ± 0.89	9.65 ± 1.21	12.90 ± 1.25
狭翅雏蝗 Cd	1.20 ± 0.30	2.12 ± 0.32	3.75 ± 0.47	7.12 ± 0.56	12.40 ± 1.44

数据为平均数 ± 标准差(蝻期 n = 5,成虫 n = 15)Data are mean ± SD (n = 5 for nymph, n = 15 for adult).

2.3 主要蝗虫的蝗蝻及成虫的平均寿命

根据蝗虫自然种群结构和数量,采用 Onsager 和 Hewitt (1982)的方法计算出在自然条件下 5 种目标蝗虫蝗蝻以及成虫的平均寿命(见表 3)。表 3 显示,几种优势蝗虫成虫的平均寿命在 13~32 天之间,其中毛足棒角蝗成虫平均寿命最长,达 32 天。宽须蚁蝗次之,为 23 天。蝗蝻的龄寿命平均在 7~9 天,比较而言,晚期发生种类(狭翅雏蝗)蝗蝻的龄平均寿命较长,这可能与其发生期气温较低有关。

蝻期)的防治经济阈值在 17~38 头/m² 之间,亚洲小车蝗最小(16.9),小蛛蝗最大(37.4)。

表 4 主要蝗虫造成的牧草损失(FL)及其经济阈值(ET)

Table 4 Forage losses (FL) caused by 5 species of grasshoppers and their economic thresholds (ET) for control

蝗虫种类 Species	牧草损失(mg 干重/头) ¹⁾ FL (mg dw/individual)	经济阈值(3 龄,头/m ²) ²⁾ ET (3rd instar nymphae/m ²)
毛足棒角蝗 Db	391.2	22.7
小蛛蝗 Avm	238.1	37.4
亚洲小车蝗 Oa	523.9	16.9
宽须蚁蝗 Mp	259.8	34.3
狭翅雏蝗 Cd	242.3	36.7

¹⁾按公式(1)计算 Estimated by the formula $FL = (C_3 + C_4 + C_5) \times Ln + Ca \times La$, in which C_3 , C_4 , C_5 and Ca were the forage consumed by 3rd, 4th and 5th instar nymphae and adults. ²⁾按公式(2)计算,设 $CC = 20$ 元/公顷, $P = 0.25$ 元/公斤, $EC = 90\%$ Estimated by the formula $ET = CC / (FL \times P \times EC)$, in which CC , P , and EC indicate control cost, price of forage, and efficiency of control respectively, given $CC = 20$ yuan RMB/hm², $P = 0.25$ yuan RMB/kg, and $EC = 90\%$.

表 3 几种主要蝗虫的蝗蝻和成虫的平均寿命(天)

Table 3 The estimated average longevity of nymphal instars (Ln) and adults (La) in days of 5 species of grasshoppers

蝗虫种类 Species	蝻平均龄寿命 Ln	成虫寿命 La
毛足棒角蝗 Db	6.97	23.14
小蛛蝗 Avm	7.22	13.53
亚洲小车蝗 Oa	7.20	16.39
宽须蚁蝗 Mp	7.34	32.44
狭翅雏蝗 Cd	9.09	18.24

根据 Onsager 和 Hewitt (1982)计算 Estimated by the method of Onsager and Hewitt (1982).

2.4 主要蝗虫造成的牧草损失及其防治经济阈值

不同蝗虫造成的牧草损失及其防治经济阈值见表 4,从中可以看到,在这 5 种常见蝗虫中,亚洲小车蝗造成的牧草损失最大,从 3 龄起,每头蝗虫造成 524 mg 牧草损失(干重);其次为早期种毛足棒角蝗,为 391 mg/头;其他几种小型蝗虫每头造成的损失是 238~260 mg 之间。内蒙古草原几种蝗虫(3 龄

3 讨论

经济阈值研究的一个重要内容是估算害虫为害造成的经济损失。有关蝗虫造成的牧草损失的估算方法主要可以分为两类。一类是直接测定蝗虫为害造成的牧草损失,所用方法包括:(1)药剂控制区与非控区牧草产量对比法,该法的优点是可以直接测定蝗虫造成的实际损失,缺点是不能排除药剂效应和研究地牧草和环境因素不均匀性带来的影响,而

且也难于建立牧草损失与蝗虫密度的定量关系,在我国未得到采用;(2)罩笼测定法,在笼中接入不同密度的蝗虫,测定不同密度下的牧草损失,以建立蝗虫密度与牧草损失的关系,该法得到较广泛的应用(廉振民和苏晓红,1995;冯光翰等,1995;李新华等,1998),但其缺点是不能排除“罩笼效应”(罩笼改变了蝗虫的生存环境),因此不能代表自然环境下蝗虫的生存和取食情况。另一类方法是在室内测定蝗虫的食量,再根据蝗虫的平均寿命来间接推测蝗虫造成的牧草损失。大多数研究报道的食量和蝗虫寿命多以室内种群并在特定环境条件下测定,不能完全代表自然条件下的实际情况。我们是在半自然条件下,与蝗虫自然发生同步测定蝗虫的取食量,且蝗蛹和成虫的寿命是根据对种群年龄结构的取样数据计算的,包含了蝗虫的自然死亡等因素,是蝗虫发生历期和存活率等因素的综合反映,这使计算出的蝗虫取食造成的牧草损失更接近自然,增加了估算经济阈值的合理性。

