

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2014.01.003

# 虫害对草地生态系统生物量危害损失评估

李林懋<sup>1</sup>, 欧阳芳<sup>2</sup>, 戈峰<sup>2</sup>, 丁楠<sup>1</sup>, 门兴元<sup>1\*</sup>

(1. 山东省农业科学院 植物保护研究所/山东省植物病毒学重点实验室, 山东 济南 250100; 2. 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 100101)

**摘要:** 根据我国农业部统计数据, 结合全国草地覆盖遥感数据, 结合全国草地覆盖遥感数据, 利用生态能学方法, 评估了 2000—2010 年虫害对我国草地生态系统生物量危害损失。结果表明: 11 年期间全国由于虫害造成草地生物量损失约为年均 230.9 万 t, 损失量呈现先上升后下降后上升再下降的波动趋势, 年份间危害差异变化很大, 最高年份 (2008 年), 损失 328.5 万 t, 占我国牧草需求量的 32.8%。区域草地虫害强度排序为: 中部>西部>东部, 西部和中部共占比例高达 96%; 华北>西北>东北>西南, 其中内蒙古省年均损失量占全国总量的 53.47%。这种特征与中国草被覆盖分布及防治科技发展程度密切相关。评估结果显示, 我国草地生态系统虫害分布范围广, 危害损失巨大, 危害动态波动变化, 应该加强对重点区域的草原虫害监测和预报, 制定应对草原虫害治理策略。

**关键词:** 生物量; 生态效率; 草地; 虫害

中图分类号: S812

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2014) 01-0013-07

## The Evaluation Index System for Biomass Loss of Grass Pests

LI Lin-mao<sup>1</sup>, OUYANG Fang<sup>2</sup>, GE Feng<sup>2</sup>, DING Nan<sup>1</sup>, MEN Xing-yuan<sup>1\*</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Plant Virology/Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China; 2. State Key Laboratory of Integrated Management of Pests and Rodents/Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** With the statistics provided by National Ministry of Agriculture combined with the remote sensing data of grassland coverage, the grassland ecosystem biomass hazards of China during 2000 to 2010 was estimated in perspective of ecological energetics. Results showed 2309kt grass was lost annually by pests, which firstly increased and then decreased and then increased, and declined again with trend of fluctuation in this period of the given 11 years. 3.285 million tons were lost in the most severe year (2008) in which the proportion of grass loss account for about 32.8% of annual average grass demand of China. The general grass loss order was: Middle Region>Western Region>Eastern Region. The grass loss in both Western Region and Middle Region totally accounted for 96%. For seven national regions in China, the order was: Northern China > Northwestern China>Northeastern China>Southwestern China. Inner Mongolia accounted for an average annual loss of 53.47%. These features were closely related to the grassland distribution and control technology development in China. The evaluation results indicated that with the widely distribution of grassland pests and the increasingly huge and dynamic loss trend, grassland pest monitoring and forecasting of the key areas should be strengthened, and the main pest management strategies should be established specifically.

收稿日期: 2014-02-19

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31200321)、环保部专项 (STSN-04-04) 和国家自然科学基金重点项目 (31030012)

作者简介: 李林懋, 女, 硕士, E-mail: lilinmao2009@126.com; \*通信作者: 门兴元, E-mail: menxy2000@hotmail.com.

**Key words:** biomass; ecological efficiency; grassland; damage by pest

## 0 引言

草地生态系统是地球三大陆地生态系统之一，是陆地生态系统的重要组成部分<sup>[1]</sup>，也是我国陆地面积最大的生态系统类型<sup>[2-3]</sup>。草地生态系统在生态、生产和生活功能之间形成了密切相互作用的逻辑关系，具有调节、支持、生产和信息服务功能。草地是牧民赖以生存的直接生产资料。保护草地生态功能，对维护生态屏障安全和保护生物多样性具有重要意义<sup>[4]</sup>。我国草地面积从 2000 年的 2.78 亿 hm<sup>2</sup> 逐年增加，其中在 2002 年增加最快到 3.90 亿 hm<sup>2</sup>，之后缓慢增加，到 2010 年的 3.92 亿 hm<sup>2</sup>，约占国土面积的 40.8%，占世界草地面积的 13%<sup>[5]</sup>，居世界第 2 位。草原上致灾因子种类多样，有害生物主要有 327 种，其中虫害就有 69 种（农业部文件[1988]农[牧]字第 77 号发布，根据 1997 年 12 月 25 日农业部令第 39 号修订）。草原的害虫分广布，数量多，危害大，给草原畜牧业生产带来了严重的威胁。害虫在草原生态系统中处于重要的地位，它们的活动强烈地影响着草原生态系统的动态平衡。由于我国幅员辽阔，地势多样，加大了有害生物对草地生态系统所造成危害损失的评估难度。定量评估草地生物灾害，掌握灾害变化趋势、空间分布规律，可为防灾减灾策略提供依据。

