环境昆虫学报 2022，44（3）：658－669
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 03. 17

张国，朱凤，于居龙，张新凤，周晨，张建华，赵来成，姚克兵，焦杨，束兆林. 2020年江苏省稻飞虱虫源地及暴发成因分析［J］. 环境昆虫学报，2022，44（3）：658－669.

2020年江苏省稻飞虱虫源地及暴发成因分析

张　国[1]，朱　凤[2]，于居龙[1]，张新凤[1]，周　晨[2]，张建华[1]，
赵来成[1]，姚克兵[1]，焦　杨[3]，束兆林[1*]
（1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所，江苏句容 212400；2. 江苏省植物保护植物检疫站，南京 210014；
3. 江苏镇江国家农业科技园，江苏句容 212403）

摘要： 为了明确江苏省稻飞虱（白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth 和褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål）在沉寂近10年后再次暴发的成因，通过分析江苏2020年白背飞虱和褐飞虱的田间调查及灯诱数据，并结合气象条件，研究了江苏省稻飞虱暴发的主要影响因素。结果表明：（1）2020年，江苏省白背飞虱虫源主要来自于江西中、北部，湖南东部以及湖北东部；褐飞虱虫源主要来自于安徽南部、浙江北部、本省南部以及江西省中北部。（2）江淮地区自6月中旬至7月下旬的超长降雨期有利于江苏省早期迁入虫源大量降落。（3）9月初，田间已存在大量褐飞虱短翅型成虫，适宜的秋季温度促使田间短翅型褐飞虱大量繁殖，导致后期田间褐飞虱大暴发。总而言之，超长降雨期有利于早期稻飞虱的迁入降落，而秋季的适宜温度引发短翅型成虫大量繁殖，是导致江苏省稻飞虱在沉寂近10年后再次暴发的主要因素。这些结果为稻飞虱暴发规律的阐明及可持续治理提供了理论依据和参考价值。

关键词： 稻飞虱；虫源地；降雨；暴发
中图分类号： Q968. 1；S433　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2022）03－0658－12

Source areas and outbreak reasons of rice planthoppers in Jiangsu Province，2020

ZHANG Guo[1]，ZHU Feng[2]，YU Ju-Long[1]，ZHANG Xin-Feng[1]，ZHOU Chen[2]，ZHANG Jian-Hua[1]，ZHAO Lai-Cheng[1]，YAO Ke-Bing[1]，JIAO Yang[3]，SHU Zhao-Lin[1*]（1. Institute of Zhenjiang Agricultural Sciences Jiangsu Hilly Region，Jurong 212400，Jiangsu Province，China；2. Jiangsu Province Plant Protection and Quarantine Station，Nanjing 210013，China；3. Zhenjiang National Agricultural Science Park，Jurong 212403，Jiangsu Province，China）

Abstract: The purpose of this article was to understand the cause of the outbreak of rice planthoppers（white-backed planthopper（WBPH）and brown planthopper（BPH））in Jiangsu Province after nearly 10 years of silence. Based on the field survey and light trap data of WBPH and BPH in Jiangsu Province in 2020，and combined with meteorological data，the main influencing factors of rice planthopper outbreak in Jiangsu Province were studied. The results showed：（1）The sources of WBPH in Jiangsu Province were mainly central and northern Jiangxi，eastern Hunan and eastern Hubei in 2020. The sources of BPH were mainly from south Anhui，north Zhejiang，south of Jiangsu and north of Jiangxi

基金项目： 江苏省农业科技自主创新资金项目［CX（20）3123］；江苏现代农业（稻麦）产业技术体系项目［JATS［2021］281］
作者简介： 张国，博士，助理研究员，主要研究方向为水稻害虫综合治理，E－mail：guo871015@126. com
* **通讯作者** Author for correspondence：束兆林，本科，研究员，主要研究方向为粮油作物病虫害防治，E－mail：Shuzl2005@163. com
收稿日期 Received：2022－03－29；**接受日期** Accepted：2022－04－25

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Province in 2020. (2) The long rainfall period from mid-June to late July in Jianghuai region helped a large number of early migratory rice planthoppers landed in Jiangsu Province. (3) The suitable autumn temperature in September promoted the propagation of short-winged BPHs in the field, leading to the outbreak of BPH in the field. In conclusion, the main factors leading to the outbreak of rice planthopper in Jiangsu Province after nearly 10 years of silence were the long rainfall period, the suitable autumn temperature and the large reproduction of short-winged adults. These results provided theoretical basis and reference value for clarifying the outbreak regularity and sustainable management of rice planthoppers.

Key words: Rice planthopper; source area; precipitation; outbreak

江苏省稻作历史悠久，年均水稻 *Oryza sativa* L. 种植面积约 2 300 000 ha，水稻总产值一直稳居全国前列，是我国重要的粮食生产省份之一（苗翠翠等，2011；佴军等，2012），同时也是稻飞虱的重发区。自 2012 年以来，随着种植制度、水稻品种以及用药方式的改变，江苏省稻飞虱发生面积逐年减少，发生程度普遍较轻（朱凤等，2021）。但 2020 年，稻飞虱在江苏省沉寂了近 10 年后再次卷土重来，导致部分地区水稻产量损失惨重，其暴发种群的形成原因值得研究。

稻飞虱是典型的 r-对策型害虫，具有极高的内禀增长率，对环境具有较强的适应性，在外界条件适宜的情况下极易暴发成灾。2005 – 2007 年褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 连续 3 年在我国长江中下游地区大暴发，程家安和祝增荣（2006）通过历史资料比对分析，认为 2005 年褐飞虱暴发成灾的主要原因是单季稻面积扩大和滥用化学药剂所致。齐国君等（2010）认为，皖南地区单季稻种植面积的扩大，显著增加了当地单季中稻、双季晚稻中褐飞虱的种群数量和危害程度，也导致了近年来长江三角洲地区频繁出现褐飞虱的后期迁入。张国等（2018）通过分析江西省泰和县 2008 – 2013 年褐飞虱的田间调查及灯诱数据，并结合气象资料，认为后期迁入虫量、秋季温度以及晚稻田早期迁入虫量是导致泰和县晚稻田褐飞虱连年暴发的主要原因。关于江苏省稻飞虱暴发成因的研究多集中于 2012 年之前，且多为一年一地或多年一地的个例性分析（陈元洲等，2007；易红娟等，2008；2012），对于省域尺度下稻飞虱暴发成因尚缺乏系统的研究。

因此，本文通过分析江苏省 2020 年的灯诱及田间调查数据，并结合气象资料，探讨稻飞虱在江苏省沉寂近 10 年后再次暴发的成因，以期为江苏省稻飞虱灾变预警和可持续治理提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　虫情数据

2020 年江苏省 40 个站点白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth、褐飞虱灯诱数据，褐飞虱田间数据及 2011 – 2021 年稻飞虱发生程度数据均由江苏省植物保护植物检疫站提供。2017 – 2020 年句容市稻飞虱防治日期及所用药剂由句容市农业技术推广中心提供。

1.2　气象数据

地面温度和降雨数据由哥白尼气候变化服务（Copernicus Climate Change Service，C3S，http://cds.climate.copernicus.eu）数据平台下载，分辨率为 0.1°×0.1°，时间间隔为 1 h 的格点数据。句容监测点温、湿度资料由句容市气象局提供。

