

基于荧光标记的怒江流域桔小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 的迁移扩散

陈 鹏^{1,2}, 叶 辉^{1,*}, 母其爱³

(1. 云南大学生命科学学院生物系, 云南 昆明 650091; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204;
3. 保山师范专科学校, 云南 保山 678000)

摘要 2005 年 7 月在云南怒江流域地区, 以荧光粉作为标记物, 采用“标记-释放-回收”方法, 对怒江流域桔小实蝇迁移扩散规律进行了研究。以释放点潞江坝为中心, 东南西北 4 个方位设立桔小实蝇回收点, 经过 7d 的回捕, 从释放点沿潞江以北至六库沿线共回收到的标记桔小实蝇 43 头, 最远在距释放点以北 97 km 的地方回收到标记桔小实蝇 5 头。沿怒江在释放点以南, 仅在小于 29 km 的范围内回收到标记桔小实蝇 17 头。释放点东面和西面未能回收到标记桔小实蝇。分析释放点以北各回收点标记桔小实蝇与非标记桔小实蝇的相互关系揭示, 非标记桔小实蝇与标记桔小实蝇在空间动态中具有相同的行为模式, 由此推论非标记桔小实蝇与标记桔小实蝇可能来自同一种群。分析怒江流域区的自然地理发现, 潞江坝桔小实蝇可借助怒江两边高大山脉形成的天然河谷通道, 在适宜的气候条件下, 在北上气流的携带下, 实现由南向北的远距离迁移扩散; 同时, 由于高大山脉的阻隔, 使潞江坝桔小实蝇没能向东西两个方向作远距离扩散迁移。研究首次揭示了在特定峡谷地区桔小实蝇扩散迁移现象, 为桔小实蝇迁移扩散研究提供了新鲜实例, 为在当地制定切实有效的桔小实蝇防治策略提供了基础信息。

关键词 荧光标记 桔小实蝇 怒江流域 迁移扩散

文章编号: 1000-0933(2007)06-2468-09 中图分类号: Q142.0968 文献标识码: A

Migration and dispersal of the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* in regions of Nujiang River based on fluorescence mark

CHEN Peng^{1,2}, YE Hui^{1,*}, MU Qi-Ai³

1 Department of Biology, College of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091 China

2 Yunnan Academy of Forestry, Kunming Yunnan 650204, China

3 Baoshan Teacher's College, Baoshan 678000, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (6) 2468 ~ 2476.

Abstract The migration and dispersal of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel, was studied using methyl eugenol-baited traps, in regions of Nujiang River, Yunnan, in July 2005, by mark-release-recapture method fluorescence powder as mark material. Recapture sites were set up at eastward, southward, westward and northward from release site, Lujiangba. After 7-day recapturing, 43 marked flies were recaptured at northern recapture sites from Lujiangba to Liuku along Nujiang River, and at the farthest site, 97 km from release site, 5 marked flies were recaptured. 17 marked flies were recaptured at southern recapture sites from release site, but the distances from release site were in 29 km. No any marked

基金项目 国家“973”重点基础研究发展计划资助项目(2003CB415100); 国家自然科学基金资助项目(30260023)

收稿日期 2006-06-05; 修订日期 2006-12-15

作者简介 陈鹏(1975~), 男, 云南昭通人, 博士生, 副研究员, 主要从事昆虫生态学研究。E-mail: chenpengkunming@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yehui@ynu.edu.cn

Foundation item The project was financially supported by the National Key Basic Priorities Programme (No. 2003CB415100), National Natural Science Foundation of China (No. 30260023)

Received date 2006-06-05; **Accepted date** 2006-12-15

Biography CHEN Peng, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in insect ecology. E-mail: chenpengkunming@yahoo.com.cn

and no-marked flies were recaptured at western and eastern recapture sites. Analyses of topography and geographic landscapes of the region indicated that under suitable climatic conditions, the fruit flies of Lujiangba could achieve their longer movement and dispersal inside the Nujiang valley from south to north along Nujiang River in virtue of southern air current carry. Meanwhile further movement and dispersal of the flies to east and west was obstructed by the two higher mountain chains beside Nujiang River. Analyzing relationships of marked and no-marked flies in the northern recapture sites showed that both marked and no-marked flies had similar behavior patterns in spatial population dynamics. It was inferred that both marked and no-marked flies might come from the same original region. The study firstly reveals a special movement and dispersal phenomenon of *B. dorsalis* at the special valley region. The results provide fundamental data for establishing feasible and effective control strategy of the fruit fly in regions of Nujiang River.

