



董红刚, 耿跃, 左希, 陈凤, 梅爱萍, 陆明星. 扬州邗江地区稻纵卷叶螟发生动态及影响因素分析 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 850–857.

扬州邗江地区稻纵卷叶螟发生动态及影响因素分析

董红刚¹, 耿跃¹, 左希¹, 陈凤¹, 梅爱萍¹, 陆明星^{2*}

(1. 扬州市邗江区农作物技术推广中心, 江苏扬州 225009; 2. 扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 25009)

摘要: 稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 是扬州邗江地区重要的水稻害虫之一, 具有远距离迁飞特性, 且长期以来给本地区水稻安全生产带来了巨大威胁。为了明确扬州邗江地区稻纵卷叶螟的田间种群动态, 本研究通过田间系统调查发现 2010–2020 年间稻纵卷叶螟四 (2) 代受害较轻, 五 (3) 代和六 (4) 代仍是主害代。四 (2) 代只有在 2010 年和 2013 年形成了明显的高峰, 而五 (3) 代和六 (4) 代可以形成明显的蛾峰, 且蛾高峰期持续天数均达到了 23 d 及以上。五 (3) 代稻纵卷叶螟产卵高峰期田间虫 (卵) 量与发生程度正相关, 但六 (4) 代稻纵卷叶螟的相关性较差。对本地区影响稻纵卷叶螟发生原因进行分析发现: 月平均温度与五 (3) 代稻纵卷叶螟的发生程度有着密切的关联, 但月平均温度与六 (4) 代种群的数量没有相关性。同时, 田间降雨量与稻纵卷叶螟的发生情况无明显的相关性。此外, 不同栽培方式也对稻纵卷叶螟的发生有关系, 例如, 在手栽稻田和机插稻田中六 (4) 代稻纵卷叶螟的蛾量要高于直播稻田。

关键词: 稻纵卷叶螟; 种群数量; 年际发生动态; 影响因素

中图分类号: Q965; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2021) 04–0850–06

Occurrence dynamics and influencing factors of *Cnaphalocrocis medinalis* Güenée in Hanjiang District, Yangzhou City

DONG Hong-Gang¹, GENG Yue¹, ZUO Xi¹, CHEN Feng¹, MEI Ai-Ping¹, LU Ming-Xing^{2*}

(1. Crop Technology Extension Center of Hanjiang District, Yangzhou City, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China; 2. School of Horticulture and Plant Protection, Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

Abstract: *Cnaphalocrocis medinalis* is one of the important rice pests in Hanjiang area of Yangzhou. It has long-distance migration characteristics and has long threatened the safety of rice production in this region. In order to clarify the field population dynamics of *C. medinalis* in Hanjiang area of Yangzhou, this study found that the fourth (2) generation of *C. medinalis* was less harmful from 2010 to 2020, and the fifth (3) and sixth (4) generations were still the main pest generations. The fourth (2) generation only formed obvious peaks in 2010 and 2013, while the fifth (3) and sixth (4) generations both could form obvious moth peaks which lasted for 23 days or even longer. The number of insects (eggs) in the field during the peak oviposition period of the fifth (3) generation of *C. medinalis* was positively correlated with the occurrence degree, but the correlation between the sixth (4) generation of *C. medinalis* was poor. The analysis of the causes of the occurrence of the *C. medinalis* in this area found that month average

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0201000); 扬州大学自制实验仪器项目 (zzyq202020)

作者简介: 董红刚, 男, 硕士, 高级农艺师, 主要研究方向为植保技术推广, E-mail: 113633800@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 陆明星, 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为昆虫种群演变规律及综合治理, E-mail: lumx@yzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2021–04–27; 接受日期 Accepted: 2021–06–05

temperatures had a close relationship with the occurrence of the fifth (3), but month average temperatures weren't related to the numbers of the sixth (4) generations populations. Meanwhile, there was no obvious correlation between the field rainfall and the occurrence of *C. medinalis*. In addition, different cultivation methods were also related to the occurrence of *C. medinalis*. For example, the number of *C. medinalis* moths of the sixth (4) generation in hand-planted rice fields and machine-transplanted rice fields were higher than that in direct-seeded rice fields.

Key words: *Cnaphalocrocis medinalis*; population quantity; interannual occurrence dynamics; influencing factors

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 属鳞翅目草螟科 (Zhu *et al.*, 2018; Mally *et al.*, 2019), 俗称卷叶虫、白叶虫, 是东南亚和中国为害水稻的重要迁飞性害虫。在我国该虫主要危害南方稻区和长江中下游地区, 并多次造成我国水稻大幅度减产, 经济损失严重 (郭荣等, 2013; 杨亚军等, 2015)。其中, 2005–2015 年稻纵卷叶螟年均发生面积达 1 900 万 hm^2 , 造成产量损失 700 余万吨, 相当于水稻总产量的 3.6% (陆明红等, 2018)。稻纵卷叶螟在我国东半部季节性南北往返迁飞主要包括春季自南向北 5 次北迁和秋季自北向南 3 次回迁 (杨帆, 2014), 年发生 2~9 代, 其中海南岛 8~9 代, 广东南部 7~8 代, 山东、河北北部 2~3 代 (尹建国, 2014)。在江苏稻纵卷叶螟年发生 2~3 代, 四 (2) 代和五 (3) 代为主害代, 暖秋年份, 迟熟晚粳上六 (4) 代危害也较重 (杨荣明, 2013), 但不同地区发生程度不同, 2006–2009 年稻纵卷叶螟五 (3) 和六 (4) 代在江苏沿江地区连续大发生 (张夕林, 2010), 而扬州邗江地区和江都地区以五 (3) 代和六 (4) 代危害为主, 且六 (4) 代稻纵卷叶螟加重发生 (周奋启等, 2016; 赵越, 2018)。同一地区不同年份稻纵卷叶螟的发生时期和危害水平也不尽相同。2002–2014 年间, 扬州邗江地区 2003 年、2007 年和 2008 年 3 年六 (4) 代害虫发生重, 而 2010 年五 (3) 代害虫发生较重, 且 2010 年后整体发生水平都较轻, 但都以六 (4) 代害虫危害为主 (周奋启等, 2016)。

