

沙漠蝗群对印巴边境植被的影响及其未来可能发展趋势

房世波¹, 韩威², 裴志方¹

1. 中国气象科学研究院生态与农业气象研究所, 北京 100081;

2. 国家气象中心, 北京 100081

摘要: 2020年初非洲东北和印巴边境沙漠蝗群席卷多个国家, 大面积农田及自然植被被啃食, 是什么气候条件促成了此次沙漠蝗灾? 距离中国最近的印巴边境蝗群成为研究以及社会关注的热点, 蝗灾对当地植被的影响如何? 其发展趋势如何? 从气候学上分析, 蝗灾历史上是否曾经或者未来是否向印度东边迁飞而进入中国呢? 本研究利用长时间序列的卫星遥感数据和气象气候观测数据, 对沙漠蝗群可能扩展趋势进行了分析。研究结果表明: (1) 由于沙漠蝗群的啃食, 2020年1月和2月, 在蝗群分布区大面积植被区的归一化植被指数较常年大幅度下降, 2月(2月3日数据)的啃食面积较1月明显扩大; (2) 发生在2018年5月和10月两次印度洋飓风和2019年12月强热带风暴等几个罕见气旋给非洲和阿拉伯半岛带来的强降水, 是本次非洲—西亚蝗灾的形成重要原因; (3) 从影响沙漠蝗群起飞的气温和沙漠蝗虫适合的降水条件来看, 历史上或未来沙漠蝗群迁徙到印度东边的机会很少, 进入中国的可能性非常小。

关键词: 沙漠蝗群, 印巴边境, 卫星遥感数据, 气象观测数据, 热带风暴, 归一化植被指数

引用格式: 房世波, 韩威, 裴志方. 2020. 沙漠蝗群对印巴边境植被的影响及其未来可能发展趋势. 遥感学报, 24(3): 326–332

Fang S B, Han W and Pei Z F. 2020. Desert Locust Swarms impact on the local vegetation along India–Pakistan border and their possible development trends. *Journal of Remote Sensing (Chinese)*. 24 (3) : 326–332 [DOI: 10.11834/jrs.20200055]

非洲及西亚的沙漠蝗长期以来一直是威胁当地农牧业非常重要的虫害, 自19世纪60年代中期采取农药等人工控制措施之后, 蝗灾很少出现大规模暴发 (Symmons和Cressman, 2001)。但从2019年末以来非洲东北角地区和印度巴基斯坦边境沙漠蝗群爆发, 席卷多个国家, 至2020年初大面积农田及自然植被被啃食, 威胁当地农牧业生产, 有报道称可能是气候变化导致了此次蝗灾 (Madeleine, 2020)。非洲沙漠蝗的发生、发展和迁飞与当地降水 (土壤水分)、气温和风速方向等气候因素密切相关。是什么气候条件促成了此次沙漠蝗灾? 与中国距离最近的印巴边境蝗群成为研究和媒体关注的热点, 蝗灾对当地植被的影响如何? 其发展趋势如何? 尽管新华社的报道称当前印度蝗灾已经结束 (http://www.xinhuanet.com/2020-02/17/c_1125588112.htm [2020-02-27]), 即

该区域蝗群进入了衰退期。但从气候学上分析, 历史上蝗群是否曾经或者在未来气候变化背景下是否可向印度东边迁飞而进入中国? 本研究基于长时间序列卫星遥感数据和气象气候观测数据, 通过植被指数的变化分析了印巴边境沙漠蝗群对当地植物的影响。在综合研究影响沙漠蝗群起飞迁徙的气候因子基础上, 利用降水和气温等气候数据, 对沙漠蝗群可能扩展趋势及其未来气候变化下是否可能进入中国进行了分析。

1 数据和方法

1.1 卫星遥感数据及处理

遥感数据采用美国中分辨率成像光谱仪MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 250 m分辨率16天合成的数据产品“MODIS006/

收稿日期: 2020-02-27; 预印本: 2020-03-03

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号:2018YFC1506500); 基本科研业务费项目(编号:2019Z010)

