

粤北稻区稻纵卷叶螟的发生规律及虫源性质分析

齐国君¹ 王政² 蓝日青³ 吕利华^{1,*}

(¹广东省农业科学院 植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640; ²华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; ³韶关市农业科学研究所, 广东 韶关 512005; * 通讯联系人, E-mail: lhlu@gdppri.com)

Occurrence and Population Characteristics Analysis of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) in Rice Growing Region in Northern Guangdong Province

QI Guo-jun¹, WANG Zheng², LAN Ri-qing³, LV Li-hua^{1,*}

(¹Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection/Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; ²College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ³Agricultural Science Institute of Shaoguan, Shaoguan 512005, China;

* Corresponding author, E-mail: lhlu@gdppri.com)

QI Guojun, WANG Zheng, LAN Riqing, et al. Occurrence and population characteristics analysis of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) in rice growing region in northern Guangdong Province. *Chin J Rice Sci*, 2013, 27(2): 177-183.

Abstract: The dynamics and population characteristics of *C. medinalis* for each generation in the rice growing region of northern Guangdong Province were studied through systematic investigation and female ovarian dissection during 2010 and 2011, and the annual population dynamics were analyzed in combination with data from daily field surveys conducted between 1961-1976 and the recent years after 2000. The results were as follows: 1) with six generations per year in Shaoguan City, *C. medinalis* had two main density peaks which occurred in early and middle June on early-season double-cropping paddy field, and in late August and early September on late-season double-cropping paddy field; 2) the population characteristics of *C. medinalis* for each generation were determined; 3) the date of moth density peak between 1961-1976 and 2000-2011 had no significant difference, but since 2000, mean daily amount of *C. medinalis* was significantly higher than that in peak days of early rice from 1961 to 1976 in Qujiang District, Guangdong Province; 4) the occurrence frequency of the highest moth density peak in early-season double-cropping paddy field was higher than that in late-season double-cropping paddy field between 2000 and 2011 in Qujiang District, Guangdong Province. The 3rd generation and 6th generation were the major injurious generation of early rice and late rice respectively, whereas the 2nd generation and 7th generation might broke out in special years. Therefore, the enormous increase of the spring immigrants of *C. medinalis* was the key factor behind the successive outbreak and serious damage in northern Guangdong Province after 2003, while autumn return migration was influenced by the natural environment and human prevention in the rice growing area of northern China, and there were no relationships between the spring immigrants and the autumn return immigrants of *C. medinalis*.

Key words: rice growing region of northern Guangdong Province; *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée); occurrence; population characteristics; peak day

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. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 177-183.

摘要: 采用田间系统赶蛾、雌蛾卵巢解剖的方法研究了2010-2011年韶关地区稻纵卷叶螟的种群动态及各发生世代的虫源性质,并结合1961-1976年、2000-2011年曲江地区稻纵卷叶螟高峰期日和高峰日蛾量,分析了不同年份稻纵卷叶螟田间种群消长的差异性。1)韶关地区稻纵卷叶螟一年可发生6个世代,早稻发蛾高峰期集中在6月上中旬,晚稻发蛾高峰期集中在8月底至9月上旬;2)明确了韶关地区稻纵卷叶螟各发生世代的虫源性质;3)在1961-1976年和2000-2011年两个时间段之间,曲江地区稻纵卷叶螟早稻和晚稻田间蛾量高峰期日差异不显著,但2000年以来早稻田间高峰日平均蛾量却显著高于20世纪60-70年代;4)2000-2011年,曲江地区稻纵卷叶螟田间蛾量的最高峰在早稻期间的出现频率高于晚稻,早稻和晚稻的主害代分别为第3代和第6代,但个别年份第2代、第7代稻纵卷叶螟也会暴发成灾。可见,2003年全国稻纵卷叶螟大暴发以来,前期迁入蛾量的成倍增加直接导致了粤北地区早稻稻纵卷叶螟连年大发生,而秋季回迁虫源则受北方稻区的自然环境和人为防治因素的干扰,与前期迁入量之间并没有必然的联系。

关键词: 粤北稻区; 稻纵卷叶螟; 发生; 虫源性质; 高峰日

中图分类号: S435.112[†].1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2013)02-0177-07