稻纵卷叶螟的发生期和危害程度还与气候因素、迁入峰、迁入量、栽培方式等相关。气候因素是影响稻纵卷叶螟迁入的关键因素, 稻纵卷叶螟的初始迁入与东亚夏季风的向北推进密切相关, 例如, 2007 年江淮稻区稻纵卷叶螟特大爆发是由于 6 月末–7 月的强西南季风使沿江稻区迁入虫量比常年显著增加, 为 7 月下旬至 8 月下旬稻纵卷叶

螟大规模向江淮稻区迁入奠定了虫源基础 (包云轩等, 2015; 包云轩等, 2019)。江苏省大丰市 2003、2005 和 2006 年 7 月初本地的垂直气流烈和降雨, 也为四 (2) 代稻纵卷叶螟的多频次、不间断的迁入创造了有利条件 (沈田辉等, 2007)。此外, 不同水稻品种表面硅含量及蜡质含量是造成宁粳 1 号和淮稻 9 号比扬辐粳 8 号、扬稻 6 号、扬粳 9538 更抗稻纵卷叶螟的重要原因 (包云轩等, 2019), 同时单双混作稻区的栽培制度及田边杂草未及时清除, 也为稻纵卷叶螟的栖居、繁殖和秋季滞留为害提供了条件 (王元翔等, 2008; 齐国君等, 2008)。随着水稻品种的变化、栽培制度的增加、用药结构改变以及全球气候变暖的影响, 稻纵卷叶螟在各个地区发生为害情况地域性差异会变得更加显著。因此, 为了掌握扬州邗江地区水稻稻纵卷叶螟的发生规律及影响因素, 2010–2020 年间在江苏省扬州市邗江区选择了具有代表性的稻田对稻纵卷叶螟的消长动态进行了长期监测, 同时也分析了不同栽培方式和不同年份间气候条件对稻纵卷叶螟种群动态的影响, 以期为当地稻纵卷叶螟科学预测预报和综合治理提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点

在江苏省扬州市邗江区选择有代表性的稻区作为监测点, 监测点位于杨庙镇沿山河村) 和方巷镇联合村 (32.38°N, 119.40°E)。

1.2 调查方法

1.2.1 灯诱

2010–2020 年间将佳多牌虫情测报灯 (200 W 白炽灯) 安装在高 60 cm、宽 110 cm 的基台上, 安装位置处于远离其他光源的成片稻田中央。测报灯每年 6 月 1 日启用, 10 月中旬左右停用。每

天黄昏时段开灯,翌日清晨关灯,每天关灯后将诱获的成虫取回室内计数。

1.2.2 田间赶蛾

在各监测点选取有代表性的稻田各 2 块,作为系统调查田,系统田在整个水稻生长期不施用农药防治,其他管理措施按常规进行。从水稻移栽返青后开始,每 2 d 调查 1 次,到灌浆期止。赶蛾方法:手持长 2 m 的竹竿沿田埂逆风轻轻拨动稻株,目测起飞蛾数量,每块田块调查面积不得少于 100 m²,折算成 667 m² 蛾量,并记录当时水稻生育期。按照全国和扬州当地稻田稻纵卷叶螟的划分方法:在扬州邗江地区一年发生 4 代,将 6 月 20 日之前的稻纵卷叶螟成虫全部分为当地第 1 代种群即三(1)代,将 6 月 20 日至 7 月 20 日划分为当地第 2 代种群即四(2)代,将 7 月 20 日至 8 月 20 日划分为当地第 3 代种群即五(3)代,将 8 月 20 日之后的成虫划分为当地第四代种群即六(4)代(张孝羲等,1980;刘宇,2008;韩志民,2012)。此外,2017–2019 年间在杨庙镇沿山河村监测点选择不同栽培方式(手栽、直播和机插)的水稻田系统调查稻纵卷叶螟成虫的发生情况。

1.2.3 虫(卵)量调查

从 7 月 1 日起,按逢 5 d 或 10 d,对赶蛾田块采用平行跳跃法,每块随机取样 5 穴水稻,总计 15 穴,剥查稻纵卷叶螟虫、卵量,折算百穴虫、卵量。当高峰日蛾量较多时,隔 2~3 d 调查 1 次。稻纵卷叶螟世代划分标准和发生程度分级标准均参照《农作物主要病虫害预测预报与防治》(刁春友和朱叶芹,2006)。

