

文章编号: 0454-6296 (2000) 增刊-0180-06

# 持续治理飞蝗灾害的新对策

张 龙, 严毓骅

(中国农业大学植物科技学院昆虫学系, 北京 100094)

**摘要:** 该文通过对飞蝗 *Locusta migratoria* 为害特性的描述以及本世纪我国飞蝗防治历史的回顾, 对各个时期的飞蝗治理策略的特点及不足进行了分析, 并在总结我国近几年飞蝗生物治理理论与实践的基础上, 提出了 21 世纪我国飞蝗生物治理的对策, 即逐步扩大采用生物防治措施, 增强如蝗虫微孢子虫生物防治制剂及天敌的控制作用, 在飞蝗虫口密度中等或较低时, 采用生物防治制剂为主, 阻止或延缓中、低密度的飞蝗向高密度群居型的发展进程; 在飞蝗虫口密度高时, 可采用化防 (昆虫生长调节剂等) 与生防 (如微孢子虫) 配合使用, 以迅速压低虫口密度, 防治其迁飞为害, 同时也可使蝗虫微孢子虫疾病长期流行于蝗群中, 抑制飞蝗种群数量的增长。并积极探讨信息化合物对飞蝗行为的调控作用。

**关键词:** 飞蝗; 生物防治; 持续治理对策; 虫口密度; 行为调控

**中图分类号:** S 476.14      **文献标识码:** A

自古以来, 飞蝗 *Locusta migratoria* 就是严重威胁我国农业生产的重大害虫, 蝗灾与旱灾、水灾并称为农业三大自然灾害。飞蝗之所以为害严重是由其生物学特性所决定的。其主要特点是: 暴食性, 生殖力高, 抗逆性强, 有群集行为和远距离迁飞的能力<sup>[1,2]</sup>。发生基地偏僻, 不易监测。

我国自公元前 707 年至今有记载的蝗灾达 739 次<sup>[3,4]</sup>。1949 年以前, 每次蝗灾都造成巨大的经济损失, 给人民带来严重的灾难<sup>[5]</sup>。解放后, 科技人员在中国共产党的领导下, 经过艰苦努力, 总结出“改治并举”的治蝗方针, 使蝗灾基本得以控制, 取得了举世瞩目的成绩<sup>[4,6-9]</sup>。但是我国飞蝗蝗害并未完全根除。特别是有机氯农药禁用后, 替代性防治措施尚不完善, 以及耕作制度改变, 全球气候异常等因素而使高密度蝗群时有发生<sup>[6]</sup>。例如: 1985 年天津大港飞蝗跨省市迁飞为害之后, 高密度蝗虫频繁发生<sup>[10-12]</sup>。目前我国对飞蝗的防治仍以化学农药为主。大面积、大量、多次喷施马拉硫磷等残效期短的广谱性农药, 不但增加防治费用, 而且杀伤了飞蝗的天敌, 严重地污染环境。由于现存的飞蝗发生基地多为难以改造治理的沿湖、沿海, 河泛区或内涝区<sup>[13]</sup>, 因此, 寻找替代化学农药的可持续性治理飞蝗虫害的策略及其配套措施已迫在眉睫。本文在回顾我国本世纪飞蝗防治的历史, 并对当前国内外飞蝗治理研究进行评述基础上, 探讨了适合我国飞蝗蝗灾可持续治理的新对策。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (39770511, 39700098)

收稿日期: 1999-06-28, 修订日期: 2000-01-21

## 1 20 世纪我国飞蝗治理历程回顾

本世纪我国飞蝗的防治历史大致分为二个阶段。

第一阶段是 20 世纪初至 30 年代，飞蝗的防治基本是人工捕打，它虽然不能控制蝗害的暴发，但与天敌、生态环境基本上和谐，总体上讲，暴发成灾的频率较高。

第二阶段从 40 年代至今，采用化学农药防治为主。40 年代至 70 年代主要使用有机氯杀虫剂如六六六、DDT 等，有机氯农药被禁止使用后，用有机磷杀虫剂，如马拉硫磷、西维因、氧化乐果、杀螟松等作为替代物。之后也采用拟除虫菊酯类农药，但是这几类农药均属残效期短的广谱性农药，如漏喷或因使用过期掌握不当，则很难一次施药控制蝗害。因此，近年来，则不得不多次，地毯式大量施用化学杀虫剂，不但使天敌大量杀伤，也严重地污染了生态环境，防治成本大大增加。