刘兴元等<sup>[6]</sup>在草地生态系统服务价值评估方面，系统全面综述了国内外学者从不同角度和区域，利用多种方法开展广泛的研究，此类研究对人类认识草地生态系统服务功能的重要性和完善草地生态服务价值评估方法具有重要的作用。但我国目前与农林业相结合的有害生物灾害损失评估方法主要是直接经济损失评估方法和森林生态服务价值损失估算方法。前者采用传统的实物量价值核算方法，即采用各种指标直接计算损失的实物量价值<sup>[7]</sup>。森林生态效益损失评估方法主要分为 2 大类：替代市场技术类评估方法；模拟市场技术类评估方法<sup>[8-9]</sup>。草地生物灾害损失评估目前国内主要是依靠对于有害生物发生面积、发生等级及发生次数等方面的测报，不足在于只能定性，非定量，所提供的信息不足。草原虫害的防治，在一定程度上就是调整和恢复草原生态系统的动态平衡，提高草原生产能力，因此对有害生物所造成草原生态系统生物量损失的评估具有重要意义。

生物量 (biomass) 是指某一特定观察时刻、某一空间范围现有的个体数量、重量 (狭义的生物量) 或者含能量，它是一种现存量，生物量在生态系统的研究中占有重要地位。生态系统的主要研究对象是系统中中和系统之间的能量流动和物质循环，这是生态系统两大功能和过程。目前生态系统的概念和原理已被许多研究拿来解决密切相关的问题。生态效率 (ecological efficiencies) 是指各种能流参数中的任何一个参数在营养级之间或营养级内部的比值关系，这种比值关系也可以应用于种群之间或种群内部以及生物个体之间或生物个体内部<sup>[10]</sup>。在生态学研究，可以利用对各个环节间的传递效率来估计能流的传递情况，现代生态学通常利用生态效率和生物量来估计有害生物对生态系统的损失量。本研究首次利用有害生物对生态系统所造成损失的生态能学估算方法，根据 2000 年至 2010 年全国植保统计资料、农业和林业统计数据 and 遥感数据，分别以全国和省为评估单元，分析评估区域主要草地害虫空间分布特征和变化趋势，评估了我国虫害对草地生态系统生物量的损失，以期为分析受灾区的成本投入和制定防治策略，及单元内虫害对草地生态系统的影响评估提供数据支持和方法借鉴，为全国减少生物灾害胁迫影响的宏观战略措施的制定提供支撑。

## 1 材料与方法

根据草地被害量与害虫摄入量的相关性，以及生态学效率数据和野外调查数据，采用生态效率估算，可得草地主要害虫的摄入量，再估算草地损失量。

### 1.1 草地生物量损失估计公式

$$L = Dc \cdot I \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{P}{NEE \times AEE} \dots\dots\dots (2)$$

