

蝗虫生境监测方法研究进展

石瑞香¹, 刘 闯¹, 李典谟², 谢宝瑜²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要:蝗虫是一种能对农业生产带来毁灭性打击的害虫。预测、监测蝗虫的发生、发展对于防治蝗虫、减轻蝗灾具有重要意义。在分析蝗虫的发生和消长与其生存环境的关系基础上,概述了以往蝗虫发生、发展预测、监测的主要方法。然后,从监测蝗虫生境采用的指标、卫星数据、算法等方面进一步阐述了运用现代遥感、地理信息系统技术监测蝗虫生境、预测蝗虫发生、发展的理论基础和最新进展;最后,结合现代对地观测技术、网络、快速计算和模拟等技术的发展探讨了蝗虫生境监测的发展方向。

关键词:蝗虫;生境;遥感;地理信息系统;监测

Progress on methodology in monitoring locust habitats

SHI Rui-Xiang¹, LIU Chuang¹, LI Dian-Mo², XIE Bao-Yu² (1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2475~2483.

Abstract: Locust over abundance could extremely harm the agricultural yields. It is very important for lessening and controlling the locust plague to predict locust's expanding. The analysis of the relationship between the locust and its environment evidences that the major factors influencing locust's habitats are those including landforms, temperature, humidity, vegetation, soil and the against species. The records that drought immediately following the water flood was very suitable for locust expanding in Eastern China were found in the book of *Controlling locust* published in 1874 (Chinese Tongzhi Year 13). Hereafter the methodology predicting locust by climate, phenology and ground true investigation were widely applied in predicting the locust situation in China. With the development of remote sensing and geographical information systems in 1970's, the new technology has been widely practiced in monitoring the locust habitats. The great achievements in this studies include monitoring the rainfall with METEOSAT, NOAA-AVHRR and GMS IR WEFAX, the vegetation types and vegetation greenness with NOAA APT, NOAA-AVHRR, LANDSAT MSS, TM and SPOT VGT; the soil types and soil humidity with LANDSAT MSS and SPOT VGT S1. More recently, MODIS integrated with ETM+ is synthetically applied in monitoring indicators of the habitats. Supported by the information technology, GIS for

基金项目:科技部 973 资助项目(G2000016210);中国科学院地理科学与资源研究所知识创新工程资助项目(CX10G-E01-07-01)

收稿日期:2002-12-12; **修订日期:**2003-08-07

作者简介:石瑞香(1974~),女,河南濮阳人,博士生,主要从事遥感、地理信息系统在生态环境中的应用研究. E-mail: shirx@tom.com

致谢:本文完成过程中,承蒙中国科学院动物研究所陈永林研究员指导,谨表感谢。

Foundation item: supported by the Ministry of Science and Technology of China(No. G2000016210); and the Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences(No. CX10G-E01-07-01)

Received date: 2002-12-12; **Accepted date:** 2003-08-07

Biography: SHI Rui-Xiang, Ph. D. candidate. main research field: geography and natural resources. E-mail: shirx@tom.com

monitoring and predicting locusts were developed and implemented. The comparison study among the traditional methods, as well as the new ways supported by the update technology was taken in this paper, which analyzed the suitability and disadvantages for each of the methods. It is obvious that the integration of all methods will drive the research into a bright direction in synthetically monitoring the locust habitats. High resolution and more frequency remote sensing data and information will play a critical role in the monitoring in the coming years, the integration among the information from satellites, in situ survey and historic statistic data could be one of the key issues. The rapid development of computational methodology, internet/ intranet and virtual reality technology will great help the locust habitat monitoring from the individual activities into the systematic and intelligent consortium.

Key words: locust; habitats; remote sensing; GIS; monitoring

文章编号:1000-0933(2003)11-2475-09 中图分类号:P208 文献标识码:A

1 蝗虫与蝗灾

蝗虫属于昆虫纲,直翅目,蝗科。不完全变态,一生中分卵、蛹(又称“若虫”)和成虫 3 个阶段。蝗虫的生态型有 3 种:群居型、散居型和中间型(过渡型)^[1]。

全世界的蝗虫约有 1 万种以上,其中对农作物、牧草、灌丛和森林可造成不同程度危害的约 500 种^[2]。全世界约有 100 个国家或地区不同程度地受到蝗灾的威胁,尤以非洲和亚洲的一些国家发生最为频繁、危害也最严重。沙漠蝗是全世界发生危害最严重的蝗虫,其最大扩散区域可达 2800 万 km²,约占全世界陆地面积的 20%;其中发生危害的区域约占 50%~54%。正常扩散区可由非洲的西部、东非、中东的所有国家到土耳其、前苏联的东南部、伊朗、阿富汗、巴基斯坦和印度^[3]。我国已知蝗虫有 800 余种,其中对农、林、牧业可造成不同程度危害的约 60 种^[2]。东亚飞蝗是几千年来使我国农业生产遭受毁灭性打击的蝗虫。它主要分布在我国黄河、淮河和海河的中下游河滩地以及内陆湖泊洼地等地区。