1.3 数据分析

数据和相关图片利用 SPSS 16.0, Microsoft Excel 2013 软件和 SigmaPlot 12.0 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 稻纵卷叶螟发生动态分析

根据扬州市邗江区 2010–2020 年稻纵卷叶螟发生监测记载数据分析发现:近十一年来稻纵卷叶螟四(2)代相对较轻,五(3)代和六(4)代仍是主害代。其中,五(3)代稻纵卷叶螟 11 年间共有 7 年发生程度在 4 级及以上,属于中等偏重发生。2013 年、2016 年、2017 年和 2020

年均为大发生年份,发生程度等级都达到最高等级 5 级;六(4)代稻纵卷叶螟 11 年间有 9 年发生程度在 4 级及以上,属于中等偏重及以上发生,2010 年、2011 年和 2013 年则是大发生年份,达到最高发生等级(图 1)。

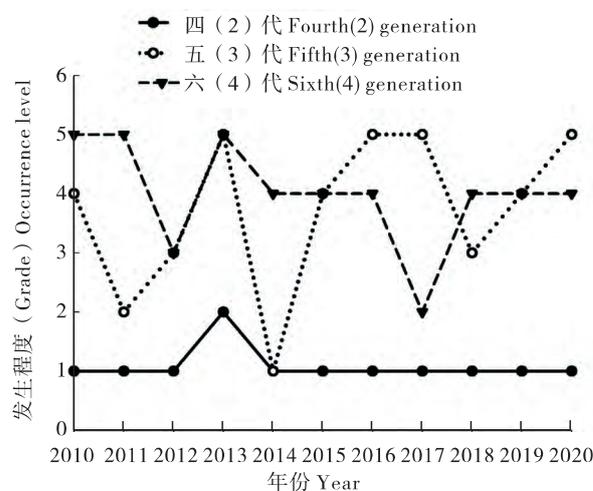


图 1 扬州市邗江区 2010–2020 年稻纵卷叶螟发生程度
Fig. 1 Incidence of *Cnaphalocrocis medinalis* from 2010–2020 in Hanjiang District, Yangzhou City

2.2 稻纵卷叶螟不同代之间高峰持续期分析

2010–2020 年间稻纵卷叶螟四(2)代只有在 2010 年和 2013 年形成了明显的高峰。稻纵卷叶螟大发生的 2010 年、2011 年、2013 年、2017 年和 2020 年,蛾高峰期持续天数均达到了 23 d 及以上,且 2010 年、2017 年和 2020 年均出现了五(3)代和六(4)代蛾峰首尾相连、世代重叠的情况。但是,稻纵卷叶螟偏轻发生的 2012 年和 2014 年蛾高峰期持续天数分别仅为 11 d 和 4 d(图 2)。

2.3 稻纵卷叶螟主害代发生量分析

对 2010–2020 年稻纵卷叶螟主害代高峰期的日均蛾量分析发现:2010 年日均蛾量最高,五(3)代和六(4)代均达到了 20 000 头/667 m²;2011 年后总体日均蛾量均降到了 10 000 头/667 m² 以下,分析五(3)代大发生的 2013、2016 和 2020 年的日均蛾量分别达 5 059.7、5 753.3 和 2 925.4 头/667 m²,明显高于其他年份,而六(4)代大发生的 2011 和 2013 年同样如此(图 3)。总之,高峰期日均蛾量是决定邗江地区稻纵卷叶螟大发生的重要因素之一。2010–2020 年稻纵卷叶螟产卵高峰期田间虫(卵)量调查发现:五(3)代大发生的 2013 年、2016 年、2017 年和

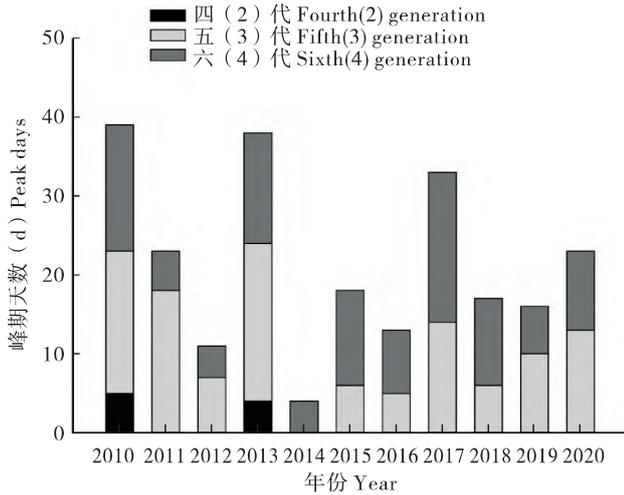


图2 扬州市邗江区 2010 - 2020 年主害代稻纵卷叶螟蛾峰期持续天数

Fig. 2 Duration of the peak period of the main pest generations of *Cnaphalocrocis medinalis* moth from 2010 - 2020 in Hanjiang District , Yangzhou City

