

北半球 9 个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集

严川^{1,2,*}, 田会东¹, 刘睿²

1. 中国科学院动物研究所, 北京 100101;
2. 兰州大学生态学院, 兰州 730000

摘要: 蝗灾是由蝗虫大面积发生及迁移造成的自然灾害。蝗灾发生可以跨国、跨洲, 因此了解蝗灾发生的大尺度时空特征是全球蝗灾防治的基础工作之一。本研究搜集整理了国际英文期刊文章、专著和《中国三千年气象记录总集》中的历史文献记录, 提取北半球蝗灾发生的时间与空间信息; 将某一时间段的蝗灾发生地点, 按照核密度方法估计蝗灾发生区域, 得到北半球 9 个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集。数据集内容包括: 公元 1000 年以前, 公元 1000–1200 年、1200–1300 年、1300–1500 年、1500–1700 年、1700–1850 年、1850–1900 年、1900–1950 年、1950–2000 年共 9 个时期的北半球蝗灾分布区域。数据为 Equal earth 投影, 空间分辨率为 100 km。该数据集存储为.tif 格式, 由 18 个数据文件组成, 数据量为 43.8 KB。

关键词: 蝗灾; 北半球; 千年; 历史分布

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.05>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.05>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.07.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.07.V1>.

1 前言

蝗灾是由蝗虫引发的灾害。蝗虫是直翅目、蝗科昆虫, 广泛分布于全世界的热带、温带的草原和沙漠地区。在一定环境条件下, 蝗虫种群爆发及大范围迁移, 啃食农作物、草原植被, 引发严重的经济损失以致粮食短缺而发生饥荒。中国乃至世界范围内引发蝗灾的主要物种之一为飞蝗 (*Locusta migratoria*), 属直翅目 (Orthoptera)、蝗总科 (Acridoidea) 斑翅蝗亚科 (Oedipodinae) [1,2]。另一类经常引起蝗灾的蝗虫为沙漠蝗 (*Schistocerca gregaria*), 主要分布在非洲、整个西亚, 并延伸到南亚的部分地区 [3,4]。在北美, 引发蝗灾的

收稿日期: 2022-04-18; 修订日期: 2022-07-11; 出版日期: 2022-09-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2017YFA0603304)

*通讯作者: 严川 ACA-0195-2022, 中国科学院动物研究所, yanchuan@lzu.edu.cn

数据引用方式: [1] 严川, 田会东, 刘睿. 北半球 9 个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集 [J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(3): 358–365. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.05>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.05>.

[2] 严川, 田会东, 刘睿. 北半球 9 个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集 [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.07.V1>.

主要为洛基山黑蝗 (*Melanoplus spretus*)、高原蝗 (*Dissosteira longipennis*)^[5,6]。

蝗灾是一种国际性的灾害, 是全世界共同面临的重大危害事件。在人类早期历史上, 埃及、希伯来、古希腊和中国都有蝗灾的文字记载。《圣经》的“出埃及记”和“启示录”把蝗灾列为重大灾害。2020年, 从非洲到南亚, 沙漠蝗虫灾害侵袭全球多地, 东非大规模肆虐, 对几十万亩农田造成破坏, 造成印度粮食减产 30%–50%。2003年, 美国西部的内华达州、犹他州和爱达荷州暴发蝗灾, 造成较大的经济损失。在我国历史上, 蝗灾与旱灾、涝灾并称中国农业三大灾害。自古以来, 中国蝗灾迭起, 史料中有大量记载, 多集中于河北、河南、山东三省^[7]。1856–1858年, 广东、江西、湖南、西藏及北方地区蝗虫为患。《清实录》记载: “飞蔽天日, 塞窗堆户, 室无隙地”, “蝗食苗殆尽, 人有拥死者”。

蝗灾发生与蝗虫特征、气候、人类活动等诸多因素相关。因此, 蝗灾的防控面临着巨大的挑战。通过蝗灾发生的历史分布来了解蝗灾发生的时空特征, 是解析蝗灾发生因素的重要基础工作之一。目前, 虽然我国学者在蝗灾发生的历史动态方面做了较多工作^[7,8], 但这些研究往往局限于文字描述或仅有时间序列^[9–11]; 同时, 其他国家的文献和数据较为零散, 缺乏系统性整理。不仅如此, 蝗灾发生可跨国、跨洲, 是一种全球性灾害, 局部地区的数据并不能反应全面的分布特征。因此, 蝗灾发生的大尺度时空分布数据集具有重要的意义, 有待进一步整理挖掘。