2 蝗虫的发生、消长与其生境因子的关系

影响蝗虫发生和消长的环境因素主要有自然因素、天敌因素和人类活动等。

自然因素,包括气候(温度、降雨量与风等)、地形、植被和土壤等,直接作用于蝗虫的生长发育、繁殖和活动,影响到蝗虫的分布、发生和消长。如澳大利亚蝗虫委员会(Australian Plague Locust Commission,简称 APLC)对澳大利亚蝗研究表明,在湿度充足、日最高温度为 35℃时,蝗卵完成发育约需两周;在日最高温度为 25℃时,蝗卵完成发育约需要一个月^[4]。邱式邦、尤其傲、马世骏等对东亚飞蝗研究表明,地形高起的地区,蝗卵发育快;低洼地区,蝗卵发育缓慢。在温度为 26~32℃的环境中,蝗卵完成发育需要的有效积温有随土壤含水量增多而增加的趋势^[5~8]。陈永林、尤端淑、马世骏等对东亚飞蝗的生活习性研究表明,东亚飞蝗的食料植物有 20 余种,主要取食禾本科、莎草科植物^[2]。东亚飞蝗的成虫和蛹都喜欢曝日取暖,常在稀短草地或裸露的地面活动。东亚飞蝗的成虫一般选择植被稀疏、土壤湿度适中、土质比较坚实、背风向阳的地方产卵。产卵地以壤土最宜,其次是粘土及湖淤土,沙土最差。最适合的土壤含水量范围:砂土为 10%~12%,壤土 15%~18%,粘土 18%~22%。雌蝗产卵时能选择的最低含盐量临界为 0.3%^[5,9,10]。

东亚飞蝗的分布,向北受温度影响,7 月份 24℃等温线以外的地区,以及冬季日平均温度-10℃以下出现 20d 或-15℃以下超过 5d 的地区,均不适于东亚飞蝗的发生;向南则受降雨限制,超过 1000mm 的雨量,特别是春季的黄梅雨期和在生长季节连续地降雨,常造成大量幼蛹死亡^[5,6]。倪绍祥、巩爱岐等对青海湖地区草地蝗虫研究表明,上一年夏秋季节气温偏低和当年春夏季节的暖干是草地蝗虫发生的有利条件。当海拔、植被盖度、坡度等条件均适宜时,蝗虫数量在很大程度上取决于蝗虫胚胎期和蝗蛹期的温雨系数^[11~13]。任春光等对白洋淀东亚飞蝗持续大发生的原因分析得到,降雨量的多少和白洋淀水位的高低与东亚飞蝗的大发生有密切关系。淀泊水位高,淀区裸露面积小,东亚飞蝗发生则轻;淀泊水位低,淀区裸露面积大,东亚飞蝗发生则重^[14,15]。

天敌是制约蝗虫发生和消长的重要生物因素。天敌的种类和数量影响到蝗虫各期的死亡率。蝗虫的天

敌有鸟类、蛙类、蜘蛛、昆虫和菌类等。马世骏对 1953~1956 年黄淮平原东亚飞蝗死亡率统计表明,3a 内黄淮地区天敌对飞蝗大发生所起的抑制作用几乎与气候因素相等。差别在于 3a 内气候波动比较大,对飞蝗所起的作用变动大,天敌作用变动小^[6]。

人类活动是影响蝗虫发生和消长的极其重要的因素。人类通过直接防治,能将千百万亩的蝗虫加以消灭,把原来稠密的虫口抑制到最低程度。通过兴修水利和垦荒,把蝗虫的孳生地变为良田^[16]。另一方面,人类的活动也能助长蝗虫的猖獗,甚至于造成新蝗区。如近年来,受经济大潮影响,在我国一些河滩地区部分农田逐渐沦为荒地,形成蝗虫新的孳生区。

此外,蝗虫本身由于环境的作用而引起的生理变化也在影响着虫口的消长。蝗虫的迁飞和降落可以使原来没有蝗虫的地方大量发生蝗虫^[16]。

3 蝗虫发生的预测、监测方法及研究进展

3.1 常规预测、监测方法的研究进展

3.1.1 气候预测法 古代治蝗书内曾提到:“蝗为旱虫,故飞蝗之患多在旱年,殊不知其萌孽则多由于水,水继以旱,其患成矣”^[17]。指出先涝后旱是引起蝗虫大发生的原因。揭示了在我国古代就已利用旱涝这一与气候密切相关的因素预测蝗虫的发生。

马世骏等对我国东亚飞蝗的发育过程研究后指出,根据当地气候(近地面气温、土温、气湿、土湿)与东亚飞蝗完成一代所需积温计算,即可预测东亚飞蝗的发生代数 and 发生时期^[6]。

楼亦槐在研究“沿淮蝗区水涝与飞蝗发生的关系”后指出,研究雨量分布与飞蝗生长过程的关系有很大的实用价值^[18]。蝗卵发育后期和孵化期的高雨量有控制飞蝗大量发生的作用,成虫活动初期的高雨量和蝗区变迁有着密切的联系。因此前期雨量大,是年蝗情就少;同时雨期推移与年雨量增减也有密切关系,即雨期前移,年雨量相应增加。根据这些特点,掌握当地雨期推移的规律,结合蝗区环境的具体情况预测蝗情,可以弥补根据查卵、查蛹、查成虫的结果进行预报之不足,提高预报的准确性。