1.3　稻飞虱灯诱高峰日的选择

依据《稻飞虱测报调查规范》（GB/T 15794–2009），从出现稻飞虱成虫量突增日到高峰后突减日为止，为一个峰期，峰期中虫量最多的日期为高峰日；前一峰的突减日和后一峰的突增日之间相距 3 d 以内的，则计入同一峰期。在本研究中，峰期的每一天均做回推轨迹，白背飞虱与褐飞虱分开统计。

根据上述高峰日选择方法，选择白背飞虱灯诱数据较为完整的 8 个站点，共得到 86 个高峰日；选择褐飞虱灯诱数据较为完整的 5 个站点，共得到 37 个高峰日。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.4 轨迹分析参数设置

由于稻飞虱体型微小，当风速高于 1.6 m/s 时，被认为是完全顺风迁飞（Furuno *et al.*，2005），因此把稻飞虱在空中的迁飞过程视为空气质点移动，可用轨迹分析模型模拟其迁飞路线。轨迹分析使用 NOAA 的 HYSPLIT 平台计算稻飞虱的迁飞轨迹。

轨迹回推参数设置如下：（1）稻飞虱是顺风迁移的。（2）稻飞虱在日出前或日落后 1 h 内起飞（翟保平，2005）。（3）稻飞虱夏季一般 300 ~ 2 500 m 高度飞行，秋季在 100 ~ 1 500 m，但最大密度一般出现在 1 000 m 左右（邓望喜，1981；Riley *et al.*，1991；1994）。白背飞虱体重较轻，迁飞能力强，迁飞高度比褐飞虱高。因此设定白背飞虱飞行高度距地面 1 000 m、1 500 m 和 1 800 m；褐飞虱飞行高度为距地面 800 m、1 000 m、1 200 m 和 1 500 m。（4）迁飞过程为 1 次性飞行，回推轨迹以降虫区为起点，以降落时间为起始时刻（早 5∶00），向前每隔 1 h 的整点回推一次，回推至稻飞虱的起飞时刻（前一晚 19∶00），且最大时长不超过 36 h（芦芳等，2013；史金剑等，2014）。（5）回推轨迹落点时间必须符合褐飞虱的起飞节律，落点地区无极端气象条件，如降雨、大风等，落点地区必须要有合适生育期（乳熟期以后）的水稻及长翅型成虫（郑大兵等，2011）。

1.5 稻飞虱早期迁入与经纬度相关分析

取稻飞虱首个灯诱高峰日日期及首个高峰日灯诱虫量，将高峰日日期数值化处理，即 6 月 1 日为数值 1，6 月 2 日为数值 2，6 月 3 日为数值 3，以此类推；灯诱虫量取对数值。分别将白背飞虱与褐飞虱首个迁入高峰日日期和虫量与所在监测点经纬度做相关性分析。

1.6 数据处理

利用 Grads 气象图形软件提取 ERA5 的地面逐时再分析数据，进行气象绘图处理，利用 Visual FoxPro 软件提取回推轨迹所需时刻的落点进行分析，后导入 ArcGIS 地理信息系统，将虫源地落点按 1°×1°范围计数统计，以不同颜色梯度表示该范围内落点数量多少，颜色越深，则该区域有效落点越多，来自该地区的稻飞虱虫源概率越大，最后将各个站点虫源地叠加，以此表示江苏省 2020 年稻飞虱虫源地分布，进行作图分析。利用 Origin Lab 和 SPSS 对灯诱及田间数据进行统计分析并制图。

2 结果与分析

2.1 2011 – 2021 年江苏省稻飞虱发生规模分析

2011 – 2021 年江苏省稻飞虱发生程度总体较轻，其中发生程度为 2 级（偏轻发生）的年份有 8 年，发生程度为 3 级（一般发生）的年份为 2012 年和 2013 年，2020 年江苏省稻飞虱发生面积为 6 769.307 万亩次，发生程度为近 11 年中最高，是近 11 年中的唯一偏重发生年份（图 1）。

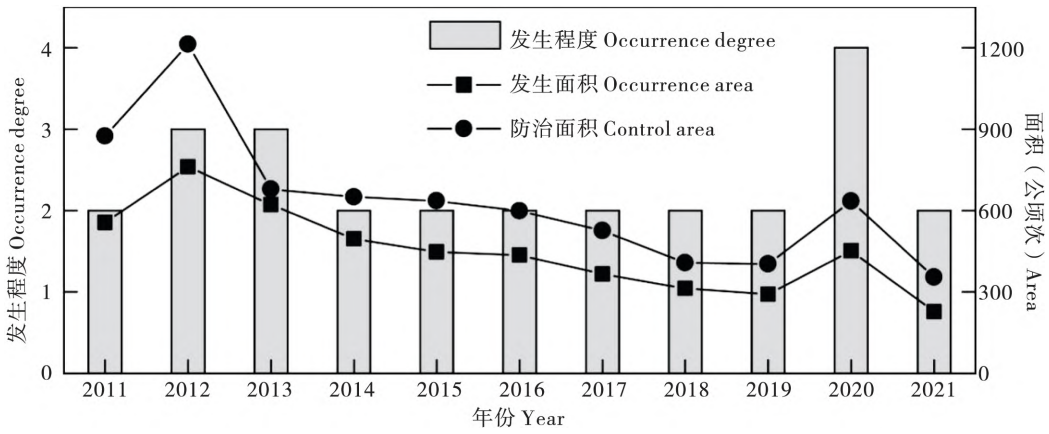


图 1 2011 – 2021 年江苏省稻飞虱发生规模

Fig. 1 Occurrence scale of rice planthoppers in Jiangsu Province from 2011 to 2021

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　稻飞虱早期迁入与经纬度的关系

江苏省各站点灯诱结果显示，2020 年白背飞虱首个迁入高峰日的迁入虫量与纬度呈显著负相关（$P<0.05$），纬度越高，迁入虫量越少，但与经度无显著相关性。首个迁入峰的迁入时间与纬度呈极显著正相关（$P<0.01$），纬度越高，迁入时间越晚；与经度呈显著负相关（$P<0.05$），经度越高，迁入时间越早（图 2-A，B，C，D）。2020 年褐飞虱首个迁入峰的迁入时间与纬度呈显著正相关，即纬度越高，迁入时间越晚，但与经度无显著相关性；首个迁入峰的迁入虫量与经、纬度均无显著相关性（图 2-E，F，G，H）。