稻纵卷叶螟 [*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée)] 是我国一种重要的水稻害虫, 具有大区域、长距离、季节性的迁飞习性^[1]。21 世纪以来, 稻纵卷叶螟发生范围明显加重, 其中 2003、2007、2008 年为特大暴发^[2], 给水稻生产造成了重大损失, 然而近几年, 稻纵卷叶螟却有逐步减轻的趋势。2009 年稻纵卷叶螟在全国发生程度总体偏轻, 而广东省第 6 代稻纵卷叶螟却特大发生, 发生面积高达 100 万 hm^2 , 为近十年来发生最严重的一年^[3], 故对稻纵卷叶螟而言, 即使在轻发生年份, 仍表现出显著的地域差异和发生分布极不均匀的特点^[4], 这给稻纵卷叶螟的预测预报带来了极大的困难。

粤北地区位于南岭山脉南麓, 属于典型的南岭双季稻区, 地理位置、生态环境和气候条件都比较特殊, 是稻纵卷叶螟南北往返迁飞的主要路径及繁殖危害地, 也是长江流域和北方广大稻区的主要虫源地之一^[5-6]。稻纵卷叶螟在该地区常年发生 6~7 代, 可以以蛹和少量幼虫越冬, 虽有少量本地越冬虫源, 但其数量不足以构成初发代和主害代的有效虫源^[1]。一般认为, 粤北地区第 1 代稻纵卷叶螟零星发生, 此时早稻尚未插秧或刚插秧不久, 其在本地基本不产生危害, 第 2~4 代为害早稻, 第 5~7 代为害晚稻, 其中以第 3 代、第 6 代为早稻和晚稻主害代^[7]。近年来, 粤北地区稻纵卷叶螟暴发频次显著增加, 这不仅使当地的水稻产量损失惨重^[8], 也为稻纵卷叶螟的迁飞为害提供了充足的虫源基数。因此, 阐明粤北稻区稻纵卷叶螟的发生规律和虫源性质, 分析不同年份田间种群消长的差异性, 对当地乃至全国稻纵卷叶螟的监测预警和防控决策具有重要意义。

为此, 我们于 2010—2011 年连续两年在广东省韶关市农业科学研究所设立系统调查田, 采用田间系统调查与雌蛾卵巢解剖相结合的方法, 对粤北地区稻纵卷叶螟的种群动态及虫源性质进行系统研究, 并结合历史数据对比分析了 2000 年以来曲江地区稻纵卷叶螟在不同年份的种群消长动态, 以期阐明粤北地区稻纵卷叶螟大发生种群的演化规律, 为稻纵卷叶螟的精细化异地预测和源头治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

1961—1976 年粤北地区稻纵卷叶螟高峰日虫

情资料来自霍基等^[7]; 2000—2011 年广东省曲江地区稻纵卷叶螟田间赶蛾的逐日资料来源于全国农业技术推广服务中心病虫测报处; 2010—2011 年韶关地区稻纵卷叶螟田间赶蛾和卵巢解剖资料, 为田间调查所得。

1.2 试验设计

试验地点位于广东省韶关市农业科学研究所 ($24^{\circ}47'5''\text{N}$, $113^{\circ}31'6''\text{E}$)。调查时间为 2010 年 5—10 月及 2011 年 5—10 月, 高峰期逐日赶蛾, 高峰期之后隔天赶蛾。韶关地区地处粤北, 以种植双季稻为主, 选取按常规栽培措施管理的双季早稻、双季晚稻进行田间调查, 整个生育期内不使用农药防治病虫害。其中, 2010 年早稻品种为金优 207, 4 月 8 日移栽, 6 月 15 日抽穗, 7 月 19 日收割; 晚稻品种为象牙占, 8 月 3 日移栽, 9 月 30 日抽穗, 11 月 2 日收割。2011 年早稻品种为金优 207, 4 月 10 日移栽, 6 月 15 日抽穗, 7 月 23 日收割; 晚稻品种为粤香占, 8 月 2 日移栽, 9 月 21 日抽穗, 10 月 28 日收割。