Key Words : fluorescence mark ; *Bactrocera dorsalis* ; regions of Nujiang River ; migration and dispersal

桔小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 又名东方果实蝇, 是热带和亚热带水果、蔬菜的重要害虫^[1~3]。该虫于 1912 年首次发现于我国台湾, 目前主要分布于环太平洋的国家和地区^[4~6]。

桔小实蝇在热带和亚热带地区一年发生 3~5 代, 但在个别地区一年也可发生 10 代, 各世代重叠^[4~6]。桔小实蝇产卵于渐近或已经成熟寄主果实内, 每雌一次可产卵 10~30 粒, 一生最多可产卵 1200 多粒^[5]。幼虫孵化出来后在果实内潜食果肉, 由此导致受害瓜果空洞、腐烂, 幼虫发育成熟后跳离受害果, 钻入土壤表层化蛹^[5]。成虫从土壤中羽化出来后, 需取食花蜜、果实或露水以补充营养, 性腺发育成熟后即飞到寄主瓜果上产卵, 由此形成新一轮危害^[1~3]。桔小实蝇在产卵过程中所形成的产卵孔还将引发有害真菌入侵, 导致被害果实形成局部坏死斑或大面积霉变^[7,8]。桔小实蝇生活周期短、寄主广泛、繁殖力强、危害性大, 一直被世界各国列为重要的检疫性害虫^[2]。

桔小实蝇在我国主要分布于华南和西南的 9 省区, 云南是我国桔小实蝇危害最为严重的省区之一^[10~12]。云南位于云贵高原北部, 海拔高, 纬度低, 山地占云南国土面积的 96% 以上, 各地自然地理和气候条件差异很大, 桔小实蝇在云南不同地区的发生危害模式因当地气候自然条件而不尽相同。总体上, 桔小实蝇在云南境内北纬 24° 以南的地区全年发生, 在北纬 24° 和 26° 的地区仅季节性发生和危害, 北纬 26° 以北的地区没有桔小实蝇分布^[13,14]。

怒江地处云贵高原西部边缘, 源于西藏, 经贡山进入云南, 由北向南经南信河口流入缅甸 (图 1)。怒江流域地理环境十分复杂, 山高谷低, 由南向北呈现热带、亚热带和温带 3 种气候类型。伴随气候条件的变化, 桔小实蝇在怒江流域的不同地段表现出不同的发生模式。桔小实蝇在潞江坝以南的广大区域呈常年发生, 而在潞江坝以北六库以南的地区呈季节性发生 (图 1)^[13,14]。对云南中部地区的研究表明, 季节性发生区的桔小实蝇主要来源于其南部临近的常年分布区^[16]。由此设想, 怒江流域季节性发生区的桔小实蝇是否也源于该流域桔小实蝇常年发生区呢? 显然, 对该问题的回答不仅有助于揭示该地区桔小实蝇发生规律, 同时还有助于深化我们对该特定区域内桔小实蝇发生规律的认识。

1 材料与方法

1.1 供试桔小实蝇的捕获

野外试验于 2005 年 7 月在怒江流域潞江坝、六库

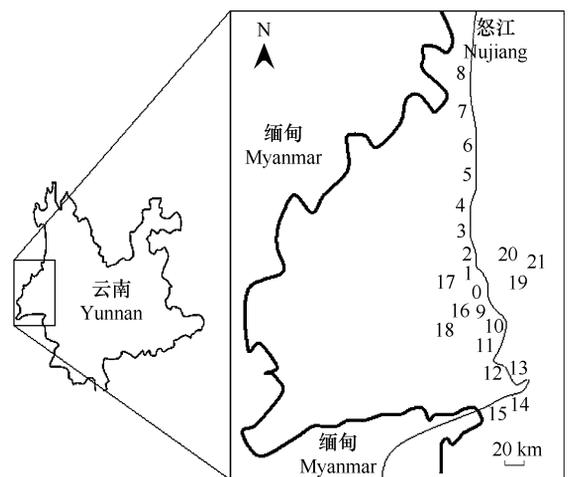


图 1 桔小实蝇释放点与回收点地理分布示意图

Fig. 1 Locations for the marked *B. dorsalis* releasing and recapturing along Nujiang River

0 为释放点, 1~21 为各回收点编号 "0" for the releasing site, and "1~21" for the recapturing sites

等地进行(表1)。供试桔小实蝇诱捕于保山潞江坝芒果园。诱捕器由可乐瓶改制而成,环绕瓶身在3个方向各开启一个4 cm×2.5 cm开口,各孔口上下错开以免桔小实蝇从一个孔口进入而从另一孔口飞出。诱捕器悬挂于离地面2 m的树枝或其它支持物上,其内上方悬挂浸有Me诱捕剂的脱脂棉诱芯。诱捕器内的桔小实蝇雄成虫每3~4 h收获1次,获得的桔小实蝇当即放入尼龙纱笼中。尼龙纱笼呈圆柱形,长为130 cm,直径为20 cm,一端设有拉链封闭的开口。

表1 桔小实蝇释放与回收点相关地理信息

Table 1 Information of locations referring to *B. dorsalis* releasing and recapturing