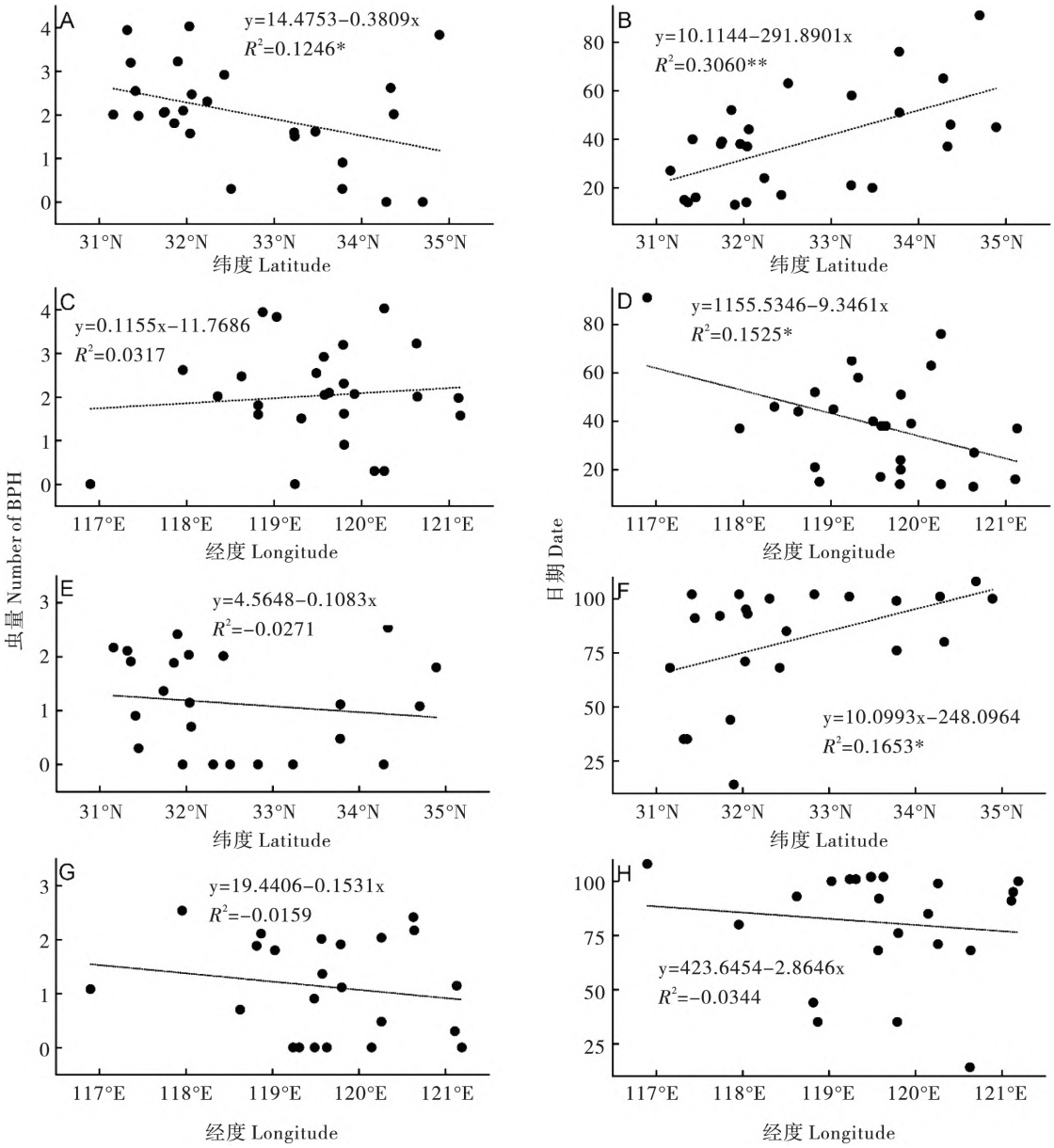


图 2　白背飞虱（A ~ D）与褐飞虱（E ~ H）首个迁入峰迁入虫量、时间同经纬度的关系

Fig. 2　Relationship between the number and time of WBPH (A ~ D) and BPH (E ~ H) in first migration peak with latitude and longitude

注：虫量为对数值，日期 6 月 1 日为 1、6 月 2 日为 2、6 月 3 日为 3、以此类推。Note: The number of BPH was $\log_{10}$, June 1 was 1, June 2 was 2, June 3 was 3, and so on.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.3 2020 年江苏省稻飞虱虫源地分析

2.3.1 白背飞虱虫源地分析

通过白背飞虱回推轨迹落点得知，赣榆县白背飞虱虫源地主要位于安徽中部以及鄂、赣、皖三省交界处，射阳县白背飞虱主要来自于江苏南部以及浙江北部，江都区白背飞虱虫源地主要位于浙江南部、江西中、北部地区，靖江市白背飞虱虫源地主要位于江西东北部以及湘、赣交界地区，通州区白背飞虱主要来自于苏、浙交界以江西东北部，高淳区白背飞虱虫源地主要位于湖北东部以及湘、赣交界地区，宜兴市白背飞虱主要来自于江西中、南部，张家港市白背飞虱则主要来自于鄂、赣、皖三省交界地区以及湘、赣交界地区。总体而言，2020 年江苏省白背飞虱虫源地主要位于江西中、北部、湖北东部以及湖南东部(图 3)。