第一作者简介: 房世波, 1974年生, 男, 研究员, 研究方向为农业气象灾害遥感。E-mail: sbfang0110@163.com

MOD13Q1”的NDVI作为原始数据 (<https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.006> [2020-02-27]), 数据的时间范围为2010-01-01至2020-02-02, 数据覆盖范围为60°E—75°E, 20°N—35°N。利用Google Earth Engine (GEE) 云计算的平台进行卫星遥感数据分析, 计算过程共两个步骤: (1) 先计算10年平均的NDVI (2010年—2019年), 由于沙漠蝗群迁飞过程中总是选择植被较好的区域降落, 提取10年平均NDVI≤0.1的极低植被覆盖区; (2) 对除了极低植被覆盖区以外的区域的数据计算距平植被指数VA (NDVI Anomaly), VA定义为当年某时期NDVI_i与多年此时期NDVI_i的平均值的差, 按式(1)计算VA

$$VA_i = NDVI_i - \sum_1^n NDVI_i/n \quad (1)$$

式中, VA_i为第*i*时期的距平植被指数 (本研究为第*i*月的距平植被指数), NDVI_i为第*i*时期的NDVI (第*i*月的NDVI), *n*为平均样本数 (本研究中*n*为年数)。本文仅仅计算了2020年1月—2月 (2月2日) 的16天植被指数的VA_i, *n*为10年 (2010年—2019年)。

1.2 气象数据及其处理

气象数据中降水数据来自全球降水量气候学中心 (GPCC-Global Precipitation Climatology Center) 的2018版的0.25°的月陆地降水数据和1.0°的降水数据 (Meyer-Christoffer, 2018), 并在线计算: 降水距平、降水距平百分率和多年平均降水的气候值 (<https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer> [2020-02-27])。

气象数据中陆地海洋2 m气温数据采用了欧洲中心的中尺度天气模式ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) 数据的第五代再分析资料数据 (ERA5 NetCDF 4 格式数据)。数据下载网址为 (<https://api.ecmwf.int/v1/key/> [2020-02-27])。基于以上数据计算了2009年—2018年研究区10年的多年月平均气温 (公式略)。

2 结果与分析

2.1 促成此次沙漠蝗灾的气候条件分析

Madeleine (2020) 认为气候变化导致的印度洋飓风所带来的降水, 促进了蝗虫的繁育, 造成了此次蝗灾。2018两次印度洋飓风和2019一次强热带风暴情况如表1所示, 2018年两次飓风降水、2019年年降水与常年降水的比较如图1所示。

从图1看出, 两次飓风带来了大面积的大量降水, 2018年5月阿拉伯半岛南部降水在100—300 mm (图1(a)), 而10月当地的降水在20—30 mm (图1(c)), 两次降水导致很多区域降水距平超过500% (图1(b)(d))。相对于当地年均月降水量1—10 mm/月, 这两次飓风带来了超多的异常降水 (图1(e))。

阿拉伯半岛通常多年平均的月均降水仅仅为1—10 mm/月, 所以干旱造成植被生物量和盖度很低, 即使蝗虫幼虫孵化出来, 多数由于食物资源不够也难以羽化成虫或成群, 更不能达到迁飞的密度 (蝗虫达到一定密度才有可能迁飞) (Symmons和Cressman, 2001)。但此次遇到了这两次飓风丰沛的降水, 一方面, 增加了土壤湿度, 蝗虫卵孵化成幼虫的比例增加; 另一方面, 雨水的增加也促进了植被的繁盛生长, 生物量和盖度都较往年高很多, 这为蝗虫快速繁育和代数更新提供了良好的条件。最终, 2018年的两次飓风促使三代蝗虫繁殖成功, 并导致阿拉伯沙漠上嗡嗡作响的蝗虫数量增加了约8000倍 (Madeleine, 2020)。高密度沙漠蝗群已经具备迁飞条件, 但由于还聚集在荒漠或者半荒漠区, 并没有大范围迁飞, 没有对周边国家农业和牧业产生严重影响。

与2018年的两次飓风的降水区域 (阿拉伯半岛) 不同, 2019年阿拉伯半岛的年降水 (图1(e)(f)) 仅为正常年份降水的40%—60%, 但周边国家, 例如苏丹, 埃塞俄比亚、肯尼亚和索马里三国边境, 以及在印度西缘、巴基斯坦和阿富汗, 这些区域2019年的降水为历史同期的125%—250%。最为突出是印度西缘和巴基斯坦大面积区域降水为历史同期的200%以上, 而该区域2018年两次飓风时月降水仅为历史同期的20%。

