

# 草地蝗虫发生原因及可持续管理对策

孙涛<sup>1</sup>, 赵景学<sup>2,3</sup>, 田莉华<sup>3</sup>, 刘志云<sup>2,3</sup>, 龙瑞军<sup>2,3\*</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 兰州大学青藏高原生态系统管理国际中心, 甘肃 兰州 730020; 3. 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**本研究探讨了影响草地蝗虫数量动态变化的主要因素, 并就如何实现草地蝗虫的可持续管理对策做了较为系统全面的概述。认为全球气候温暖化、干旱化以及区域性气候异常, 食物资源, 种间种内竞争, 环境因子以及草地利用方式和强度等是导致草地蝗虫数量动态变化以及可能引发蝗虫灾害的主要原因。同时提出基于生态安全、经济有效和草地生态系统可持续发展的原则作为管理草地蝗虫的指导方针。最后, 将强化蝗虫发生机理及预测预报技术研究, 积极探索草地管理措施在调节蝗虫数量中发挥作用, 尝试草地蝗虫管理新的方法和技术, 扩大生物防治范围和力度并确立新型化学防治技术作为实现草地蝗虫可持续管理的主要措施。

**关键词:**草地蝗虫; 发生原因; 管理对策; 生物防治

**中图分类号:** S812.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2010)03-0220-08

\* 作为我国面积最大的陆地生态系统, 草地不仅是发展国民经济的物质基础, 也是我国陆地生态安全重要的绿色屏障, 在调节气候、涵养水源和美化环境等方面发挥着重要作用。然而, 自 20 世纪 60 年代以来, 由于全球气候变化<sup>[1,2]</sup>, 人类活动和草地资源不合理利用, 为草地蝗虫发生创造了有利的栖息、产卵微生境和食物资源<sup>[3,4]</sup>, 致使其发生数量急剧上升, 蝗虫灾害频繁爆发, 严重影响了天然草地植被的正常生长发育, 削弱了草地生态功能作用的发挥, 加剧了牧区人民经济负担, 威胁到草地畜牧业和草地生态系统的可持续健康发展。20 世纪 90 年代以来, 我国西部的内蒙古、新疆、青海、西藏、四川和甘肃等地, 草地虫灾呈上升趋势, 年均虫害发生面积 0.147 亿  $\text{hm}^2$ , 成灾面积 0.10 亿  $\text{hm}^2$ , 损失鲜草 600  $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 发生面积、危害程度和爆发频率为历史所罕见<sup>[5]</sup>。面对蝗灾引发的严峻形势, 化学防治一度成了有效防治蝗虫灾害的首选。然而, 随着人们生态环境安全意识的提高, 化学杀虫剂的负面效应逐渐受到草地管理部门和牧民的重视<sup>[6]</sup>, 积极探索新的草地蝗虫防治方法则成了草地蝗虫管理中一项重要而紧迫的任务。先后有生物防治、物理防治和生态防治等方法在防治草地蝗虫实践中推广运用, 并取得一定成效。然而, 草地生态系统作为一种可更新资源, 蝗虫为该系统中重要的组成分子, 并在其中发挥重要的生态功能<sup>[7]</sup>。因此, 有必要转化蝗虫防治思路, 试着从另一个角度去思考蝗虫, 而不仅仅是将其作为危害草地植被的害虫, 应从草地生态系统长期可持续发展的目的出发, 在对草地蝗虫发生动态、原因机理和响应模式等方面进行深入研究的基础上, 尽可能通过环境友好、实施便利和经济有效的多种方法, 并充分挖掘草地管理措施在调控蝗虫数量中发挥的积极作用, 最终达到草地生态系统健康发展目标。

## 1 影响草地蝗虫数量动态变化因子

蝗虫与植物在漫长协同进化进程中, 为了营养、繁殖、保护、防卫、扩散等需要, 在时间上相互配合、数量上互相调节, 生境和物候上呈高度的一致性<sup>[8]</sup>。植物为蝗虫一方面提供食物资源, 另一方面也是其产卵、栖息和躲避天敌的理想场所。因此, 草地植被结构和营养价值对蝗虫种群数量影响是最为直接和持久的。除此之外, 蝗虫种群数量还受气候变化<sup>[9,10]</sup>、食物资源<sup>[11]</sup>、种间竞争<sup>[12]</sup>、环境因子<sup>[13]</sup>等因素的调节和制约。同时, 人类活动对蝗虫种群数量消长起到干扰作用, 合理的人类活动, 诸如轮流放牧、合理刈割和草地科学管理等均可调节并减少蝗灾<sup>[14,15]</sup>。反之, 不合理的人类活动, 如过牧、滥垦和开矿等造成草地退化可加剧蝗虫灾害的猖獗<sup>[4,16]</sup>。