$$NEE = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3)$$

$$AEE = \frac{A}{I} \dots\dots\dots (4)$$

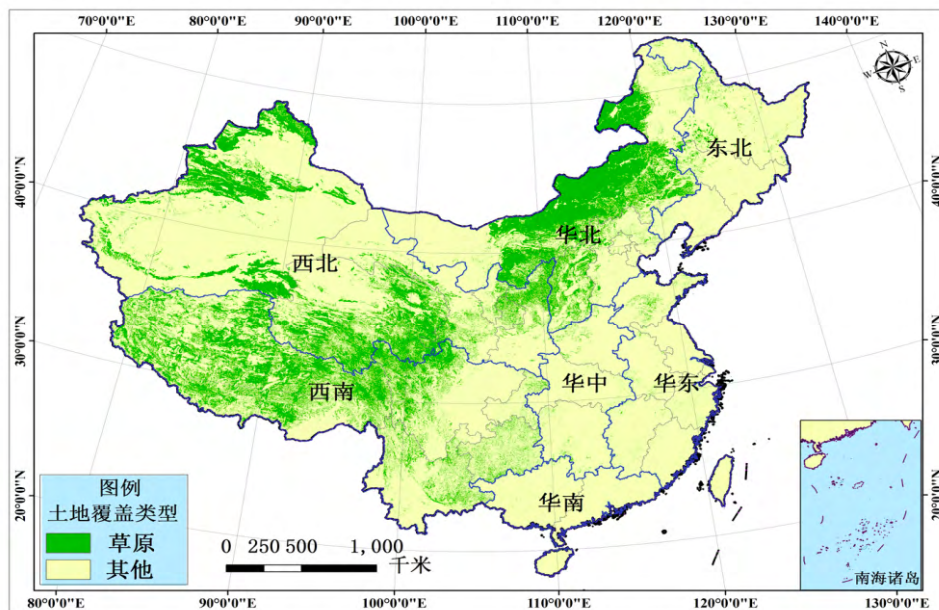
$$P = P_g + P_r \dots\dots\dots (5)$$

$$P = PD + OA + IB \dots\dots\dots (6)$$

表 1 生态效率估算损害量参数

中文名称	英文名称	简称	单位	数据来源
昆虫种类	Insect species	<i>IS</i>	—	—
个体生物量	Individual biomass	<i>IB</i>	克	室内测定
种群密度	Population density	<i>PD</i>	头/平方米	野外调查
发生面积	Occurrence area	<i>OA</i>	平方米	野外调查
种群生长生产量	Product of growth	<i>P<sub>g</sub></i>	克	公式估算
种群生殖生产量	Product of reproduce	<i>P<sub>r</sub></i>	克	公式估算
种群生产量	Product	<i>P</i>	克	公式估算
净生态学效率	Net ecological efficiency	<i>NEE</i>	—	文献参考
同化效率	Assimilation ecological efficiency	<i>AEE</i>	—	文献参考
种群摄入量	Ingestion	<i>I</i>	克	公式估算
损害系数	Damage coefficient	<i>D<sub>c</sub></i>	—	文献参考

种群生产量 *P* 为其生长生产量 *P<sub>g</sub>* 和生殖生产量 *P<sub>r</sub>* 之和。当生殖生产量 *P<sub>r</sub>* 很小时，可以忽略，重点估算种群生长生产量 *P<sub>g</sub>*。净生态学效率 *NEE* 为生产量与同化量的比值 *P/A*，同化效率 *AEE* 为同化量与摄入量的比值 *A/I*。表 1 提供了估算过程中涉及的英文字母代表的参数名称。*L* 为草地损害量，损害系数 *D<sub>c</sub>* 值因不同有害生物的为害方式与作用类型而异。为害叶片如食叶性咀嚼式害虫（狭翅雏蝗）和贮粮害虫（粉斑螟），摄入量估算为损害量，即损害系数 *D<sub>c</sub>* 为 1；而为害根部，茎干或者花果等有害生物，除去其摄入量造成的损失，还会造成其他某些器官或部位的损害，以致增加了其对植物的为害程度，此类有害生物的伤害系数 *D<sub>c</sub>* 大于 1。这里用损害系数 *D<sub>c</sub>* 为 1 计算。基于以上估算过程，将植物损害量 *L* 和挽回损失量 *RL* 简化为：



制作时间：2013年9月15日 制作单位：中国科学院动物研究所

图 1 中国草地虫害发生范围

$$L = k \cdot PD \cdot OA \cdot IB \dots\dots\dots(7)$$

$$RL = k \cdot PD \cdot CA \cdot IB \dots\dots\dots(8)$$

$$k = \frac{Dc}{NEE \cdot AEE} \dots\dots\dots(9)$$

$k$  为参数，可以通过文献资料数据估算。植物损害量  $L$  与种群密度  $PD$ 、发生面积  $OA$  和个体生物量  $IB$  相关。从而通过获取这 3 个指标变量，可以计算出确定时间段草地虫害损害量，即生物量损失。同理，挽回损害量  $RL$  与种群密度  $PD$ 、控制面积  $CA$  和个体生物量  $IB$  相关。