2 数据集元数据简介

《北半球9个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集》^[12]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表1。

表1 《北半球9个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	北半球9个历史时期蝗灾分布 100-km 栅格数据集
数据集短名	LocustPlagueNH
作者信息	严川 ACA-0195-2022, 中国科学院动物研究所, 兰州大学生态学院, yanchuan@lzu.edu.cn 田会东, 中国科学院动物研究所, tienhuitung@gmail.com 刘睿, 兰州大学生态学创新研究院, rliu20@lzu.edu.cn
地理区域	北半球
数据年代	公元 1000–2000 年
时间分辨率	100 年以上
空间分辨率	100 km, equal earth 投影
数据格式	.tif
数据量	43.8 KB
数据集组成	包括公元 1000 年之前, 公元 1000–1200 年、1200–1300 年、1300–1500 年、1500–1700 年, 1700–1850 年、1850–1900 年、1900–1950 年、1950 年之后 9 个时间断面的北半球分布
基金项目	中华人民共和国科学技术部 (2017YFA0603304)
数据计算环境	R

续表 1

条目	描述
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据(中英文)、通过《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报(中英文)》发表的数据论文。其共享政策如下:(1)“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放,用户免费浏览、免费下载;(2)最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源;(3)增值服务用户或以任何形式散发和传播(包括通过计算机服务器)“数据”的用户需要与《全球变化数据学报(中英文)》编辑部签署书面协议,获得许可;(4)摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则,即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%,同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[13]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3 数据研发方法

3.1 数据来源

由于本研究旨在反应蝗灾发生在北半球的空间分布,所以本数据集的研制主要通过国内外历史文献中获取蝗灾发生的地理信息,进而绘制北半球不同时间段内蝗灾发生的空间分布。数据源分为国内与国外两个部分。我国拥有丰富的历史文献,其中记载了大量蝗灾信息。本研究中国区域主要依据《中国三千年气象记录总集》^[14]提取蝗灾发生信息^[15]。国外部分主要通过 google scholar 搜索相关英文文献,包括相关期刊文章、专著等(表 2)。英文关键词包括 locust plague、locust outbreak、locust swarming、locust disaster。一共收集国内外记录 9,500 余条。

表 2 中国以外蝗灾数据来源和文献

时间段	国家或地区	数据来源
-1000 A.D.	意大利, 巴勒斯坦, 波兰, 俄罗斯, 土耳其, 乌克兰, 美洲	[16-19]
1000-1200 A.D.	阿尔及利亚, 法国, 德国, 希腊, 印度, 伊朗, 伊拉克, 意大利, 巴勒斯坦, 菲律宾, 西班牙, 叙利亚, 土耳其, 英国	[19]
1200-1300 A.D.	伊朗, 意大利, 俄罗斯	[16, 19]
1300-1500 A.D.	奥地利, 塞浦路斯, 捷克, 法国, 冈比亚, 德国, 匈牙利, 意大利, 牙买加, 墨西哥, 波兰, 罗马尼亚, 塞尔维亚, 西班牙, 瑞士, 英国	[16, 17, 19, 20]
1500-1700 A.D.	奥地利, 塞浦路斯, 捷克, 埃塞俄比亚, 法国, 德国, 几内亚, 匈牙利, 意大利, 牙买加, 立陶宛, 波兰, 葡萄牙, 罗马尼亚, 俄罗斯, 塞内加尔, 南非, 西班牙, 瑞士, 坦桑尼亚, 突尼斯, 乌克兰	[16, 17, 19-21]
1700-1850 A.D.	美国, 安哥拉, 奥地利, 加拿大, 塞浦路斯, 捷克, 埃及, 埃塞俄比亚, 阿尔及利亚, 法国, 冈比亚, 德国, 直布罗陀, 危地马拉, 几内亚比绍, 匈牙利, 印度, 伊朗, 意大利, 牙买加, 立陶宛, 摩尔多瓦, 摩洛哥, 莫桑比克, 纳米比亚, 挪威, 菲律宾, 波兰, 葡萄牙, 罗马尼亚, 俄罗斯, 塞内加尔, 塞拉利昂, 西里西亚, 南非, 西班牙, 瑞典, 瑞士, 突尼斯, 土耳其, 乌干达, 英国, 乌克兰, 美国	[16, 17, 19-23]