方位 Orientation	编号 No.	回收点 Locations	东经 East longitude	北纬 North latitude	海拔(m) Altitude
释放点 Release site	0	东风桥 Dongfengqiao	98°52'21"	24° 58'59"	695
	1	芒棒 Mangbang	98°50'10"	25°05'52"	695
	2	芒柳 Mangliu	98°50'42"	25°09'36"	652
	3	丛岗 Conggang	98°50'37"	25°14'01"	753
上游回收点 Northern recapture sites	4	双虹桥 Shuanghongqiao	98°51'00"	25°17'38"	753
	5	敢顶 Ganding	98°52'37"	25°32'58"	766
	6	芒宽 Mangkuan	98°52'37"	25°38'10"	763
	7	上江 Shangjiang	98°52'19"	25°43'34"	809
	8	六库 Liuku	98°51'03"	25°51'13"	925
	9	芒旦 Mangdan	98°53'20"	24°54'30"	648
	10	勐海桥 Menghaiqiao	98°54'16"	24°51'21"	650
	下游回收点 Southern recapture sites	11	腊勐 Lameng	98°58'48"	24°44'09"
12		碧寨 Bizhai	99°02'37"	24°38'34"	648
13		三江口 Shanjiangko	98°58'18"	24°25'16"	624
14		勐糯 Mengnuo	99°02'22"	24°19'29"	771
15		木城 Mucheng	98°53'39"	24°09'58"	620
西向回收点 Western recapture sites	16	户帕 Hupa	98°53'27"	24°41'15"	2286
	17	大田坡 Datianbo	98°46'14"	24°54'08"	2364
	18	龙陵 Longling	98°40'39"	24°35'22"	1527
东向回收点 Eastern recapture sites	19	马街 Majie	99°01'25"	24°54'34"	2198
	20	庄房 Zhuangfang	99°04'49"	25°05'07"	2500
	21	隆阳区 Longyang	99°10'15"	25°09'07"	1657

1.2 桔小实蝇的标记、释放与回收

标记物采用红色荧光粉(中国河北衡水立车企业集团有限公司生产)。标记过程在尼龙纱笼中进行。先将桔小实蝇雄成虫放入纱笼中,同时计数其数目。标记时,利用桔小实蝇的趋光性习性,先将纱笼的一端用黑布罩住,待其在纱笼的另一端集中后,透过纱笼将荧光粉撒落到栖息在纱笼壁上的桔小实蝇体躯上。经检查确认纱笼内的所有桔小实蝇均附着有荧光粉后,开启纱笼开口,让经荧光标记的桔小实蝇自行飞出。

采用前述诱捕器回收标记桔小实蝇。该诱捕器的诱芯添加有少量敌敌畏农药,可当即将进入诱捕器内的实蝇杀死。死亡后的实蝇存留在诱捕器底部。7月是当地桔小实蝇种群盛发期,一天中桔小实蝇飞翔活动最活跃的时间为17:00左右^[7]。由此,把标记和释放桔小实蝇的时间设定在2005年7月16日17:00。释放标记桔小实蝇之前,已经确定了各回收点的具体位置,并在释放桔小实蝇当天即在各回收点设置了回收桔小实蝇的诱捕器。在释放标记桔小实蝇一周后的7月23日集中收集各回收点诱捕器内的桔小实蝇。将诱捕器内的所有实蝇带回实验室内,在荧光解剖镜下根据荧光粉的有无确定并计数标记及未标记桔小实蝇的数目。在此期间,记录当地温度、湿度、风向及风速等气象数据。

1.3 桔小实蝇释放与回收点的设置

潞江坝是怒江流域桔小实蝇的常年发生区,桔小实蝇危害十分严重^[3,14]。经对前期研究结果的初步分析认为,潞江坝很可能是怒江流域季节性发生区内桔小实蝇的主要虫源地之一。基于这一思考,把标记桔小实蝇的释放点设在潞江坝横跨怒江的东风桥上(24°58'59N 98°52'21 E,海拔695 m)。该桥桥面距河面约30 m。

在本研究地区,沿着怒江河道东、西两侧分别为高黎贡山、碧罗雪山山脉,高山耸立,仅潞江坝一带较为开阔。根据怒江流域的地形地貌特征和桔小实蝇可能迁移路线和范围,我们在以标记桔小实蝇释放点为中心的东南西北 4 个方位上,设立了 21 个桔小实蝇回收点,每个回收点设置诱捕器一个。北边的回收点位于释放点上游,旨在检查桔小实蝇是否会沿着怒江河道向北迁移,设置了 8 个回收点。南边的回收点位于释放点下游,以确定桔小实蝇是否会沿着怒江河道向南迁移,共设置了 7 个回收点。在释放点以西设置了 3 个回收点,以了解怒江坝桔小实蝇能否飞越高黎贡山向西迁移,释放点以东设置了 3 个回收点,以揭示桔小实蝇能否飞越碧罗雪山向东迁移。为避免当地果园内瓜果对诱捕回收的干扰,各回收点所在地半径为 1 km 范围内未有成片果园。各回收点的具体位置用 GPS (型号 Magellan 315) 定位,相关信息见表 1 和图 1。

