应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2013,50(3):601 - 607. DOI:10.7679/j.issn.2095 - 1353.2013.085

粤北稻区稻纵卷叶螟的虫源地分析*

齐国君[1]** 吕利华[1]*** 蓝日青[2] 谢金宏[2] 张伟群[2]

(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 广州 510640;
2. 韶关市农业科学研究所 韶关 512005)

摘 要 根据曲江地区12年稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 的历史虫情资料,挑选了31个代表性的发蛾高峰日,利用 HYSPLIT 轨迹分析平台对其迁飞峰次进行轨迹分析,结果表明:粤北稻区稻纵卷叶螟早期迁入虫源地主要分布在海南及两广南部稻区,其中5月大多分布在海南及雷州半岛,6月主要分布在两广南部稻区;夏季迁出虫源的降落地分布在长三角稻区及安徽稻区;秋季回迁虫源的虫源地主要分布在安徽南部及长三角稻区,少部分来自浙南及闽北;秋季迁出虫源的降落地主要集中在海南南部和越南北部稻区;随着时间的推移,其早期迁入虫源地的时空分布由南向北依次偏移,存在明显的季节性差异,而夏秋季迁出虫源降落地和秋季回迁虫源地的时空分布没有明显的季节性差异。本研究初步明确了粤北地区稻纵卷叶螟南北往返迁飞的虫源衔接关系。

关键词 粤北稻区,稻纵卷叶螟,轨迹分析,虫源地

Tracking the source regions of *Cnaphalocrocis medinalis* in the rice growing region of northern Guangdong Province

QI Guo-Jun[1]** LV Li-Hua[1]*** LAN Ri-Qing[2] XIE Jin-Hong[2] ZHANG Wei-Qun[2]

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection/Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Agricultural Science Institute of Shaoguan, Shaoguan 512005, China)

Abstract The geographic distribution of the source and landing areas of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée were analyzed using GIS (Geographic Information System), HYSPLIT, a trajectory analysis software package for the simulation of migration pathways, and data from daily field surveys conducted between 2000 and 2011 in Qujiang plant protection stations. We obtained the following results: Most of the early immigrants of *C. medinalis* came from Hainan Province in May and southern Guangdong and Guangxi in June. Most of the summer emigrants of *C. medinalis* are predicted to land in the rice growing regions of the Yangtze River Delta and Anhui Province. Most of the autumn immigrants came from the rice growing region of Yangtze River Delta and southern Anhui Province, but also from southern Zhejiang Province and northern Fujian Province. The autumn emigrants are predicted to land in southern Hainan Province and northern Vietnam. The spatio-temporal distribution of the source regions of the early immigrants is predicted to shift northward gradually with the change of season, but otherwise there are no obvious seasonal differences between months. This study provides a preliminary spatiotemporal model of the south to north migration of *C. medinalis* in rice growing region of northern Guangdong Province.

Key words rice growing region of northern Guangdong Province, *Cnaphalocrocis medinalis*, trajectory analysis, insect source region

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 是我国一种重要的水稻害虫,历史上曾出现了1969—1977、1980—1983、1988—1991 3个连年暴发期,其余年份为相对低谷期,表现出明显的间歇

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903051)。

** E-mail: super_qi@163.com

** 通讯作者,E-mail: lhlu@gdppri.com

收稿日期:2013-04-21,接受日期:2013-05-02

性突发猖獗却连年暴发的特点(翟保平和张孝羲,2000)。21 世纪继 2003 年稻纵卷叶螟全国性特大暴发以来(翟保平和程家安,2006),2007 年和 2008 年再次全国性特大暴发(齐国君等,2008),呈现出为害范围更广、程度更重、周期持续时间更长的趋势,其造成的损失令人触目惊心,治理费用也极为巨大,然而近几年却有逐步减轻的趋势,这给稻纵卷叶螟的预测预报和综合防治带来了极大的难度。

与褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth)一次性的单程飞行不同(封传红等,2002;汪远昆和翟保平,2004),稻纵卷叶螟具有变化莫测的再迁飞能力(王凤英等,2010),稻纵卷叶螟可以昼伏夜行连续飞行若干个夜晚,每个夜晚起飞时当地的风速风向将决定它第 2 天黎明时降落的地方,故其飞行过程和飞行轨迹极其复杂,这也使得即使在轻发生年份,稻纵卷叶螟仍表现出显著的地域差异和发生分布极不均匀的特点(翟保平和张孝羲,2000)。2010 年室内模拟吊飞试验证实了稻纵卷叶螟存在较强的再迁飞能力(黄学飞等,2010;王凤英等,2010),与标记回收试验中稻纵卷叶螟可以飞行 5 d 以上的结果基本相符,这为稻纵卷叶螟的轨迹分析提供了基本的行为参数,也为研究稻纵卷叶螟变幻莫测的再迁飞及降落机制提供了更加科学的依据。

粤北地区地处南岭山脉南麓,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(南岭稻区迁飞性害虫科研协作组,1987;孙经耀,1987),其迁入的迟早、迁入次数、迁入量的多少与我国稻区的发生轻重有密切关系,研究粤北稻区稻纵卷叶螟迁入虫源的虫源地分布以及迁出虫源的降落地分布,对全国稻纵卷叶螟的精细化异地预测和源头治理具有重要意义。

根据曲江 2000—2011 年稻纵卷叶螟的历史虫情资料,利用 HYSPLIT 轨迹分析平台对其迁飞峰次进行轨迹分析,追踪曲江地区稻纵卷叶螟迁入虫源的虫源地分布及迁出虫源的降落地分布,确定粤北稻区稻纵卷叶螟南北往返迁飞的虫源衔接关系,以期为稻纵卷叶螟的精细化异地测报和源头治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

虫情资料:2000—2011 年曲江稻纵卷叶螟田间赶蛾资料,来自全国农业技术推广服务中心病虫测报处。

地图资料:中国省级行政区图(1∶4 000 000)从国家基础地理信息中心(http://nfgis.nsdi.gov.cn)下载。

1.2 稻纵卷叶螟迁入期、迁出期的划分

张孝羲等(1979)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基本迁入型、部分迁入型、本地繁殖型、大部迁出型 4 种类型。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(Wada *et al.*, 1980,1988;齐国君等,2011)。本研究根据 2010—2011 年韶关地区稻纵卷叶螟的卵巢系统解剖结果(齐国君等,2013),规定了粤北地区稻纵卷叶螟的早期迁入期为 4—6 月中旬,夏季迁出为 6 月下旬—7 月,秋季回迁为 8 月下旬—9 月下旬,秋季迁出为 10—11 月。

1.3 轨迹分析主要参数的设定

轨迹分析利用由美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)与澳大利亚国家气象局联合开发的大气质点轨迹分析平台 HYSPLIT(HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)(http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT_info.php)。

轨迹分析的生物学参数设定:(1)稻纵卷叶螟顺风迁移(张孝羲等,1980);(2)稻纵卷叶螟在夜间飞行,日落后 1 h 内起飞,日出前 1 h 内降落(陈永年和汪清武,1980;张孝羲等,1994),根据翟保平(2004)日出、日落时刻的计算方法,逆推轨迹设置起始时刻为 21 h 或 22 h(文中所述时间为 UTC,下同),终止时刻为 11 h 或 12 h,顺推轨迹设置起始时刻为 11 h 或 12 h,终止时刻为 21 h 或 22 h,每夜连续飞行 9 ~ 11 h;(3)稻纵卷叶螟秋季的空中运行高度为 500 ~ 1 000 m(Riley *et al.*,1995;高月波等,2008;杨秀丽等,2008),夏季北迁高度高于 1 000 m(翟保平和张孝羲,1998),高山网捕蛾高度最高可达 1 800 m(张孝羲等,1981),本研究根据不同高度层的温度分别设置了春夏季飞行高