马世骏等以洪泽湖蝗区为例,在对 1663~1962 年间旱涝状况与东亚飞蝗发生的资料进行分析基础上,结合东亚飞蝗种群动态的特征,提出 3 种预测东亚飞蝗中长期数量的方法:①根据种群动态趋势进行外推预测;②应用随机序列及周期方程进行预测;③多因素逐步回归预测法^[19]。前两种方法是根据历史资料直接进行的预测。第 3 种方法是基于气候因素建立的预测方法,涉及到温度、降水量、降水日和湖水位等指标。运用这一方法尽管得到的预测值偏高,但它是应用数理统计方法和基于气候因素预测蝗虫中长期数量的一种较为可行的方法。

3.1.2 物候预测法 物候预测法是通过作物、杂草或其它昆虫的生长时相预知蝗虫应处的阶段,从而进行预测。尤其做分析了飞蝗与几种杂草生长发育的季节关系,得出以下规律:夏蝗孵化期为苦菜开花期,羽化期为小旋花果熟期,终见期为牛鞭草果熟期。秋蝗孵化期为马齿苋开花期,羽化期为牛鞭草开花期,死亡期为马齿苋枯萎期^[20]。由此,不仅可根据选定植物对象的前一发展阶段,做出预报;同时对侦查蝗情,也能做到心中有数,目标明确。这种方法由于简单易行,易于被农民掌握,所以在民间流传很广。

3.1.3 地面调查法 地面调查法是在查卵、查蛹和查成虫的基础上,根据蝗虫的生长速度、生殖力和扩散迁移习性,结合环境条件的变化,对蝗情做出预测预报^[5,21]。调查时取样的多寡根据蝗区面积、环境条件及残蝗密度等决定。这种方法对于全面了解蝗情,根治蝗灾具有重要意义。但在实际执行过程中,存在孤立开展“三查”,忽视蝗虫的生长、发育、生活习性及环境因素等弊端,因此,预测的结果常常出现片面性。另外,由于这种方法涉及到查卵、查蛹和查成虫,需要较多的人力和物力的投入。为保证查卵、查蛹和查成虫的整体性和连贯性,侦察人员也要求必须是长期的和固定的。

3.2 遥感和 GIS 支持的监测方法的研究进展

20 世纪 70 年代以来,国外开始将遥感、地理信息系统(GIS)等技术用于监测蝗虫生境的研究。其中,以沙漠蝗、澳大利亚蝗等的生境监测研究比较多。我国自 20 世纪 90 年代开始用遥感进行草地蝗虫生境的研究。在这些研究中,遥感主要为监测蝗虫生境的研究提供数据源。GIS 则利用其空间分析和数据综合能力,实现遥感数据和地面数据的融合,为蝗虫生境监测的研究提供一种方法和手段。

与蝗虫发生和消长相关的生境因子比较多,运用遥感监测蝗虫生境多选择与蝗虫生存、繁殖和活动关系密切的生境要素。已有的蝗虫生境监测研究中选用的指标有:降雨量、植被绿度和类型、土壤类型和湿度等。获取这些指标应用的卫星数据、算法及结果如下所述。

降雨量 因沙漠蝗、澳大利亚蝗等主要分布在干旱、半干旱地区,降雨量成为影响蝗虫生境的一个主要因素。Hielkema 曾经采用多时相 METEOSAT、NOAA-AVHRR 数据,判断云的类型、云占的百分比等,并依此估计降雨,从而大大减小了沙漠蝗生境监测的范围^[22]。APLC 曾使用 GMS IR WEFAX 数据,判断云的动态及云顶温度,依此估计降雨;与其它监测指标结合,判断澳大利亚蝗的可能发生区^[23]。Robert Van Buskirk 等用气象卫星数据的可见光光谱段估计了 Eritrea 地区的降雨,这一结果与其它指标相结合,可粗略判断蝗虫的适宜生境区^[24]。

植被类型和盖度 植被能为蝗虫的生存和繁殖提供食物、能量和栖息地,是组成蝗虫生境的一个主要指标。APLC 曾经将 LANDSAT MSS 图像进行标准假彩色合成后,目释解译,勾绘出了澳大利亚蝗的生境类型^[25]。Bryceson、倪绍祥等分别将 LANDSAT MSS、TM 数据进行最大似然分类,研究了澳大利亚蝗、我国青海湖环湖地区草地蝗虫的主要生境类型^[26,27]。Bryceson、Cherlet Michael 等分别用 NOAA AVHRR、LANDSAT MSS 和 SPOT 数据计算植被绿度,以研究澳大利亚蝗、沙漠蝗的生境特征^[26,28~30]。此外,APLC 还使用 NOAA APT 数据计算出植被的水分指数,用它间接表征植被绿度,从而大面积监测蝗虫的适宜生境^[31]。

土壤类型和湿度 Bryceson 研究澳大利亚蝗的分布与不同土壤之间的关系时,对 LANDSAT MSS 数据进行土壤亮度转换,得到的土壤分类图精度高达 90%^[32]。Cherlet Michael 等在研究沙漠蝗生境监测时,试图运用 SPOT VGT S1 图像判断土壤湿度。得到的结果是短波红外与地面湿度有关,但有待定量化和进一步验证^[30]。