本文提出的经济阈值是建立在牧草产量的损失与每头蝗虫危害量之间呈正相关的假设基础上,考虑的是蝗虫取食带来的直接损失,而没考虑蝗虫取食过程中产生的间接损失以及牧草可能因蝗虫取食产生的补偿作用。牧草是否存在补偿作用以及补偿作用的大小可能因牧草种类、发育阶段、受危害程度和危害部位的不同而不同,同时也受放牧活动的影响。在内蒙古草原,牧草的种类和组成是不均匀的,蝗虫的种类与数量也表现出一定程度的时空异质性,不同地域的牧压强度也有所不同,因此要评价植物的补偿作用非常困难。

不同地区对不同蝗虫的防治经济阈值有所不同(廉振民和苏晓红,1995;冯光翰等,1995;乔璋等,1996;李新华等,1998),从我国报道的几种草原蝗虫的经济阈值来看,经济阈值与蝗虫的个体大小负相关:个体大者因造成的牧草损失大,因此经济阈值小,如甘肃下河甘家高山草原红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa* 的经济阈值为 5.2 头/ m^2 (李新华等,1998);小型蝗虫的防治经济阈值(3 龄蛹)都在 30 头/ m^2 以上,如新疆天山北坡半荒漠草地意大利蝗 *Calliptamus italicus* 为 69 头/ m^2 (李新华等,1998),甘肃下河甘家高山草原狭翅雏蝗的经济阈值为 32.2 头/ m^2 (冯光翰等,1995),与本研究的狭翅雏蝗、宽须蚁蝗、小蛛蝗相似;中型个体蝗虫为 25 头/ m^2 左右,如新疆木垒平顶山山地草原西伯利亚蝗

Gomphocerus sibiricus 为 26.8 头/ m^2 (乔璋等,1996),与本研究的毛足棒角蝗相当。不同地域蝗虫发生的种类和数量有所不同,草地的经营与保护措施也有差别,因此,因地制宜、因时制宜的制定适合蝗虫管理的经济阈值,是科学、有效、可持续控制蝗虫危害的基础。

参考文献 (References)

- Davis RM, Skold MD, Berry JS, Kemp, WP, 1992. The economic threshold for grasshopper control on public rangeland. *J. Agric. Res. Econ.*, 17: 56–65
- Feng GH, Wang GS, Lu JZ, Liu QF, Yang YB, Gou HW, 1995. Study on the action threshold of the grassland grasshoppers. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(1): 33–37. [冯光翰, 王国胜, 鲁建中, 刘秋芳, 杨延彪, 郭宏伟, 1995. 草原蝗虫防治指标的研究. 植物保护学报, 22(1): 33–37]
- Kang L, Chen YL, 1994. Trophic niche of grasshoppers within steppe ecosystem in Inner Mongolia. *Acta Entomologica Sinica*, 37(2): 178–189. [康乐, 陈永林, 1994. 草原蝗虫生态位的研究. 昆虫学报, 37(2): 178–189]
- Li HC, Wang Z, Chen YL, 1987. Food consumption and utilization by three species of Acridoids (adult stage) in typical steppe. *Acta Ecologica Sinica*, 7(4): 331–338. [李鸿昌, 王征, 陈永林, 1987. 典型草原三种蝗虫成虫期的食物消耗量及其利用的初步研究. 生态学报, 7(4): 331–338]
- Li XH, Zhao ZG, Niu YQ, 1998. The relation of forage losses to the grasshopper density and the estimation of the economic threshold of the grasshoppers. *Arid Environmental Monitoring*, 12(3): 158–160. [李新华, 赵志刚, 牛永琦, 1998. 草场蝗虫的种群密度与受害程度及经济阈值的探讨. 干旱环境监测, 12(3): 158–160]
- Lian ZM, Su XH, 1995. Study on the compound species action threshold of rangeland grasshoppers. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(2): 171–175. [廉振民, 苏晓红, 1995. 牧场蝗虫复合防治指标的研究. 植物保护学报, 22(2): 171–175]
- Onsager JA, Hewitt GB, 1982. Rangeland grasshoppers: average longevity and daily rate of mortality among six species in nature. *Environmental Entomology*, 11: 127–133.
- Onstad DW, 1987. Calculation of economic-injury levels and economic thresholds for pest managements. *J. Econ. Entomol.*, 80: 297–303.
- Pan JM, 2003. Rangeland grasshoppers and their control strategies in Inner Mongolia. *Grassland of China*, 6: 66–69. [潘建梅, 2003. 内蒙古草原蝗虫发生原因及防治对策. 中国草地, 6: 66–69]
- Qiao Z, Wumarbieke, Xiong L, Bahatyyar, Muheyati, Zhao Y, Zhang SX, Dang HC, 1996. Research on forage loss caused by the *Gomphocerus sibiricus* (L.) and determination of control criterion. *Acta Agrestia Sinica*, 4(1): 39–48. [乔璋, 乌麻尔别克, 熊玲, 巴哈提亚尔, 木合亚提, 赵勇, 张生祥, 党惠才, 1996. 西伯利亚蝗对草原的危害及其防治指标的研究. 草地学报, 4(1): 39–48]