续表 2

时间段	国家或地区	数据来源
1850–1900 A.D.	美国, 安哥拉, 布基纳法索, 喀麦隆, 加拿大, 佛得角, 乍得, 塞浦路斯, 英国, 埃塞俄比亚, 芬兰, 阿尔及利亚, 冈比亚, 德国, 希腊, 几内亚, 匈牙利, 印度, 印度尼西亚, 伊朗, 伊拉克, 约旦, 肯尼亚, 科威特, 利比亚, 马里, 毛里塔尼亚, 墨西哥, 摩尔多瓦, 摩洛哥, 纳米比亚, 尼日尔, 尼日利亚, 巴基斯坦, 巴勒斯坦, 菲律宾, 波兰, 波美拉尼亚, 罗马尼亚, 俄罗斯, 沙特阿拉伯, 塞内加尔, 南非, 西班牙, 苏丹, 坦噶尼喀, 坦桑尼亚, 多哥, 突尼斯, 英国, 乌克兰, 美国, 西撒哈拉, 也门, 赞比亚, 津巴布韦	[17, 19, 21–29]
1900–1950 A.D.	阿拉伯半岛, 安哥拉, 博茨瓦纳, 保加利亚, 布基纳法索, 埃及, 阿尔及利亚, 加纳, 匈牙利, 印度, 印度尼西亚, 伊朗, 以色列, 约旦, 肯尼亚, 马来西亚, 马里, 摩尔多瓦, 纳米比亚, 巴勒斯坦, 菲律宾, 葡萄牙, 罗马尼亚, 南非, 西班牙, 苏丹, 坦桑尼亚, 多哥, 乌干达, 英国, 也门, 赞比亚	[17, 19, 21, 22, 24, 30–36]
1950–2000 A.D.	阿拉伯半岛, 博茨瓦纳, 布基纳法索, 布隆迪, 佛得角, 乍得, 古巴, 吉布提, 埃及, 厄立特里亚, 埃塞俄比亚, 阿尔及利亚, 冈比亚, 希腊, 几内亚, 匈牙利, 印度, 印度尼西亚, 伊朗, 伊拉克, 以色列, 意大利, 牙买加, 日本, 约旦, 肯尼亚, 科威特, 黎巴嫩, 利比亚, 马拉维, 马里, 毛里塔尼亚, 摩洛哥, 莫桑比克, 尼日尔, 阿曼, 巴基斯坦, 菲律宾, 葡萄牙, 卡塔尔, 卢旺达, 沙特阿拉伯, 塞内加尔, 塞拉利昂, 索马里, 南非, 西班牙, 苏丹, 叙利亚, 坦桑尼亚, 阿联酋, 突尼斯, 土耳其, 乌干达, 英国, 西撒哈拉, 也门, 赞比亚, 津巴布韦	[16, 19, 22, 24, 31, 32, 36–63]

3.2 蝗灾历史分布构建

本数据集基于历史记录, 重点在于重建千年以来不同时段的蝗灾发生分布变化。通过匹配历史记录中的当代地点信息, 获取蝗灾发生经纬度。蝗灾发生往往呈区域性和迁移性, 且世界范围内蝗灾发生记录存在一定缺失。为了从长时间尺度上分析蝗灾发生区域的总体变化, 本数据集将某一时间段(如公元 1000–1200 年)的蝗灾发生分布点按照核密度方法(kernel-density range estimation)估计蝗灾发生的区域, 再以 100 km×100 km 的分辨率(equal earth 投影)进行栅格化, 获得该时间段内有蝗灾发生的分布区域。时间断面为公元 1000 之前, 公元 1000–1200 年、1200–1300 年、1300–1500 年、1500–1700 年、1700–1850 年、1850–1900 年、1900–1950 年、1950–2000 年。数据集地图投影分 Equal Earth 和 WGS-84 两种。