2 结果与分析

2.1 标记桔小实蝇回收结果

本研究共标记释放桔小实蝇雄成虫 6240 头,7 d 后共回收标记桔小实蝇 60 头,回收虫量占总标记释放量的 0.96%。其中,在释放点上游回收得到标记桔小实蝇数量最多,为 43 头,占总标记量的 0.69%,占所有回收到的标记桔小实蝇的 71.7%。下游回收到标记桔小实蝇 17 头,占总标记量的 0.27%,占所有回收到的标记桔小实蝇的 28.3%。在位于释放点东西两侧的回收点均未能得到标记桔小实蝇。研究表明,标记桔小实蝇可沿河道在南北两个方向上迁移扩散,其中,向上游迁移的桔小实蝇数量显著大于其向下游扩散迁移的数量,但标记桔小实蝇未能向东西方向迁移,及未能越过碧罗雪山和高黎贡山。

研究结果还表明,在南北向,各回收点回收得到的标记桔小实蝇数量因其距释放点的距离而异。在河道上游,距释放点最近的为芒棒回收点,约 13 km,回收标记桔小实蝇 3 头,在距释放点 20 km 和 28 km 的芒柳和丛岗回收点,各回收得到标记桔小实蝇 7 头。在距释放点 34 km 的双虹桥点回收的标记桔小实蝇最多,为 13 头。距释放点最远的六库点空间直线距离为 97 km,获得标记桔小实蝇 5 头。分析认为,桔小实蝇在该河道各地的迁移量不是简单地随释放点空间距离增加而递减,大约在距离释放点 20~40 km 区域回收到标记桔小实蝇最多,在此之前或之后回收到的标放桔小实蝇数量相应较少。在本研究条件下,桔小实蝇迁移的空间直线距离至少为 97 km,河道距离至少为 115 km。

在下游设置的 7 个回收点中,仅有两个回收点回收到标记桔小实蝇,其分别为在距释放点 8 km 和 15 km 的芒旦和勐海桥点,回收标记桔小实蝇数量分别是 10 头和 7 头。该结果表明,桔小实蝇在该地区也可沿河道由北向南迁移,但其扩散距离最远距离应小于 29 km。与上游回收结果加以比较发现,标记桔小实蝇向怒江河道下游迁移的距离仅是其向上游迁移的距离的 1/3,且距离释放点的近地点比远地点所回收到的桔小实蝇要多。

2.2 标记桔小实蝇与非标记桔小实蝇捕获量的关系

表 2 提供了各诱捕点捕获得到的非标记桔小实蝇的数量。在释放点下游,总共捕获到非标记桔小实蝇 2576 头,而在释放点上游所获得的非标记桔小实蝇共 1144 头,下游所捕获的非标记桔小实蝇数量显著大于上游的非标记桔小实蝇的捕获量。表 2 还表明,在释放点下游,能捕获标记桔小实蝇的地点距释放点的最远距离为 15 km,而捕获非标记桔小实蝇的地点距释放点的距离至少为 90 km。从数量和距离上看,在释放点下游地区,标记桔小实蝇与非标记桔小实蝇之间没有密切的对应关系。说明在释放点下游各地,桔小实蝇的种群数量和空间分布与释放点所在地桔小实蝇种群数量及扩散行为没有直接联系。考虑到释放点下游为桔小实蝇常年分布区,桔小实蝇的种群数量大、分布范围广,分析认为,在各诱捕点所捕获的非标记桔小实蝇可能属当地的桔小实蝇,而非从释放点附近的桔小实蝇扩散迁移所至。

将释放点上游各回收点获得的标记桔小实蝇数量与该地非标记桔小实蝇捕获量加以比较分析发现,各回收点标记桔小实蝇数量与非标记桔小实蝇数量之间呈显著的正相关关系 ($r=0.956^{***}$, $p<0.01$) (图 2)。该结果说明,在释放点上游地区各地,标记桔小实蝇数量变化与非标记桔小实蝇数量变化基本一致,两者在地理空间上的数量分布相互对应。这似乎预示着,非标记桔小实蝇与标记桔小实蝇数量之间存在密切的内在联

系,在空间动态中具有相同的行为模式。因此推论,在释放点上游地区,非标记桔小实蝇与标记桔小实蝇可能来自同一种群,或同一虫源地。

表2 标记桔小实蝇回收结果

Table 2 Summary information about the capturing of marked and non-marked *B. dorsalis*

回收点编号 Codes of recapturing sites	距释放点直线距离 Straight distance from releasing site (km)	距释放点沿河道长度 Length along river from releasing site (km)	回收标记桔小实蝇数量 Number of marked flies	捕获非标记桔小实蝇数量 Number of non-marked flies
1	13	15	3	61
2	20	22	7	113
3	28	30	7	265
4	34	40	13	444
5	63	70	3	57
6	73	80	3	65
7	82	90	2	4
8	97	115	5	135
9	8	10	10	280
10	15	20	7	1284
11	29	34	0	124
12	42	48	0	132
13	63	70	0	110
14	75	95	0	366
15	90	135	0	280
16	33	—	0	0
17	15	—	0	0
18	48	—	0	0
19	16	—	0	0
20	25	—	0	0
21	33	—	0	0