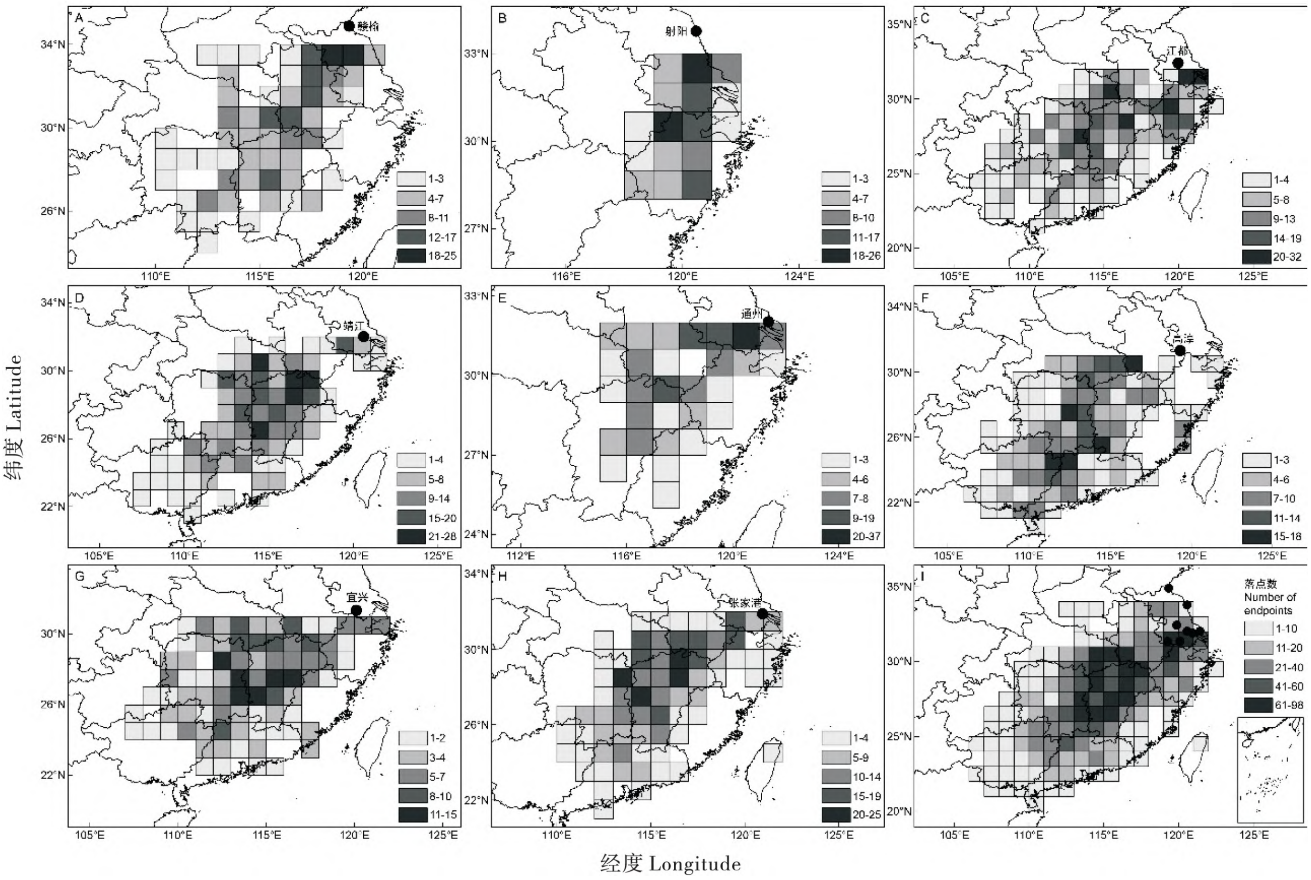


图 3 2020 年江苏省不同站点白背飞虱虫源地分布

Fig. 3 Distribution of source areas of WBPH in Jiangsu Province in 2020

注：A，赣榆；B，射阳；C，江都；D，靖江；E，通州；F，高淳；G，宜兴；H，张家港；I，8 个站点汇总。Note: A, Ganyu; B, Sheyang; C, Jiangdu; D, Jingjiang; E, Tongzhou; F, Gaochun; G, Yixing; H, Zhang Jiagang; I, Summary of 8 sites.

2.3.2 褐飞虱虫源地分析

褐飞虱回推轨迹落点可知，2020 年高淳区褐飞虱主要来自于安徽南部、浙江北部以及江西东北部，江都区褐飞虱虫源地则主要分布于江苏省中南部以及安徽南部，通州区褐飞虱主要来自于上海、浙江北部，张家港市褐飞虱虫源地主要分布于江苏省南部、浙江北部以及上海。总体而言，2020 年江苏省褐飞虱虫源地主要分布于江苏省南部、安徽省南部、浙江北部以及江西省中北部(图 4)。

2.4 降雨对江苏省稻飞虱早期迁入的影响

江苏省地处长江下游地区，6 月份开始陆续进入水稻移栽期。通过分析 2020 年 6－7 月份江苏省逐时降雨量可知，自 6 月中旬开始直至 7 月中旬，苏中、苏南地区有近一个月持续降水期，这段时间恰好是白背飞虱迁入时期，其中靖江在6 月

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

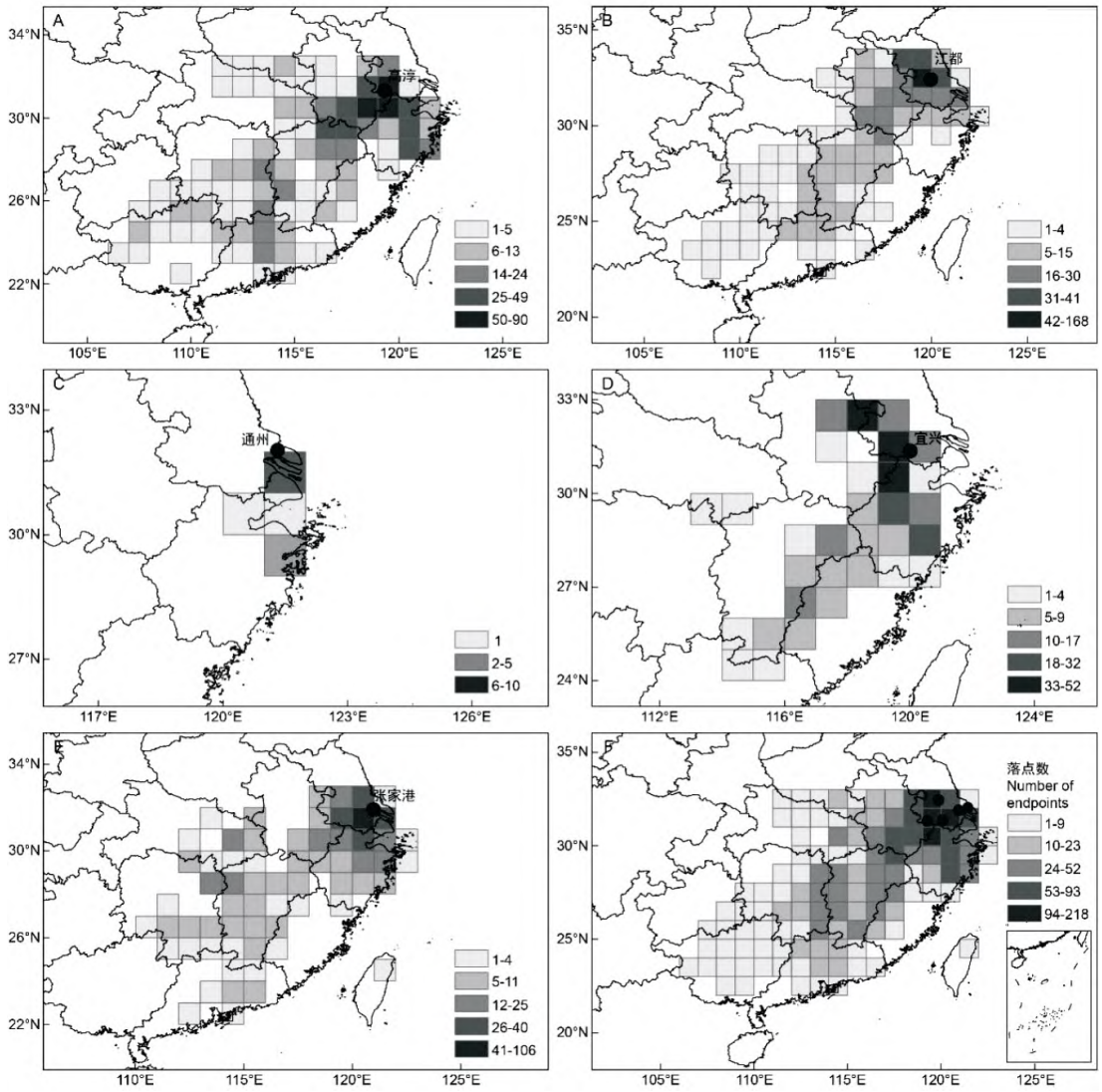


图 4　2020 年江苏省不同站点褐飞虱虫源地分布

Fig. 4　Distribution of source areas of BPH in Jiangsu Province in 2020

注： A，高淳；B，江都；C，通州；D，宜兴；E，张家港；F，5 个站点汇总。Note：A，Gaochun；B，Jiangdu；C，Tongzhou；D，Yixing；E，Zhang Jiagang；F，Summary of 5 sites.