1.3 田间赶蛾和卵巢解剖

赶蛾方法: 固定选取代表性田块, 面积为 66.7 m^2 , 清晨手持竹竿轻轻拨动稻株, 目测并记录起飞的蛾数, 并换算成 667 m^2 蛾量^[9]。

卵巢解剖: 将田间赶蛾时用捕虫网捕捉的雌蛾进行卵巢解剖, 卵巢解剖方法、卵巢分级标准及虫源性质的判定均参照张孝羲等^[10]的标准。记录各级卵巢发育级别、交尾次数以及精包数, 并计算各级百分率和交配率, 以此确定稻纵卷叶螟种群的虫源性质。

1.4 分析方法

采用 SPSS 16.0 的独立样本 t 测验法对曲江地区 1961—1977 年、2000—2011 年两个不同时间段的稻纵卷叶螟高峰日期、高峰日蛾量进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 2010—2011 年韶关地区稻纵卷叶螟田间种群动态分析

采用田间赶蛾方法系统调查了韶关地区双季早稻和双季晚稻稻纵卷叶螟的田间发生动态(图 1), 结果表明韶关地区稻纵卷叶螟一年可发生 6 个世代, 早稻发蛾高峰期集中在 6 月上中旬, 正值双季早稻孕穗期, 晚稻发蛾高峰期集中在 8 月底至 9 月上旬, 正值双季晚稻拔节至孕穗期。

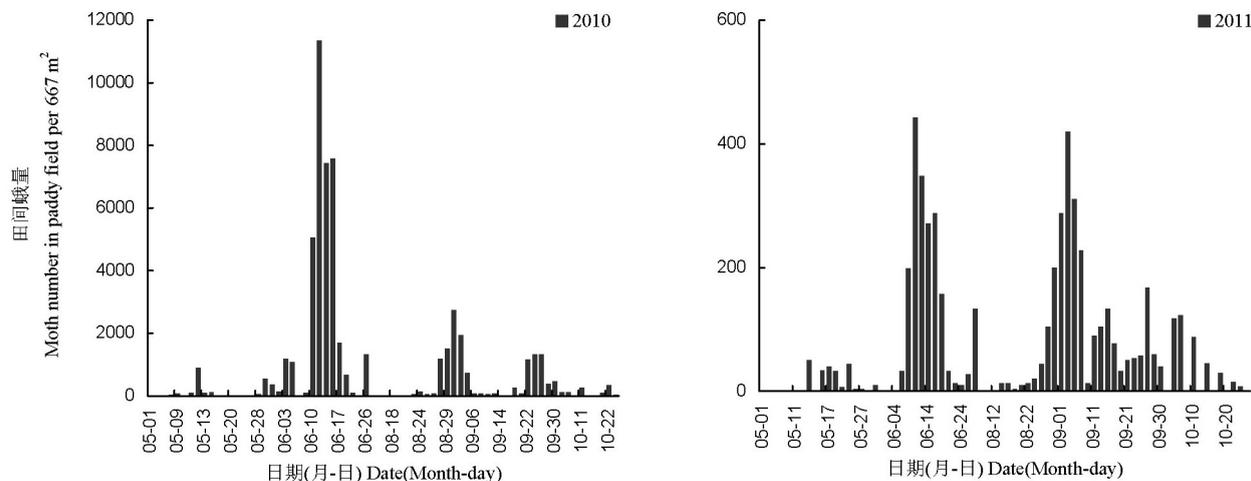


图1 2010—2011年广东省韶关市稻纵卷叶螟田间蛾量消长动态

Fig. 1. Dynamics of moth number in paddy field between 2010 and 2011 in Shaoguan City, Guangdong Province.

按全国统一划分世代的方法分析了2010年和2011年韶关地区稻纵卷叶螟的田间种群动态(图1,第1代稻纵卷叶螟极少发生,未调查)。第2代稻纵卷叶螟成虫突增现象明显,发蛾高峰期集中在5月中旬,2010年和2011年高峰日蛾量分别为898头/667 m²(5月12日)、50头/667 m²(5月13日)。第3代为早稻的主害代,稻纵卷叶螟田间蛾量居高不下,高峰期集中在6月上中旬,如2010年高峰日蛾量高达11339头/667 m²(6月12日),而2011年仅为442头/667 m²(6月10日)。第4、5代正值双季早稻乳熟黄熟期至双季晚稻移栽期,食料条件不适合稻纵卷叶螟定居繁殖,田间蛾量始终维持在较低的水平,发生较轻。第6代为晚稻的主害代,稻纵卷叶螟发蛾高峰期集中在8月底至9月上旬,2010年和2011年高峰日蛾量分别为2742头/667 m²(8月31日)、419头/667 m²(9月3日)。第7代稻纵卷叶螟发生较轻,发蛾高峰集中在9月底,之后田间蛾量始终维持在较低水平。第8代正值双季晚稻的黄熟收割期,未调查。