由于阿拉伯半岛2019年降水仅为常年的一半, 该区域植被受水分限制生长状况差, 已经无法满足2018年在该区快速繁育和高密度聚集的具有迁飞能力的蝗群的采食需求, 而周边埃塞俄比亚、肯尼亚、索马里 (简称“埃、肯、索”) 三国边境和印巴边境较往年倍增的降水导致植物生长繁茂。由于沙漠蝗群在顺风迁飞时会在植被茂盛区降落, 所以其分别向南边和东北迁移导致埃、肯、索三国边境和印巴边境的蝗灾爆发, 而2019年12月的热带气旋给也门和索马里的带来降水 (表1) 更加促进了蝗群的迁飞。

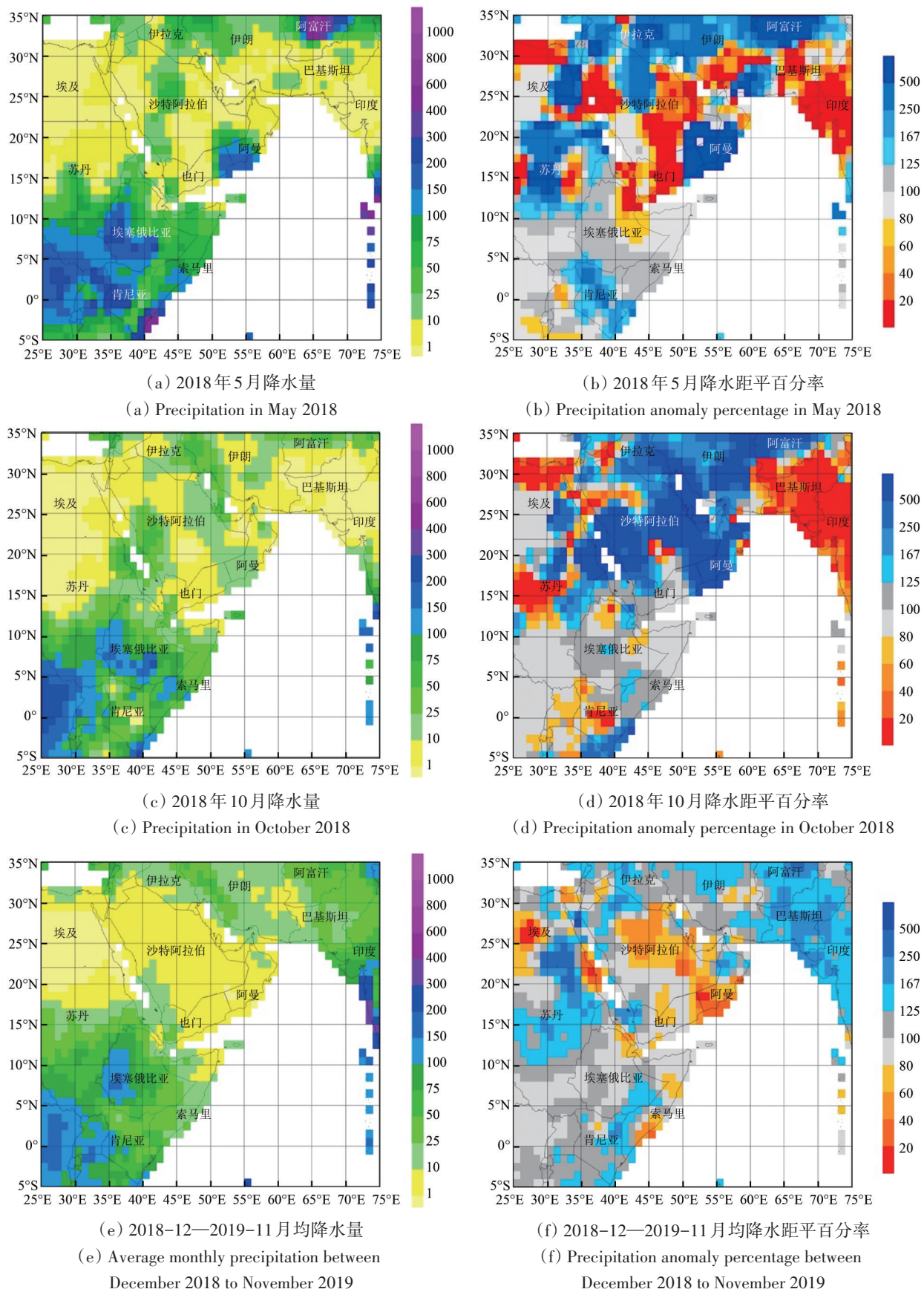


图1 2018年两次飓风降水、2019年年降水与常年降水的比较

Fig.1 Precipitation from two hurricanes in 2018 and annual precipitation in 2019

表1 2018 两次印度洋飓风和 2019 年一次强热带风暴情况

发生时间	名字	降水中心位置
2018 年 5 月	飓风 Mekunu	南沙特阿拉伯
2018 年 10 月	飓风 Luban	南沙特阿拉伯
2019 年 12 月	强热带风暴 Pawan	也门和索马里