在该阶段中特别值得指出的是，自 50 年代以来，结合我国大力治理淮河，黄河及海河，兴修水力的工程，我国治蝗工作者在 50 年代末提出了“改治并举”的治蝗对策。“改”是因地制宜改造飞蝗发生基地的自然面貌，以消灭适合蝗虫发生繁殖的生态条件<sup>[8]</sup>；“治”为在蝗虫发生时采取各种有效的防治方法及时扑灭，防止为害<sup>[2,9,14]</sup>。改造了 300 多万  $\text{hm}^2$  蝗区，取得了显著成效，基本上控制了飞蝗蝗灾的发生<sup>[13]</sup>。因此，自 50 年代末（1959 年）以来，可认为是我国飞蝗灾害的“改治并举”时期<sup>[5,13,15]</sup>。

但是自 80 年代中期以来，由于全球气候异常，旱涝频繁，农业生产制度的改变等原因，我国高密度飞蝗蝗群的发生又有回升的趋势。加上由于经济及地理等条件的限制，改造飞蝗发生地也受到了限制。蝗区面积近几年有所增加<sup>[3]</sup>。飞蝗发生面积由 70 年代的 100 余万  $\text{hm}^2$  上升到 90 年代的 120 万  $\text{hm}^2$ 。仅“八五”期间年平均发生 111 万  $\text{hm}^2$ ，年平均使用化学农药防治面积达 44.6 多万  $\text{hm}^2$  次。

这个阶段的技术措施特点是：易操作，易标准化，特别是采用飞机防治，大大节约了人力、物力，基本上可以控制蝗害的发生。但是与环境保护、天敌增殖发生了严重的冲突。高密度蝗群暴发的频率也较高。

随着人们对环境保护认识的提高，农业与环境可持续发展被人们高度重视。减少农业及其它生态环境的农药污染，保障人们身心健康是促进农业可持续发展的主要内容<sup>[16,17]</sup>。例如：美国环保署 1998 年首先指定了包括马拉硫磷在内的 40 余种有机磷农药必须在 1999 年 8 月重新评价登记，其中半数的有机磷农药对儿童的安全系数要增加 3~10 倍<sup>[18]</sup>。因此寻找可以替代当前化学农药的防治措施，以实现蝗害的可持续性治理已是当务之急。生物防治由于其自身的特点，已被国际上普遍认为是替代当前化学农药防治蝗害的重要措施，本世纪 80 年代中期至今已有许多国家进行了生物治蝗的探索。为下一世纪实现蝗害的可持续治理奠定了基础，也初步显示了潜力。

## 2 21 世纪我国蝗害持续治理新对策的展望

采用生物防治的基础是选择可进行人为操作的生物防治物。其中包括寄生性的天敌昆虫、

捕食性的天敌昆虫或其它动物, 昆虫病原微生物等。目前已知可以寄生蝗虫的天敌昆虫有 8 种, 捕食蝗虫的昆虫有 17 种, 其它捕食蝗虫的动物有 27 种。寄生蝗虫的真菌主要有蝗虫霉 *Entomophaga* spp.、白僵菌 *Beauveria* spp.、绿僵菌 *Metarhizium* spp. 等, 细菌 *Coccobacillus acridiorum*、病毒 EPV, NPV 等, 原生动物 *Malamoeba locustae*、*Nosema locustae* 及病原线虫、立克次氏体等<sup>[19,20]</sup>。然而可用于防治蝗害的种类还是寥寥无几。尽管在很早就有报道蝗虫的抱草瘟——蝗虫霉病大发生, 但是对于蝗虫的生物防治学研究直到 80 年代才有明显进步。主要是 Henry 等人采用蝗虫微孢子虫 (*Nosema locustae*) 防治美国草原蝗虫取得了成功<sup>[21]</sup>。之后我国中国农业大学严毓骅教授等从美国引入蝗虫微孢子虫治蝗技术, 并经过“七五”、“八五”十多年的研究, 在大量生产微孢子虫技术、田间应用技术及微孢子虫田间流行病学等方面的研究均处于世界领先水平, 连续十年的大面积示范应用防治草原蝗虫取得了良好的经济、社会及生态效益<sup>[16,22-25]</sup>。到了 90 年代初人们开始研究蝗虫的病毒——痘病毒, 蝗虫的真菌——白僵菌、绿僵菌、蝗虫霉等。我国也于 90 年代初引进了绿僵菌, 目前正在开展小区试验。到现在为止, 人们主要集中研究白僵菌、绿僵菌及蝗虫微孢子虫在蝗虫治理中的应用潜力<sup>[21,26,27]</sup>。