2.2 韶关地区稻纵卷叶螟田间种群的虫源性质分析

2010—2011年韶关地区稻纵卷叶螟的卵巢系统解剖结果表明(表1),第1代稻纵卷叶螟因数量极少(未解剖)。第2代稻纵卷叶螟全为Ⅲ级以上的成熟卵巢,交配率高达97.06%,为基本迁入型。第3代稻纵卷叶螟虫源性质较为复杂,既有外地迁入

虫源,又有本地繁殖虫源,属于部分迁入、部分本地繁殖型。第4代稻纵卷叶螟Ⅰ、Ⅱ级未成熟的卵巢比例较高,交配率小于30%,为大部分迁出型。第5代稻纵卷叶螟田间蛾量少,双季晚稻也插秧不久,稻纵卷叶螟多集中在附近杂草中,既有本地繁殖的虫源,又有外地迁入虫源。第6代稻纵卷叶螟Ⅲ级以上的成熟卵巢比例高于80%,交配率也较高,也有Ⅰ、Ⅱ级未成熟的卵巢,属于部分迁入、部分本地繁殖型。第7代稻纵卷叶螟Ⅰ、Ⅱ级未成熟的卵巢比例高,交配率低于30%,为本地繁殖、大部分迁出型。11月份韶关地区正值双季晚稻的收割期,田间鲜见稻纵卷叶螟成虫,未解剖第8代。

2.3 1961—1977年、2000—2011年粤北地区稻纵卷叶螟高峰日及高峰日蛾量的对比分析

对1961—1977年、2000—2011年曲江稻纵卷叶螟早稻和晚稻田间赶蛾高峰日蛾量进行分析(表2),结果表明2000年以来,曲江地区早稻期间田间高峰日平均蛾量由20世纪60—70年代的1760头/667 m²增加至16558头/667 m²($P=0.04 < 0.05$),差异显著;晚稻期间高峰日平均蛾量也由4609头/667 m²增加到5772头/667 m²($P=0.29 > 0.05$),但差异不显著。

再对1961—1977年、2000—2011年曲江稻纵卷叶螟早稻和晚稻田间赶蛾高峰日进行分析(表2),发现2000年以来,曲江地区的早稻和晚稻田间赶蛾平均高峰日分别出现在6月10日、9月9日,

表 1 2010 和 2011 年广东省韶关市稻纵卷叶螟各发生世代的卵巢发育程度

Table 1. Ovarian development of moths for each generation between 2010 and 2011 in Shaoguan City, Guangdong Province.

代次 Generation	年份 Year	卵巢发育程度各级比例 Ovarian development grades/%					交配率 Mated ratio /%	虫源性质 Population characteristics
		I	II	III	IV	V		
2	2010	—	—	—	—	—	—	—
	2011	0	0	2.94	88.24	8.82	97.06	基本迁入 Mostly immigration
3	2010	5.13	10.26	20.51	43.59	20.51	82.05	部分迁入,部分本地繁殖 Partly immigration, partly local breed
	2011	16.67	14.81	11.11	50.00	7.41	66.67	部分迁入,部分本地繁殖 Partly immigration, partly local breed
4	2010	54.76	10.71	3.57	17.86	13.10	33.33	大部分迁出 Mostly emigration
	2011	69.39	14.29	2.04	12.24	2.04	16.33	大部分迁出 Mostly emigration
5	2010*	12.50	12.50	16.67	50.00	8.33	79.17	部分迁入,部分本地繁殖 Partly immigration, partly local breed
	2011	—	—	—	—	—	—	—
6	2010	3.15	8.66	4.33	50.39	33.46	87.01	部分迁入,部分本地繁殖 Partly immigration, partly local breed
	2011	6.21	12.41	9.66	60.69	11.03	78.62	部分迁入,部分本地繁殖 Partly immigration, partly local breed
7	2010	57.14	17.46	3.97	9.52	11.90	28.57	大部分迁出 Mostly emigration
	2011	56.13	30.36	5.36	13.10	6.55	20.75	大部分迁出 Mostly emigration

* 部分稻纵卷叶螟成虫采自稻田附近杂草。

* Part of moths collected from weeds near paddy field.