2.3 气温、气流及峡谷地形对桔小实蝇扩散迁移影响

气温和气流是桔小实蝇远距离迁移扩散的重要因素^[8]。桔小实蝇的迁移活动只能在一定的温度范围内进行,而迁移的方向和距离常常与当地气流的强弱和方向有关^[19,20]。本研究所涉及的怒江流域区段主要受西南海洋季风控制,盛行西南风或南风,年平均风速 1.3 ~ 1.9 m/s,最大风速可达到 17 m/s^[21]。研究期间该区域的相关气象因子表 3。在试验期间,气温保持在 21 ~ 31℃ 之间,处于桔小实蝇飞行活动所需温度范围内;而该期间的风力均为 2 ~ 3 级,风速 1.6 ~ 5.4 m/s,也有助于桔小实蝇远距离迁移扩散^[17](表 3)。

怒江在怒江坝至六库段河谷狭窄,平均河宽约为 200 m,东侧为碧罗雪山山脉,平均海拔高度为 3300 m,

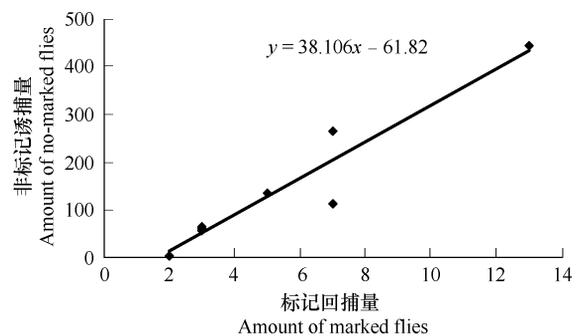


图2 在释放点上游各回收点的标记桔小实蝇数量与非标记桔小实蝇数量的关系

Fig. 2 Relationship between amounts of the non-marked and marked *B. dorsalis* in each capturing site from releasing site to Liuku along Nuijiang River

西侧高黎贡山山脉,平均海拔高度为 3100 m^①,西南海洋季风进入怒江河道后顺着河道由南向北行进。在位于释放点附近的潞江坝一段,怒江河道相对较宽,以此向上游和下游怒江河道均渐变窄,河谷平均宽约 200 m。来自下游的西南季风气流经过怒江后,风速因河道变窄而增强,对桔小实蝇顺河道北上迁移起到助飞作用。

表 3 试验期间潞江坝至六库区段温度及风向等气候因子 (2005 年 7 月)

Table 3 Temperatures and winds in study period from Liuku to Lujiangba along Nujiang River (July 2005)

气象要素 Climatic factors	日 Day								
	15	16	17	18	19	20	21	22	23
气温 (°C) Temperature	21~26	21~26	21~28	21~28	21~26	22~30	21~31	22~30	20~31
风向 Wind direction	南 Southern	南 Southern	南 Southern	南 Southern	西南 Southwester	南 Southern	西南 Southwester	南 Southern	西南 Southwester
风力 Wind power	3 级 Third	2 级 Second	2 级 Second	2 级 Second	2 级 Second	3 级 Third	2 级 Second	2 级 Second	2 级 Second
风速 Wind speed (m/s)	3.4~5.4	1.6~3.3	1.6~3.3	1.6~3.3	1.6~3.3	3.4~5.4	1.6~3.3	1.6~3.3	1.6~3.3

位于释放点西东两侧山脉的平均海拔在 2900 以上,在这两座山上分别设有 16、17、19 和 20 号等 4 个诱捕点,其海拔高度均在 2000 m 以上(表 1),距释放点垂直高度为 1300 m 左右。在此山两侧设置的 18 和 21 号诱捕点海拔高度有所下降。在本研究期间,上述各诱捕点既没有诱捕到标记桔小实蝇,也没有诱捕到非标记桔小实蝇,表明桔小实蝇未能向释放点的东西两侧飞行。

3 讨论

标记-释放-回收方法被认为是研究昆虫迁移或迁飞的最直接也最具有说服力的研究方法之一,在国内外得到广泛运用。我国曾基于标记-释放-回收方法,对粘虫、小地老虎、白背飞虱和褐飞虱等迁飞性昆虫的进行过研究,在阐释这些昆虫的迁移规律中起到了重要作用^[22]。不同昆虫种类所采用的标记物和标记方法不尽相同^[23]。在对桔小实蝇迁移研究中,过去多通过在成虫中胸盾片处涂抹油漆的方法予以标记,该标记方法工作量大、标记效率低^[19]。刘建宏在对云南中部地区桔小实蝇迁移规律研究中,首次在我国大陆地区采用荧光粉标记桔小实蝇。本研究采用了刘建宏提出的标记方法,获得理想结果,进一步确认采用荧光标记物及该标记方法用于桔小实蝇标记释放的可行性。该方法简单易行、实用可靠,可为实蝇及类似昆虫标记研究提供借鉴。