度为 800、1 000、1 500 m,秋季飞行高度为 500、800、1 000 m;(4)稻纵卷叶螟虽为多次再迁飞昆虫,但迁飞 1 ~3 次的占多数,5 次以上的很少,本研究以 1 ~5 次为标准进行取舍(王凤英等,2009);(5)逆推轨迹以降虫区为起点,顺推轨迹以虫源地为起点,以起飞时间为轨迹顺推的起始时刻,以降落时间为轨迹逆推的起始时刻,逆推至虫源地的起飞时刻,顺推至迁入地的降落时刻,起飞或降落日期即赶蛾高峰日或其前后 1 d。

轨迹分析的模型只是根据高空的温度和气流场和以上所列的几个生物学参数来进行分析的,获得迁飞轨迹后还要根据生物学特性、地形或寄主等因子进行筛选,才能得到有效的迁飞轨迹(张孝羲等,1994;周立阳等,1995),因此,在分析得到每条轨迹最终落点后,还必须根据以下几个条件进行取舍:(1)轨迹终止点的时间必须符合稻纵卷叶螟的起飞或降落节律;(2)轨迹终止点必须在水稻种植区;(3)该稻区需能提供稻纵卷叶螟的迁出虫源或者有蛾量突增。按以上标准进行轨迹的取舍,最后剔除不合理路径后得到有效轨迹(王凤英等,2009)。

2　结果与分析

2.1　2000—2011 年曲江地区稻纵卷叶螟田间蛾量高峰日分析

根据 2000—2011 年曲江地区稻纵卷叶螟虫情资料,挑选了 31 个代表性的发蛾高峰日,其中早期迁入 14 个,夏季迁出 5 个,秋季回迁 8 个,秋季迁出 4 个。由以上代表性的发蛾高峰日可知,曲江地区稻纵卷叶螟的早期迁入高峰期主要集中在 5 月底—6 月上旬,概率占 71.4%;夏季迁出高峰期主要集中在 6 月底—7 月上旬,概率占 80%;秋季回迁高峰期主要集中在 8 月底—9 月上旬,概率占 87.5%;秋季迁出高峰期集中在 10 月份(表 1)。

表 1　2000—2011 年曲江稻纵卷叶螟代表性高峰日及高峰日蛾量

Table 1　The date and amount of moth density peak from 2000 to 2011 in Qujiang District, Guangdong Province

早期迁入 Early immigrant		夏季迁出 Summer emigrant		秋季回迁 Autumn immigrant		秋季迁出 Autumn emigrant	
高峰日(年-月-日) Peak date (year-month-day)	667m² 蛾量 Moths in 667m² paddy field	高峰日(年-月-日) Peak date (year-month-day)	667m² 蛾量 Moths in 667m² paddy field	高峰日(年-月-日) Peak date (year-month-day)	667m² 蛾量 Moths in 667m² paddy field	高峰日(年-月-日) Peak date (year-month-day)	667m² 蛾量 Moths in 667m² paddy field
2000-6-7	2 200	2005-6-25	2 800	2000-8-29	1 201	2004-10-8	1 267
2001-6-3	1 800	2006-7-7	1 400	2002-9-6	2 352	2007-10-9	733
2002-5-13	1 000	2007-6-28	5 400	2004-8-25	1 067	2009-10-13	5 267
2003-5-13	3 534	2007-7-4	8 133	2005-9-1	1 467	2010-10-2	5 494
2003-6-9	13 334	2008-7-23	8 067	2006-9-10	11 160		
2004-5-15	2 000			2008-9-27	1 333		
2005-5-31	4 733			2010-8-30	5 226		
2006-5-9	1 200			2011-8-30	1 072		
2006-6-3	10 267						
2007-5-27	16 675						
2008-5-29	2 533						
2009-6-6	1 800						
2010-6-10	50 000						
2011-6-8	4 891						