1.2 数据来源

1.2.1 虫害发生面积 图 1 为卫星遥感数据，显示全国草地覆盖区域，即草地虫害发生范围。表 2 列出的昆虫是草地害虫中主要类群，为小型蝗虫、中型蝗虫、草原毛虫和草地螟。所列 6 种蝗虫为我国草地常见蝗虫中的优势种<sup>[11]</sup>。其防治指标作为种群密度估算。草原害虫主要类群及防治指标均来自草原治虫灭鼠实施规定（修正）（农业部文件[1988]农[牧]字第 77 号发布，根据 1997 年 12 月 25 日农业部令第 39 号修订）。

表 2 草地几种主要害虫的防治标准

害虫	数量/(头·m <sup>-2</sup> )
小型蝗虫 毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipe</i> 小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i> 狭翅雏蝗 <i>Chorthippus dubius</i> 宽须蚁蝗 <i>Myrmeleotettix</i>	25 头以上
中型蝗虫 亚洲小车蝗 <i>Oedaleus decorus asiaticus</i> 鼓翅皱膝蝗 <i>Angaracris barabensis</i>	15 头以上
草原毛虫 <i>Gynaephoraal pherakii Grum</i>	30 头以上
草地螟 <i>Loxostege sticticalis</i>	幼虫 15 头以上

表3 主要害虫的部分参数值

害虫	个体生物量/g	同化效率	净生态效率
小型蝗虫	0.025 <sup>[12]</sup>	0.392 <sup>[15]</sup>	0.2 <sup>[15]</sup>
中型蝗虫	0.123 <sup>[12]</sup>		
草原毛虫	0.043 <sup>[13]</sup>	0.417 <sup>[15]</sup>	
草地螟	0.0136 <sup>[14]</sup>		

1.2.2 评估参数 草地主要害虫的部分参数值见表 3，估算所用参数数据通过查阅文献得到。选择昆虫的鲜重作为生物量（狭义），均来自文献<sup>[12-14]</sup>。采用蝗虫和鳞翅目昆虫的同化效率和昆虫净生态效率平

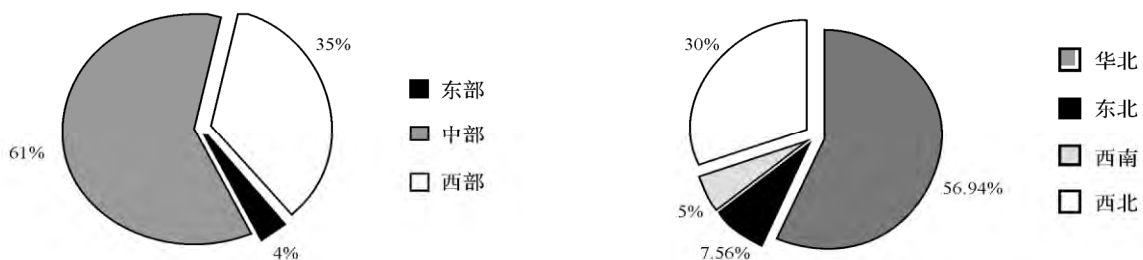


图 2 全国三大部和七大区平均每年虫害造成草地损失量

均值<sup>[15]</sup>计算生态效率。

1.3 分析步骤

利用不确定分析方法估算生物灾害对受害对象损失值的范围，或损失值的置信区间<sup>[16]</sup>。

1.4 数据分析

文中数据是由 ArcGIS 地理信息系统软件和 Excel 2003 软件分析,图 1 和图 5 是由 ArcGIS 地理信息系统软件制作,其他图均由 Excel 2010 制作。

2 结果

全国 2000 年至 2010 年平均每年由于虫害造成草地的损失量为 230.9 万 t,其中东部所占比例较少为 4%,西部和中部分别占 35%和 61%,共占比例高达 96%,占了全国草地损失的绝大部分(图 2)。

全国分区中,华北地区所占比例最大,西北和华北地区共占损失总数的 86.94%;东北和西南区共计 12.56%;由于华东、华中、华南各地区所占比例很小分别为 0.01%、0.18%、0.02%,因此忽略不计,未在图中显示。

全国因虫害损失的草地生物量自 2000 年 175.9 万 t 逐年增加到 2004 年 286.1 万 t,11 年间损失量呈现先上升后下降后上升再下降的趋势。