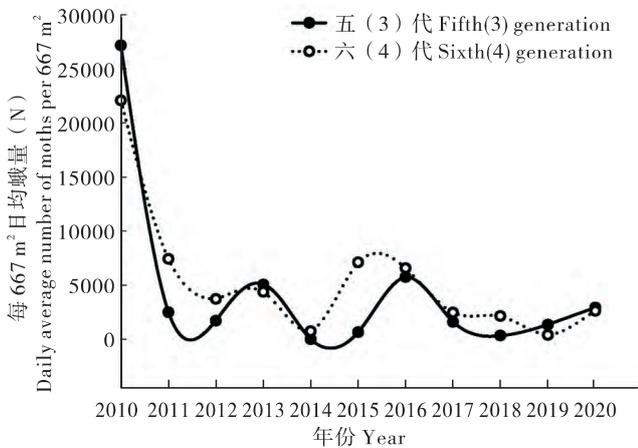


图3 扬州市邗江区 2010 - 2020 年主害代稻纵卷叶螟蛾峰期日均蛾量

Fig. 3 Average daily moth population of the peak period of the main pest generations of *Cnaphalocrocis medinalis* moth from 2010 - 2020 in Hanjiang District , Yangzhou City

2020 年的产卵高峰期田间虫 (卵) 量分别是 435.4、433.4、810 和 436.6 头 (粒) / 百穴, 明显高于其他年份, 且均高于 100 ~ 150 头 (粒) / 百穴的防治指标。2010 年、2011 年和 2013 年大发生年份的产卵高峰期六 (4) 代稻纵卷叶螟的田间虫 (卵) 量均超过了 100 ~ 150 头 (粒) / 百穴的防治指标, 但是 2014 年、2015 年、2016 年和 2018 年的产卵高峰期田间虫 (卵) 量同样较高, 特别是 2016 年和 2018 年的分别达到 442.8 和 555.0 头 (粒) / 百穴, 但是田间稻纵卷叶螟都未

大发生 (图 4)。对田间虫 (卵) 和发生程度进行线性关系相关性分析发现: 五 (3) 代稻纵卷叶螟产卵高峰期田间虫 (卵) 量与其发生程度呈正相关 ($R^2 = 0.626, P = 0.04$)。而六 (4) 代稻纵卷叶螟的产卵高峰期田间虫 (卵) 量与其发生程度相关性较差 ($R^2 = 0.165, P = 0.215$)。

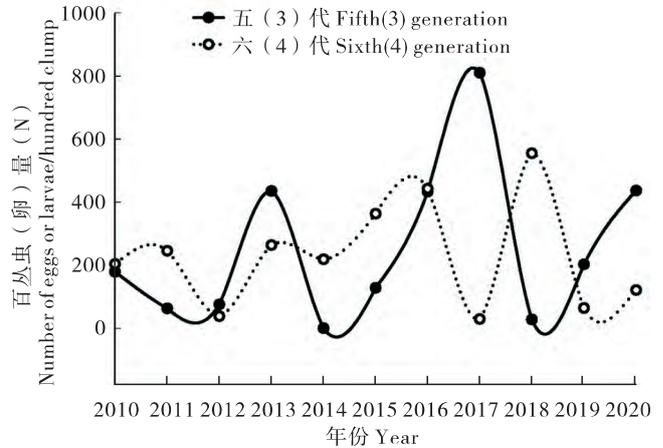


图4 扬州市邗江区 2010 - 2020 年主害代产卵高峰期稻纵卷叶螟虫 (卵) 量分析

Fig. 4 Analysis on the amount of *Cnaphalocrocis medinalis* (eggs) during the peak oviposition period of the main pest generations from 2010 - 2020 in Hanjiang District , Yangzhou City

2.4 稻/纵卷叶螟发生程度影响因素分析

2.4.1 温度对稻纵卷叶螟的影响

根据 2010 - 2020 年扬州邗江地区月平均温度分析发现: 由于扬州邗江地区稻纵卷叶螟蛾四 (2) 代发生程度偏轻, 因此不同年份之间尽管温度不同但未影响四 (2) 代发生程度。五 (3) 代稻纵卷叶螟 2013 年、2016 年、2017 年和 2020 年大发生年份时的月平均温度都高于 28.6℃, 同时, 在 2014 年稻纵卷叶螟五 (3) 代发生最轻, 而此时的月平均气温最低仅为 25.5℃。2010 - 2020 年间稻纵卷叶螟六 (四) 代发生除 2017 年较轻外, 在其他年份都是中度以上发生, 此时月平均温度都在 22.0℃ 以上。通过相关性分析发现: 不同年份间月平均气温与五 (3) 代稻纵卷叶螟发生程度具有较好的线性相关性 ($R^2 = 0.613, P = 0.004$), 而不同年份间月平均气温与六 (四) 代发生程度无相关性 ($R^2 = 0.069, P = 0.436$) (图 5)。因此, 近 11 年来扬州邗江地区气温是有利于稻纵卷叶螟六 (四) 代的发生。