遥感监测蝗虫生境除采用上述指标以外,Hielkema 还在归一化植被指数(NDVI)基础上发展了研究区内沙漠蝗的“潜在繁殖因子”,依此判断沙漠蝗的分布密度^[33]:

$$\text{潜在繁殖因子} = (A \times 10^0 + B \times 10^1 + C \times 10^2 + D \times 10^3) / T$$

式中,A、B、C、D 分别为 NDVI 值在 -0.04~0.04、0.04~0.1、0.1~0.16 及 0.16 以上的像元数,T 为 A、B、C、D 之和。“潜在繁殖因子”可按经纬度网格或其它网格进行计算。运用这一因子评价 1980/1981 沙漠蝗暴发区的生态状况。结果表明,“潜在繁殖因子”与实地所记录的沙漠蝗的密度之间呈较显著的正相关^[34]。

遥感监测蝗虫生境多在 GIS 支持下进行。如 Voss 等用 LANDSAT TM 图像研究北非苏丹红海沿岸一带的沙漠蝗时,在对蝗虫生境类型进行分类的基础上,还利用 GIS 技术对沙漠蝗生境的有关参数进行数据建库、分析,并与遥感生境分类图像进行复合,获得了研究区的“沙漠蝗潜在繁殖区分布图”^[35]。Schell 等研究美国怀俄明州的草地蝗虫时,用 GIS 技术将每年的蝗虫分布图与行政区划图叠置,编制了该州“蝗虫成灾频率图”。此外,他们还利用 GIS 技术分析了地形、土壤、降水、植被、潜在蒸发蒸腾等与蝗虫发生的关系,依此判断各种生境类型对蝗灾发生的敏感性^[36]。石瑞香等对我国白洋淀东亚飞蝗进行研究时,在 GIS 支持下,运用 MODIS、ETM+、航摄数据,结合地面调查、气象、水文资料等对东亚飞蝗生境要素进行了综合分析,并在此基础上提出了白洋淀东亚飞蝗生境监测的模式^①。

目前较为成熟的蝗虫生境监测系统有:(1)联合国粮农组织研制的基于 GIS 的沙漠蝗预警管理系统^[37]。利用这一系统,可以对蝗虫及其有关的生境参数进行管理和分析,并且结合野外实地调查资料,对蝗虫的发生做出预警。(2)APLC 建立的基于 GIS 的预测蝗虫种群发展和辅助决策的决策支持系统^[38]。该系统具有多源数据的搜集、处理和空间数据的显示功能。利用该系统,可以预测蝗虫发育各阶段出现的时间,确定蝗虫种群早期聚集的位置,为采取管理措施及尽早防治提供依据。

在我国,倪绍祥等运用 TM 图像对青海湖地区的草地生境进行了划分。在此基础上,分析了主要生境

① 石瑞香. 东亚飞蝗生境监测的理论、方法与应用研究——以白洋淀蝗区为例. 中国科学院理学博士论文, 2003.

参数与草地蝗虫生长、繁殖之间的数量关系,为利用遥感技术预测该区草地蝗虫的发生提供了重要依据^[27]。张洪亮、倪绍祥等在 GIS 支持下,对青海湖地区草地蝗虫发生的气候因子进行了分析。结果表明,1 月分负地温的积温、5 月下旬的积温、6 月下旬的积温、5~7 月份的湿润指数和上年 8 月份的湿润指数对当年蝗虫空间分布的影响极为显著。最后,他们以这些气候指标为自变量,建立了用于该区草地蝗虫发生预测的气候学模型^[39]。倪绍祥、蒋建军等对青海湖地区草地生境的蝗虫潜在发生可能性进行了评价。他们建立了草地蝗虫生境类型划分的原则,并提出了生境方案。得到以下结论:受草地蝗虫严重危害或较严重危害的生境类型是芨芨草草原、克氏针茅草原及紫花针茅草原,高寒草甸属一般危害,高寒灌丛草甸不发生危害^[40]。

3.3 现有预测、监测蝗虫发生方法的总结与分析

从对蝗虫发生的预测、监测来看,气候预测方法涉及到对蝗虫发生时期和发生数量的预测。尽管预测值不够准确,但能粗略推断蝗虫发生的时间和数量。物候预测主要是根据其它生物所处的状态从时间上预测蝗虫所处的阶段。地面调查,尤其对蝗卵、蝗蛹和成虫的全面调查,能够为第 2 年蝗虫的发生数量、分布区域进行预测。遥感和 GIS 监测蝗虫生境主要是对蝗虫发生的地区做出预测。

在方法的实施上,遥感和 GIS 技术监测蝗虫生境相对于传统的地面调查法、物候预测法等具有明显的优越性:(1)卫星图像对同一地区的周期性扫描使得识别蝗虫生境的变化非常容易,借助于图像处理技术比肉眼直接观察辨别力更强;(2)卫星图像不受地域限制,它可以方便地获取偏远地区的蝗虫发生区信息;(3)卫星图像在同一时间的大面积扫描,对于监测面积广阔的地区非常有效;(4)轨道重复周期短的卫星图像,处理后能及时地反映蝗虫生境信息;(5)GIS 能够实现蝗虫生境信息的及时更新、存储和管理;(6)GIS 的空间分析和数据综合能力,能够方便地实现遥感数据与地面数据的融合,为蝗虫生境监测提供更为可靠的信息。