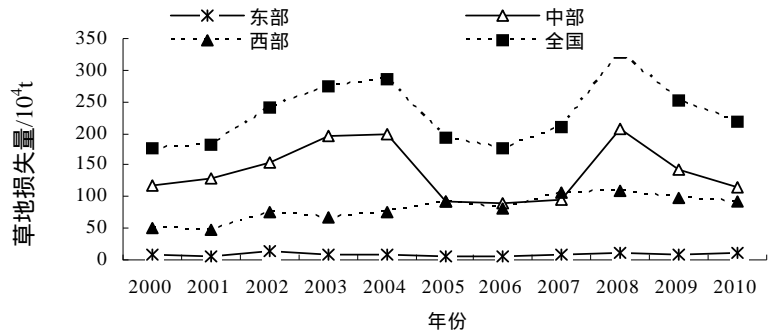


图 3 2000—2010 年全国中、东、西部虫害对草地造成的损失量

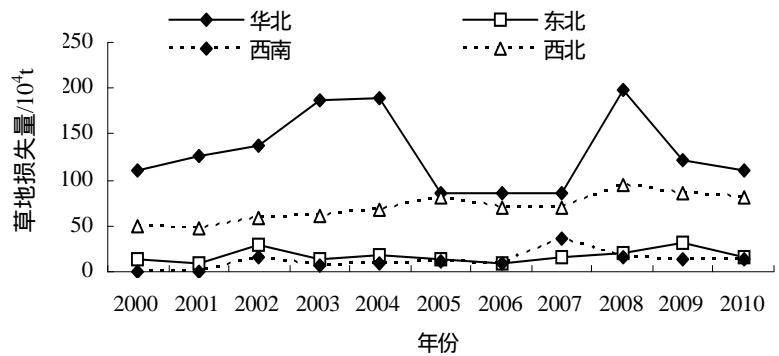


图 4 2000—2010 年全国七大区虫害对草地造成的损失量

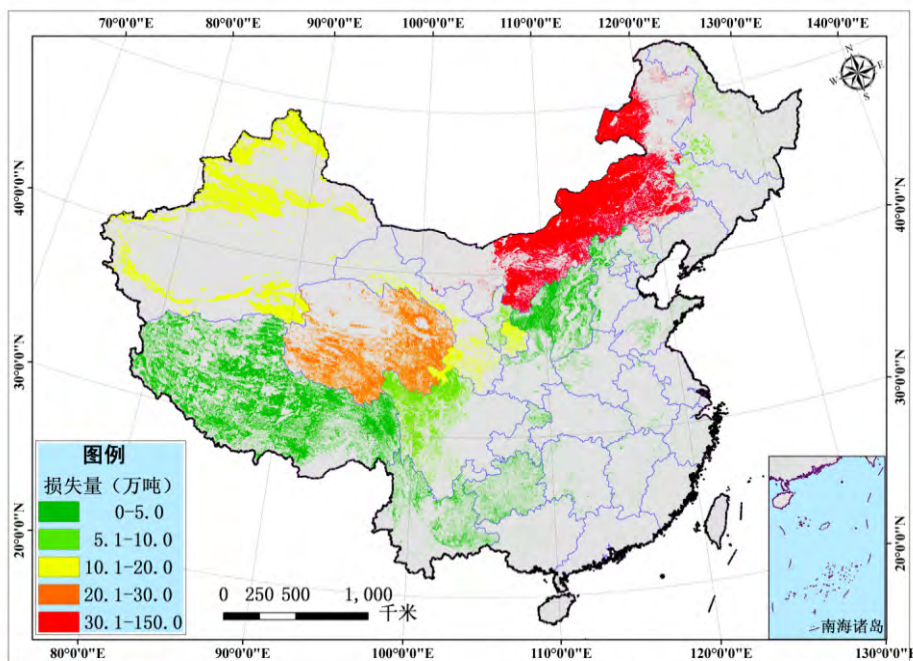


图 5 中国草地虫害损失分级

2004 年之后损失量下降, 2005—2007 年出现损失量低谷, 2006 年为除 2000 年之外 10 年的最低值, 年损失量降至 177.0 万 t, 2008 年达 11 年损失量峰值 328.5 万 t, 2009—2010 年又呈现下降趋势。全国中、东、西部, 中部地区损失量走势与全国走势基本相同; 西部呈缓慢上升趋势, 东部年损失量最少, 峰值和最小值分别为 2002 年 13.1 万 t 和 2001 年 5.5 万 t, 各年损失量变化趋于平稳, 见图 3。