2.2 曲江地区稻纵卷叶螟早期迁入种群的虫源地分析

对曲江地区出现稻纵卷叶螟迁入峰次进行轨迹分析的结果表明,5 月上中旬稻纵卷叶螟迁入种群的虫源地主要分布在海南稻区,大致位于 18° ~ 20°N 之间,稻纵卷叶螟一般可迁飞 2 ~ 3 次;5 月下旬其虫源地主要分布在海南北部和两广南部稻区,位于 20° ~ 22°N 之间,稻纵卷叶螟可迁飞 2 ~ 3 次;6 月上旬其虫源地主要分布在两广南部稻区,位于 22° ~ 23°N 之间,稻纵卷叶螟一般迁飞 1 ~ 2 次(图 1)。可见,曲江地区稻纵卷叶螟的早期迁入种群的虫源地主要分布在海南及两广南部稻区,其中 5 月大多分布在海南及雷州半岛,6 月主要分布在两广南部稻区,随着时间的推移,其早期迁入虫源地的时空分布存在季节性的差异,由南向北依次偏移。

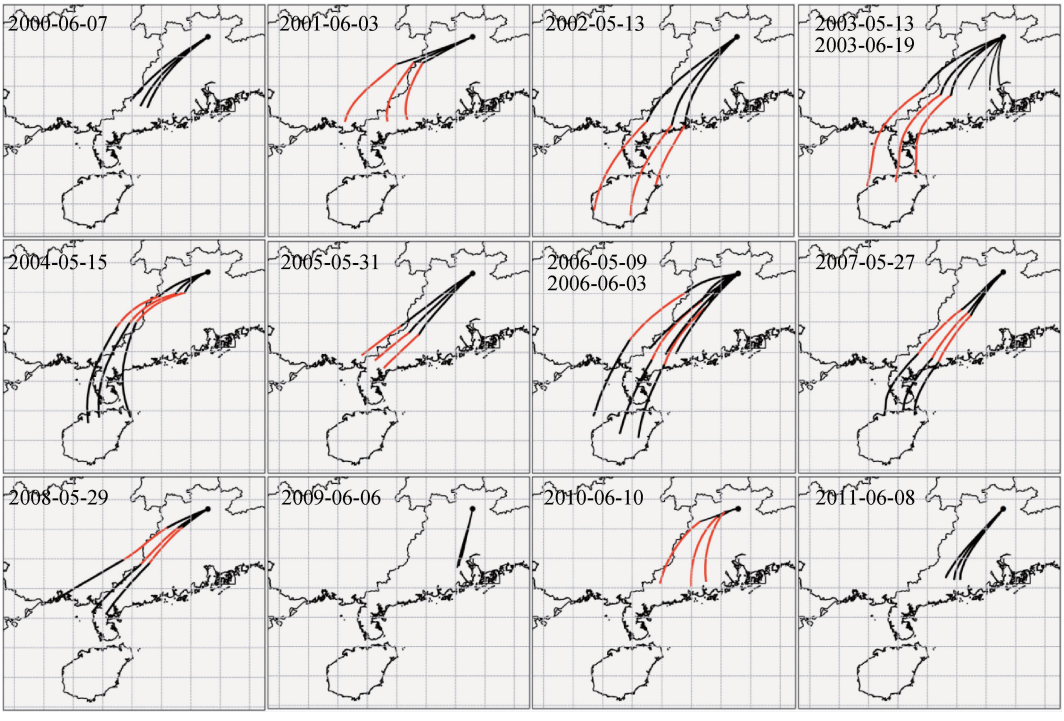

图 1 曲江稻纵卷叶螟早期迁入种群的迁飞轨迹

Fig. 1 Migratory trajectory of early immigrants of *Cnaphalocrocis medinalis* in Qujiang District, Guangdong Province

每条轨迹线条的红黑相间的段落代表自曲江开始的不同天数的迁飞轨迹(下图同)。

Every trajectory alternated with black and red represents the migratory trajectory on different days beginning from Qujiang (the same below).