中旬出现迁入峰，张家港、高淳在 6 月中、下旬均有一个迁入峰。7 月份，宜兴、靖江、高淳、赣榆等多个监测点迁入峰多出现在上、中旬，与降雨呈明显的吻合趋势（图 5，6）。

2.5　秋季温、湿度对褐飞虱田间虫量的影响

田间虫量调查，结果显示，太仓、宜兴等 6 站点 2020 年田间褐飞虱百丛虫量在 9 月下旬均超过 3 000 头，其中太仓、盐都两站点百丛褐飞虱虫量均在 10 000 头以上，赣榆百丛虫量超过 100 000 头。就百丛短翅型虫量来看，9 月上旬，各站点虫量均已达到 60 ~ 80 头左右，其中盐都和赣榆 2 站点直至 9 月下旬，其百丛虫量仍在 100 头以上，这也是两站点在 9 月末田间百丛虫量破万的主要原因（图 7）。2020 年 9 月上旬，以句容监测点为代表，其最高气温在 30℃ 左右，平均气温在 25℃ 左右，至中、下旬，温度虽有所下降，但最高温度仍在 25℃ 以上，平均气温在 22℃ 左右，十分有利于褐飞虱的生长发育。就相对湿度而言，9 月中旬，句容监测点相对湿度均在 80% 以上，至 9 月下旬，相对湿度仍在 70% 以上，利于褐飞虱发生（图 8）。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

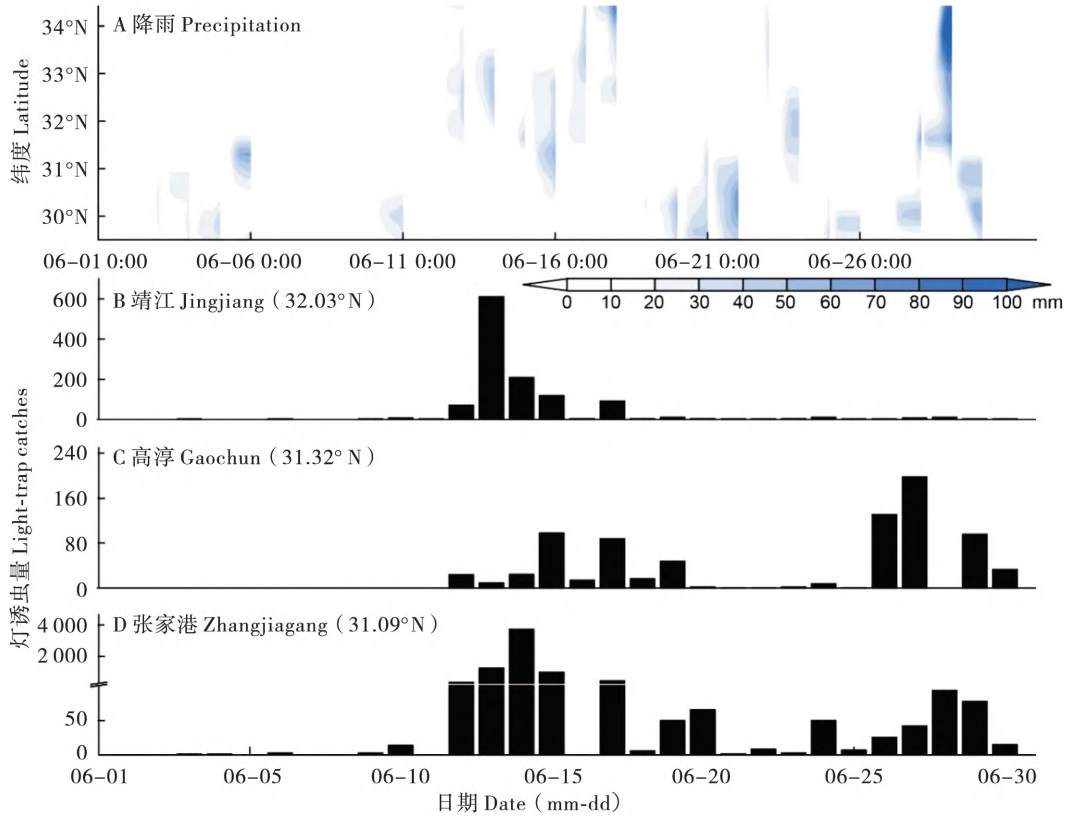


图 5　2020 年 6 月份江苏省逐小时降雨量（A）及部分站点灯诱虫量（BCD）

Fig. 5　Hourly precipitation and light – trap catches of WBPH in Jiangsu Province in June 2020

注： A，降雨量为 118°E 至 122°E 平均值，下图同。Note: A, Average precipitation from 118°E to 122°E, the same below.

3　结论与讨论

江苏省位于长江下游稻区，属暖温带至亚热带过渡性季风气候区，亦是我国稻飞虱的常年重发区。2020 年，江苏省稻飞虱在沉寂了近 10 年后，再次大发生，为测报工作敲响了警钟。江苏省每年迁入的稻飞虱均来自南方稻区，其中江西省中、北部是 2020 年江苏省白背飞虱的主要虫源地，而安徽南部及浙江北部则是 2020 年江苏省褐飞虱的主要虫源区。这可能与两种飞虱迁入期不同有关，江苏省白背飞虱主迁入期在 6 月中下旬至 7 月份，而褐飞虱主迁入期则要到 8 月下旬至 9 月份，季节风向的转变导致两种飞虱虫源地有所不同。Hu 等（2014）通过分析长三角地区后期褐飞虱虫源地发现，长三角本地、皖南及赣北是长三角地区后期褐飞虱主要虫源地，与本研究结果类似。此外，江西省水稻种植制度多样，既有大面积的双季稻种植区，还有一定面积的单季中稻，其复杂的种植制度十分有利于稻飞虱的繁殖，也为江苏稻区提供了连续不断的迁入虫源（张国等，2018）。从 6 月下旬至 7 月份，江西省早稻田及中稻田均能提供大量的迁出白背飞虱，而 2020 年江苏省白背飞虱迁入峰也主要出现在此时期。与江西省种植制度不同，皖南及浙北主要以单季中稻为主，8 月下旬至 9 月份，这两地水稻陆续进入灌浆至成熟期，在风向合适的情况下能为江苏省带来大量褐飞虱虫源（Hu *et al.*，2011）。而本研究结果也表明 2020 年江苏省褐飞虱主要来自于这两地。

降雨是导致稻飞虱降落的一个主要因素（谭涵秋等，1984）。2005 年，华南、江南南部和西南单季中稻区出现的多次迁入峰均与同期大范围的连续性降水有关（翟保平和程家安，2006）。2007 年 5 月下旬至 6 月中旬，江西省中、南部出现连续性降雨，与此同时，多个站点出现罕见的白背飞虱迁入峰（Zhang *et al.*，2016）。蔡文华等（1998）通过分析 1975 – 1992 年 19 个植保站灯诱资料并结合大气环流形势，发现褐飞虱在春夏季北迁以及秋季回迁时，绝大多数是伴随降雨和下