4 数据结果与验证

从蝗灾发生的历史空间分布来看, 近千年来北半球蝗灾发生主要集中在中纬度地区, 这与蝗虫适宜分布区一致; 从经度上看, 蝗灾发生的记录主要集中在欧洲、非洲及中国(图 1、图 2)。从时间上来看, 蝗灾记录主要集中在公元 1400 至 1900 年之间(图 2)。近千年来中国的蝗灾记录最为完整, 尤其在明清时期。

5 讨论和总结

历史上蝗灾发生分布的记录可能与国家社会发展状态、文字记载历史较为相关。具体表现为: 欧美地区在 1990 年以后、中国在 1950 年以后, 蝗虫发生很少成灾, 记录大幅减

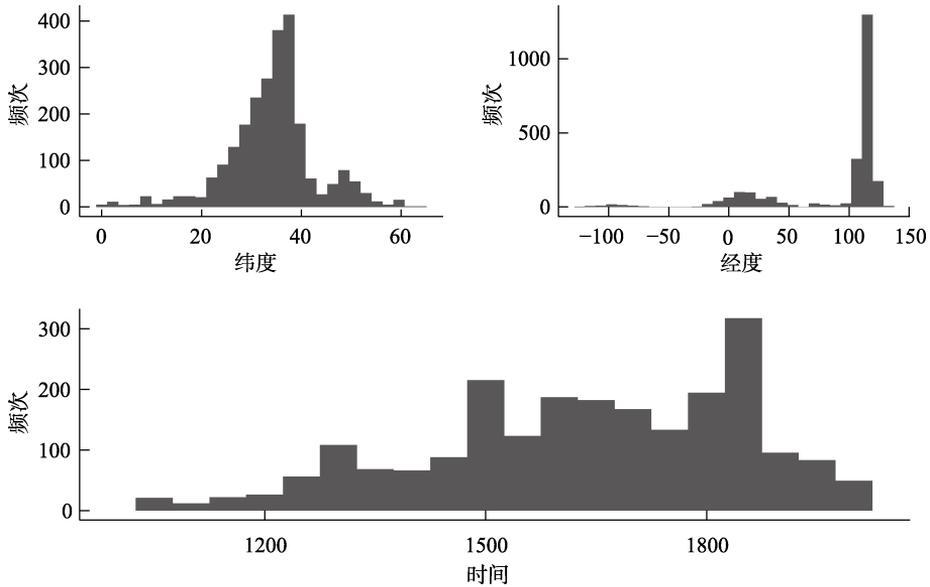


图1 蝗灾发生在经纬度及时间的频次分布。

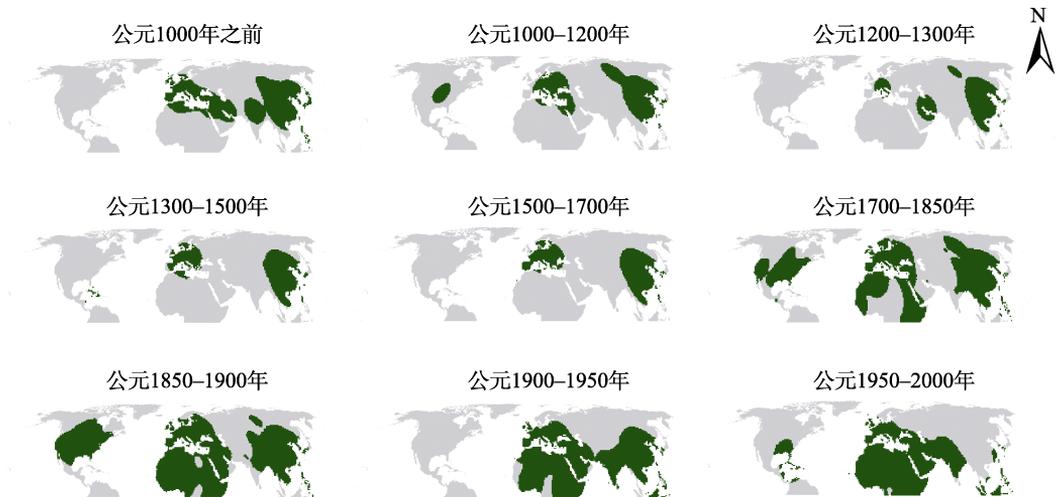


图2 过去千年来北半球蝗灾发生的历史分布 (Equal Earth 投影)