\* 收稿日期: 2009-05-25; 改回日期: 2009-09-14

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30730069)和国家自然科学基金青年项目(30600426)资助。

作者简介: 孙涛(1979-), 男, 甘肃通渭人, 在读博士。E-mail: suntao231@yahoo.com.cn

\* 通讯作者。E-mail: longrj@lzu.edu.cn

### 1.1 全球气候变化和异常化

过去一个世纪以来,全球气候大约上升 0.6<sup>[17,18]</sup>,气候变化模型预测,受温室气体浓度升高的影响,地球表面温度将继续增加<sup>[18]</sup>,到 21 世纪末,预计可上升 1.4~5.8<sup>[19]</sup>。气候变化影响全球生态系统<sup>[19]</sup>,有利于飞蝗和某些旱生性蝗虫适宜生境的形成<sup>[20]</sup>。气温变暖将对昆虫的发生时间和空间分布格局产生重要影响,尤其是冬季温度升高,可降低虫卵的越冬死亡率<sup>[21]</sup>;由于昆虫的发生数量与纬度和海拔呈相反的变化趋势,因此,温度升高使得昆虫的分布有向两极和多山地区高海拔延伸扩展的趋向<sup>[22,23]</sup>;我国草地多处北半球中高纬度地带,温度升高可使蝗虫生长期延长,蝗虫用于生长发育和生殖的热量储备增加。此外,春季干旱能够为越冬虫卵的孵化提供适宜的水热条件,增加成活率,提高虫口发生基数;有研究表明<sup>[24]</sup>,蝗虫大规模的发生与蝗虫生长季降水和温度关系密切,与正常年份相比,如果降水量减少 20%~40%和平均温度升高 0.5~1.5 的年份持续几年,将大大增加蝗虫爆发的可能性。极端气候对蝗虫的发生也有重要影响,厄尔尼诺、拉尼娜现象和太阳黑子频繁活动等均有可能引发全球区域性气候异常,导致水热平衡分配季节性失衡,旱涝灾害交替发生,可致使草地蝗虫的发生、伴生或序生<sup>[25]</sup>。

### 1.2 食物资源

作为食性昆虫,蝗虫具有多食和寡食性取食特性,由于发生时序和营养生态位分化程度的不同,它们在利用食物的种类和频率、相似和相同食物资源的时间序列上都存在一定的差异<sup>[26,27]</sup>。蝗虫可以通过调整发生数量对短缺或丰富的食物资源做出响应,当食物资源丰富时,它们可利用的最适宜其生存和最便利其取食的食物资源使其获得足够的营养和能量用于生殖和存活,致使发生数量增多,而当食物资源短缺时,它们则不断拓展生态位宽度<sup>[27]</sup>,寻找新的食物源,这样迫使蝗虫将更多的营养和能量投资到寻找食物和维持自身基本生长发育,而减少了用于生殖的营养和能量分配,从而降低了蝗虫种群发生数量。此外,食物质量对蝗虫生长速率、存活和繁殖力也有重要影响<sup>[28]</sup>,蛋白质含量、氨基酸平衡、可消化碳水化合物以及次生化合物对蝗虫生长繁殖均有不同程度影响<sup>[29]</sup>。蝗虫取食量与食物氮含量密切相关,它可通过补偿作用增加取食量来弥补食物中氮含量过低而对蝗虫生长发育的影响<sup>[30]</sup>。过度放牧和草地利用方式也会通过竞争食物资源、改变草地的植被组成和营养价值,对蝗虫的食性选择和生态位产生重要影响,从而间接或直接影响了蝗虫的发生时间和数量。

### 1.3 种内、种间竞争

尽管食物资源限制的重要性因其他动物的捕食作用和环境状况差异而又不同<sup>[31]</sup>,但种内、种间因利用食物资源而发生的竞争在决定草地蝗虫种群动态方面也发挥着重要作用<sup>[32,33]</sup>。即使蝗虫可利用食物资源总量充足,但倘若能够利用的优质食物资源有限,那么蝗虫对它的资源剥削性竞争依然存在<sup>[34]</sup>。幼虫对可利用食物资源反应十分敏感,食物缺乏可增加幼虫死亡率,但对成虫个体的生殖不会产生直接影响<sup>[35]</sup>,值得注意的是,蝗虫生殖受食物资源的影响远远强于蝗虫生存<sup>[34,35]</sup>。除了蝗虫种内种间竞争之外,其他生物通过竞争食物资源、直接捕食和侵染,对蝗虫种群发生数量产生影响<sup>[36,37]</sup>。鸟类等天敌捕食蝗虫,可以降低中型和大型蝗虫种类数量,增加小型蝗虫发生数量。