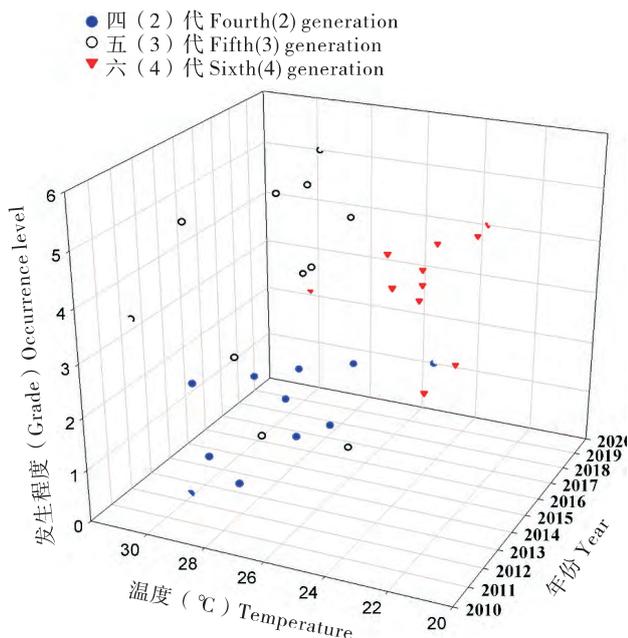


图5 扬州市邗江区 2010–2020 年温度对稻纵卷叶螟发生程度的影响

Fig. 5 Effects of temperature on the occurrence of *Cnaphalocrocis medinalis* from 2010–2020 in Hanjiang District, Yangzhou City

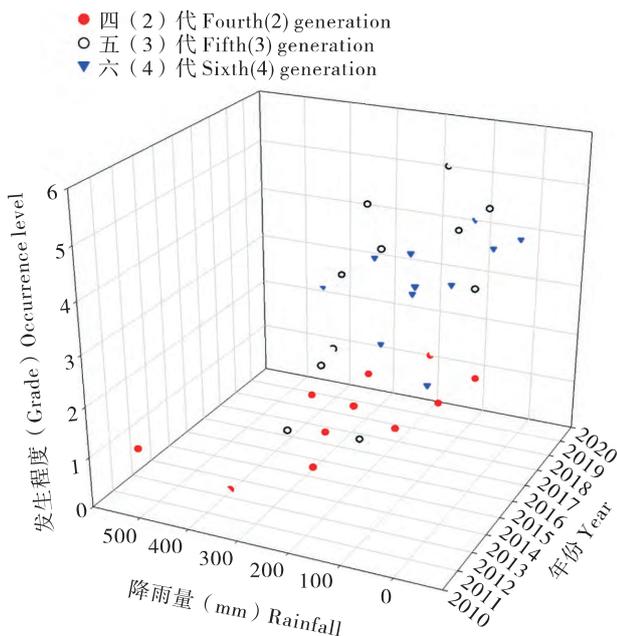


图6 扬州市邗江区 2010–2020 年降雨量对稻纵卷叶螟发生程度的影响

Fig. 6 Effects of rainfall on the occurrence of *Cnaphalocrocis medinalis* from 2010–2020 in Hanjiang District, Yangzhou City

2.4.2 降雨量对稻纵卷叶螟的影响

根据 2010–2020 年扬州邗江地区月降雨量分析发现: 扬州邗江地区不同年份之间的降雨量并未影响稻纵卷叶螟蛾四(2)代的发生程度。同时, 不同年份间五(3)代和六(4)代稻纵卷叶螟的发生程度与降雨量无相关性 ($R^2 = 0.148$, $P = 0.242$; $R^2 = 0.144$, $P = 0.251$), 例如, 2014 年降雨量为 189.5 mm, 五(3)代发生程度为一级, 但是 2020 年降雨量为 189.5 mm, 五(3)代发生程度则为五级(图 6)。

2.4.3 不同栽培方式对稻纵卷叶螟的影响

2017 至 2019 年三年间选择手栽稻田、直播稻田和机插稻田分别系统调查稻纵卷叶螟在 7 月、8 月和 9 月之间的蛾量变动情况。结果显示: 三年间无论哪种水稻栽培方式四(2)代稻纵卷叶螟的蛾量都最少, 五(3)代稻纵卷叶螟的蛾量最多(图 7)。但是, 不同栽培方式稻田中稻纵卷叶螟的蛾量各有不同, 例如, 2018 年五(3)代稻纵卷叶螟在手栽稻田的蛾量每亩高达 202 450 头, 但是在机插稻田仅为 56 810 头(图 7-B)。此外, 在手栽稻田和机插稻田中六(4)代稻纵卷叶螟的蛾量要高于直播稻田(图 7)。因为不同重复之间稻纵卷叶螟成虫会相互影响, 故本部分未设置重复。

3 结论与讨论

稻纵卷叶螟是远距离迁飞性昆虫, 在江苏境内不能越冬, 因此, 外地虫源的迁入量和迁入时间影响了稻纵卷叶螟的发生 (Wu *et al.*, 2019)。但是, 稻纵卷叶螟的发生程度还与当地的水稻生长情况、气候条件等因素密切相关。因此, 系统研究不同地区不同年份稻纵卷叶螟的发生动态及影响因素, 不仅可以掌握当地稻纵卷叶螟的发生规律及其影响关键因子, 还可为该虫预测预报和综合治理提供科学依据。因此, 本研究系统分析了扬州邗江地区稻纵卷叶螟 11 年监测数据, 结果表明: 该地区 7 月份迁入的四(2)代稻纵卷叶螟数量较少, 五(3)代和六(4)代仍是主害代, 这与 2010 年仪征市稻纵卷叶螟五(3)代为主害代, 而六(4)代受害加重的研究结果相似 (韩志民, 2012)。此外, 本研究结果亦发现不同年份间主害代的发生情况又有所不同, 这与姚海峰等 (2018) 的研究结果相类似, 他们发现在浙江临安地区不同年份间稻纵卷叶螟主害代的数量不同。