2.3 曲江地区稻纵卷叶螟夏季迁出虫源的降落地分析

对 6 月下旬—7 月下旬曲江地区出现稻纵卷叶螟的迁出峰次进行轨迹分析,结果表明,稻纵卷叶螟夏季迁出虫源主要降落分布在安徽中南部、江苏南部、浙江北部及上海稻区,大致位于 30° ~ 32°N 之间,稻纵卷叶螟一般可迁飞 2 ~ 3 次,而 2006 年 7 月 7 日稻纵卷叶螟经历了 5 次迁飞过程才可到达目标稻区。可见,曲江地区稻纵卷叶螟夏季迁出虫源的降落地主要分布在长三角稻区及安徽稻区,其降落区域的时空分布没有明显的季节性差异(图 2)。

2.4 曲江地区稻纵卷叶螟秋季回迁虫源的虫源地分析

对 8 月下旬—9 月下旬曲江稻纵卷叶螟的秋季回迁峰次进行轨迹分析,结果表明,8 月下旬稻纵卷叶螟秋季回迁种群的虫源地主要分布在浙江中北部及安徽南部稻区,大致位于 28° ~ 31°N 之

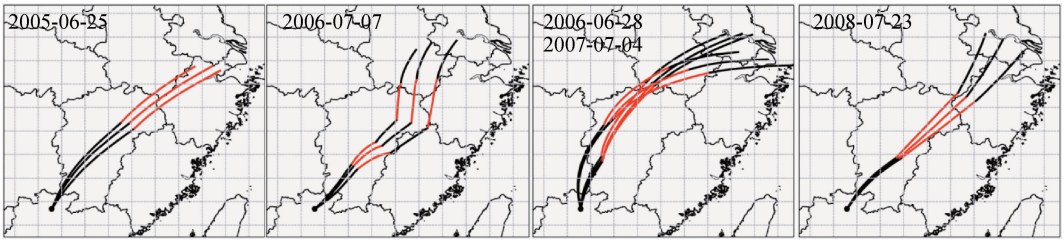

图 2　曲江稻纵卷叶螟夏季迁出种群的迁飞轨迹

Fig. 2　Migratory trajectory of summer emmigrants of *Cnaphalocrocis medinalis* in Qujiang District, Guangdong Province

间,稻纵卷叶螟可迁飞 2 ~ 4 次;9 月上旬其虫源地主要分布在江苏南部、安徽南部及浙江北部稻区,位于 30° ~ 32°N 之间,稻纵卷叶螟一般可迁飞 2 ~ 3 次;而 9 月下旬其虫源地主要分布在福建北部稻区,稻纵卷叶螟可迁飞 2 次。可见,曲江稻纵卷叶螟秋季回迁虫源的虫源地主要分布在皖南和长三角稻区,少部分来自浙南及闽北,其虫源地的时空分布没有明显的季节性差异(图 3)。