根据生物防治目标的不同, 可以将现今生物治蝗分为两大研究方向: 一是将生物防治物作为化学农药的直接替代物即生物杀虫剂, 以迅速压低蝗虫的虫口密度; 二是将生物防治物作为非直接替代物, 充分考虑生物防治作用物的特点, 使其可以在施用的生态系统中建立种群, 成为长期调控蝗虫虫口密度的因素。

目前, 许多欧洲国家及其研究组织主要研究真菌制剂如绿僵菌, 并研制出相应的剂型, 可以使真菌制剂在相对湿度较低的情况下也能萌发。在非洲田间小区试验证明, 对飞蝗有一定的致死率。但是在非洲较为干旱的环境中真菌很难再次萌发感染蝗虫。因此, 较难实现长期控制的目标, 而只能作为化学杀虫剂的直接替代物来使用。

蝗虫微孢子虫由于多为经口传播, 一旦被食入则受外界环境的影响极小, 而且现已查明该疾病可经卵垂直传播。因此, 极有可能作为生态系统中引入物, 建立种群而长期控制蝗害<sup>[28]</sup>。十多年来, 我国对蝗虫微孢子虫田间流行学的研究证明: 蝗虫微孢子虫一旦引入草原生态系, 则可以建立种群, 造成蝗虫微孢子虫病长期流行<sup>[24,29,30,35]</sup>。这样充分考虑了生物防治的特点, 发挥了其优势, 可作为化学农药的非直接替代物应用。上述两类方法应用后可能产生不同的结果: ①可以预见将生物防治物作为化学农药的直接替代物使用, 必将比非直接替代物即引入天敌, 保护、增殖天敌种群方式的费用、防治次数增加。②在防治时期作为直接替代物用, 则与化学农药使用时期基本相同, 而非直接替代物则应在害虫发生期的较早的时间使用。③直接替代物尽管可以降低农药污染, 但只考虑短期治虫效果, 而非直接替代物既考虑到降低农药污染, 同时也考虑长期治虫效果, 以达到可持续治理的目标。

欧、美在 1992 年之前, 主要研究真菌制剂以及印楝油在飞蝗治理中的作用, 防治措施基本上是单一的。1997 年, 才开始注重真菌与昆虫生长调节剂 (新一代仿生杀虫剂), 快速杀虫剂配合使用<sup>[36]</sup>。但是在非洲地理条件及蝗虫监测技术体系落后, 加之发达国家农药商家的赢利思想驱动, 使得欧、美在非洲进行的飞蝗生物治理研究进展十分缓慢。

设在肯尼亚的国际昆虫生理生态研究中心在 1992 年提出了利用病原物使蝗虫维持低密度水平, 利用信息化合物破坏其群集的设计<sup>[37]</sup>。目前, 该组织已在飞蝗的信息化合物研究中取

得了显著进展,并且在小面积进行了初试,而在病原物方面尚未找到合适的种类。我国在研究利用蝗虫微孢子虫防治草原土蝗的同时,也在积极开展利用微孢子虫防治东亚飞蝗的研究。结合近十年蝗虫微孢子虫病对东亚飞蝗的致病力及传播流行规律等基础研究结果<sup>[38,39]</sup>,以及自1995年以来,应用蝗虫微孢子虫防治飞蝗的田间小区试验结果,可以认为蝗虫微孢子虫在持续调控东亚飞蝗种群中具有重要潜力<sup>[40]</sup>。根据东亚飞蝗的生物学、行为学及其发生特点,微孢子虫疾病流行病学方面的研究进展,现提出我国飞蝗蝗害持续控制的策略如下。

(1) 在利用生物防治作用物控制飞蝗灾害时,不能作为直接替代物,不能单打一,必要时应与多项措施协调应用。

(2) 在飞蝗虫口密度处于中、低水平时,主要采用微孢子虫等生物防治作用物防治,以阻止或延缓中、低密度的散居型飞蝗向高密度群居型转变进程,减少群居型飞蝗蝗群出现的频率;在飞蝗虫口密度处于高密度水平时,应采用以化学农药或昆虫蜕皮抑制剂为主,配合使用微孢子虫,以迅速压低虫口密度,防止暴发成灾,并且使微孢子虫病可以存在于飞蝗种群中,逐渐传播扩散以致流行。在阻止、延缓中、低密度的散居型飞蝗向高密度群居型飞蝗转变的进程中,还要加强飞蝗的变型机制以及相应的信息化合物与微孢子虫治蝗技术结合,以更有效地控制中、低密度的散居型飞蝗向高密度群居型飞蝗转变的进程。