许多研究表明,桔小实蝇具有一定远距离迁移的能力。Steiner 在美国夏威夷,通过对辐射不育桔小实蝇雄虫的标记释放研究发现,当地桔小实蝇在水果采收后将大量向外扩散,扩散距离达 37 km^[24]。在日本小笠原群岛,桔小实蝇可飞越 50 km 的海面^[25,26]。Tan 等在马来西亚的槟榔屿采用标记重捕方法也证实了桔小实蝇有远距离迁移扩散的现象^[27]。Iwahashi 利用标记重捕方法发现桔小实蝇可借助微风持续飞行 5~10 km^[26]。朱耀沂和邱辉宗基于标记释放试验发现,桔小实蝇可以从台湾本岛随东北风飞到 27 km 以外的小琉球岛。该研究揭示了小琉球岛桔小实蝇种群发生的机理,以及该岛桔小实蝇被彻底清除后仍再次发生的原因^[19]。刘建宏对云南元江桔小实蝇迁移研究表明,在云南中部地区,桔小实蝇随西南气流可于 7 d 之内从云南元江飞抵 200 km 以外的昆明^②。本研究所揭示的桔小实蝇扩散迁移现象与过去的研究报道基本一致,再次揭示了桔小实蝇在特定条件下远距离迁飞扩散的现象,为深入认识桔小实蝇迁移扩散机理提供了实例。

桔小实蝇迁移距离的远近和方向被认为与当地气流强度及方向有关^[27]。本研究通过对释放点上下游回收桔小实蝇数量和距离的比较发现,释放点下游回收的标记桔小实蝇数量显著的小于上游回收的数量,且在

① 数据来自 <http://www.nujiangtour.com/Preface/land.htm>

② 刘建宏,云南三地区桔小实蝇种群时空动态及控制策略,云南大学博士研究生学位论文,2005,12

下游回收标记桔小实蝇的地点距离释放点约为 20 km,远远近于释放点上游标记桔小实蝇飞行的 110 km 的距离。考虑到多数标记桔小实蝇迁移方向与河道上空北上气流的方向一致,可以认为,气流是导致桔小实蝇实现远距离迁移的重要因素。进一步分析认为,在该研究区域内,气流的方向和强度除了受该气流原本的流向所影响之外,还取决于当地峡谷的山形地势。所以,西南气流、峡谷地形、及当地气温是桔小实蝇逆怒江北上迁移的基本要素。怒江峡谷构成桔小实蝇南北迁移的自然通道,也影响到北上气流的强弱,并规定了气流的方向,而通过河道上空的气流又为桔小实蝇迁移提供了动力,使得桔小实蝇远距离迁移成为可能,而适宜的气温是桔小实蝇飞翔活动的基本条件。所以,桔小实蝇在怒江流域的飞行路线、方向及距离是上述三要素的基本组合共同作用的结果。

桔小实蝇远距离迁移时的飞行高度是桔小实蝇迁移机理研究中尚待揭示之秘。桔小实蝇主要发生于热带和亚热带地区,适宜飞行温度范围为 $22 \sim 30^{\circ}\text{C}$ [17]。在本研究期间,怒江当地的地面平均气温为 25°C 左右。通常,气温随海拔每上升 100 m 而下降 0.6°C 。以此推断,在距怒江江面 2000 m 的高空,气温应为 13°C 左右。显然,这一气温条件不适于桔小实蝇飞行。在本研究地段,怒江两侧碧罗雪山山脉和高黎贡山脉平均海拔高度为 3200 m,最低海拔高度为 2800 m,怒江江面海拔高度为 800 m。在释放点东西向两侧山顶的回收点(海拔在 2000 m 以上)均没有回收到标记或非标记桔小实蝇,这至少从一个侧面揭示,桔小实蝇在该地区未能飞到怒江江面 2000 m 以上的高度。

桔小实蝇远距离飞行的最低飞行高度也是我们想破解的另一问题。本研究中,多数标记桔小实蝇是向释放点上游扩散迁移,说明多数标记桔小实蝇迁移主要受来自南方气流的影响。站在东风桥上释放标记桔小实蝇时,可以明显感受到北上气流的作用。气流强弱在距河面不同高度是不同的。通常气流在临近河面高度相对较弱,而在距离河面 100 m 以上速度较强。由于技术原因,未能测试到不同海拔高度气流强弱的变化。但从在释放点下游 20 km 范围内也能诱捕到标记桔小实蝇这一事实可以推论,桔小实蝇远距离扩散的最低飞行高度可能不会太高,因为如果桔小实蝇飞行高度大大高于 100 m,将会受到较强气流的影响,而被气流携带到怒江上游地区。

本研究释放点江面相对较宽,气流强度在近河面高度相对较弱,桔小实蝇在低空飞行时受到气流的影响相对较小,故部分标记桔小实蝇个体因此得以向释放点下游扩散。这也从一个方面表明,桔小实蝇并非真正意义上的迁飞昆虫,向外迁移更多的属于扩散行为,可能没有明确的方向性,只是飞翔能力相对较其他实蝇类昆虫更强些,故而扩散范围更广。梁帆等应用飞行磨系统在实验室条件下对桔小实蝇飞行能力的测试发现,桔小实蝇在 12 h 内,经过 4~6 次的休息,最远可飞行 46.15 km,揭示桔小实蝇具有较强的自主飞行能力 [11]。有研究认为,桔小实蝇远距离迁移可能是先依靠自己的力量飞到一定的高度,然后借助高空气流的携带作用下向更远的地区飞行 [19, 26]。