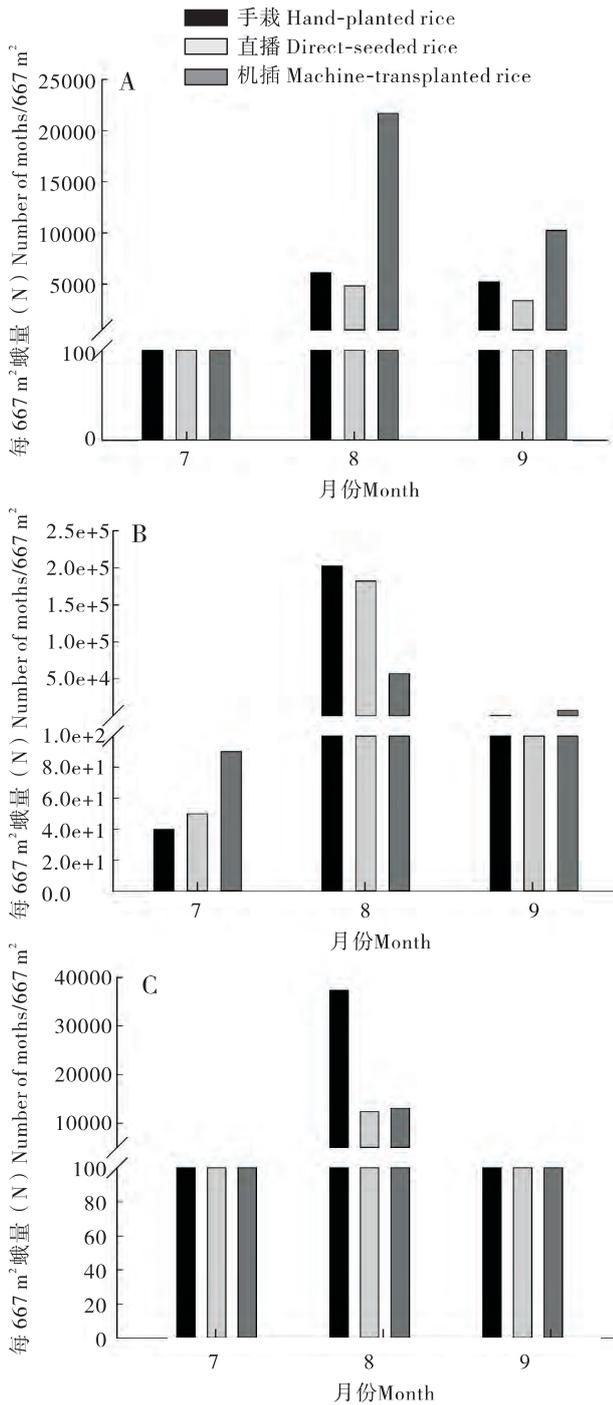


图7 扬州市邗江区 2017 - 2019 年不同水稻栽培方式对稻纵卷叶螟发生的影响

Fig. 7 Effects of different rice cultivation methods on the occurrence of *Cnaphalocrocis medinalis* from 2017 - 2019 in Hanjiang District, Yangzhou City

注 Note: (A), 2017 年; (B), 2018 年; (C), 2019 年。

这可能一方面由于气候条件有利于稻纵卷叶螟的迁入和发生, 另外一方面是由于水稻品种多样、不同栽培方式的水稻共存给稻纵卷叶螟提供了丰富的食料来源。近年来扬州邗江地区四 (2) 代稻

纵卷叶螟未形成明显的蛾峰, 五 (3) 代和六 (4) 代的蛾峰明显, 平均蛾峰期达到了 23 天以上, 并且出现了五 (3) 代和六 (4) 代蛾峰首尾相连的情况。此外, 主害代的蛾量也决定了田间稻纵卷叶螟的为害程度, 进一步分析发现五 (3) 代稻纵卷叶螟产卵高峰期田间虫 (卵) 量与发生程度呈正相关, 而六 (4) 代稻纵卷叶螟的未有明显的相关性。稻纵卷叶螟的迁入量对当地水稻为害程度具有重要的作用, 同时秋季回迁的虫源又直接影响了稻纵卷叶螟对当地水稻的为害 (费惠新等, 1995; 齐国君等, 2013)。因此, 在扬州邗江地区五 (3) 代稻纵卷叶螟的蛾量主要还是外地迁入, 而六 (4) 代稻纵卷叶螟的发生为害程度还和本地虫源、回迁数量等有关。