2.2 印巴边境沙漠蝗群对当地植物的影响

图 2 为印巴边境距平植被指数 VA 分布图, 可以看出在印巴边境大量蝗群的聚集区 (图 2 左下角的图源自 FAO) 有很大面积的 VA 均为负值

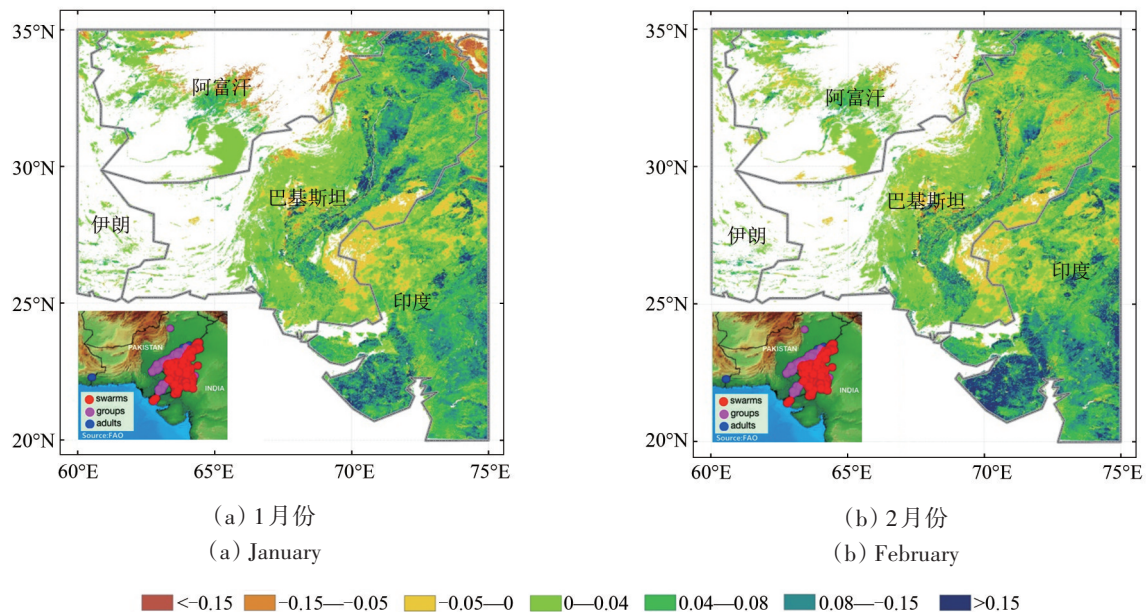


图2 2020年1月和2月距平植被指数

Fig.2 Anomaly NDVI in January and February of 2020

2.3 非洲沙漠蝗群迁飞的气候条件和迁飞特征

沙漠蝗通常局限于非洲、中东和西南亚的半干旱和干旱沙漠。在沙漠蝗衰退时期, 分布于年降雨少于 200 mm 的非洲沙漠和西亚部分地区 (<http://www.fao.org/ag/locusts/oldsite/LOCFAQ.htm#q2> [2020-02-27])。沙漠蝗虫有散居型和聚集型两种型态, 在散居型态时, 蝗虫若虫不会聚集成带, 而是个体行动; 在聚集型态时, 蝗虫若虫会聚集在一起, 并且会在白天密集的成群飞翔 (Simpson,

(-0.05 — -0.15), 在降水充分情况下而植被指数较常年减少, 很大可能是由于蝗群啃食造成的, 对比图 2 (a) 和图 2 (b), 可发现, 负值区 2 月份较 1 月份面积有所扩大, 尤其在巴基斯坦的东北区域增加了更多的负值区, 说明 1 月份到 2 月初, 蝗灾的影响呈现一种扩大态势。新华社的报道称当前印度蝗灾已经结束, 即该区域蝗群进入了衰退期。但从气候学上分析, 历史上蝗群是否曾经或者未来气候变化背景下是否可向印度东边迁飞而进入中国呢? 下文将从气候与蝗群迁飞的关系上进行了分析。