关于桔小实蝇在远距离迁移过程中是靠什么机理降落到地面上的也是人们关心的问题。在研究期间,当地没有降雨过程,也即没有出现下沉气流,标记桔小实蝇能在不同地点得以回收,似乎表明,桔小实蝇可以主动离开携带气流降落到地面。刘建宏提出,降雨等过程对桔小实蝇降落具有重要影响 [2]。

被害瓜果的人为运输一直被认为是导致桔小实蝇远距离传播的重要途径。根据这一思路,长期以来阻止桔小实蝇由疫区向非疫区传播的所有检疫措施多是针对桔小实蝇幼虫随受害瓜果携带传播而提出来的。桔小实蝇成虫可以随气流实现远距离迁移。因此,防止桔小实蝇由疫区向非疫区扩散必须考虑桔小实蝇成虫远距离扩散这一因素。特别地,在云南纵向岭谷地区,桔小实蝇成虫可以借助气流顺着河道峡谷实现远距离迁移。因此,采取相应的对策,阻断桔小实蝇由常年分布区经由河道向季节性分布区迁移应作为对该虫害控制的基本思路。基于这一基本思路,所采取的具体措施可以包括,通过控制虫源地种群数量,减少其外迁虫量;合理规划布局瓜果产地,使热带瓜果主要产区有一定的空间间隔,在桔小实蝇迁移要道,设置一定数量的诱捕器,将桔小实蝇诱杀于迁移途中等。

本研究的地点距离中缅边境约 200 多公里。桔小实蝇成虫有可能在印度洋西南气流携带下经由怒江河

道所形成天然通道从缅甸通过空中进入我国。怒江流域在缅甸一侧属热带气候类型,桔小实蝇发生量较大。因此,要将桔小实蝇阻止于国门之外,在怒江流域边界开展桔小实蝇进境检验检疫,防止桔小实蝇幼虫随受害瓜果带入国内的同时,还应考虑到桔小实蝇成虫从空中借助气流侵入我国这一可能性。

References :

- [1] Smith P H. Behavioral partitioning of the day and circadian rhythmicity. In : Robinson AS , Hooper G eds. Fruit Flies : Their Biology , Natural Enemies , and Control (World crop pests series , Vol. 3B). Amsterdam : Elsevier , 1989. 325 — 341.
- [2] Clarke A R , Armstrong K F , Carmichael A E , *et al.* Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation : the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* , 2005 , 50 : 293 — 319.
- [3] Vargas R I , Miyashita O , Nishida T. Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera : Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* , 1984 , 77 : 651 — 656.
- [4] Fullaway D T. The Oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) in Hawaii. *Proceedings of the Pacific Science Congress VII* , 1953 , 4 : 148 — 163.
- [5] Hsu E S. Biological studies on the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis*) ii The biological effects of temperature and humidity on oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel). *Plant Prot Bull (Taiwan)* , 1973 , 5 : 59 — 86.
- [6] Christenson L C , Foot B H. Biology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* , 1960 , 5 : 171 — 192.
- [7] Andrei V A , Christian M , Russell H M. Selection of pupation habitats by Oriental fruit fly larvae in the laboratory. *J. Insect Behavior* , 2001 , 14 (1) : 57 — 67.
- [8] Bateman M A. The ecology of fruit fly. *Ann. Rev. Entomol.* , 1972 , 17 : 493 — 518.
- [9] Shukla R P , Prasad V G. Population fluctuations of the oriental fruit fly , *Dacus dorsalis* Hendel in relation to hosts and abiotic factors. *Tropical Pest Management* , 1985 , 31 (4) : 273 — 275.
- [10] Ye H , Liu J H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera : Tephritidae) in Xishuangbanna of Southern Yunnan. *Chinese Journal of Applied Ecology* , 2005 , 16 (7) : 1330 — 1334.
- [11] Zhang Z Y , He D Y , She Y P. On the population dynamics of Oriental fruit fly in Yunnan Province. *Acta Phytopylacica Sinica* , 1995 , 22 : 210 — 216.
- [12] Sheng F R , Zhou Y S , Zhao H P. The biological characteristics and control of *Dacusa (Bactrocera) Dorsalis* (Hendel). *Journal Northwest Forestry University* , 1997 , 12 (1) : 85 — 89.
- [13] Li H-X , Ye H. Infestation and distribution of the oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae) in Yunnan Province. *Journal of Yunnan University* , 2000 , 22 (6) : 473 — 475.
- [14] Ye H , Distribution of the oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae) in Yunnan Province. *Entomologia Sinica* , 2001 , 8 (2) : 175 — 182.
- [15] Ye H , Liu J H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera : Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley , Yunnan with an analysis of the related factors. *Acta Entomologica Sinica* , 2005 , 48 (5) : 706 — 711.
- [16] Ye H , Liu J H. 2005. Population dynamics of the oriental fruit fly , *Bactrocera dorsalis* (Diptera : Tephritidae) in the Kunming area , southwesten China. *Insect Science* , 12 : 231 — 240.
- [17] Liu J H , Ye H. Effects of light , temperature and humidity on the flight activities of the Oriental fruit fly , *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology* , 2006 , 42 (2) : 211 — 214.
- [18] Fletcher B S. The biology of dacine fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* , 1987 , 32 : 115 — 144.
- [19] Chu Y I , Chiu H T. the re-establishment of *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera : Trypetidae) after the eradication on Lambay Island. *Chinses J. Entomol.* 1989 , 9 : 217 — 230
- [20] Iwahashi O. Movement of the Oriental fruit fly adults among islets of the Ogasawara Islands. *Environ. Entomol.* , 1972 , 1 : 176 — 179.
- [21] Cao J , He D M , Yao P. Research on the spatial distribution of rainfall and temperature in winter and summer over Longitudinal Range-Gorge Region (LRGR). *Advances in Earth Science* , 2005 , 20 (11) : 1176 — 1182.
- [22] Chen R C , Ding J H , Tan H Q , *et al.* Migration Entomology. Beijing : Agriculture Press , 1989. 351 — 352.
- [23] Xu G , Guo Y Y , Wu K M. On the Mark-release Techniques of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Acta Gossypii Sinica* , 2000 , 12 (5) : 247 — 250.
- [24] Steiner L F. Field evaluation of oriental fruit fly insecticides in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* , 1957 , 50 : 16 — 24.
- [25] Yan Q T. Study on *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera : Trypetidae) on Okinawa. *Chinses J. Entomol (Taiwan)* , 1984 , 4 : 107 — 120.
- [26] Iwahashi O. Movement of the. oriental fruit fly adults among islets of the Ogasawara Islands. *Environ. Entomol.* , 1972 , 1 : 176 — 179.