(3) 以生物防治为主的飞蝗持续治理,应采取较大规模从局部蝗区扩大到全部蝗区有计划地逐步实施。

由于飞蝗发生及其动态十分复杂,决定了飞蝗灾害持续治理对策及其配套措施体系需进一步深入研究,完善。如,与生物防治飞蝗相配套的虫情监测技术;飞蝗群体行为学;信息技术在生物治蝗中的应用及其它蝗虫天敌(如绿僵菌,飞蝗天敌昆虫等)在控制飞蝗种群中的作用等。

可以预测21世纪我国飞蝗灾害的可持续治理中,生物防治与以改造飞蝗发生基地为主的生态防治将发挥重要作用。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] 尤其傲,郭鄂,陈永林等.东亚飞蝗的生活习性.昆虫学报,1958,8(2):119~135
- [2] 邱世邦.飞蝗.农业科学通讯,1956,3:143~150
- [3] 马世骏.东亚飞蝗在中国的发生动态.昆虫学报,1958,8(1):1~40
- [4] 陈永林.我国是怎样控制蝗害的.中国科学史料,1982,(2):37~48
- [5] 潘承湘.我国东亚飞蝗的研究与防治简史.自然科学史研究,1985,4(1):80~89
- [6] 马世骏.根治飞蝗灾害.科学通讯,1956,2:52~56
- [7] 马世骏.蝗虫研究与防治.昆虫学集刊,1959,18~37
- [8] 马世骏.东亚飞蝗发生地的形成与改造.中国农业科学,1960,4:18~22
- [9] 马世骏.根除蝗害的阶段.科学通讯,1965,12:1072~1077
- [10] 陈永林.亚非地区蝗虫发生动态分析.世界农业,1987,1:28~32
- [11] 朱恩林.21世纪中国东亚飞蝗治理展望.见:中国有害生物综合治理论文集.北京:中国农业出版社,1996,973~977
- [12] 刘松林.我国农作物病虫害防治工作现状及展望.见:全国生物防治学术讨论会论文摘要集.北京:中国农科院生防所,1995,45~47