少；而非洲、美国、南亚在1700年以后才有较多记录；中亚地区的数据可能由于缺乏文字记载或地理原因，蝗灾发生的记录一直比较少。总体上，中国是蝗灾发生的历史重灾区，这与中国作为历史上的农业大国地位一致；同样，北美蝗灾农业发展时期蝗灾亦较严重。值得注意的是，得益于科学合理的防治措施，中国及北美的蝗灾已得到极为有效的控制。

作者分工：严川对数据集的开发做了总体设计；田会东、严川、刘睿采集和处理了蝗灾数据；严川撰写了数据论文。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 李钢. 历史时期中国蝗灾记录特征及其环境意义集成研究[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2008.
- [2] 朱慧, 任炳忠. 蝗虫成灾规律、影响因素及防控技术研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(3): 520–528.
- [3] Skaf, R., Popov, G. B., Roffey, J., *et al.* The desert locust: an international challenge [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 1990, 328(1251): 525–538.
- [4] Lecoq, M. Desert locust management: from ecology to anthropology [J]. *Journal of Orthoptera Research*, 2005, 14(2): 179–186.
- [5] Lockwood, J. A., Debrey, L. D. A solution for the sudden and unexplained extinction of the Rocky Mountain Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) [J]. *Environmental Entomology*, 1990, 19(5): 1194–1205.
- [6] Wakeland, C. C. The High Plains Grasshopper: a Compilation of Facts About Its Occurrence and Control [M]. Washington: US Department of Agriculture, 1958.
- [7] 章义和. 中国蝗灾史[M]. 合肥: 安徽人民出版社, 2008.
- [8] 马世骏. 东亚飞蝗(*Locusta Migratoria Manilensis* Meyen)在中国的发生动态[J]. 昆虫学报, 1958, 8(1): 1–40.
- [9] 马世骏, 丁岩钦, 李典谟. 东亚飞蝗中长期数量预测的研究[J]. 昆虫学报, 1965, 14(4): 319–338.
- [10] Tian, H., Stige, L. C., Cazelles, B., *et al.* Reconstruction of a 1,910-y-long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(35): 14521–14526.
- [11] Tian, H., Yan, C., Xu, L., *et al.* Scale-dependent climatic drivers of human epidemics in ancient China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, 114(49): 12970–12975.
- [12] 严川, 田会东, 刘睿. 北半球9个历史时期蝗灾分布100-km栅格数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.07.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.07.V1>.
- [13] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [14] 张德二. 中国三千年气象记录总集[M]. 南京: 江苏凤凰教育出版社, 2004.
- [15] Yan, C., Tian, H., Wan, X., *et al.* Climate change affected the spatio-temporal occurrence of disasters in China over the past five centuries [J]. *Royal Society Open Science*, 2021, 8(2): 200731.
- [16] Nagy, B. Are locust outbreaks a real danger in the Carpathian Basin in the near future? [J]. *Journal of Orthoptera Research*, 1995, 4: 143–146.
- [17] Waloff, Z. V. The distribution and migrations of *Locusta* in Europe [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1940, 31(3): 211–246.
- [18] Munro, A. The Locust Plague and Its Suppression [M]. London: John Murray, 1900.
- [19] Spinage, C. A. African Ecology (Locusts the Forgotten Plague Part II: History of locust plagues) [M]. Heidelberg: Springer, 2012.
- [20] Brázdil, R., Řezníčková, L., Valášek, H., *et al.* Past locust outbreaks in the Czech Lands: do they indicate particular climatic patterns? [J]. *Theoretical and applied climatology*, 2014, 116(1): 343–357.
- [21] Jennings, R. C. The locust problem in Cyprus [J]. *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*, 1988, 51(2): 279–313.
- [22] Buj Buj, A. International experimentation and control of the locust plague: Africa in the first half of the 20th century [J]. *Nature et environnement*, 1995, 3: 93–105.
- [23] Riley, C. V. The Locust Plague in the United States: Being More Particularly a Treatise on the Rocky Mountain Locust or so-called grasshopper, As It Occurs East of the Rocky Mountains, with Practical Recommendations for Its Destruction [M]. Chicago: Rand, McNally, 1877.
- [24] Lecoq, M., Sukirno. Drought and an exceptional outbreak of the Oriental Migratory Locust, *Locusta Migratoria Manilensis* (Meyen 1835) in Indonesia (Orthoptera: Acrididae) [J]. *Journal of Orthoptera Research*, 1999, 8: 153–161.
- [25] Wagner, A. M. Grasshoppered: America's response to the 1874 Rocky Mountain Locust invasion [J].