全国七大区中, 华北地区损失自 2000 年后逐年上升, 至 2004 年上升至 190.1 万 t, 2005 年骤降为 11 年最小值 85.7 万 t, 之后两年趋

于平稳, 2008 年骤升为峰值 197.5 万 t, 之后两年逐年下降, 至 2010 年达 109.2 万 t。西北地区损失逐年增加, 2008 年为 11 年峰值 94.3 万 t; 东北, 西南两区损失量相差较小, 逐年变化小, 均呈波动上升趋势, 见图 4。

将全国范围内虫害所造成草地损失量分为 5 级, 各地区虫害发生强度分布如图 5 所示。其中内蒙古省年均损失量占全国总损失量的 53.47%, 其他各省占比例较少, 天津、上海、浙江、江西、贵州五省几乎无损失, 见图 6。

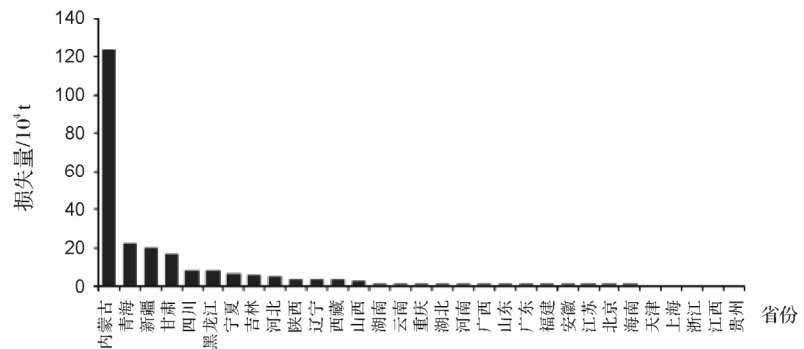


图 6 中国各省份草地虫害年均损失量

### 3 结论与讨论

#### 3.1 草地生物灾害危害损失评估的价值

占地球陆地总面积 52.17% 的草地生态系统蕴藏着巨大的生物量。它不仅是发展国民经济的物质基础, 还是维护陆地生态系统的天然屏障<sup>[17]</sup>。它不仅为人类提供了大量产品, 而且提供了多种生态服务, 如每公顷草坪每天吸收二氧化碳 900 kg, 释放氧气 600 kg<sup>[18]</sup>。由于人类对草地生态系统服务功能的利用的不断开发, 人为干涉造成的草地退化、沙化、盐碱化——“三化”现象受到重视, 但虫害造成的草地生物量的损失受关注程度相对较低。中国草原生态系统结构复杂, 不同类型的草地其生态功能各异, 就同一种功能在不同的草地类型中所产生的价值也是相差甚远。因此, 要构建一套真正适合我国草地实际情况的评估体系任重道远。

草地生态系统服务功能体现在 3 个方面, 即生态功能、生产功能和生活功能。虫害所造成草地生物量的损失直接影响其生产功能, 而草地的生产功能是对草地生态系统生产属性的具体反映, 主要表现在初级经济植物产品的开发 (草产品、药材、菌类和燃料等) 和次级产品 (奶、肉、毛、皮等) 的输出。辽阔的草原除长有种类繁多的优良牧草, 还蕴藏着十分丰富的经济植物 (包括藻类、菌类、蕨类、裸子植物和被子植物等), 它为饮业、医药业、工业、环境保护及美化等国民经济领域提供了大量的原料和成品, 同时带来很高的经济效益。谢高地等<sup>[19]</sup>利用生物量对 Costanza 等<sup>[20]</sup>的服务功能单位面积价值进行了校正后, 对中国 18 个草地类型的生态服务价值估算结果为 1 497.9 亿美元, 青藏高原高寒草地生态服务价值为 2 571.78 亿元。资料显示, 我国每年的牧草需求量为 1 000 万 t<sup>[21]</sup>, 本研究利用生物量的方法估算出虫害造成达年均 230.9 万 t 草地损失, 占全国牧草总需求量的 23.1%, 危害损失巨大。由于我国草地分布范围广, 分布不均衡, 波动性大, 应加强重点区域的草原虫害监测和预报, 并制定应对草原虫害治理策略。