### 1.4 环境因子

环境因素与蝗虫发生之间的关系历来受到人们重视,有学者先后就生态地理特征<sup>[38,39]</sup>、气候<sup>[6]</sup>、栖境<sup>[1,40,41]</sup>及植物群落的组成与结构<sup>[42]</sup>对蝗虫群落组成与丰盛度的影响做了大量研究工作。相关研究<sup>[32,33]</sup>表明,由于不同海拔间气温、降水、光照强度、土壤特性、植被组成等因子的差异,导致蝗虫密度和多样性随海拔的升高而降低;草地蝗虫空间分布也受到坡向、坡度和土壤性质的影响。蝗虫的生长发育受气候条件的限制,从卵的滞育和孵化,幼虫羽化、取食,到成虫选择栖境、交尾和产卵等一系列的生理活动均受到气候条件,特别是温度和湿度的影响。蝗虫体温随环境温度而变化,其所需能量主要从外界环境获得。因此,气温直接影响到蝗虫的各个生长发育阶段,冬季绝对低温可降低蝗卵成活率,蝗蛹期和成虫期蝗虫对气温的变化同样极为敏感,在适宜温度范围内,温度每升高 1,蝗虫生理生化速率约提高 9.8%<sup>[43]</sup>。湿度除了直接影响蝗虫卵的孵化和取食之外,也可通过间接的方式对其种群数量产生干预,湿度过低不利于病原微生物在蝗虫体内的浸染和扩展,从而提高蝗虫胚胎、幼虫和成虫的存活力<sup>[24]</sup>。在漫长进化过程中,蝗虫在草地生态系统中逐渐形成适应自己的栖境条件和食谱组成,但是

由于动物采食和践踏,使得草地生态系统中植物群落结构和种类分布发生变化,最终引起整个蝗虫的栖境结构和食物选择范围的改变,从而影响蝗虫生长发育和发生数量。

### 1.5 草地利用强度和方式

自 20 世纪 60 年代以来,随着全球气候变化,草地利用强度的增加和利用方式的转变,我国草地出现大面积退化、沙化与盐碱化,引起草地生态系统结构和功能的破坏,对草地蝗虫群落分布和发生动态产生极大影响<sup>[44]</sup>。到 20 世纪 90 年代中期,全国退化草场面积接近 1.33 亿  $\text{hm}^2$ ,约占可利用草场面积的 50%<sup>[45,46]</sup>。草地发生退化的原因很多,但超载过牧是主要原因之一<sup>[47]</sup>。我国北方天然草地中,放牧是草地主要利用方式,适度放牧作为一项有利的草地管理措施,对草地植物生长和发育有促进作用,但高强度过牧则可破坏草地植物群落结构和功能<sup>[48]</sup>。在超载过牧影响下,草地植被结构、生产力、生物学特点和土壤理化性状等均发生变化<sup>[49]</sup>,导致植被盖度降低、植株生长矮小,地表裸露;使优良牧草不能正常发育,牧草再生能力降低,牧草叶量、分蘖数、株高和总生物量均下降,草原可食牧草逐渐减少,而毒杂草和不可食草大量滋生蔓延,部分草原失去了利用价值,成为沙地、裸地或盐碱滩<sup>[50,51]</sup>。裸露的草地斑块和稀疏的植被一方面为蝗虫产卵提供适宜生境,同时也为地表获取阳光辐射能量带来便利,这为蝗虫产卵、孵化和幼虫生长发育提供有利微生境。另外,建植人工草地,是有些牧区缓解冬春季牧草缺乏,保持家畜安全越冬、补充冬春季饲草不足的草地有效利用方式。然而,由于人工草地植被多为蝗虫喜食优质牧草,且牧草种类比较单一,发生期较为一致;一旦管理措施不当,将会为蝗虫的发生提供有利条件,使其数量急剧增长,达到成灾水平。