- Nebraska History, 2008, 89: 154–467.
- [26] Whiting, J. D. Jerusalem's Locust Plague [M]. Charleston: Nabu Press, 1915.
- [27] Bodley, E. F. The locust plague in algeria [J]. *Science*, 1891, 17(436): 329–331.
- [28] Dawson, G. M. Notes on the Locust Invasion of 1874: In Manitoba and the North-west Territories [M]. Charleston: Nabu Press, 1876.
- [29] Ballard, C. "A Year of Scarcity", the 1896 locust plague in Natal and Zululand [J]. *South African Historical Journal*, 1983, 15(1): 34–52.
- [30] Wichhart, S. The 1915 locust plague in Palestine [J]. *Jerusalem Quarterly*, 2013, 56(57): 29–39.
- [31] Rainey, R. C., Betts, E., Lumley, A., *et al.* The decline of the desert locust plague in the 1960s: control operations or natural causes? [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 1979, 287(1022): 315–344.
- [32] Gomes, I., Queiroz, A. I., Alves, D. Iberians Against Locusts: Fighting Cross-border Bio-invasers (1898–1947) [M]. Girona: Sociedad Española de Historia Agraria, 2019.
- [33] Bodkin, G. The locust invasion of Palestine during 1928 [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1929, 20(2): 123–139.
- [34] Lefroy, H. Locusts in India (Department of Agriculture Bombay, Bulletin No. 32) [M]. Bombay: Department of Agriculture, 1908.
- [35] Maxwell-Darling, R. The outbreak areas of the desert locust (*Schistocerca gregaria*, Forsk.) in Arabia [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1937, 28(4): 605–618.
- [36] Albert, J., Bernhardsson, M., Kenna, R. Transformations of Middle Eastern Natural Environments: Legacies and Lessons [M]. New Haven: Yale School of Forestry & Environmental Studies, 1998.
- [37] Bahana, J., Byaruhanga, E. Advances and review of strategies for red locust plague prevention: the control of red locust, *Nomadacris Septemfasciata* (Serville) into the 21st century [J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1999, 19(4): 265–272.
- [38] Hielkema, J., Roffey, J., Tucker, C. Assessment of ecological conditions associated with the 1980/81 desert locust plague upsurge in West Africa using environmental satellite data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, 7(11): 1609–1622.
- [39] Spurgin, P. A., Chomba, R. S. K. The Bahi Plains—an additional red locust outbreak area in central Tanzania? [J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1999, 19(4): 277–282.
- [40] Fashing, P. J., Nguyen, N., Fashing, N. J. Behavior of geladas and other endemic wildlife during a desert locust outbreak at Guassa, Ethiopia: Ecological and conservation implications [J]. *Primates*, 2010, 51(3): 193–197.
- [41] Roffey, J. The build-up of the present desert locust plague [J]. *PANS Pest Articles & News Summaries*, 1969, 15(1): 12–17.
- [42] Hemming, C., Popov, G., Roffey, J., *et al.* Characteristics of desert locust plague upsurges [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 1979, 287(1022): 375–386.
- [43] Salih, A. A., Baraibar, M., Mwangi, K. K., *et al.* Climate change and locust outbreak in East Africa [J]. *Nature Climate Change*, 2020, 10(7): 584–585.
- [44] Usman, M., Ijaz, M., Aziz, M., *et al.* Locust attack: managing and control strategies by the government of pakistan: a review on locust attack in Pakistan [J]. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Part B (Life and Environmental Sciences)*, 2022, 59(2): 25–33.
- [45] Alomenu, H. Current trends in African Migratory Locust plague prevention [J]. *Outlook on Agriculture*, 1985, 14(4): 165–173.
- [46] Joshi, M. J., Raj, V., Solanki, C. B., *et al.* Desert locust (*Schistocera Gregaria* F.) outbreak in Gujarat (India) [J]. *Agriculture and Food: E-Newsletter*, 2020, 2(6): 691–693.
- [47] Showler, A. T. Desert locust control: the effectiveness of proactive interventions and the goal of outbreak prevention [J]. *American Entomologist*, 2019, 65(3): 180–191.
- [48] Ghosh, S., Roy, A. Desert locust in india: the 2020 invasion and associated risks [OL]. *EcoEvoRxiv*, 2020, <https://doi.org/10.32942/osf.io/3vuj4>.