1999)。蝗虫群持续飞行很少在气温低于 20°C 时发生, 迁飞发生在风速小于 6 m/s 的凌晨和白天飞行, 日飞行距离为 5—200 km, 随风迁飞 (表 2)。它们一天可覆盖天空飞越 100—200 km, 会到飞到海拔 2000 m 左右, 通常海拔每上升 100 m 气温下降 0.65°C, 所以更高的高度气温会很低, 因此蝗虫群无法越过阿特拉斯山脉、兴都库什山脉或喜马拉雅山脉等高山山脉 (Symmons 和 Cressman, 2001; Ramesh 和 John, 2015)。既然蝗虫无法飞跃 2000 m

以上山脉,也就无法飞跃喜马拉雅山脉进入中国,那么蝗群是否可能从印度西边到印度东边到达中国云南等低海拔而进入中国呢?

表2 非洲沙漠蝗群的迁飞气候条件和特征

Table 2 Desert Locust Swarm behavior, take off and flying

蝗虫群形态、迁飞气候条件和能力	参数
蝗群特征	20—120头以上/m ²
迁飞起飞风速	<6m/s
迁飞的方向	下方向
持续迁飞需要的气温	>20°C, 阴天条件>23°C且<40°C
持续迁飞的距离	5—200 km
迁飞的高度	15—1700 m
蝗群降落	在绿色植被区或遇大雨

注:表1引自 Symmons 和 Cressman(2001)文献。

2.4 蝗群能否东迁进入中国的气候条件分析

单从3—7月的多年月均气温来看(图3),即使在气温最高的7月,喜马拉雅山脉以北多数区域的日均气温在10°C左右,不仅如前所述蝗虫无法飞跃喜马拉雅山脉,即使飞过喜马拉雅山脉,也无法适应青藏高原日均10°C左右的气温(表2)。

那么蝗群是否可能从印度东边到达中国云南等低海拔而进入中国呢?单从月均气温看,从印度西缘到中国云南的沿途区域的各月月均气温都适合蝗群迁飞(>20°C且<40°C,表2),但如果从多年统计的沙漠蝗冬/夏春繁殖区及其衰退范围来看(图4),其适宜繁殖和衰退的区域从来就没有到达过印度东边,更不用说中国云南南边了,什么原因?沙漠蝗适宜繁殖和衰退区域的平均降水都在75 mm/月以下(图4),绝大多数区域在50 mm/月以下,换句话说其适宜活动范围为多年月均降水50 mm/月以下的区域,而从印度东边到达中国云南需要穿越大范围年月均降水在200—300 mm以上(且多处区域月降水在300—400 mm)的区域,蝗群遇到繁盛植被或者大雨会受阻降落(表2),所以蝗群生物学特性决定了它们不可能穿越如此