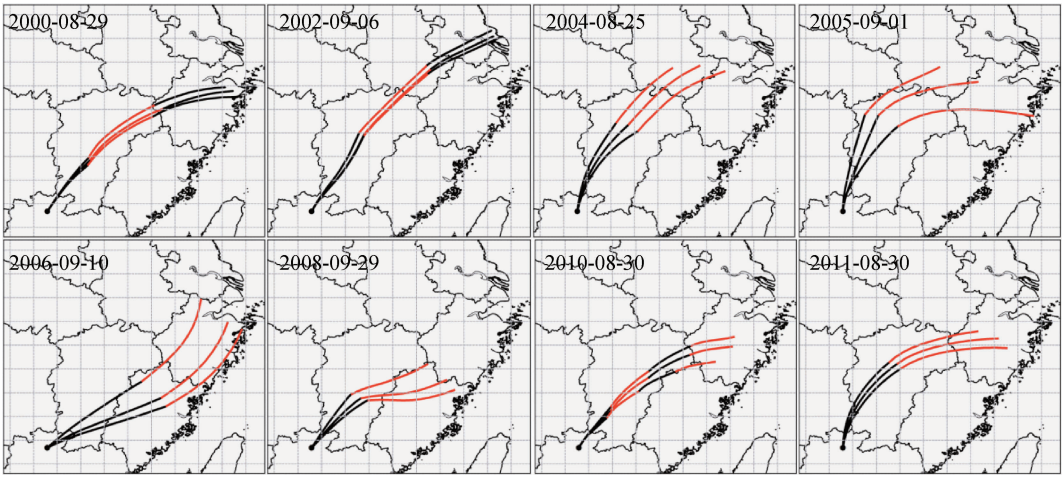

图 3　曲江稻纵卷叶螟秋季回迁种群的迁飞轨迹

Fig. 3　Migratory trajectory of autumn immigrants of *Cnaphalocrocis medinalis* in Qujiang District, Guangdong Province

2.5　曲江地区稻纵卷叶螟秋季迁出虫源的降落地

对 10 月曲江稻纵卷叶螟的秋季迁出峰次进行轨迹分析,结果表明,曲江地区稻纵卷叶螟秋季迁出虫源的降落地主要分布在海南南部及越南北部稻区,大致位于 18° ~ 22°N 之间,稻纵卷叶螟可迁飞 2 ~ 4 次。因此,曲江稻纵卷叶螟秋季迁出虫源的降落地主要位于在海南南部、越南北部稻区(图 4)。

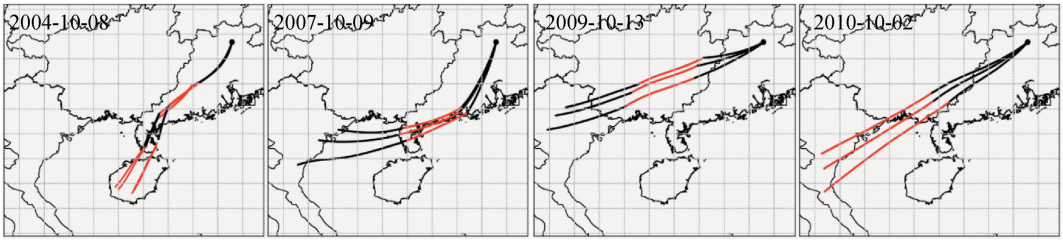

图 4　曲江稻纵卷叶螟秋季回迁种群的迁飞轨迹

Fig. 4　Migratory trajectory of autumn emmigrants of *Cnaphalocrocis medinalis* in Qujiang District, Guangdong Province

3 讨论

稻纵卷叶螟属于小型迁飞蛾类,在高空迁飞过程中可以作为一个空气质点,可根据 HYSPLIT 轨迹分析模型来模拟其迁飞轨迹。但不可否认的是,昆虫不同于惰性粒子,也绝不像尘粒或孢子那样完全被动地按大气的运动轨迹运行(翟保平等,1997),昆虫在很大程度上具有主动的乘风运行行为和主动选择最适风温场的能力(翟保平和张孝羲,1993)。本研究在模拟稻纵卷叶螟的迁飞轨迹时通过设置尽可能合理的生物学参数,加入了起飞、降落节律、续航时间、飞行高度、再迁飞能力等参数的设置和约束,并剔除了各种无效轨迹,追踪了粤北地区稻纵卷叶螟早期迁入虫源和秋季回迁虫源的虫源地、夏季迁出和秋季迁出虫源的降落地,初步明确了粤北稻区稻纵卷叶螟南北往返迁飞的虫源衔接关系。根据全国稻纵卷叶螟联合测报网 1977—1980 年雌蛾系统卵巢解剖结果和 2008 年南京农业大学水稻两迁害虫研究组在海南、安徽、江苏、上海等地的卵巢解剖结果可知,5 月份海南大部稻区稻纵卷叶螟的虫源性质属于迁出型,6 月上中旬广东西南稻区的虫源性质属于迁出型,6 月底—7 月长三角稻区的虫源性质属于迁入型(全国稻纵卷叶螟联合测报网,1981),8 月底—9 月上旬江南北部稻区的单季稻可提供大量的迁出虫源(齐国君等,2010),此外,本研究的夏季迁出虫源的降落地与周立阳等(1995)江淮稻区 7 月份稻纵卷叶螟的虫源地及迁飞路径相吻合,这也从另一侧面验证了本研究虫源衔接关系具有足够的可信度。