尽管稻纵卷叶螟的发生程度受外来迁入虫量大小的影响, 但是也受气候条件、栽培制度、水稻品种、用药历史等影响, 在不同的地区表现出显著的地域差异和分布的不均匀 (翟保平和张孝羲, 2000; 刘宇, 2008)。本研究结果发现扬州邗江地区田间温度与五 (3) 代稻纵卷叶螟的发生程度有着正相关性, 这说明五 (3) 代稻纵卷叶螟除了迁入量决定了其发生程度以外, 夏季的异常温度也影响了其发生。在江苏省六 (4) 代种群的发生为害最要的影响因子是温度, 而本研究发现温度与六 (4) 代的发生程度无明显的相关性。这可能是由于近年来秋季温度偏高都有利于六 (4) 代稻纵卷叶螟的发生为害。而田间降雨量与稻纵卷叶螟的发生情况无明显的相关性。这有可能水稻生长后期田间小气候湿度较高已能满足稻纵卷叶螟的生长发育需求。近年来随着经济的发展, 本地水稻存在手栽、抛秧、直播和机插等多种栽培方式混合出现的现象。因此, 本研究系统调查发现不同栽培方式的稻纵卷叶螟的蛾量不同, 在手栽稻田和机插稻田中六 (4) 代稻纵卷叶螟的蛾量要高于直播稻田。这有可能是近年来机插秧稻田面积逐渐扩大, 所栽品种生育期长, 给六 (4) 代稻纵卷叶螟提供了丰富的食物来源 (韩志民, 2012)。但是, 吕亮 (2019) 等认为机械直播、机械插秧和人工插秧对稻纵卷叶螟种群发生无影响。当然, 不同地区稻纵卷叶螟发生程度还受其他复杂因素影响。因此, 系统研究当地稻纵卷叶螟发生动态及影响因素对进一步制定该虫综合防控策略具有重要的指导作用。

参考文献 (References)

- Bao YX, Cao Y, Xie XJ, *et al.* Migration pattern of rice leaf roller and impact of atmospheric conditions on a heavy migration event in China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35 (11): 34–48. [包云轩, 曹云, 谢晓金, 等. 中国稻纵卷叶螟发生特点及北迁的大气背景 [J]. 生态学报, 2015, 35 (11): 34–48]
- Bao YX, Wang MF, Chen C, *et al.* Impact of east Asian summer monsoon advancing and retreating on occurrence of *Cnaphalocrocis medinalis* Guénée in the main rice – growing regions of south China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39 (24): 334–347. [包云轩, 王明飞, 陈黎, 等. 东亚夏季风进退对我国南方水稻主产区稻纵卷叶螟发生的影响 [J]. 生态学报, 2019, 39 (24): 334–347]
- Diao CY, Zhu YQ. Forecast and Control of Main Crop Diseases and Insect Pests [M]. Nanjing: Phoenix Publishing and Media Group Jiangsu Science and Technology Press, 2006: 89–100. [刁春友, 朱叶芹. 农作物主要病虫害预测预报与防治 [M]. 南京: 凤凰出版传媒集团江苏科学技术出版社, 2006: 89–100]
- Fei HX, Su QL, Zhang XX. Effects of immigration population and meteorological factors on the field population dynamics of *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. *Journal of Plant Protection*, 1995, 22 (3): 193–197. [费惠新, 苏庆龄, 张孝羲. 迁入种群和气象因子对稻纵卷叶螟田间种群动态的影响 [J]. 植物保护学报, 1995, 22 (3): 193–197]
- Guo R, Han M, Shu F. Control strategies and measures of green prevention to reduce the pests and diseases of rice fields [J]. *China Plant Protection*, 2013, 33 (10): 38–41. [郭荣, 韩梅, 束放. 减少稻田用药的病虫害绿色防控策略与措施 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33 (10): 38–41]
- Han ZM, Zhang L, Pan P, *et al.* Occurrence dynamics and source characteristics of the third and fourth generations of *Cnaphalocrocis medinalis* in Yizheng City in 2010 [J]. *Plant Protection*, 2012, 38 (3): 44–49. [韩志民, 张蕾, 潘攀, 等. 2010 年仪征市稻纵卷叶螟第三、四代发生动态及虫源性质 [J]. 植物保护, 2012, 38 (3): 44–49]
- Liu Y, Wang JQ, Feng XD, *et al.* Analysis of the actual occurrence of *Cnaphalocrocis medinalis* in 2007 and forecast of the occurrence trend in 2008 [J]. *China Plant Protection*, 2008, 28 (7): 33–35. [刘宇, 王建强, 冯晓东, 等. 2007 年全国稻纵卷叶螟发生实况分析与 2008 年发生趋势预测 [J]. 中国植保导刊, 2008, 28 (7): 33–35]
- Lü L, Zhang S, Chang XQ, *et al.* Effect of rice cultivation modes on the main pests population dynamics [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35 (4): 93–96. [吕亮, 张舒, 常向前, 等. 栽培模式对水稻主要害虫种群发生动态的影响 [J]. 中国农学通报, 2019, 35 (4): 93–96]
- Lu MH, Liu WC, Hu G, *et al.* Analysis of the relationship of rice planthopper and rice leaf folder occurrence between China and Vietnam [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (3): 31–36. [陆明红, 刘万才, 胡高, 等. 中越水稻迁飞性害虫稻飞虱, 稻纵卷叶螟发生关系分析 [J]. 植物保护, 2018, 44 (3): 31–36]
- Mally R, Hayden JE, Neinhuis C, *et al.* The phylogenetic systematics of Spilomelinae and Pyraustinae (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae) inferred from DNA and morphology [J]. *Arthropod Systematics Phylogeny*, 2019, 77 (1): 141–204.
- Qi GJ, Qin RR, Xiao MK, *et al.* Occurrence of the third and fourth generations of *Cnaphalocrocis medinalis* in the mixed cropping rice region in Anqing, Anhui Province [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2008, 22 (5): 513–518. [齐国君, 秦冉冉, 肖满开, 等. 安徽安庆混作稻区稻纵卷叶螟第三、四代发生规律研究 [J]. 中国水稻科学, 2008, 22 (5): 513–518]
- Qi GJ, Wang Z, Lan RQ, *et al.* Occurrence and population characteristics analysis of *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) in rice growing region in Northern Guangdong Province [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2013, 27 (2): 177–183. [齐国君, 王政, 蓝日青, 等. 粤北稻区稻纵卷叶螟的发生规律及虫源性质分析 [J]. 中国水稻科学, 2013, 27 (2): 177–183]
- Shen TH, Liang WB, Chen H. Analysis of the causes of the occurrence and integrated control techniques of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Barley and Cereal Science*, 2007, 1: 49–50. [沈田辉, 梁文斌, 陈华. 稻纵卷叶螟大发生原因分析及综合防治技术 [J]. 大麦与谷类科学, 2007, 1: 49–50]
- Wang QX, Xu L, Wu JC. Physical and biochemical mechanisms of resistance of different rice varieties to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Acta Entomologica*, 2008, 51 (12): 1265–1270. [王元翔, 许路, 吴进才. 水稻品种对稻纵卷叶螟抗性的物理及生化机制 [J]. 昆虫学报, 2008, 51 (12): 1265–1270]
- Wu QL, Hu G, Tuan HA, *et al.* Migration patterns and winter population dynamics of rice planthoppers in Indochina: New perspectives from field surveys and atmospheric trajectories [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2019, 265: 99–109.
- Yang F. Ecological Mechanism of Migration and Re-emigration in *Cnaphalocrocis medinalis* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014. [杨帆. 稻纵卷叶螟迁飞和再迁飞的生态机制 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014]
- Yang RM. Control methods of rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* and *Chilo suppressalis* [J]. *Nongjia Zhifu*, 2013, 15: 34–35. [杨荣明. 水稻纵卷叶螟及二化螟防治方法 [J]. 农家致富, 2013, 15: 34–35]
- Yang YJ, Xu HX, Zheng XS, *et al.* Progresses in management technology of rice leaf folders in China [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42 (5): 691–701. [杨亚军, 徐红星, 郑许松, 等. 中国水稻纵卷叶螟防控技术进展 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (5): 691–701]
- Yang YJ, Xu HX, Zheng XS, *et al.* Progresses in management technology of rice leaf folders in China [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42 (5): 691–701. [杨亚军, 徐红星, 郑许松, 等. 中国水稻纵卷叶螟防控技术进展 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (5): 691–701]
- Yao HF, Qiu YF, Gu JQ, *et al.* Comparison of the effects of sexual trap monitoring of rice leaf rollers, moth – driving and lamp traps in the