与 1961—1977 年的 6 月 8 日和 9 月 4 日相比虽稍有滞后,但经 t 检验,差异不显著。

可见,曲江地区稻纵卷叶螟早稻和晚稻田间赶蛾高峰日在不同年份之间差异不显著,早稻稻纵卷叶螟的蛾量高峰日集中出现在 6 月上旬,概率占 65%,晚稻的蛾量高峰日集中出现在 9 月上旬,概率占 47.6%(表 2)。2000 年以来,曲江地区早稻期间高峰日平均蛾量显著高于 20 世纪 60—70 年代蛾量,晚稻期间高峰日平均蛾量之间的差异不显著。特别是 2003 年全国稻纵卷叶螟大暴发以来,曲江地区稻纵卷叶螟田间高峰日蛾量居高不下,2003—2004、2006—2010 年稻纵卷叶螟田间高峰日蛾量均超过 10000 头/667m²,其中 2010 年蛾量高达 68340 头/667m²,达历史同期最高。

2.4 2000—2011 年粤北地区稻纵卷叶螟田间蛾量消长分析

对比分析 2000—2011 年曲江稻纵卷叶螟田间蛾量消长动态(图 2)可知,曲江地区稻纵卷叶螟在早稻和晚稻的发生情况有所不同,2000—2011 年的 12 年中,全年稻纵卷叶螟田间蛾量的最高峰出现在早稻期间的有 9 年(占 75%),出现在晚稻期间的有 3 年(占 25%),早稻期间高峰日蛾量超过 10000 头/

667 m² 有 2003、2004、2006、2007、2008、2010 年,共 6 年(占 50%),晚稻期间高峰日蛾量超过 10000 头/667 m² 的有 2004、2006、2009 年,共 3 年(占 25%)。可见,稻纵卷叶螟田间蛾量的最高峰在早稻期间的出现频率高于晚稻。

在 2000—2011 年的 12 年中,早稻发生重,晚稻发生轻的有 2003、2007、2008 和 2010 年,早稻发生轻,晚稻发生重的有 2009 年,早、晚稻连续大发生的有 2004 年和 2006 年,而 2000—2002 年、2005 年、2011 年稻纵卷叶螟田间高峰日蛾量均在 10000 头/667 m² 以下,发生总体较轻。稻纵卷叶螟不同世代之间的发生情况年度间也存在差异,一般而言,早稻和晚稻的发蛾高峰主要集中在第 3 代和第 6 代,但在 2003 和 2010 年,一般年份轻发生的第 2 代也偏重发生,高峰日蛾量分别达到 8040 头/667 m² 和 8267 头/667 m²,而在 2009 年,作为迁出世代的第 7 代稻纵卷叶螟却滞留暴发,高峰日蛾量高达 14667 头/667 m²(图 2)。可见,曲江地区稻纵卷叶螟的发生情况年度间差异较大,有早稻发生重,晚稻发生轻,有早稻发生轻,晚稻发生重,亦有早、晚稻连续大发生的情况,早稻和晚稻的主害代分别为第 3 代和第 6 代,但个别年份第 2 代、第 7 代稻纵卷叶螟也会

表 2 1961—1977 年和 2000—2011 年广东曲江稻纵卷叶螟早稻和晚稻田间赶蛾高峰日及蛾量

Table 2. Date and amount of moth density peak in double-cropping early-season and late-season paddy field between 1961—1976 and 2000—2011 in Qujiang District, Guangdong Province.