## 2 草地蝗虫可持续管理对策

蝗虫是草地生态系统中重要的组分之一,尽管因它们与家畜和其他食草动物竞争食物,对当地牧民生活带来不同程度的影响,但只要它们发生数量维持在一定水平之下,依然对草地生态系统可持续健康发展发挥重要作用<sup>[52]</sup>。例如,蝗虫可以加快草地生态系统氮素营养循环<sup>[53]</sup>,有时还可增加草地初级生产力<sup>[54]</sup>,也能为草地其他生物,特别是草地鸟类,提供食物<sup>[55]</sup>。可一旦蝗虫数量超过经济阈值水平,大量聚集爆发成灾,则给草地生态系统带来灾难性后果<sup>[56]</sup>。牧草被蝗虫消耗殆尽,草地沦为赤地。因此,怎样实现草地生态系统可持续健康和蝗虫有效管理是一项十分复杂、艰巨而又紧迫的任务。不仅在蝗虫灾害发生时采取安全有效应对措施,更重要的是建立符合生态学基本原理、长期有效的蝗虫综合管理措施,使之将发生具有破坏性蝗灾可能性降到最小。同时,针对草地蝗虫发生的多样性、严重性、复杂性和持久性特点,应遵循生态安全、经济有效和草地可持续发展的原则来指导草地蝗虫管理。为此,应加强蝗虫发生机理及预测预报技术研究,积极探索草地管理措施在调节蝗虫数量中发挥积极作用,尝试草地蝗虫管理新的方法和技术,扩大生物防治范围和力度,确立新型化学防治技术,最终取得草地蝗虫的长期可持续管理目标。

### 2.1 加强预测预报研究

防治与减轻草地蝗灾危害的过程中,加强有关蝗灾发生机理研究,对准确预测预报蝗灾发生时间和程度显得尤为重要。深入分析影响蝗虫发生的生物和非生物因子,尽力阐明各项因子对蝗虫发生可能的贡献率,建立蝗虫预测预报的专家系统和模型,给草地管理者和经营者提供理论和技术援助。同时,可借助一些最新技术成果,用于蝗灾预测预报当中,为有效预测草地蝗虫发生提供帮助。例如,综合应用“3S”技术全面调查和评估蝗虫发生地的景观特征及其影响发生的关键因子,建立适用于全国不同草地类型的蝗虫实时监测及预警网络系统;对不同生态地理区成灾蝗虫的种类、发生期、发生量、发生程度及发生强度进行长期追踪监测,制定出成灾蝗种的中长期测报技术和具体防治对策。重视全球气候变化对草地蝗虫预测预报工作带来的新的挑战,深入研究气候变化直接或间接对草地蝗虫空间分布格局、数量动态和发生时间的影响,研制长期的、针对性强和准确的计算机预警模型,对蝗虫的发生时期、发生程度以及发生范围等做出精确预测,为科学管理决策提供依据。

### 2.2 调整草地管理措施

作为草地主要利用方式,放牧管理可以通过家畜采食和践踏作用,调节植物的物理结构和土壤表面特性<sup>[57]</sup>,影响蝗虫微环境水热状况和可利用产卵位点。因此,在草地管理实践中,可采取适当的放牧强度和时间来抑制草地蝗虫种群数量,降低虫害发生的频率和严重度<sup>[58]</sup>。我国北方大部分草地管理中,一般将草场划分为冬春草场

和夏秋草场,在冬春和夏秋牧场之间实行季节性轮流放牧且在较长时期保持不变。蝗虫主要发生在夏秋季节,而此时冬春牧场则没有家畜放牧对蝗虫的干扰,给蝗虫提供了充足优质食物源和适宜栖息生境。因此,在草地实际管理中,在蝗虫频发、多发带,可进行周期性轮流放牧适当加大放牧强度,延长放牧时间,以干扰和破坏蝗虫栖息生境,减少蝗虫可食植物资源,达到减轻和缓解蝗虫危害。除了放牧利用之外,刈割也是草地的利用方式之一。通过调节刈割时间、翻耕和刈割次数来控制调节草地蝗虫的发生数量。在卵孵化期翻耕草地可使蝗卵翻埋到更深土层而难以孵化;在蝗虫发生期,适当调节牧草刈割时间可以避开蝗虫与可利用食物源在时间上重叠,从而调控蝗虫发生数量。此外,针对不同草地类型蝗区结构和功能的特点,做出相应的草地管理措施,如退牧还草、保护天敌、建立人工草场、合理放牧、以草定畜、保护生物多样性、草地资源的合理利用等<sup>[3,59]</sup>,来促成草地蝗虫的可持续管理。