但是,上述预测、监测蝗虫发生的方法也存在一些不足。体现在:(1)途径单一,有待多种方法相结合。如气候预测能对蝗虫的发生期和发生数量进行预测,不能确定蝗虫发生的具体地点。现有的遥感和 GIS 监测蝗虫生境的方法通过监测蝗虫生境,判断蝗虫的可能发生区,缺少对蝗虫发生时间、发生数量等的预测。两类方法若能结合起来,将有较好的效果。(2)监测精度不够,有待进一步提高。如由遥感图象识别蝗虫生境类型,有时会将分布面积较小的适宜蝗虫生存的草类遗漏掉。如果使用分辨率更高一些的图像,进行图像处理后就有望解决这一问题。上述大面积监测用到的 NOAA APT 数据、GMS 数据、NOAA-AVHRR 数据地面分辨率最高为 1.1km。用这些数据监测小区域生境精度不够,而监测的准确性直接关系到防治措施的实施和效果。(3)方法本身有一定局限性。如物候预测法虽然能推断蝗虫所处的生长发育阶段,但它只适于特定区域,不容易推广。预测人员还必须具有一定生物学知识,并且只能到研究区域亲自查看,才能进行预测。Robert Van Buskirk 等基于气象卫星图像的可见光部分估计降雨^[24]。这种方法在试图估计较短时间的降雨时估计的误差会变大。(4)经济上可行性与卫星技术参数的限制。尽管 LANDSAT MSS、TM、SPOT 等数据的空间分辨率比较高,但由于价格昂贵,卫星轨道重复周期长,只能用于区域性研究。对于大面积实时监测,则只能采用空间分辨率低一些的数据(如 NOAA、GMS 数据等),使得监测精度大大降低。(5)上述预测方法都是对蝗虫发生以前的预测,而对于蝗虫发生以后危害程度的监测及损失估计很少涉猎。这些内容对于受灾后采取防治措施和救灾非常重要。(6)上述预测方法都是根据自然环境因素设计的,没有考虑到天敌、人类活动等对蝗虫发生的影响。事实上,天敌和人类活动也是影响蝗虫发生和消长的主要因素。

4 蝗虫生境监测研究的未来发展趋势

4.1 蝗虫生境监测系统化研究将逐步得到加强

蝗虫是生态系统的—个组成部分。要控制蝗害、减轻蝗灾必须从系统的角度出发,仅仅考虑对自然环境因素的监测是远远不够的。尽管直接对天敌、人类活动等进行监测比较困难,但是必须考虑到这些因素,对这些因素可能带来的影响做出估计。将它们与自然因素带来的影响一起进行综合分析,才可能得到更可靠的结果。

应采取多种方法相结合进行监测。譬如在监测蝗虫可能发生区的同时,对蝗虫可能发生的时间、数量

及危害程度等进行预测。充分发挥各种预测、监测方法的优势,力求在节省人力、物力和资金等条件下,对蝗虫生境进行监测的效果达到最佳。可以采取分布实施策略:在蝗虫发生以前,结合区域气候中长期预报、地面调查和当地蝗虫的生长、发育特性,对蝗虫可能发生期、发生量进行预测。在预测的蝗虫发生期(从蝗卵孵化开始),对蝗虫的历史高发区以及潜在发生区进行重点监测。以便有了虫情,能及时发现,并采取必要的防治措施。蝗虫发生期间,对发生区植被进行实时监测,根据植被受害情况与蝗虫的习性判断蝗虫危害的进程和态势,将信息及时地传输到各级防灾指挥部门,以便有效地组织防灾活动。蝗虫成灾以后,根据植被受害情况,对损失及时地做出评估,以便组织救灾,恢复生产等。

4.2 充分利用当前对地观测技术的发展及相关服务,提高蝗虫生境监测研究和实施的精度

高光谱分辨率、高空间分辨率和雷达遥感将是今后一段时间的主要遥感技术系统^[41]。高光谱分辨率影像中波段内较多的连续测量次数,容纳了更多的关于作物健康的具体信息。如 NASA 的 Lewis 卫星具有获得 384 个波段的能力。根据这些信息,可以分辨出作物种类、健康状况等。高空间分辨率影像对于从外观上监测作物长势极为有用,处理后可以清晰地判断出发生病虫害的区域。如 Quick bird 图像全色波段的空间分辨率已达 0.61m。这些数据用于虫害监测将得到更为可靠的结果。雷达遥感一方面可以弥补航天遥感受天气条件的限制,使得获取数据可以全天候进行。另一方面,对于分析蝗虫的迁飞路线、飞行高度等也有独到之处。2002 年 3 月 1 日欧洲空间局成功发射了欧洲环境卫星(ENVISAT),该卫星装载有 10 种探测设备,其中之一是先进的合成孔径雷达(ASAR)^[42]。这种雷达有 400km 的侧视成像范围和一组视角。由于它以微波技术为基础,可以在黑暗中进行拍摄,而且确保照片有极高的分辨率,所以可以用它监视蝗虫的迁飞活动,了解蝗害的进展和态势。土壤湿度是 ASAR 收集信息的主要目标之一,这对研究成虫的产卵区及蝗虫卵的孵化等具有较高的使用价值。此外,研究中使用卫星数据的同时,也可以使用航空数据做辅助研究。因航空摄影飞行高度低,较少地受云量等条件限制,且具有灵活性,便于根据人们的意愿摄取。