#### 3.2 生态能学评估法优势和不足

本文所提出的基于有害生物生物量评估生态系统损失的方法, 利用全国植保统计资料、农业和林业统计数据 and 遥感数据, 即刻定量虫害等生物灾害对草地等受灾对象造成的损失, 及危险性、受灾区损失程度等, 从而估计受灾区应灾能力的成本投入和防治措施, 将为全国草地虫害影响的宏观战略措施的制定提供支撑。

局限性在于本文用于评估虫害对草地生态系统损失的方法,采用了防治指标作为种群密度进行估算,由于全年草地虫害发生量可能高于防治指标所提出的程度,因此用防治指标作为密度计算在某些程度上低估了有害生物造成的损失。另有主要害虫参数,如鲜重、生态效率等仍需要继续测定补充完善,使估算结果更加贴近实际。

从评价结果来看,该研究是利用了植保统计资料、农业和林业统计数据利用生态系统能流的特性,经过科学合理的估算方法,得到草原有害生物对草原所造成直接的损失量。这种估算方法简单易行,具有一定程度的可操作性。它为我国草原生态功能价值核算体系的构建、我国草原生态系统服务价值的核算以及草地有害生物造成的损失核算体系的构建提供了可鉴的数据和估算方法,同时也为草地资源的科学管理与合理利用敲响警钟。

#### 参考文献:

- [1] Huyghe C. New utilizations for the grassland areas and the forage plants: what matters?[J]. *Forages*, 2010, 203: 213-219.
- [2] 陈百明. 中国农业资源综合生产能力与人口承载能力[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [3] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源[M]. 北京: 科学技术出版社, 1996: 45-47.
- [4] 刘兴元, 龙瑞军, 尚占环. 草地生态系统服务功能及其价值评估方法[J]. *草业学报*, 2011, 20(1): 37-43.
- [5] 张镜铨, 刘林山, 摆万奇, 等. 黄河源地区草地退化空间特征[J]. *地理学报*, 2006, 61(1): 3-14.
- [6] 刘兴元, 牟月亭. 草地生态系统服务功能及其价值评估研究进展[J]. *草业学报*, 2012, 21(6): 286-295.
- [7] 宋玉双, 苏宏钧, 于海英, 等. 2006—2010年我国林业有害生物灾害损失评估[J]. *中国森林病虫害*, 2011, 30(6): 1-4.
- [8] 魏汉林, 谷建才, 郑金权. 森林资源生态经济效益评估方法综述[J]. *河北林果研究*, 1997, 3(12): 258-259.
- [9] 张明霞, 张贵. 林业有害生物灾害评估内容和方法探讨[J]. *湖南林业科技*, 2007, 34(2): 74-76.
- [10] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京师范大学出版社, 2001.
- [11] 康乐, 陈永林. 草原蝗虫营养生态位的研究[J]. *昆虫学报*, 1994, 37(2): 178-189.
- [12] 颜忠诚, 陈永林. 内蒙古典型草原蝗虫个体大小与体重之间关系的探讨[J]. *昆虫知识*, 1996, 33(4): 209-210.
- [13] 严林, 梅洁人. 草原毛虫种群能量生态学的研究[J]. *青海畜牧兽医杂志*, 1994, 24(2): 5-8.
- [14] 罗礼智, 刘大海, 张蕾. 草地螟幼虫取食量, 头宽, 体长及体重的测定[J]. *植物保护*, 2008, 34(6): 32-36.
- [15] 戈峰, 丁岩钦. 昆虫生态能学理论及其在害虫管理中的应用[J]. *昆虫知识*, 1998, 35(5): 296-300.
- [16] Prendergast A C. IPCC-Intergovernmental panel on climate change choice[C]. *Current Reviews for Academic Libraries*, 2008: 1570-1571.
- [17] 廖国藩, 贾幼陵. 中国草地资源[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 343-346.
- [18] 闫永庆, 贺宝文, 侯典玲. 草坪与树木在大庆地区绿地建设中应用情况的对比分析[J]. *黑龙江生态工程职业学院学报*, 2007, 20(1): 19-20.
- [19] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评价[J]. *山地学报*, 2003, 21(2): 50-55.
- [20] Costanza R, Ralph d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [21] 朱宏伟, 董生健. 定西市发展草产业的必要性与对策[J]. *甘肃农业*, 2005, 11: 95.