### 2.3 推广“治蝗育禽”模式

在蝗虫发生盛期,引入牧鸡对蝗虫进行高密度采食干预,从而降低或减少蝗虫发生数量,已经在许多地方控制草地蝗虫实践中取得显著成效。然而,由于草地蝗虫发生期的时序性差异较大,且蝗虫盛发期有时不止一个。而目前大多用于控制蝗虫的措施是将在养殖场饲养到一定日龄的牧鸡,引入到发生蝗虫草地,先在一块草地搭建鸡棚、准备饮水器和料槽等设备,对牧鸡进行放牧驯养、信号引导和适应环境等工作,之后才能进行高强度连续采食蝗虫,等一块草地放牧活动一结束又得转场到下一草地,同时还得转移鸡棚等设备,在此过程中消耗大量人力物力。尽管这种牧鸡控制草地蝗虫的方法,在短期内对降低蝗虫发生数量起到积极作用,但也存在需要政府出面统筹安排,机动性和灵活性不够,投入大和牧民的参与积极性不高等不足。为了有效解决这些问题,基于草地生态系统长期可持续健康发展的要求,在生态效益和经济效益并重的前提下,用“治蝗育禽”的思路来替代“牧鸡灭蝗”。为此,在甘肃省肃南县皇城草原进行“治蝗育禽”技术体系的可行性进行系统研究。首先,对该处草地类型、气候环境,蝗虫发生种类、发生时间和数量、以及蝗虫营养价值做了详细调查、研究和分析的基础上,筛选出当地适宜生长牧鸡品种,并就该种牧鸡在蝗虫正常发生密度下,大致推算出在草地生长 4 个月时间的所需蝗虫占有草地面积。其次,归纳和总结草地放养牧鸡管理措施,就牧鸡采食活动规律、生长特点、食性组成、营养补饲,以及牧鸡对草地蝗虫种群结构和发生数量的影响做了深入细致调查。最后,分析采食蝗虫牧鸡的鸡肉营养品质以及特有营养和风味物质。经过以上系统研究,最终摸索出一条适合当地牧区、具有牧民参与、生态安全和可持续特点的牧区草地蝗虫管理技术模式。该模式要点主要包括以家庭为基本单位,在蝗虫危害比较严重的冬春牧场按其蝗虫量来折算草地的载禽能力,按“以虫定禽”的原则,在蝗虫发生期内放养牧鸡,控制蝗虫发生数量,获得优质鸡肉产品,实现生态效益和经济效益双赢局面。

### 2.4 生物控制技术

草地蝗灾的治理中,尽管化学防治因具有快速、高效、使用方便等优点,在控制突发蝗灾中发挥不可替代作用,但是随着化学杀虫剂品种的增加以及无限制的大面积施用,对草地生态系统产生一系列负面影响,最直接的是对鸟类、蝗虫天敌和其他动物的毒杀作用;同时,也导致一些难以解决的问题,如蝗虫抗药性,农药效能降低,生态环境污染等<sup>[60,61]</sup>。因此,在常规草地蝗虫的控制中积极探索与环境相容的生物控制技术将显得尤为重要。当前,在控制草地蝗虫实践中,前后实施的各种生物防治剂主要有:绿僵菌、蝗虫微孢子虫、苏云金杆菌、痘病毒、昆虫信息素、牧鸡牧鸭、粉红棕鸟等<sup>[32,36,62]</sup>,它们在限制草地蝗虫种群密度中取得良好效果。这些生物防治剂在实际施用中,易受环境气候条件的限制,微生物杀虫剂,如绿僵菌和痘病毒等对环境温度的敏感性和在不同环境下的使用浓度对其广泛应用产生较大制约<sup>[63]</sup>;牧鸡、牧鸭和粉红棕鸟也受草地环境地理条件的影响,但只要不断深化和拓展生物防治剂的作用机理和使用技术,对其使用环境条件以及对环境变化的响应机理得以明确,将有利促进生物防治技术的使用范围和发展力度。

### 2.5 确立新型化学防治技术

化学防治作为一种控制突发草地蝗灾的有效措施,因其高效、便捷、快速,在蝗灾应急处理中发挥重要作用<sup>[64]</sup>。然而,在草地生态系统这种可再生资源中,用化学防治管理草地蝗虫也引发了一系列问题<sup>[50]</sup>。被化学杀虫剂杀死所有蝗虫种类中,种类不但不会引起牧草经济损失,甚至可以充当作除草剂作用,可有效控制草地一些

有毒植物<sup>[65]</sup>。另外,蝗虫是草地上许多脊椎动物和无脊椎动物主要的食物源,对草地经营者和自然保护组织来说,蝗虫也具有其他重要的生态学意义,比如维持草地生物多样性和增加草地生产力<sup>[52]</sup>,而所有这些都会受到化学防治的影响。再者,随着普通民众对大规模化学防治带来的不良反应关注程度的日益增加,对其引发的危害环境安全和破坏生物多样性等问题也受到草地管理者和经营者的高度重视。为此,研制高效、专一程度化高和环境友好型杀虫剂新品种和新剂型,进行化学药剂对非靶标生物和生态环境安全评价;改进和提高施药器械及其关键部位的使用性能,优化药剂的使用方法;严格执行药品登记注册管理制度,确立以环境安全、使用便捷和高效低毒新型化学防治技术体系,结合准确预测预报机制,为有效控制草地蝗虫危害发挥应有作用。