年份 Year	早稻 Early rice			晚稻 Late rice		
	高峰日 Peak date	日序 Date sequence	蛾量 Moth number per 667 m ²	高峰日 Peak date	日序 Date sequence	蛾量 Moth number per 667 m ²
1961	06-05	10	1200	09-09	20	1860
1963	06-10	15	1020	09-04	15	240
1964	06-08	13	480	08-30	10	960
1965	06-04	9	120	09-05	16	3960
1966	06-06	11	1050	09-02	13	14280
1968	—	—	—	09-08	19	18720
1970	06-07	12	6480	—	—	—
1974	06-15	20	1467	09-09	20	834
1976	06-05	10	2268	08-24	4	27
1977	—	—	—	09-05	16	600
1961—1977	06-08	12.50±1.27	1760±711	09-04	14.77±1.73	4609±2310
2000	06-05	10	5267	08-30	10	1467
2001	06-05	10	2068	09-04	15	2333
2002	05-27	1	4866	09-03	14	2352
2003	06-13	18	21334	09-11	22	1533
2004	06-21	26	17333	08-30	10	14667
2005	06-04	9	7533	09-12	23	4867
2006	06-30	35	10267	09-11	22	11600
2007	06-05	10	21667	08-21	1	2747
2008	06-14	19	33333	09-25	36	4800
2009	06-05	10	1800	10-19	60	14667
2010	06-12	17	68340	08-27	7	7035
2011	06-10	15	4891	09-05	16	1206
2000—2011	06-10	15.00±2.58	16558±5478	09-09	19.67±4.50	5772±1470
<i>t</i> 检测		<i>t</i> =0.74	<i>t</i> =2.17		<i>t</i> =0.89	<i>t</i> =0.44
<i>t</i> -test		<i>P</i> =0.46	<i>P</i> =0.04		<i>P</i> =0.38	<i>P</i> =0.66

早稻赶蛾高峰日以 5 月 27 日计为 1, 28 日计为 2; 晚稻赶蛾高峰日以 8 月 21 日计为 1, 8 月 22 日计为 2, 依次类推, 进行差异性比较, 换算成日期。

In spring peak days, May 27 is defined as 1, and May 28 as 2, and so on; in autumn peak days, August 21 is defined as 1, and August 22 as 2, and so on. Statistic analysis was conducted, and the date sequence data were then converted to date.

暴发成灾。

3 讨论

大多数昆虫的起飞迁移都发生在雌虫成虫幼嫩后期, 如以飞行与生殖的翘翘板现象而提出的“卵子发生——飞行共轭”理论已在许多迁飞昆虫中被证实^[11]。张孝羲等^[1]根据迁入地和迁出地稻纵卷叶螟雌虫卵巢发育情况的差异将其虫源性质划分为四种类型, 各地区稻纵卷叶螟的虫源性质存在明显的季节性、地区性变化^[12-13], 系统解剖稻纵卷叶螟雌蛾的卵巢可以确定各世代各峰次的虫源性质, 在研究迁入、迁出的衔接关系和季节性迁飞路径中发挥了重大的作用^[14]。本研究结果表明, 粤北地区早稻期

间第 2 代为基本迁入型, 第 3 代为部分迁入、部分本地繁殖型, 第 4 代为大部分迁出型。晚稻期间第 5 代为本地繁殖、部分迁入型, 第 6 代为部分迁入、部分本地繁殖型, 第 7 代为大部分迁出型。可见, 在粤北地区的早稻和晚稻, 除了本地繁殖虫源的栖境转移外, 还有外地虫源的迁入和本地虫源迁出的交替过程。这与邹永辉等^[15]对韶关地区早稻田稻纵卷叶螟的虫源性质的判断完全吻合, 只是在各级卵巢所占的比例上存在少量差别, 亦与古乃裕^[16]对梅县稻纵卷叶螟各世代的虫源性质的判断一致。