- [13] 陈永林. 中国蝗虫灾害. 见: 中国自然灾害. 孙广忠, 王昂生, 张丕远等著. 学术书刊出版社, 1990, 235~250
- [14] 邱世邦, 郭守桂, 李光博. 对于侦察蝗虫方法的建议. 农业科学通讯, 1952, 8: 29~30
- [15] 康 乐, 陈永林. 试论蝗虫灾害学. 见: 青年学者论丛. 北京农业大学有害生物综合防治研究所编. 中国科学技术出版社, 1992, 56~64
- [16] 刘 强. 生物防治新思路: 微孢子虫治蝗——访中国农业大学教授严毓骅. 农民日报, 1998, 7月20日第二版
- [17] 严毓骅. 试论拓宽生物防治范围, 发展虫害可持续治理. 昆虫学报, 1998, 41 (增刊): 1~4
- [18] Reichhardt T. Tight deadlines and data gaps fan fight on pesticide safety. Nature, 1998, 396: 207
- [19] Greathead D J. Natural enemies of tropical locusts and grasshoppers: their impact and potetial as biological control agents. In Biological Control of Locusts and Grasshoppers, Edited by Lomer, C. J. and C. Prior, Redwood Press Ltd, 1992, 105~121
- [20] 郭 鄂, 陈永林, 卢宝廉. 中国飞蝗生物学. 山东科学出版社, 1991
- [21] Henry J E, Orma E A. Pest conrtrol by *Nosema locustae*, a pathogen of grasshoppers and crickets. In: Burges H. D. Edt. Microbial Control of Pests and Plant Diseases. Academic Press, 1981, 573~586.
- [22] 王丽英, 严毓骅, 董雁军. 蝗虫微孢子虫对东亚飞蝗及蒙、新草原蝗虫的感染试验. 北京农业大学学报, 1987, 13 (4): 495~462
- [23] 王丽英, 严毓骅, 管致和. 蝗虫微孢子虫对东亚飞蝗的实验感染. 昆虫学报, 1990, 33 (1): 121~123
- [24] 严毓骅. 微孢子虫治蝗技术进展. 见: 全国生物防治学术讨论会论文集. 北京: 中国农科院生防所, 1991, 21~23
- [25] 严毓骅. 低耗持续治理蝗害新技术——微孢子虫治蝗. 科技日报, 1995, 3428期: 12月25日
- [26] Delgado F X, Lobo-Lima M L, Bradley C *et al.* Laboratory and field evaluations of *Beauveria bassiana* (Balsamo) vuillemin against grasshoppers and locusts in Africa. In Microbial Control of Grasshoppers and Locusts (Memo. Ent. Soc. Can.), Edited by Goettel, M. S. and D. L. Johnson, 1997, 239~251
- [27] Lomer C J, Prior C, Kooyman C. Development of *Metarhizium* spp. for the control of grasshoppers and locusts. In Microbial Control of Grasshoppers and Locusts (Memo. Ent. Soc. Can.), Edited by Goettel, M S and D L Johnson, 1997, 265~286
- [28] 张 龙. 蝗虫微孢子虫及其在蝗害治理中的作用. 生物学通报, 1999, 34 (2): 11~12
- [29] 张 龙. 蝗虫微孢子虫在蝗虫种群中的传播与流行. 博士论文. 北京农业大学, 1994
- [30] 张 龙, 严毓骅, 潘建梅等. 蝗虫微孢子虫病在草原蝗虫优势种群及空间的分布. 昆虫学报, 1998, 41 (增刊): 117~125
- [31] Long Zhang, Yan Yuhua, Zhang Z *et al.* A preliminary survey of the epizootics of infection by *Nosema locustae* in grasshoppers on rangeland in Inner Mongolia, China. Submitted abstract, Technology transfer in biological control: From research to practice. Montpellier, France, Sept, 1996, 9~11
- [32] Long Zhang, Yan Yuhua, Pan Jianmei *et al.* The distributions of *Nosema locustae* (Nosematidae) in dominant species and space. Abstract In Metaletea 1997, 17 (2): 17
- [33] Yan Yuhua, Zhang Long, Wang Liying. Biological control of grasshoppers and locusts by using *Nosema locustae* bait in China. In Proceedings of X IX International Congress of Entomology. Beijing, China, 1992
- [34] Yuhua Yan, X. Yu, Zhang L *et al.* The integrated control of locusts and grasshoppers using *Nosema locustae* bait with the mixture of IGR bait in China. Submitted abstract, Technology transfer in biological control: From research to practice. Montpellier, France, 1996, 9~11
- [35] Yuhua Yan. The sustainable management of grasshoppers and locusts in China. Abstract in Metaleptea, 1997, 17 (2): 17
- [36] Prior C, Streett D A. Strategies for the use of entomopathogens in the control of the desert locust and other acridoid pests. In Microbial Control of Grasshoppers and Locusts (Memo. Ent. Soc. of Can.), Edited by Goettel, M. S. and D. L. Johnson, 1997, 5~25

- [37] Raina. S K. ICIPE: Development of a biocontrol strategy for the management of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. Biological Control of Locusts and Grasshoppers Edited by C. J. Lomer and C. Prior, Redwood Press Ltd, 1992, 54~56
- [38] 张 龙, 严毓骅, 李光博等. 蝗虫微孢子虫病对东亚飞蝗飞翔能力的影响. 草地学报, 1995, 3 (4): 324~327
- [39] 张 龙, 周海鹰. 蝗虫微孢子虫对雌性东亚飞蝗生殖器官侵染的初步观察. 中国生物防治, 1995, 93~94
- [40] 张 龙, 严毓骅, 石旺鹏等. 协调应用蝗虫微孢子虫与卡死克防治东亚飞蝗. 中国生物防治, 1999, 15 (2): 57~59

## Some considerations on sustainable control over plague of locusts in China

ZHANG Long, YAN Yu-hua

(Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094)

**Abstract:** This paper reviews the history of controlling the locust, *Locust migratoria manilensis*, in China this century and proposes new assumptions on how to sustainably manage the insect pest. In recent years, biological control of the locust has succeeded to some extent and this strategy had developed in certain areas of our country. In order to prevent or delay development of the locust from solitary phase to gregarious one the biological agents such as *Nosema locustae* should be used mainly. When high density occurs the IGRs or other chemicals and *N. locustae* must be used together at certain proportion to reduce the population rapidly, and the *N. locustae* disease may be epidemic in depressed locust populations in this case. The semiochemicals of locusts should be also studied and developed as one of potential measures for controlling the insect pest.

**Key words:** locusts; biological control; sustainable pest management strategies; population densities; behavior control