实现草地蝗虫的可持续管理是一项长期而艰巨的任务。坚信随着社会的发展,科技的进步,公众生态安全和环保意识的提高,对影响蝗虫发生的各项因子认识 and 了解不断深入的基础上,继续加强蝗虫预测预报理论体系和技术手段,尽可能做到防患于未然。此外,高度重视草地管理措施在调节和控制草地蝗虫数量中发挥积极作用,可通过管理草地植被、实行轮流放牧、改变放牧强度和时时间、调节牧草刈割时时间、推迟人工草地翻耕时机等一系列草地管理措施来达到降低蝗虫发生数量的目的。再者,逐步推广“治蝗育禽”技术模式,为牧区人们开创一条实现保护生态和经济发展的生产模式。最后,继续巩固和发展生物防治技术、研制新型安全、高效和作用靶标专一的化学杀虫剂,建立化学杀虫剂生态安全评价体系,最终实现草地蝗虫管理的可持续和预防目标。

#### 参考文献:

- [1] 邓自旺,倪绍祥,张洪亮. 青海湖地区草地蝗虫发生的气候背景[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 91-95.
- [2] 伏洋,张国胜,李凤霞,等. 环青海湖地区生态与环境恢复治理途径[J]. 草业科学, 2008, 25(7): 4-10.
- [3] 颜忠诚,陈永林. 草原蝗虫的栖境选择[J]. 动物学报, 1997, 43(1): 110-111.
- [4] 周禾,陈佐忠,卢欣石. 中国草地自然灾害及其防治对策[J]. 中国草地, 1999, (2): 1-3, 7.
- [5] 张苏琼,阎万贵. 中国西部草原生态环境问题及其控制措施[J]. 草业学报, 2006, 15(5): 11-18.
- [6] Lockwood J A, Latchininsky A V, Sergeev M G. Grasshoppers and grassland health[A]. Managing Grasshopper Outbreaks without Risking Environmental Disaster[M]. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [7] Lockwood J A. Management of orthopteran pests: A conservation perspective[J]. Journal of Insect Conservation, 1998, (2): 253-261.
- [8] 钦俊德. 昆虫与植物的关系[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] Howe R. Temperature effects on embryonic development in insects[J]. Annual Review of Entomology, 1967, 12: 15-42.
- [10] 陈素华,乌兰巴特尔,吴向东. 内蒙古草地蝗虫生存与繁殖对气候变化的响应[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(3): 66-69.
- [11] Behmer S, Joern A. Diet choice by a grass-feeding grasshopper based on the need for a limiting nutrient[J]. Functional Ecology, 1993, 7(5): 522-527.
- [12] Joern A, Klucas G. Intra- and interspecific competition in adults of two abundant grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) from a sandhills grassland[J]. Environmental Entomology, 1993, 22: 352-361.
- [13] 贺达汉,郑哲民. 环境因子对蝗虫群落生态效应的数值分析[J]. 草地学报, 1996, 4(3): 213-221.
- [14] Karpakunjarah V, Kolatkar M, Muralirangan M. Effects of abiotic factors on the population of an acridid grasshopper, *Diablocatantops pinguis* (Orthoptera: Acrididae) at two sites in southern India: A three-year study[J]. Journal of Orthoptera Research, 2002, 11: 55-62.
- [15] Hewitt G, Onsager J. Control of grasshoppers on rangeland in the United States: A perspective[J]. Journal of Range Management, 1983, 36: 202-207.
- [16] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策[J]. 中国农业科学, 1997, 30(6): 1-9.
- [17] IPCC 2001. IPCC third assessment report, Climate change: A synthesis report[R]. Summary for policymakers, IPCC Plenary XVIII. Wembley, United Kingdom, 2001: 24-29.
- [18] Walther G, Post E, Convey P, et al. Ecological responses to recent climate change[J]. Nature, 2002, 416: 389-395.
- [19] Houghton J T, Ding Y, Griggs DJ, et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