- [27] Tan K H, Serit M. Adult-population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera, tephritidae) in relation to host phenology and weather in 2 villages of Penang island, Malaysia. *Environ. Entomol.*, 1994, 23 (2): 267—275.
- [28] Zhang X Y, Cheng X L, Geng J G. Principle and Method of Pest Insect Forecast. Beijing: Agriculture Press, 1987.
- [29] Chiu H T. Movement of oriental fruit flies in the field. *Chin. J. Entomol.*, 1983, 3: 93—102.
- [30] Christenson L C, Foot B H. Biology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.*, 1960, 5: 171—192.
- [31] Liang F, Wu J J, Liang G Q. The first report of the test on the flight ability of oriental fruit fly. *Acta Agriculture of University Jiangxi*, 2001, 23 (2): 259—260.

参考文献:

- [10] 叶辉, 刘建宏. 云南西双版纳桔小实蝇种群动态. *应用生态学报*, 2005, 16 (7): 1330~1334.
- [11] 张志英, 何大愚, 余宇平. 云南桔小实蝇种群动态研究. *植物保护学报*, 1995, 22 (3): 210~216.
- [12] 沈发荣, 周又生, 赵焕萍. 柑桔小实蝇生物学特性及其防治研究. *西北林学院学报*, 1997, 12 (1): 85~89.
- [13] 李红旭, 叶辉. 桔小实蝇在云南的危害与分布. *云南大学学报(自科版)*, 2000, 22 (6): 473~475.
- [15] 刘建宏, 叶辉. 云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因子分析. *昆虫学报*, 2005, 48 (5): 706~711.
- [17] 刘建宏, 叶辉. 光照、温度和湿度对桔小实蝇飞翔活动的影响. *昆虫知识*, 2006, 42 (2): 211~214.
- [19] 朱耀沂, 邱辉宗. 小琉球东方果实蝇处理后再发生为害原因之探讨. *中华昆虫*, 1989, 9: 217~230.
- [21] 曹杰, 何大明, 姚平. 纵向岭谷区冬、夏水热条件空间分布研究. *地球科学进展*, 2005, 20 (11): 1176~1182.
- [22] 陈若簾, 丁锦华, 谈涵秋, 等. 迁飞昆虫学. 北京: 农业出版社, 1989. 351~352.
- [23] 徐广, 郭予元, 吴孔明, 等. 棉铃虫标放技术研究. *棉花学报*, 2000, 12 (5): 247~250.
- [25] 岩桥统. 琉球地区东方果实蝇之防治研究. *中华昆虫*, 1984, 4: 107~120.
- [28] 张孝羲, 程遐年, 耿济国, 等. 害虫测报原理和方法. 北京: 农业出版社, 1987.
- [31] 梁帆, 吴佳教, 梁广勤. 桔小实蝇飞行能力测定试验初报. *江西农业大学学报*, 23 (2): 259~260.