美国新一代地球观测系统(EOS)计划将为人类研究自身生存环境提供前所未有的大量信息^[43]。EOS 第一系列阶段发射的 TERRA (EOS-AM) 卫星上装载的 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) 传感器是由 NASA 提供直接广播服务的一种数据^[44]。它从可见光到热红外具有 36 个波段。星下点的地面分辨率分别为 250m、500m 和 1km,扫描宽度为 2330km,1~2d 覆盖全球一次。2002 年 5 月 4 日 AQUA (EOS-PM) 卫星的升空,已使得 MODIS 仪器扫描地球的频次加倍。MODIS 数据比气象卫星的地面分辨率高,用其监测蝗虫生境可以使空间精度得到提高;MODIS 的多个波段有望使计算的监测指标更接近地表真实信息,如 MODIS 蓝光波段引入植被指数计算得到的产品 MODIS EVI 具有抗大气气溶胶干扰等性能。更为方便和实用的是 MODIS 数据的免费接收,这使得中等分辨率遥感数据监测蝗虫生境的研究能很快地进入大面积实施阶段。

4.3 加强遥感数据、历史资料与地面数据的融合,为蝗虫生境监测提供更为可靠的信息

分析历史的蝗虫发生数据,建立历史的蝗虫发生与生境因素库,不仅能确定蝗虫在各地的发生频率,找出蝗虫的重点发生区,也有助于确定蝗虫的最适生境类型与特征。将其与地面调查数据相结合,分析蝗虫生境特征与蝗虫种群的发生、繁育之间的机理。加强蝗虫适宜的生境类型与遥感图像显示特征的研究,确立它们之间存在的耦合关系,有望为蝗虫生境监测提供更为可靠的信息。

4.4 利用 Web 数据库技术、快速计算和模拟技术,建立基于网络的智能化蝗虫生境监测和预警系统

目前 GIS 正从二维向多维动态以及网络方向发展。Internet GIS 或 Web-GIS 的出现可以实现各种地理空间数据的远程操作。快速计算和模拟技术为多源数据的快速处理和模拟提供了技术保障。将各地自然环境背景数据库、蝗虫发生的历史资料库、用于蝗虫生境监测、预测的模型库及智能化分析预警系统连接到网络中心计算机,建立基于网络的智能化蝗虫生境监测和预警系统。通过这一系统,用户可以根据需要,从分布式计算机上通过网络密码验证,调用任何一个地区的历史资料,分析蝗虫的发生与当时生境因素的关系;也可以将当地最新的生境因素(气候、植被、土壤等)输入到中心数据库,根据预测模型,判断蝗虫的可能发生情况。一旦蝗虫发生,各分布站点可以将当地的虫情信息及时地通过互联网传送到中心数据库。中心数据库管理人员根据各地的虫情信息,用监测、预测模型分析大范围的发生趋势,并及时做出预测预

报,同时将虫情信息上报到蝗虫防治决策部门,以便快速采取防治措施、制定救灾计划等。

References:

- [1] Xia K L, *et al.* *Fauna Sinica. Insecta Vol. 4 Orthoptera Acridoidae.* Beijing: Science Press, 1994. 1~172.
- [2] Chen Y L. Locust and locust plague. *Bulletin of Biology*, 1991, 11: 9~12.
- [3] Chen Y L. Dynamic analysis of locusts in Asia and Africa. *World Agriculture*, 1987, (1): 28~31.
- [4] <http://www.affa.gov.au/>.
- [5] Qiu S B. *Locusta migratoria*(Meyen). *Agricultural Sciences Commun.*, 1956, 3: 143~150.
- [6] Ma S J. *Locusta migratoria*(Meyen) — a serious pest in our country. *Entomological Knowledge*, 1955, 1(3): 133~139.
- [7] You Q J. Behaviour of *Locusta migratoria manilensi*(Meyen). *Acta Entomologica Sinica*, 1958. 8(2): 119~135.
- [8] Ma S J. Dynamic of *Locusta migratoria manilensi*(Meyen) in China. *Acta Entomologica Sinica*, 1958. 8(1): 1~40.
- [9] Ma S J. Make over the place of *Locusta migratoria manilensi*(Meyen). In: Chinese agricultural academy edited, *China plant conservation sciences.* Beijing: Science Press, 1961. 424~436.
- [10] You D S, *et al.* Relation between laying eggs, hatching and salinity in soil. In: Department of preventing locust in Cangzhou ed. *Collection of paper on Locusta migratoria manilensi*(Meyen), 1982. 177~187.
- [11] Ni S X, *et al.* Analysis on ecological environment of grasshoppers around Qinghai lake. *Rural Eco-environment*, 2000, 16(1): 5~81.
- [12] Gong A Q, *et al.* Elemental analysis on relevancy between grasshoppers and their environment around the Qinghai lake. *Qinghai Prataculture*, 2001, 10(2): 38~41.
- [13] Deng Z W, *et al.* Climate setting of grasshopper rampancy around the Qinghai lake. *Journal of Natural Disasters*, 2002, 11(2): 91~95.
- [14] Ren C G. Outbreak of oriental migratory locust *Locusta migratoria manilensi* (Meyen) in Baiyangdian Lake. *Entomological Knowledge*, 2001, 38(2): 128~130.
- [15] Ren C G, *et al.* Analysis on the reason of the serious plague caused by *Locusta migratoria manilensi*(Meyen) in Baiyangdian Lake. *Plant Protection*, 2002, 28(1): 35~37.
- [16] Qiu S B, Li G B. *Locusta migratoria*(Meyen) and its prediction. Beijing: China Financial & Economic Publishing, 1956. 8~30.
- [17] Chen C D. *Book on preventing locust plague.* Periodical in 13, TONGZHI. Edition stored at publishing house of LIANCHI, 1.
- [18] Lou Y H. The elementary survey on the relation of flood to locust and the discussion about prevention measure in the locust area along HUAIHE river. *Acta Entomologica Sinica*, 1959, 9(2): 101~115.
- [19] Ma S J, *et al.* Study on predicting *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) in middle and long term. *Acta Entomologica Sinica*, 1965, 14(4): 319.
- [20] You Q J. The elementary observation on predicting the locusts based on natural phenomena that recur periodically. *Agricultural Sciences Commun*, 1958, 5: 258~259.
- [21] Ma S J. Eradicate the *locusta migratoria*(Meyen) plague. *Chinese Science Bulletin*, 1956, 2: 52~56.
- [22] Hielkema J U. Desert locust habitat monitoring with satellite remote sensing — A new technology for an old problem. *ITC Journal*, 1981, 4: 387~417.
- [23] Hamilton J G, *et al.* Use of enhanced GMS weather satellite data in locust forecasting. In: Corey, S. A., Dall, D. J. & Milne, W. M., eds. *Pest Control and Sustainable Agriculture.* CSIRO Publications, Melbourne, 1993. 444~448.
- [24] Robert Van Buskirk. Winter rain estimation in Eritrea based on visible meteosat images. <http://www.punchdown.org/rvb/rain/eastrain.html>.
- [25] McCulloch L, *et al.* Identification and monitoring of Australian plague locust habitats from Landsat. *Remote*