- [20] 陈永林. 蝗虫再猖獗的控制与生态学治理[J]. 中国科学院院刊, 2000, (5): 341-345.
- [21] Battisti S M, Netherer S, Robinet C. Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures[J]. *Ecological Applications*, 2005, 15(6): 2084-2096.
- [22] Brockerhoff E G, Liebholdt A M, Jactel H, *et al.* The ecology of forest insect invasions and advances in their management[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2006, 36: 263-268.
- [23] Hickling R, Roy D, Hill J, *et al.* The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards[J]. *Global Change Biology*, 2006, 12(3): 450-455.
- [24] Latchininsky A. Grasshopper problems in Yacutia (Eastern Siberia, Russia) grasslands[J]. *Journal of Orthoptera Research*, 1995, 4: 29-34.
- [25] 王正军, 秦启联, 郝树广, 等. 我国蝗虫暴发成灾的现状及其持续控制对策[J]. *昆虫知识*, 2002, 39(3): 172-175.
- [26] 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.
- [27] 贺达汉, 郑哲民. 荒漠草原蝗虫营养生态位及种间食物竞争模型的研究[J]. *应用生态学报*, 1997, 8(6): 605-611.
- [28] Joern A, Behmer S T. Impact of diet quality on demographic attributes in adult grasshoppers and the nitrogen limitation hypothesis[J]. *Ecological Entomology*, 1998, 23: 174-184.
- [29] Thompson D B. Genotype-environment interaction and the ontogeny of diet-induced phenotypic plasticity in size and shape of *Melanoplus femurrubrum* (Orthoptera: Acrididae) [J]. *Journal of Evolutionary Biology*, 1999, 12: 38-48.
- [30] Berner D, Blanckenhorn, Wolf U, *et al.* Grasshoppers cope with low host plant quality by compensatory feeding and food selection: N limitation challenged[J]. *Oikos*, 2005, 111(3): 525-533.
- [31] Belovsky G E, Joern A. The dominance of different regulating factors for rangeland grasshoppers[A]. In: Cappuccino N, Price P. *Population Dynamics: New Approaches and Synthesis*[M]. New York: Academic, 1995: 359-386.
- [32] Belovsky G, Slade J. Dynamics of two Montana grasshopper populations: Relationships among weather, food abundance and intraspecific competition[J]. *Oecologia*, 1995, 101: 383-396.
- [33] Joern A. Variable impact of avian predation on grasshopper assemblies in sandhills grassland[J]. *Oikos*, 1992, 64(3): 458-463.
- [34] Branson D H. Reproduction and survival in *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) in response to resource availability and population density: The role of exploitative competition[J]. *Canadian Entomologist*, 2003, 135(3): 415-426.
- [35] Branson D H. Relative importance of nymphal and adult resource availability for reproductive allocation in *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) [J]. *Journal of Orthoptera Research*, 2004, 13: 239-245.
- [36] Bock C, Bock J, Grant M. Effects of bird predation on grasshopper densities in an *A rizona* grassland[J]. *Ecology*, 1992, 73(5): 1706-1717.
- [37] 孙涛, 龙瑞军. 我国草原蝗虫生物防治技术及研究进展[J]. *中国草地学报*, 2008, 30(3): 88-93.
- [38] Wettstein W, Schmid B. Conservation of arthropod diversity in montane wetlands: Effect of altitude, habitat quality and habitat fragmentation on butterflies and grasshoppers[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1999, 36(3): 363-373.
- [39] 王杰臣, 倪绍祥. 环青海湖地区草地蝗虫空间分布研究[J]. *环境科学与技术*, 2003, 26: 35-37.
- [40] Ahhesjo J, Forsman A. Differential habitat selection by pygmy grasshopper color morphs: Interactive effects of temperature and predator avoidance[J]. *Evolutionary Ecology*, 2006, 20: 235-257.
- [41] 颜忠诚, 陈永林. 放牧对蝗虫栖境结构的改变及其对蝗虫栖境选择的影响[J]. *生态学报*, 1998, 18(3): 278-282.
- [42] 康乐, 李鸿昌, 陈永林. 内蒙古锡林河流域直翅目蝗虫生态分布规律与植被类型关系的研究[J]. *植物生态学和地植物学学报*, 1989, 13(3): 341-349.
- [43] 倪绍祥, 巩爱歧, 王薇娟. 环青海湖地区草地蝗虫发生的生态环境条件分析[J]. *农村生态环境*, 2000, 16(1): 5-8.
- [44] 贺达汉, 田畴, 任国栋, 等. 荒漠草原昆虫群落结构及其演替规律的初探[J]. *中国草地*, 1988, 7(6): 24-28.
- [45] 阎玉春, 唐海萍. 草地退化相关概念[J]. *草业学报*, 2008, 17(1): 93-99.
- [46] 李博. 我国草地资源现况及其管理对策[J]. *大自然探索*, 1997, 16(1): 12-14.
- [47] Green D R. Rangeland restoration projects western New South Wales[J]. *Australian Rangeland Journal*, 1989, 11(12): 110-116.