频繁降水和大量的降水区域。因此沙漠蝗更多适合干旱区的沙漠地带,不可能穿越高湿的茂密植被区进入中国境内。

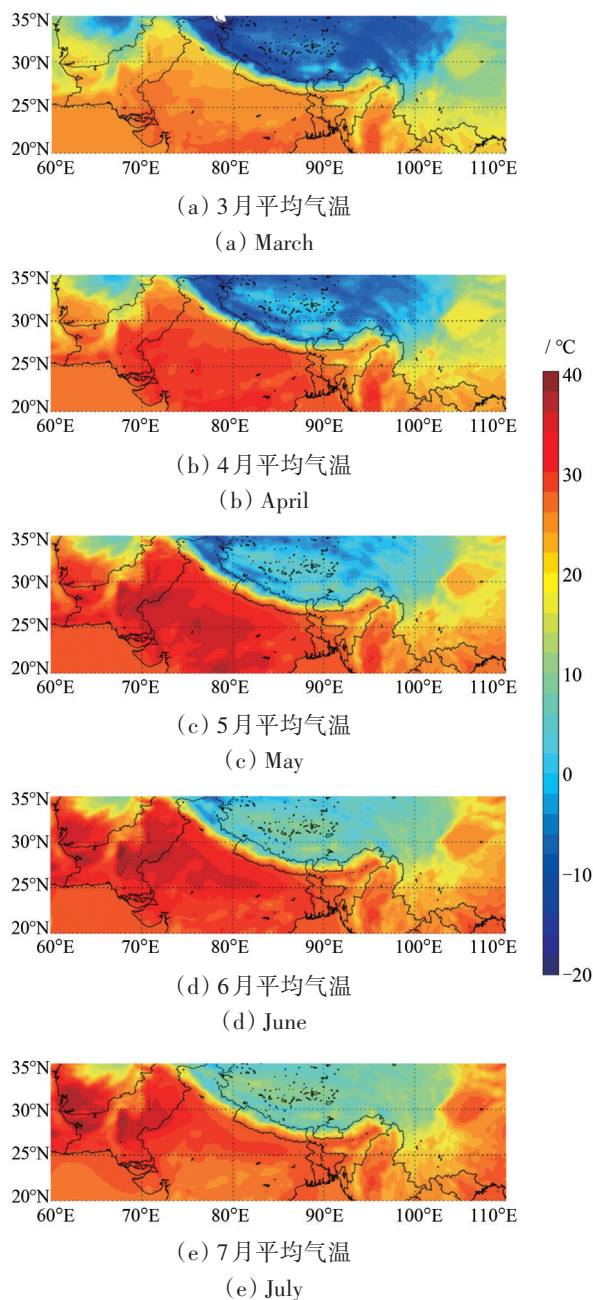


图3 3月—7月月平均气温分布图
(2009年—2018年10年平均)

Fig.3 Monthly average temperature distribution during March to July (monthly averaged from 2009 to 2018)

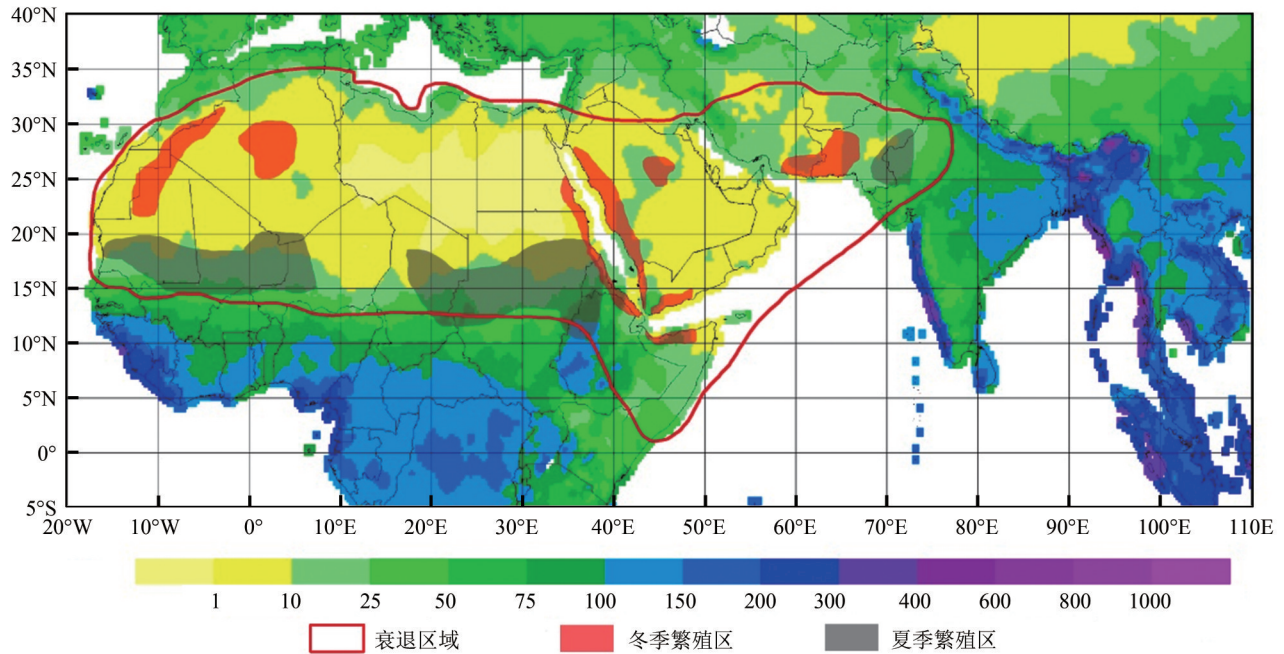


图4 非洲北部和中西亚多年平均降水气候值(mm/月)、蝗冬/夏春繁殖区及其衰退范围

Fig.4 Precipitation for year(mm / month), winter / summer and spring breeding areas and their recession ranges in northern Africa and central and western Asia