- [49] Ceccato, P., Cressman, K., Giannini, A., *et al.* The desert locust upsurge in West Africa (2003–2005): Information on the desert locust early warning system and the prospects for seasonal climate forecasting [J]. *International Journal of Pest Management*, 2007, 53(1): 7–13.
- [50] Roffey, J., Popov, G. Environmental and behavioural processes in a desert locust outbreak [J]. *Nature*, 1968, 219(5153): 446–450.
- [51] Price, R. E., Müller, E. J., Brown, H. D., *et al.* The first trial of a *Metarhizium Anisopliae* var. *Acridum* Mycoinsecticide for the control of the red locust in a recognised outbreak area [J]. *Insect Science and Its Application*, 1999, 19(4): 323–331.
- [52] Guilbert, N., De Vreyer, P., Mesplé-Somps, S. The impact of income shocks on children education: the 1987–1989 locust plague in Mali [C]. DIAL Development Conference—Shocks in Developing Countries; Paris, France, 2011.
- [53] Showler, A. T. Locust (Orthoptera: Acrididae) outbreak in Africa and Asia, 1992–1994: an overview [J]. *American Entomologist*, 1995, 41(3): 179–185.
- [54] Bahana, J. W., Ngazero, A. K. A locust plague in the making: Upsurges of the Red Locust, *Nomadacris Septemfasciata* (Serville) in Buzi-Gorongosa Outbreak Area, Mozambique in 1996 [J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1999, 19(4): 291–300.
- [55] Johnson, J. J., Jd, T. Locust plague now 20 times worse [OL]. 2020. <https://www.icr.org/article/locust-plague-now-20-times-worse>.
- [56] Henschel, J. R. Locust times-monitoring populations and outbreak controls in relation to Karoo natural capital [J]. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 2015, 70(2): 135–143.
- [57] Hokyo, N., Fujisaki, K. Morphometric characters of overwintering adults of the Bombay locust, *Patanga Succincta* (L.) (Orthoptera: Cyrtacanthacridinae) in outbreak areas of Okinawa [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 1984, 19(2): 170–174.
- [58] Oikonomopoulos, E. NDVI Time Series Analysis for Desert Locust Outbreak Detection and Quantification Analysis of Its Impact on Vegetation Productivity of Sahel [M]. Lund: Lund University GEM thesis series, 2020.
- [59] Yule, W. N., Lloyd, H. J. Observations on migration of hopper bands of the red locust (*Nomadacris Septemfasciata* Serville) in an outbreak area [J]. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 1959, 22(1): 233–244.
- [60] Jonatan, A. L. The return of locust outbreak in Sumba, Indonesia: a rapid situational analysis (IRGSC Working Paper No. 17) [OL]. 2017. <http://www.irgsc.org/publication>.
- [61] Showler, A., Potter, C. Synopsis of the 1986–1989 desert locust (Orthoptera: Acrididae) plague and the concept of strategic control [J]. *American Entomologist*, 1991, 37(2): 106–110.
- [62] Pedgley, D. Weather and the current desert locust plague [J]. *Weather*, 1989, 44(4): 168–171.
- [63] Pedgley, D., Symmons, P. Weather and the locust upsurge [J]. *Weather*, 1968, 23(12): 484–492.