- [48] 王德利, 吕新民, 罗卫生. 不同放牧密度对草原植被特征的影响分析[J]. 草业学报, 1996, 5(3): 28-33.
- [49] 李永宏. 内蒙古锡林河流域羊草草原和大针茅草原在放牧影响下的分异和趋同[J]. 植物生态学和地植物学学报, 1998, 12(3): 189-196.
- [50] Capinera J L, Sechrist T S. Grasshoppers (Acrididae)-host plant associations: Response of grasshopper populations to cattle grazing intensity[J]. Canadian Entomologist, 1982, 114: 1055-1062.
- [51] 任春光. 白洋淀东亚飞蝗持续大发生浅析[J]. 昆虫知识, 2001, 38(2): 128-132.
- [52] Branson D, Joern A, Sword G. Sustainable management of insect herbivores in grassland ecosystems: New perspectives in grasshopper control[J]. BioScience, 2006, 56: 743-755.
- [53] Blumer P, Diemer M. The occurrence and consequences of grasshopper herbivory in an alpine grassland, Swiss Central Alps[J]. Arctic and Alpine Research, 1996, 28(4): 435-440.
- [54] Belovsky G E. Do grasshoppers diminish productivity? A new perspective for control based on conservation[A]. In: Lockwood J A, Latchininsky A V, Sergeev M G. Grasshoppers and Grassland Health: Managing Grasshopper Outbreaks without Risking Environmental Disaster[M]. Boston: Kluwer Academic, 2000: 7-29.
- [55] Martin P D, Johnson D, Forsyth, et al. Effects of two grasshopper control insecticides on food resources and reproductive success of two species of grassland songbirds[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2000, 19: 2987-2996.
- [56] 仁青吉, 崔现亮, 赵彬彬. 放牧对高寒草甸植物群落结构及生产力的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(6): 136-140.
- [57] 杜岩功, 梁东营, 曹广民, 等. 放牧强度对嵩草草甸草毡表层及草地营养和水分利用的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(3): 146-150.
- [58] O'Neill K, Olson B, Rolston M, et al. Effects of livestock grazing on rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) abundance[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 97: 51-64.
- [59] Onsager J A. Current tactics for suppression of grasshoppers on range[A]. In: Onsager J A. Integrated Pest management on rangeland: State of the Art in the Sagebrush Ecosystem[M]. Washington, D C: U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1987: 60-65.
- [60] Jeffrey A L, Charles R B, Ewen A B. The history of biological control with *Nosema Locustae* Lessons for locust management[J]. Insect Science Application, 1999, 19(4): 333-350.
- [61] Branson D H, Joern A, Gregory A. Sustainable management of Insect herbivores in grassland ecosystems: New Perspectives in grasshopper control[J]. BioScience, 2006, 56(9): 743-757.
- [62] Lockwood J A, DeBrey L D. Direct and indirect effects of *Nosema locustae* (Canning) (Microsporidia: Nosematidae) on range-land grasshoppers (Orthoptera: Acrididae)[J]. Journal of Economic Entomology, 1990, 83: 377-383.
- [63] Barrientos L L, Hernández-Velázquez V R, Hunter D. Advances in biological control of locusts and grasshoppers in Mexico[J]. Journal of Orthoptera Research, 2002, 11(1): 77-82.
- [64] Connin R V, Kuitert L C. Control of the American grasshopper with organic insecticides in Florida[J]. Journal of Economic Entomology, 1952, 45: 684-687.
- [65] Thompson D C, McDaniel K C, Tørell L A. Feeding by a native grasshopper reduces broom snakeweed density and biomass[J]. Journal of Range Management, 1996, 49: 407-412.

**Reasons for an outbreak of grassland grasshoppers and sustainable management strategies for them**SUN Tao<sup>1</sup>, ZHAO Jing-xue<sup>2,3</sup>, TIAN Li-hua<sup>3</sup>, LIU Zhi-yun<sup>2,3</sup>, LONG Rui-jun<sup>2,3</sup>

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xi 'ning 810008, China;

2. The International Center for Tibetan Plateau Ecosystem Management, Lanzhou University,

Lanzhou 730020, China; 3. College of Pastoral Agricultural Science and

Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

**Abstract :** The main reasons for the outbreak of grassland grasshopper are discussed in this research and controls by sustainable management countermeasures are considered. Global climate warming, drought, regional climate abnormality, food resources, intra and interspecies competition, environmental factors together with methods and utilization of grasslands may all affect grasshopper population dynamics and contribute to the outbreak of grasshoppers. Ecological safety, economic availability and sustainable development of grassland systems are regarded as three guidelines for management of grasslands. More technical research on monitoring and forecasting grasshopper outbreaks is needed to deal with the current severe disaster caused by the grasshoppers. Measures for better management of grasslands should play a more important role in controlling the grasshopper populations. New management methods should be further explored and the range and force of biocontrol be extended, as well as new chemical control technology be established. Only through the adoption of those measures can the goal of sustainable management of grassland grasshopper be achieved.

**Key words :** grassland grasshopper; grasshopper outbreak; managing strategies; biocontrol