3 结 论

2018年的两次飓风给沙漠蝗的繁育区(阿拉伯半岛)带来了比常年多数倍的降水,促使了蝗虫快速繁育和代数更新,形成迁飞蝗群。2019年阿拉伯半岛降水比常年异常偏少而植被生长受限,但半岛周边降水增多导致植被较往年繁茂,这促使蝗群向印巴边境等半岛周边区域迁飞,形成2020年年初的多国沙漠蝗灾。2020年1月和2月,蝗灾较重的印巴边境大面积植被遭到啃食,且2月份较1月份面积有所扩大。从沙漠蝗适合的气候条件分析,沙漠蝗更多适合干旱区的沙漠地带,不可能穿越印度东边高湿的茂密植被区,进入中国的可能性非常小。

参考文献(References)

Symmons P M and Cressman K.2001.Desert Locust Guidelines 1. Bi-

ology and behavior. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.[2020.02.27]http://www.fao.org/ag/locusts/common/ecg/347_en_DLG1e.pdf

Madeleine S.2020.A Plague of Locusts has Descended on East Africa. Climate Change May Be to Blame.National Geographic (Science).[2020-02-14]<https://www.nationalgeographic.com/science/2020/02/locust-plague-climate-science-east-africa/>

Meyer-Christoffer A, Becker A, Finger P S U and Ziese M. 2018. GPCP Climatology Version 2018 at 0.25°: Monthly Land-Surface Precipitation Climatology for Every Month and the Total Year from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data. DOI: 10.5676/DWD_GPCP/CLIM_M_V2018_025

Simpson S J, McCaffery A R and Hagele B F. 1999.A behavioural analysis of phase change in the desert locust. Biological Reviews, 74 (4): 461 - 480.[DOI:10.1111/j.1469-185x.1999.tb00038.x]

Ramesh S and John S.2015.Chaper4. Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters. 1st Edition. Elsevier, Hardcover ISBN: 9780123948472

Desert Locust Swarms impact on the local vegetation along India–Pakistan border and their possible development trends

FANG Shibo¹, HAN Wei², PEI Zhifang¹

1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Center of CMA, Beijing 100081, China

Abstract: The Desert Locust (*Schistocerca gregaria*) has been an important agricultural pest at least since biblical times. Desert Locust Swarms in Northeast Africa and the India-Pakistan border swept through many countries at the end of 2019 and in early 2020. Large areas of farmland and natural vegetation were eaten, threatening local agricultural and animal husbandry production. The occurrence and development of Desert Locusts of African is closely related to climatic factors such as local precipitation (soil moisture), temperature, wind speed and wind direction. So what climatic conditions contributed to this Desert Locust Swarms? And the Locust Swarms near the India-Pakistan border where is the closest Locust Swarms to China has become a hot spot for research and Chinese media. How did the Locust Swarms near the India-Pakistan border effect on the local vegetation? What is its development trend? Is it possible to fly into China? The impact of Desert locusts of the Indian-Pakistani border on local plants was analyzed by using time series satellite remote sensing data. The climatic factors connection with takeoff and migration of the Desert Locust Swarms were summarized based on past literatures, and the expansion trend of the Desert Locust Swarms and its possibility of entering China were analyzed based on the climatic characteristics such as precipitation and temperature in Africa and West Asia. It was concluded that: (1) due to the vegetation gnawing by the Desert Locust Swarms, the Normalized Difference Vegetation Index(NDVI) of the large-scale area decreased obviously compared with normal years in January and February 2020 in Indian-Pakistani border area, and the area of NDVI decreased was enlarged in February compared to January; (2) Several rare cyclones(two in 2018, one in 2019) that brought strong precipitation to eastern Africa and the Arabian Peninsula played an important role for this Africa horn-West Asia locust plague; (3) After analyzing the swarms takeoff temperature and Desert Locusts suitable breeding moisture(precipitation conditions), it suggested that the Locust Swarms had rare chance to migrate to eastern India, and it is even less likely to enter China.

Key words: Desert locust, india-pakistan border, satellite remote sensing data, meteorological observation data, tropical storm, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Supported by National Key Research and Development Program(No. 2018YFC1506500)