- Sensing of Environment*, 1983, **13**: 95~102.
- [26] Bryceson K P. The use of Landsat MSS data to determine the distribution of locust eggbeds in the Riverina region of New South Wales, Australia. *International Journal of Remote Sensing*, 1989, **10**: 1749~1762.
- [27] Ni S X, *et al.* Study on the landscape ecology of the region surrounding Qinghai Lake, Qinghai Province of China based on remote sensing technology. *Journal of Environmental Science*, 1999, **11**(2): 36~39.
- [28] Bryceson K P, *et al.* An analysis of the 1984 locust plague in Australia using multitemporal landsat multispectral data and a simulation model of locust development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1986, **16**: 87~102.
- [29] Bryceson K P. Digitally processed satellite data as a tool in detecting potential Australian plague Locust outbreak areas. *Journal of Environmental Management*, 1990, **30**: 191~207.
- [30] Cherlet Michael, *et al.* SPOT VEGETATION contribution to desert locust habitat monitoring. <http://vegetation.cnes.fr/vgtprep/vgt2000/Cherlet.pdf>.
- [31] Bryceson K P, *et al.* Use of remotely sensed data in the Australian Plague Locust Commission. In: Corey, S. A., Dall, D. J. & Milne, W. M., eds. *Pest Control and Sustainable Agriculture*. CSIRO Publications, Melbourne, 1993. 435~439.
- [32] Bryceson K P. Likely locust infestation areas in Western New South Wales, Australia, Located by Satellite. *GEOCARTO International*, 1991, **6**(4): 21~37.
- [33] Hielkema J U. Remote sensing technique and methodologies for monitoring ecological conditions for desert locust population development. FAO/USAID. *Final Technical Report GCP/INT/349/USA*, FAO, Rome, Italy, 1980.
- [34] Hielkema J U. Assessment of ecological conditions associated with the 1980/81 desert locust plague upsurge in West Africa using environmental satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, **7**: 1609~1622.
- [35] Voss F, Dreiser U. Mapping of desert locust and other migratory pests habitats using remote sensing techniques. In: Krall S, Wilps H, eds. Eschborn. *New Trends in Locust Control*, 1994. 23~40.
- [36] Schell S P, Lockwood J A. Spatial analysis optimizes grasshopper management. *GIS World*, 1995, **8**(11): 68~73.
- [37] Magor J I, Pender J. Desert locust forecasters' GIS: a researchers' view. In: Krall S, Peveling R, Ba Diallo D, eds. *New strategies in locust control*. Berlin, 1997. 21~26.
- [38] Ted Deveson. Decision support for locust management using GIS to integrate multiple information sources. In: GIA, eds. *2001 NSW Agriculture*, 2001. 361~374.
- [39] Zhang H L, *et al.* An analysis of the climatic factors of grasshopper outbreak in the region around Qinghai lake aided by GIS. *Geography and Territorial Research*, 2002, **18**(1): 63~66.
- [40] Ni S X, *et al.* The evaluation on possibility of grasshopper outbreak in grass habitats around Qinghai lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(3): 285~290.
- [41] Tong Q X. Consideration in progress of remote sensing. In: Academician of environmental remote sensing in Chinese geographical academy, the workshop 308 in national 863 plan, Institute of remote sensing application, Chinese Academy of Sciences edited. *The new progress and strategy on remote sensing*. Beijing: People press, 1996. 11.
- [42] <http://www.ers.ac.cn/zsjs/eos-3.htm>.
- [43] Liu C, *et al.* Satellites, sensors and their data on EOS. *Journal of Image and Graphics*(Edition of Application), 2001, **6**(5): 5~12.
- [44] Yuan B F, *et al.* The satellite of American Earth Observation System: EOS-TERRA. *Journal of Image and Graphics*(Edition of Application), 2001, **6**(5): 18~24.