一般而言, 虫源基数是稻纵卷叶螟大发生的前提条件, 迁入虫源的数量对稻纵卷叶螟田间种群的数量变动有重要作用^[17]。稻纵卷叶螟在粤北地区

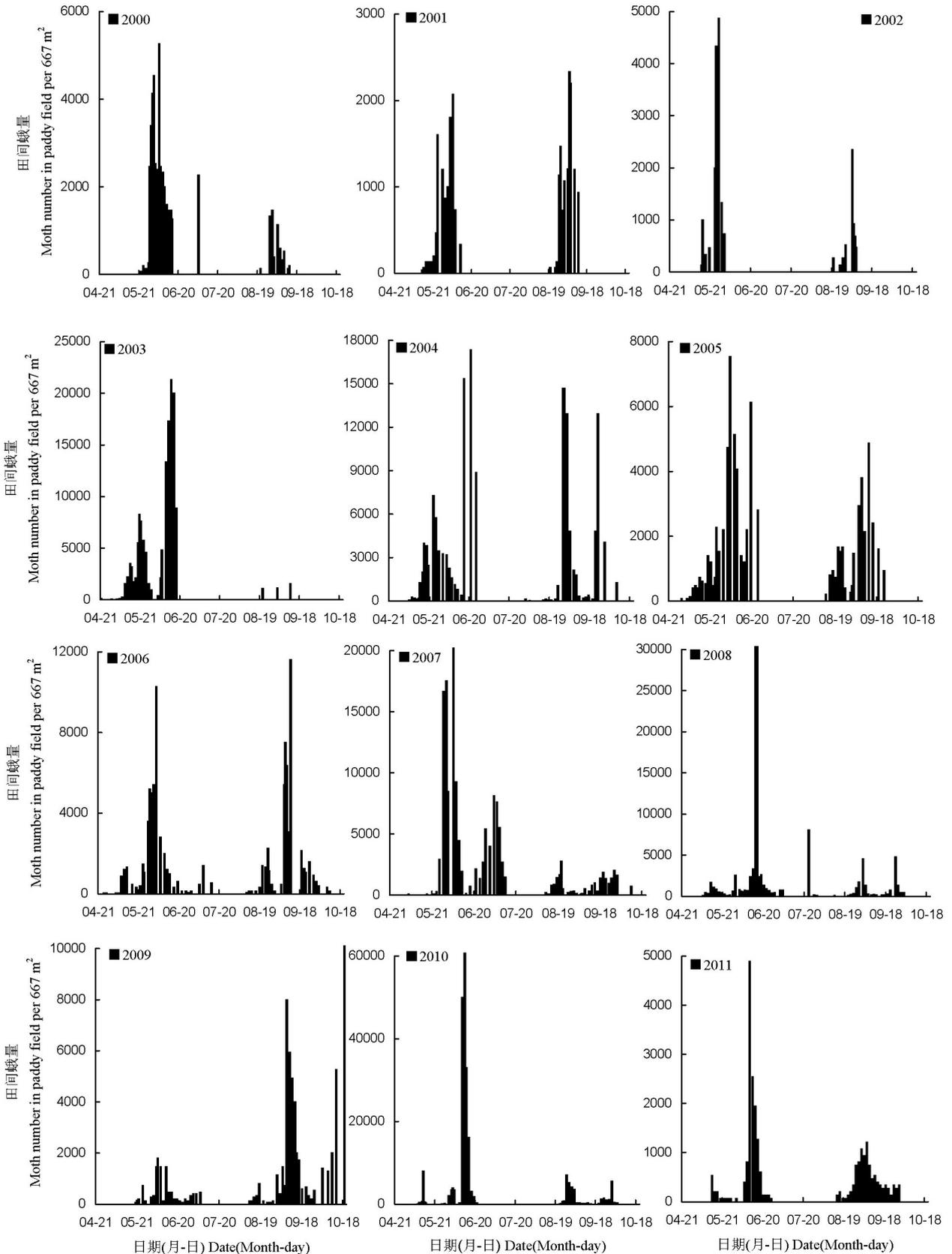


图 2 2000—2011 年广东曲江稻纵卷叶螟田间蛾量消长动态

Fig. 2. Dynamics of moth number in paddy field from 2000 to 2011 in Qujiang, Guangdong Province.

可零星越冬,但并不构成翌春初发世代的有效虫源,其主要虫源来自外地迁入,早稻稻纵卷叶螟的发生情况在一定程度上取决于春季虫源迁入量的多少,而夏季随台风迁入的虫源和秋季回迁的虫源又直接影响晚稻稻纵卷叶螟的蛾量^[18-19]。早稻和晚稻的蛾量高峰日分别在6月上旬、9月上旬,根据卵巢解剖可知此发蛾高峰均以迁入种群为主,分析历史资料可知,20世纪60—70年代早稻期间的高峰日蛾量在120~6480头/667 m²之间^[7],而2000年以来高峰日平均蛾量却高达16558头/667 m²,显著高于20世纪60—70年代;而晚稻期间,20世纪60—70年代高峰日平均蛾量为4609头/667 m²,与2000年以来的平均蛾量5772头/667 m²相比,差异不显著。由此可见,近年来前期迁入蛾量的成倍增加直接导致了粤北地区早稻稻纵卷叶螟连年大发生,而秋季回迁虫源则受北方稻区的自然环境和人为防治因素的干扰,与前期迁入量之间并没有必然的联系,这与王凤英等^[9]、齐国君等^[20]的研究结果也基本符合。