本研究不同季节设置了不同的飞行高度,通过模拟迁飞轨迹和虫源地验证,春夏季高度参数设在 1 000、1 500 m 的轨迹落点较为合理,秋季 500、800 m 的轨迹落点较为合理,这和王凤英等(2009)广西南宁轨迹分析参数设置和蒋春先等(2012)毫米波扫描昆虫雷达的秋季观测结果相一致,但与 Riley 等(1995)毫米波雷达及高月波等(2008)多普勒雷达观测结果存在差异,这是由于稻纵卷叶螟在空中的运行高度与高空的风温场有直接的关系,也与迁飞季节、地形地貌等密切相关(翟保平和张孝羲,1993)。广东和广西的研究都位于南岭山脉南缘或北缘,本身的地势较高,而毫米波和多普勒雷达的观测都位于长江平原地区,主要针对秋季回迁进行观测的,因此,本研究结果结合雷达观测结果正可说明稻纵卷叶螟的迁飞高度与高空季节性风温场及地形地貌环境有关。此外,本研究轨迹分析的迁飞次数以 1 ~ 3 次居多,所获得的轨迹落点均通过了有效轨迹的判定原则,也有少量需迁飞 5 次才可到达有效的虫源或降落地,这也与王凤英等(2010)和黄学飞等(2010)稻纵卷叶螟的室内吊飞结果相吻合。

本研究使用的轨迹分析模型均为逐日连续运行的,而稻纵卷叶螟在迁飞途中可能暂时停息后再做间歇的迁飞,从而造成模拟的迁飞轨迹与实际不符。此外,地形胁迫、天气条件、大气动力场、稻纵卷叶螟生理生态机制等对稻纵卷叶螟迁飞的影响也有待于进一步开展研究。

致谢: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,谨致谢忱!

参考文献(References)

Riley JR, Reynolds DL, Smith AD, Edwards AS, Zhang XX, Cheng XN, Wang HK, Cheng JY, Zhai BP, 1995. Observations of the autumn migration of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and other moths in eastern China. *Bull. Entomol. Res.*, 85(3):397 – 414.

Wada T, Kobayashi M, Shimazu M, 1980. Seasonal changes of the proportions of mated females in the field population of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera, Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 15(1): 81 – 89.

Wada T, Ogawa Y, Nakasuga T, 1988. Geographical difference in mated status and autumn migration in the rice leaf roller moth, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Entomol. Exp. Appl.*, 46(2):141 – 148.

陈永年, 汪清武, 1980. 稻纵卷叶螟飞翔特性的初步观察: Ⅲ. 起飞的主动性和运转的被动性. 湖南农学院学报, (2):23 – 33.

封传红, 翟保平, 张孝羲, 2001. 褐飞虱的再迁飞能力. 中国水稻科学, 15(2):125 – 130.

高月波, 陈晓, 陈钟荣, 包云轩, 杨荣明, 刘天龙, 翟保平, 2008. 稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis*)迁飞的多普勒昆虫雷达观测及动态. 生态学报, 28(11):5238 – 5247.

