

稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 滞育征候群中的飞行行为

翟保平¹, 郑雪浩², 商晗武³, 程家安¹, 汪鹏¹

(1. 浙江农业大学植物保护系, 杭州 310029; 2. 乐清市植物检疫站, 乐清; 3. 浙江省植物检疫站, 杭州)

摘要: 1994~1996年对浙江省双季稻区稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 飞行行为的研究表明, 稻水象甲飞行扩散的行为特征是: ①长时间的起飞准备和不高的起飞成功率, 每晚的迁出率只有三分之一左右; ②卵巢, 飞行肌呈季节性消长而无局地飞行 (trivial flight); ③飞行速度不高, 飞行能力不强, 且风力稍大无法起飞, 一般情况下不会形成远距离自然扩散。因此, 严格控制人为传带是控制疫区扩大的有效途径。

关键词: 稻水象甲; 双季稻区; 飞行行为; 滞育征候群

Flight behaviour in the diapause syndrome of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel

ZHAI Bao-Ping¹, ZHENG Xue-Hao², SHANG Han-Wu³, CHENG Jia-An¹, WANG Peng¹

(1. Department of Plant Protection, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029; 2. Yueqing Plant Quarantine Station, Yueqing; 3. Zhejiang Plant Quarantine Station, Hangzhou)

Abstract: The studies on the flight behaviour of rice water weevil (RWW), *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, in the double rice cropping area of Zhejiang Province from 1994 to 1996 were presented. As one of the symptoms in their diapause syndrome, the weevils displayed unique characteristics of their flight behaviour: a long time limbering-up exercise at the tip of grass (or rice) leaves before take off, but a low exodus rate (ca. one third); there was no trivial flight in their life history because their flight muscles undergo cyclic degeneration and regeneration with seasonal migration (oogenesis-flight syndrome); and, they were weak flyers and took off only at a calm or breezing weather. Therefore, the long distance spread of RWW would be effectively controlled when the artificial conveyance was blocked tightly.

Key words: rich water weevil; flight behaviour; diapause syndrome

文章编号: 1000-0933(1999)04-0453-05 中图分类号: S763 文献标识码: A

在昆虫生活史对策的进化中, 迁飞和滞育具有共同的生理基础和生态功能, 尤其是出入蛰伏场所的迁飞更与滞育有着密切的联系, Tauber 等将其称之为滞育性迁飞 (diapause-mediated migration)^[1]。这种从蛰伏场所到繁殖场所的往返迁飞恰是其滞育征候群 (diapause syndrome) 中的主要征候 (symptoms) 之一。

在双季稻区, 稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 年发生两代, 主要以一代幼虫致害早稻, 以成虫滞育越冬^[2]。其每年春、夏、秋3次的滞育性迁飞对致害种群和二代虫源的形成及越冬种群的构成有着直接影响, 而其飞行行为与扩散能力则直接关系到植检措施和防治策略的制定。曾有关于稻水象甲远距离迁飞和在50m高空飞行的报道^[3,4], 也有关于稻水象甲飞行行为的粗略描述^[5,6], 但对后者缺少系统的研究。1994~1996年, 作者以浙江省乐清市海岛为基地对双季稻区水象甲的飞行行为、扩散方式和可能的

基金基金: 浙江省科委重点项目。

浙江农业大学植保系黄恩友, 乐清市植检站吴建, 温州农科所方勇军、夏万清, 吕旭剑等同志参加部分工作, 在此一并致谢!

第一作者现在通信地址: 南京, 卫岗, 210095, 南京农业大学植物保护系。

收稿日期: 1997-06-22; 修订日期: 1998-10-20

扩散能力进行系统研究,以期为检疫和防治决策提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 起飞观测 在一代成虫迁出期,选2~3m长的田埂及若干丛水稻,每天黄昏(日落后至昏影终)定时(每10min或15min)记录样点内爬上叶尖准备起飞的成虫(以下简称叶尖虫),同时目测记载当时的云量,以蒲氏法记载起飞时段的风速风向。越冬代成虫起飞时段内的气温用 WMY-01型数字温度计测得。观测期间的日出日落与晨昏曦影时刻用有关天文公式计算^[7]。

1.2 迁飞动态监测 每天早晚(9:00以前和傍晚起飞前)各采本田和田埂杂草中的成虫若干头,逐日早晚连续解剖、记录起飞前后待迁种群中具有发达飞行肌的个体比率的变化。在山田之间设诱虫灯(200W白炽灯),在山上不同高度及田间(距山不同距离)高出稻株的高度设置10个捕虫盆(Φ70cm的塑料盆内垂直等角分置3扇30cm×60cm的尼龙纱窗),诱、捕飞行中的成虫。一般每天早上收上灯虫(迁飞高峰期晚上也收一次或几次),对入盆虫则连续观测记录,每次记录后将其采出解剖。迁飞期间的气温和降水资料由乐清市气象局提供,云量和风目测。

2 结果与分析

2.1 起飞行为 在春季气温较高(>20℃)且无风或微风的下午,越冬代成虫一般在16:00左右开始爬上草尖活动,到17:30前后出现起飞高峰期。4月下旬到5月初,越冬代成虫的起飞止于气温降到20℃以下时,但气温较高时则止于昏影终时⁽¹⁾(图1)。飞行个体起飞后平稳地呈斜线或非常平滑的弧线爬升,飞行速度缓慢(目测约0.3m/s)。