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

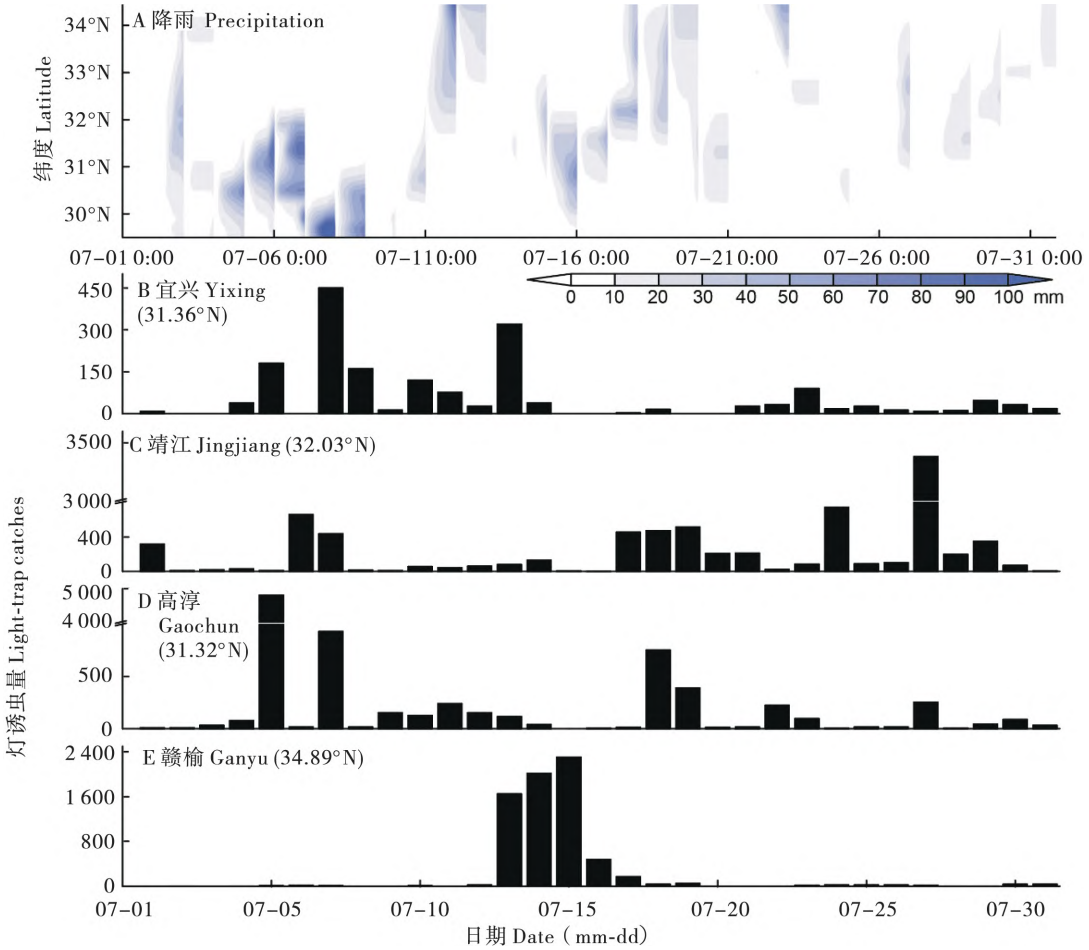


图 6　2020 年 7 月份江苏省逐小时降雨量（A）及部分站点灯诱虫量（BCDE）

Fig. 6　Hourly precipitation and light－trap catches of WBPH in Jiangsu Province in July 2020

沉气流降落在福建省的。包云轩等（2014）研究结果表明降雨对褐飞虱迁入的影响明显，但有限制条件，一般降雨量大、降雨日数多的年份褐飞虱迁入量大、发生程度较重。2020 年江淮地区梅雨期偏长，梅雨期间雨量显著偏多，强降水过程频繁，覆盖范围广（杨梦兮等，2020），江苏省多个站点在此期间出现了明显的迁入峰，其中高淳、靖江等站点单灯单日白背飞虱迁入虫量均为数千头，为近年之最。早期的大量迁入为江苏省带来了丰富的虫源，有利于后期虫量的积累。

2020 年江苏省褐飞虱迁入峰较少，迁入虫量低，但至 9 月末，盐都、太仓、赣榆、靖江等地褐飞虱百丛虫量均达到万头以上，部分田块甚至冒穿，其原因可能是在 9 月上旬，田间短翅型褐飞虱百丛虫量较高，为后期虫量快速增长奠定了基础。与此同时，2020 年 9 月份，江苏南部地区气温较常年整体偏高 0.5℃～1℃，十分有利于褐飞虱的暴发。许多研究表明，褐飞虱暴发的适宜条件是“凉夏暖秋”，而“暖秋”更是影响褐飞虱种群增长的关键（李汝铎，1984；程家安等，1992）。石宝坤等（2014）通过分析不同温度对褐飞虱发育、存活和产卵的影响，发现 22℃～25℃褐飞虱若虫存活率最高。而 2020 年 9 月上旬句容监测点平均温度为 25℃，至 9 月中下旬，气温虽有所下降，但平均温度仍在 22℃左右，导致田间褐飞虱虫量居高不下。与此同时，2012 年以来，稻飞虱连年的轻发生也可能导致部分农户在 2020 年忽视了稻飞虱的严重程度。病虫情报显示，苏南地区 2017－2019 年对稻飞虱防治均结束于水稻破口期（8 月下旬或 9 月初）（表 1），当 2020 年稻飞虱再次暴发时，部分农户未能紧密追踪田间褐飞虱动态实施充分的防治，加之褐飞虱对吡蚜酮、噻虫嗪和烯啶虫胺等常用药剂抗性的上升引起的防治效果的下降（全国农业技术推广服务中心，2021），也可能对 2020 年后期稻飞虱暴发起到促进作用。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

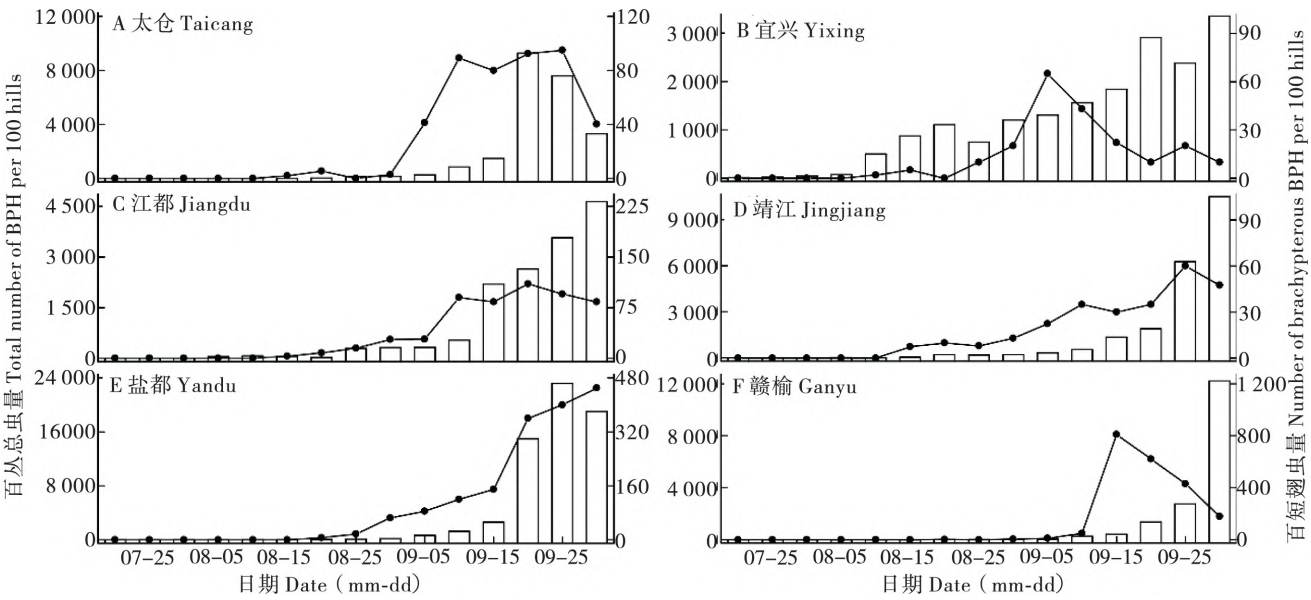


图 7 太仓、宜兴、江都、靖江、盐都、赣榆 6 站点 2020 年褐飞虱田间虫量

Fig. 7 Number of BPH in rice fields in Taicang, Yixing, Jiangdu, Jingjiang, Yandu and Ganyu in 2020

注：柱状图为田间百丛虫量，折线图为田间百丛短翅型虫量。Note: The bar chart type was total number of BPH per 100 hills, the line chart type was number of brachypterous BPH per 100 hills.