- field [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2018, 59 (5): 775 - 777, 779. [姚海峰, 仇智灵, 阮弋飞, 等. 水稻稻纵卷叶螟性诱监测与田间赶蛾和灯诱监测效果的比较 [J]. *浙江农业科学*, 2018, 59 (5): 775 - 777, 779]
- Yin JG. Studies on Regularity of Rice Two-specific Migration Pests in Donghai County of Jiangsu Province [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014. [尹建国. 江苏省东海县水稻两迁害虫发生规律研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014]
- Zhai BP, Zhang XX. Disaster law and early warning of major rice pests: Review and prospect [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2000, 37 (1): 41 - 45. [翟保平, 张孝羲. 水稻重大害虫的灾变规律及其预警: 回顾与展望 [J]. *昆虫知识*, 2000, 37 (1): 41 - 45]
- Zhang XL. New occurrence characteristics and effective control techniques of rice leaf roller in the area along the Yangtze River in Jiangsu [J]. *World Pesticides*, 2010, 32 (4): 52 - 54. [张夕林. 江苏沿江地区水稻纵卷叶螟发生新特点及其有效控制技术 [J]. *世界农药*, 2010, 32 (4): 52 - 54]
- Zhang XX, Lu ZQ, Geng JG, et al. Study on the migration of rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1980, 23 (2): 130 - 140. [张孝羲, 陆自强, 耿济国, 等. 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究 [J]. *昆虫学报*, 1980, 23 (2): 130 - 140]
- Zhao Y. Dynamics of The Rice Leaf Roller, *Cnaphalocrocis medinalis* and Its Green Prevention and Control Techniques in Jiangdu District [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018. [赵越. 江都地区稻纵卷叶螟发生动态及绿色防控技术研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2018]
- Zhou FQ, Kang XX, Chen YF, et al. Occurrence characteristics and control techniques of the rice leaf roller in Hanjiang, Yangzhou [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016, 44 (3): 140 - 145. [周奋启, 康晓霞, 陈银凤, 等. 扬州市邗江区稻纵卷叶螟发生特点及防治技术 [J]. *江苏农业科学*, 2016, 44 (3): 140 - 145]
- Zhu W, Yan J, Song J, et al. The first mitochondrial genomes for Pyralinae (Pyralidae) and Glaphyriinae (Crambidae), with phylogenetic implications of Pyraloidea [J]. *PLoS ONE*, 2018, 13 (3): e0194672.