黄学飞, 张孝羲, 翟保平, 2010. 交配对稻纵卷叶螟飞行能力及再迁飞能力的影响. 南京农业大学学报, 33(5):

23 – 28.

蒋春先, 杨秀丽, 齐会会, 张云慧, 程登发, 2012. 中国华南地区稻纵卷叶螟迁飞的一次雷达观测. 中国农业科学, 45(23):4808 – 4817.

南岭稻区迁飞性害虫科研协作组, 1987. 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, 1:33 – 37.

齐国君, 秦冉冉, 肖满开, 郑兆阳, 江潮, 程遐年, 张孝羲, 翟保平, 2008. 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, 22(5):513 – 518.

齐国君, 王政, 蓝日青, 吕利华, 2013. 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, 27(2):177 – 183.

齐国君, 肖满开, 吴彩玲, 江潮, 张孝羲, 翟保平, 2010. 水稻种植制度变化对褐飞虱暴发种群形成的影响. 植物保护学报, 37(3):193 – 200.

齐国君,芦芳,胡高,王凤英,高燕,吕利华, 2011. 卵巢解剖在我国迁飞昆虫研究中的应用. 中国植保导刊, 31(7):18 – 22.

全国稻纵卷叶螟联合测报网, 1981. 我国稻纵卷叶螟的发生动态及其预测预报. 中国农业科学, 14(5):17 – 24.

孙经耀, 1987. 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, 6:16 – 21.

汪远昆, 翟保平, 2004. 白背飞虱的再迁飞能力. 昆虫学报, 47(4):467 – 473.

王凤英, 胡高, 陈晓, 沈慧梅, 罗善煜, 辛德育, 徐盛刚, 张孝羲, 翟保平, 2009. 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, 23(5):537 – 545.

王凤英, 张孝羲, 翟保平, 2010. 稻纵卷叶螟的飞行和再迁飞能力. 昆虫学报, 53(11):1265 – 1272.

杨秀丽, 陈林, 程登发, 孙京瑞, 2008. 毫米波扫描昆虫雷达空中昆虫监测的初步应用. 植物保护, 34(2):31 – 36.

翟保平, 2004. 昆虫行为研究中日长的计算. 昆虫知识, 41(2):178 – 184.

翟保平, 程家安, 2006. 2006 年水稻两迁害虫研讨会纪要. 昆虫知识, 43(4):585 – 588.

翟保平,张考羲,1993. 迁飞过程中昆虫的行为:对风温场的适应与选择. 生态学报,13(4):356 – 363.

翟保平,张考羲,程遐年,1997. 昆虫迁飞行的参化Ⅰ. 行为分析. 生态学报,17(1):7 – 17.

翟保平, 张孝羲, 1998. 稻纵卷叶螟标记蛾迁飞轨迹的数值模拟. 西南农业大学学报, 20(5):528 – 535.

翟保平, 张孝羲, 2000. 水稻重大害虫的灾变规律及其预警:回顾与展望. 昆虫知识, 37(1):41 – 45.

张孝羲, 耿济国, 陆自强, 李国柱, 陈学礼, 吴学文, 1980. 稻纵卷叶螟迁飞路径的研究. 昆虫学报, 23(2):130 – 139.

张孝羲, 耿济国, 周威君, 1981. 稻纵卷叶螟迁飞的生态机制研究. 南京农学院学报, 4(4):40 – 51.

张孝羲, 陆自强, 耿济国, 1979. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用. 昆虫知识, 16(3):97 – 99.

张孝羲, 周立阳, 程极益, 1994. 江淮稻区稻纵卷叶螟轨迹分析参数的推算. 南京农业大学学报, 17(1):32 – 38.

周立阳, 张孝羲, 程极益, 1995. 江淮稻区稻纵卷叶螟的轨迹分析. 南京农业大学学报, 18(2):53 – 58.