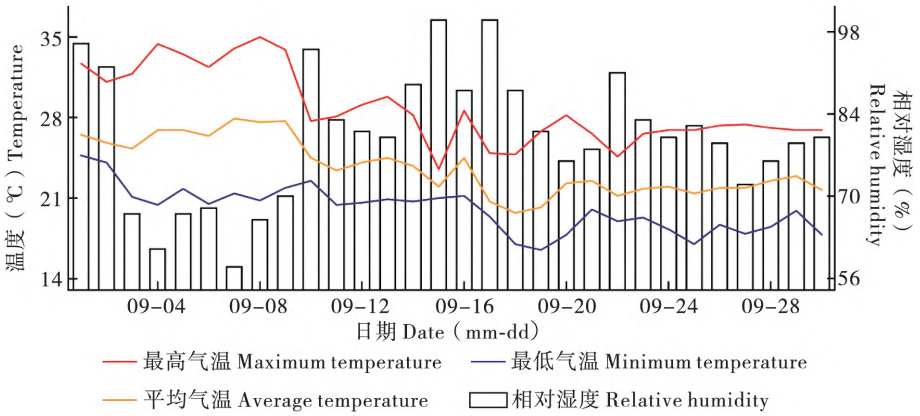


图 8 2020 年 9 月份句容监测点温、湿度

Fig. 8 Temperature and relative humidity in Jurong in September, 2020

表 1 2017－2020 年句容稻飞虱防治时间及药剂

Table 1 Prevention time and pesticide varieties of rice planthoppers in Jurong County from 2017 to 2020

年份 Year	日期 Date (mm-dd)	水稻生育期 Rice growth stages	所用杀虫剂 Pesticides
2017	07-24	分蘖盛期 Tillering stage	吡蚜·异丙威、噻虫嗪 Pymetmzine·Etrofolan, Thiamethoxam
	08-09	拔节－孕穗期 Jointing-booting stage	吡蚜酮、噻虫嗪 Pymetmzine, Thiamethoxam
	08-20	孕穗期 Booting stage	吡蚜酮 Pymetmzine

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1 Continued table 1

年份 Year	日期 Date (mm-dd)	水稻生育期 Rice growth stages	所用杀虫剂 Pesticides
2018	08-27	破口期 Rupturing stage	吡蚜酮 Pymetmzine
	08-02	分蘖－拔节期 Tiller-jointing stage	吡蚜·异丙威、噻虫嗪 Pymetmzine·Etrofolan，Thiamethoxam
	08-15	拔节－孕穗期 Jointing-booting stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	09-02	破口－抽穗期 Heading stage	吡蚜酮 Pymetmzine
2019	07-28	分蘖末期 End of tillering stage	烯啶虫胺、噻虫嗪 Nitenpyram，Thiamethoxam
	08-12	拔节－孕穗期 Jointing-booting stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	08-22	孕穗期 Booting stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	08-30	破口期 Rupturing stage	吡蚜酮 Pymetmzine
2020	07-23	分蘖盛期 Tillering stage	吡蚜·异丙威、噻虫嗪 Pymetmzine·Etrofolan，Thiamethoxam
	08-14	拔节－孕穗期 Jointing-booting stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	08-26	破口期 Rupturing stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	09-05	抽穗期 Heading stage	吡蚜酮、烯啶虫胺、三氟苯嘧啶 Pymetmzine，Nitenpyram，Triflumezopyrim
	09-16	灌浆期 Filling stage	吡蚜酮、烯啶虫胺 Pymetmzine，Nitenpyram
	9 月下旬 Late Sep.	乳熟期 Milk stage	吡蚜酮、烯啶虫胺、三氟苯嘧啶 Pymetmzine，Nitenpyram，Triflumezopyrim

注：表中数据均来源于句容市病虫情报。Note：Data in the table above came from disease and pest information in Jurong.

综上所述，2020 年江西中、北部是江苏省早期迁入的白背飞虱主要虫源地，而安徽南部和浙江北部则是江苏省后期迁入褐飞虱的主要虫源地，江淮地区 6－7 月份的超长梅雨期为江苏省带来了大量的早期迁入虫源，9 月初田间大量短翅型成虫为后期褐飞虱的暴发奠定了基础，加之秋季适宜的温度和抗药性等综合原因，导致了稻飞虱在江苏省消沉近 10 载后再次暴发。需要指出的是，本研究仅分析了江苏省 2020 年稻飞虱暴发成因，但要阐明该省份稻飞虱的发生规律，还需要针对其他年份不同发生程度的成因进行详细分析，从而全面明确稻飞虱在江苏省的暴发规律及形成机制。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参考文献 (References)

Bao YX, Jiang R, Xie XJ, *et al*. Impact of climate anomalies on catastrophic immigrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in Jiangsu Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (23): 7078 – 7092. [包云轩, 蒋蓉, 谢晓金, 等. 近 30 年气候异常对江苏省褐飞虱灾变性迁入的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34 (23): 7078 – 7092]

Cai WH, Lin TZ, Wu MY. On the atmospheric circulation conditions associated with the migration and alighting of brown planthopper in Fujian Province [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1998, 25 (4): 325 – 329. [蔡文华, 林添忠, 吴美英. 福建褐稻虱迁飞降落大气环流类型研究 [J]. 植物保护学报, 1998, 25 (4): 325 – 329]

Chen YZ, Qiu XP, Cao FY, *et al*. Cause of the brown lice's occurrence and the prevention and cure countermeasures in Yandu Area in 2006 [J]. *Journal of Jinling Institute of Technology*, 2007, 23 (2): 65 – 67. [陈元洲, 仇学平, 曹方元, 等. 2006 年江苏盐城水稻褐飞虱的发生及防治 [J]. 金陵科技学院学报, 2007, 23 (2): 65 – 67]

Cheng JA, Zhang LG, Fan QG, *et al*. Simulation study on effects of temperature on population dynamics of brown planthopper [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 1992, 6 (1): 21 – 26. [程家安, 章连观, 范泉根, 等. 气温对褐飞虱种群动态影响的模拟研究 [J]. 中国水稻科学, 1992, 6 (1): 21 – 26]

Cheng JA, Zhu ZR. Analysis on the key factors causing the outbreak of brown planthopper in Yangtze Area, China in 2005 [J]. *Plant Protection*, 2006, 32 (4): 1 – 4. [程家安, 祝增荣. 2005 年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析 [J]. 植物保护, 2006, 32 (4): 1 – 4]

Dung WS. A general survey on seasonal migations of *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae) by means of airplane collections [J]. *Acta Phytophylacila Sinica*, 1981, 8 (2): 73 – 82. [邓望喜. 褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究 [J]. 植物保护学报, 1981, 8 (2): 73 – 82]

Furuno A, Chino M, Otuka A, *et al*. Development of a numerical simulation model migration of rice planthopper [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2005, 133 (1/4): 197 – 209.