一般而言,粤北地区每年春季稻纵卷叶螟会普遍出现数次蛾量突增峰,夏季台风影响也会出现蛾量突增,9、10月份还有秋季回迁的突增峰,这些迁入种群对本地区稻纵卷叶螟的暴发种群形成的影响机制还需要进一步研究。

谢辞:全国农业技术推广服务中心病虫测报处提供历史虫情资料,韶关市农业科学研究所提供试验场地,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 张孝羲,耿济国,陆自强,等. 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究. 昆虫学报, 1980, 23(2): 130-139.
- [2] 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. 中国水稻科学, 2008, 22(5): 513-518.
- [3] 陈玉托. 广东省2009年第6代稻纵卷叶螟暴发原因调查分析. 中国植保导刊, 2010, 30(4): 18-19.
- [4] 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. 昆虫知识, 2000, 37(1): 41-45.
- [5] 南岭稻区迁飞性害虫科研协作组. 南岭稻区迁飞性害虫褐稻虱、白背飞虱、稻纵卷叶螟综合研究. 广西农业科学, 1987(1): 33-37.
- [6] 孙经耀. 南岭稻区褐稻虱白背飞虱稻纵卷叶螟迁飞高峰期与天气系统关系的研究. 广西农业科学, 1987(6): 16-21.
- [7] 霍基,黄国良,颜福钧,等. 粤北稻纵卷叶螟的发生预测研究. 昆虫知识, 1980, 17(6): 245-249.
- [8] 邹寿发,赖信红,黎家权,等. 韶关市第二代稻纵卷叶螟发生为害重. 植保技术与推广, 2003, 23(10): 44.
- [9] 王凤英,胡高,陈晓,等. 近年来广西南宁稻纵卷叶螟大发生原因分析. 中国水稻科学, 2009, 23(5): 537-545.
- [10] 张孝羲,陆自强,耿济国. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用. 昆虫知识, 1979, 16(13): 18-20.
- [11] Johnson C G. A basis for a general system of insect migration and dispersal by flight. *Nature*, 1960, 186(4722): 348-350.
- [12] Wada T, Kobayashi M, Shimazu M. Seasonal changes of the proportions of mated females in the field population of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera, Pyralidae). *Appl Entomol Zool*, 1980, 15(1): 81-89.
- [13] Wada T, Ogawa Y, Nakasuga T. Geographical difference in mated status and autumn migration in the rice leaf roller moth, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Entomol Exp Appl*, 1988, 46(2): 141-148.
- [14] 齐国君,芦芳,胡高,等. 卵巢解剖在我国迁飞昆虫研究中的应用. 中国植保导刊, 2011, 31(7): 18-22.
- [15] 邹永辉,张华,陈玉托. 韶关市早稻稻纵卷叶螟发生虫源分析. 中国植保导刊, 2009, 29(8): 9-11.
- [16] 古乃裕. 梅县稻纵卷叶螟发生各世代虫源性质和为害的研究. 病虫测报, 1988, 8(3): 12-15.
- [17] 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. 植物保护学报, 1995, 22(3): 193-197.
- [18] 全国稻纵卷叶螟协作组. 我国稻纵卷叶螟迁飞规律的研究进展. 中国农业科学, 1981, 14(5): 1-8.
- [19] Riley J R, Reynolds D R, Smith A D, et al. Observations of the autumn migration of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and other moths in eastern China. *Bull Entomol Res*, 1995, 85(3): 397-414.
- [20] 齐国君,梁载林,辛德育,等. 广西永福县近年来早稻田稻纵卷叶螟连年大发生的原因分析. 环境昆虫学报, 2009, 31(2): 95-101.