参考文献:

- [1] 夏凯龄,等. 中国动物志:昆虫纲. 第四卷,直翅目 蝗总科. 北京:科学出版社, 1994. 1~172.
- [2] 陈永林. 蝗虫和蝗灾. 生物学通报. 1991, **11**: 9~12.
- [3] 陈永林. 亚非地区蝗虫发生动态分析. 世界农业, 1987(1): 28~31.

- [5] 邱式邦. 飞蝗. 农业科学通讯, 1956, 3:143~150.
- [6] 马世骏. 我国的大害虫-飞蝗. 昆虫知识, 1955, 1(3):133~139.
- [7] 尤其微, 等. 东亚飞蝗的生活习性. 昆虫学报, 1958, 8(2):119~135.
- [8] 马世骏. 东亚飞蝗在中国的发生动态. 昆虫学报, 1958, 8(1):1~40.
- [9] 马世骏. 改造东亚飞蝗发生地. 见:中国农业科学院编, 中国植物保护科学. 北京:科学出版社, 1961. 424~436.
- [10] 尤端淑, 等. 东亚飞蝗产卵及蝗卵孵化与土壤含盐量的关系. 见:沧州地区防蝗站. 东亚飞蝗研究论文汇编, 1982. 177~187.
- [11] 倪绍祥, 等. 环青海湖地区草地蝗虫发生的生态环境条件分析. 农村生态环境, 2000, 16(1):5~81.
- [12] 巩爱岐, 等. 青海湖滨区草地蝗虫发生与环境因素关联性的初步探讨. 青海草业, 2001, 10(2):38~41.
- [13] 邓自旺, 等. 青海湖地区草地蝗虫发生的气候背景. 自然灾害学报, 2002, 11(2):91~95.
- [14] 任春光. 白洋淀东亚飞蝗持续大发生浅析. 昆虫知识, 2001, 38(2):128~130.
- [15] 任春光, 等. 白洋淀东亚飞蝗发生日趋严重原因分析. 植物保护, 2002, 28(1):35~37.
- [16] 邱式邦, 李光博. 飞蝗及其预测预报. 北京:财政经济出版社, 1956. 8~30.
- [17] 陈崇砥. 治蝗书. 同治十三年刊. 莲池书局藏版, 1.
- [18] 楼亦槐. 沿淮蝗区水涝与飞蝗发生关系的初步调查及其在防治措施上的探讨. 昆虫学报, 1959, 9(2):101~115.
- [19] 马世骏, 等. 东亚飞蝗中长期数量预测的研究. 昆虫学报, 1965, 14(4):319.
- [20] 尤其微. 飞蝗的物候预测初步观察. 农业科学通讯, 1958, 5:258~259.
- [21] 马世骏. 根除飞蝗灾害. 科学通报, 1956, 2:52~56.
- [39] 张洪亮, 等. GIS支持下青海湖地区草地蝗虫发生的气候因子分析. 地理学与国土研究, 2002, 18(1):63~66.
- [40] 倪绍祥, 等. 环青海湖地区草地生境的蝗虫潜在发生可能性评价. 生态学报, 2002, 22(3):285~290.
- [41] 童庆禧. 遥感发展趋势的思考. 见:中国地理学会环境遥感分会、国家 863 计划 308 课题专家组、中国科学院遥感应用研究所编. 遥感新进展与发展战略. 北京:人民出版社, 1996. 11.
- [43] 刘闯, 等. EOS 的卫星、传感器及其数据产品. 中国图象图形(学报应用版), 2001, 6(5):5~12.
- [44] 袁本凡, 等. 美国新一代对地观测卫星 EOS-TERRA. 中国图象图形(学报应用版), 2001, 6(5):18~24.

《生态学报》2004 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的综合性学术刊物,创刊于 1981 年。主要报道动物生态、植物生态、微生物生态、农业生态、森林生态、草地生态、土壤生态、海洋生态、淡水生态、景观生态、区域生态、化学生态、污染生态、经济生态、系统生态、城市生态、人类生态等生态学各领域的学术论文;特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;原创性研究报告和研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。为促进学术、科研信息的交流,欢迎踊跃投稿。

《生态学报》为月刊,176 页,2004 年改为大 16 开本,信息容量由 36 万字增加到 44 万字,期定价 45 元,年定价 540 元。全国各地邮局均可订阅,望广大读者互相转告,以便及时订阅。

地址:100085 北京海淀区双清路 18 号《生态学报》编辑部 电话 (010)62941099
Shengtaixuebao@mail.rcees.ac.cn 或 E-mail:shengtaixuebao@sina.com

本刊国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670,标准刊号:ISSN1000-0933/CN11-2031/Q