Hu G, Cheng XN, Qi GJ, *et al*. Rice planting systems, global warming and outbreaks of *Nilaparvata lugens* (Stål) [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2011, 101 (2): 187 – 199.

Hu G, Lu F, Zhai BP, *et al*. Outbreaks of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) in the Yangtze River Delta: Immigration or local reproduction [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (2): e88973.

Li RD. Population growth of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), as influenced by temperature [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1984, 11 (2): 101 – 107. [李汝铎. 温度对褐飞虱种群生长的影响 [J]. 植物保护学报, 1984, 11 (2): 101 – 107]

Lu F, Zhai BP, Hu G. Trajectory analysis methods for insect migration research [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (3): 853 – 862. [芦芳, 翟保平, 胡高. 昆虫迁飞研究中的轨迹分析方法 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3): 853 – 862]

Miao CC, Jiang N, Peng SK, *et al*. Extraction of paddy land area based on NDVI time – series data: Taking Jiangsu Province as an example [J]. *Journal of Geo – Information Science*, 2011, 13 (2): 273 – 280. [苗翠翠, 江南, 彭世揆, 等. 基于 NDVI 时序数据的水稻种植面积遥感监测分析——以江苏省为例 [J]. 地球信息科学学报, 2011, 13 (2): 273 – 280]

Nai J, Zhang HC, Lu JF. Regional pattern changes of rice production in thirty years and its influencing factors in Jiangsu Province [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45 (16): 3446 – 3452. [耳军, 张洪程, 陆建飞. 江苏省水稻生产 30 年地域格局变化及影响因素分析 [J]. 中国农业科学, 2012, 45 (16): 3446 – 3452]

NATESC. Resistance monitoring results and scientific medicine recommendations of national agricultural pests in 2020 [J]. *China Plant Protection*, 2021, 41 (2): 71 – 78. [全国农业技术推广服务中心. 2020 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议 [J]. 中国植保导刊, 2021, 41 (2): 71 – 78]

Qi GJ, Xiao MK, Wu CL, *et al*. Effect of change of rice planting system on the formation of outbreak population of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2010, 37 (3): 193 – 200. [齐国君, 肖满开, 吴彩玲, 等. 水稻种植制度变化对褐飞虱暴发种群形成的影响 [J]. 植物保护学报, 2010, 37 (3): 193 – 200]

Riley JR, Cheng XN, Zhang XX, *et al*. The longdistance migration of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Delphacidae) in China: Radar observations of mass return flight in the autumn [J]. *Ecological Entomology*, 1991, 16 (4): 471 – 489.

Riley JR, Reynolds DR, Smith AD, *et al*. Observation on the autumn migration of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and other pests in east central China [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1994, 84 (3): 389 – 402.

Shi BK, Hu CX, Huang JL, *et al*. Modeling the influence of temperature on development, survival and oviposition of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (20): 5868 – 5874. [石保坤, 胡朝兴, 黄建利, 等. 温度对褐飞虱发育、存活和产卵影响的关系模型 [J]. 生态学报, 2014, 34 (20): 5868 – 5874]

Shi JJ, Chen X, Lu MH, *et al*. The effect of typhoons on the migration patterns of the brown planthopper in the summer of 2012 [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (3): 757 – 771. [史金剑, 陈晓, 陆明红, 等. 2012 年盛夏多台风发生对褐飞虱迁飞动态的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (3): 757 – 771]

Tan HQ, Mao RZ, Cheng JY, *et al*. Relation between landing of brown planthoppers *Nilaparvata lugens* (Stål) in long distance migration and vertical air stream and rain fall [J]. *Journal of Nanjing Agricultural College*, 1984, (2): 18 – 25. [谈涵秋, 毛瑞增, 程极益, 等. 褐飞虱远距离迁飞中的降落和垂直气流、降雨的关系 [J]. 南京农学院学报, 1984, (2): 18 – 25]

Yang MX, Liu M, Ke D, *et al*. Cause analysis of Meiyu anomaly in Jianghuai region in 2020 [J]. *Torrential Rain and Disasters*, 2020, 39 (6): 555 – 563. [杨梦兮, 刘梅, 柯丹, 等. 2020 年江淮地

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区梅雨异常的成因分析 [J]. 暴雨灾害，2020，39 (6)：555 – 563]

Yi HJ，Yang LF，Zhang GF，*et al*. Outbreak feature and control strategy of brown planthopper in Tongzhou，Jiangsu Province [J]. *China Rice*，2008，14 (5)：67 – 69. [易红娟，杨凌峰，张谷丰，等. 江苏通州市稻区褐飞虱暴发特点及控制策略 [J]. 中国稻米，2008，14 (5)：67 – 69]

Yi HJ，Zhang GF，Sun XM，*et al*. Heavy occurrence feature and analysis on causes of brown planthopper in rice areas along the Yangtze River [J]. *China Plant Protection*，2012，32 (4)：23 – 25. [易红娟，张谷丰，孙雪梅，等. 沿江稻区褐飞虱重发特点及原因分析 [J]. 中国植保导刊，2012，32 (4)：23 – 25]

Zhai BP，Cheng JA. The summary of symposium on rice planthopper and paddy leaf roller in 2006 [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*，2006，43 (4)：585 – 588. [翟保平，程家安. 2006 年水稻两迁害虫研讨会纪要 [J]. 昆虫知识，2006，43 (4)：585 – 588]

Zhai BP. What have we seen by entomological radar? [J] *Chinese Bulletin of Entomology*，2005，42 (2)：217 – 226. [翟保平. 昆虫雷达让我们看到了什么? [J] 昆虫知识，2005，42 (2)：217 – 226]

Zhang G，Li XJ，Yu JL，*et al*. The continuous outbreaks of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae): A case study in Taihe county，Jiangxi Province，China [J]. *Acta Ecologica Sinica*，2018，38 (9)：3337 – 3346. [张国，李袭杰，于居龙，等. 褐飞虱持续暴发成因—以江西泰和县为例 [J]. 生态学报，2018，38 (9)：3337 – 3346]

Zhang G，Wu Y，Li XJ，*et al*. Annual fluctuations of early immigrant populations of *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae) in Jiangxi Province，China [J]. *Journal of Economic Entomology*，2016，109 (4)：1636 – 1645.

Zheng DB，Yang F，Zhao Y，*et al*. Formation of white – backed planthopper *Sogatella surcifera* (Horváth) populations: Case studies in Qianshan，Anhui Province，2009 [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*，2011，48 (5)：1242 – 1252. [郑大兵，杨帆，赵运，等. 白背飞虱回迁种群的形成：2009 年安徽潜山的个例分析 [J]. 应用昆虫学报，2011，48 (5)：1242 – 1252]

Zhu F，Cheng JJ，Zhang G，*et al*. Research and application of green prevention and control strategies on Jiangsu rice production [J]. *China Plant Protection*，2021，41 (1)：94 – 101. [朱凤，程金金，张国，等. 江苏水稻生产全程简约化绿色防控策略研究与应用 [J]. 中国植保导刊，2021，41 (1)：94 – 101]

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net