一代成虫起飞迁出的系统观察自7月初开始,到早稻收割后止,观察期间的日没时刻为18:56~18:40,昏影终时为19:23~19:05。根据两年的系统观察,稻水象甲一代成虫通常在日落前1~2h就开始陆续爬上草尖或稻株顶部,用相当一段时间去完成一整套复杂的特化行为:上下辗转并频频展翅做起飞准备。整个起飞过程一般始于日落后而止于昏影终时,在19:00~19:20达到起飞高峰期(图2)。此时尚未起飞的个体旋即退回稻株基部或草丛中,待翌日傍晚再行起飞。稻水象甲一代成虫每晚的起飞率(1-昏影终时的叶尖虫量/叶尖虫量峰值)虽然可达70%~90%(表1),但从较低矮的草尖上或稻尖上起飞的个体很容易撞上相邻较高的杂草或稻株而假死坠落,另一些个体虽多次展翅却未起飞,最终又爬回了草丛。根据飞行肌解剖结果可知,每晚的迁出率(起飞前后具有发达飞行肌的个体比率之差)只有三分之一左右(图3)。因需要足够长的时间去完成起飞准备,起飞失败的个体当晚不再起飞。

2.2 飞行扩散 稻水象甲的飞行速度不快,又只在无风或微风时起飞,故其自然扩散距离不会太远。田间调查表明,离山(越冬场所)越近的田块虫口密度越高,入盆资料也表明,离山越近,入盆虫量也越高,距山100m以内的入盆虫量占入盆总虫量的73.8%(图4)。沿公路路标查田间稻水象甲的发生量,估计其飞行距离不超过2km,在迁飞高峰期还能远些。如1995-05-08,到后半夜气温仍在20℃以上。当晚昏影终时18:59,但19:00之后还有118头入盆,占当晚入盆量的76%;其中,21:00之后入盆15头,占9.7%(图1)。昏影终时起飞终止,21:00入盆者应该是已经连续飞行了2h的个体。当晚19:00之前微风,之后静风,故从目测的飞行速度(约0.3m/s)推算,这些个体飞了大约2.2km。

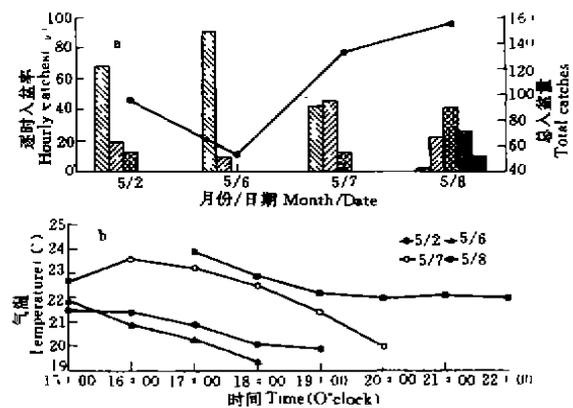


图1 越冬代稻水象甲的入盆虫量(a)和适飞气温(b)的时间分布

Fig. 1 The temporal distribution of windowpane trap catches of rice water weevils and air temperature > 20°C (Yueqing, 1995)

(1) 日没指太阳圆面上缘与视地平相切的时刻,也即太阳刚入地平线的时刻,昏影终时则是太阳在地平线以下6°时的时刻,以北京时间为准。

一代成虫上灯量的时间分布往往不象入盆量那样反映出实际起飞高峰期(图5),这是因为上灯者是对光的趋性所致,故在自然起飞结束后的一段时间内仍有上灯的个体;而入盆者是飞行中的个体在自然降落过程中与捕虫盆挡板相撞而落的,所以更能真实地反映稻水象甲成虫的自然起飞状况。不过,由于夏季迁飞不受温度条件的制约,故每晚昏影终时之后的上灯者也完全可能是已经飞行了一定时间的个体。

2.3 扩散方式 连续两年的系统解剖表明,稻水象甲的飞行肌、卵巢和脂肪体的发育随生活史的季节性变化而出现兴衰交替,表现出典型的卵子发生-飞行共轭(表2)和独具特色的行为特征:只有迁移性飞行(migratory flight)而无局地飞翔(trivial flight),甚至连爬行都很少。在稻田内它们游泳扩散,但即使与系统调查田一埂之隔的田块,也不因系统田虫口密度大而出现虫量变化。只是到了水稻生长后期,稻叶老化而田内已无水,许多个体便爬到田埂上取食杂草使飞行肌发育后起飞^[2]。

表1 稻水象甲一代成虫的起飞率(乐清,1995)

Table 1 The take off rate of aestival populations of the rice water weevils (Yueqing, 1995)

时间 Time (month, date)	早稻田峰 期 ^① (头/4m ² ·d)	起飞率 TOR (%)	田埂杂草峰 期 ^② (头/2m 0.3m/d)	起飞率 TOR (%)
早稻收割前7.6~7.22	63.7	87.3	39.1	88.1
早稻收割7.23	—	—	72	87.5
晚稻插秧前7.24~8.3	25.3	67.6	79.7	89.4
晚稻插秧8.4	7	0	20	95.0
晚稻插秧后8.5~8.10	0	0	17.1	96.2

注 Note: 峰期指当日起飞高峰期,待飞虫指爬在叶尖上准备起飞的个体,早稻收割后的田间虫量指待插田内稻茬上和再生稻苗上的叶尖虫。起飞率=(待飞虫量一起飞结束时的滞留虫量)/待飞虫量。
 TRW , takeoff ready weevils; TOR , takeoff rate = $(TRW - \text{weevils unsuccessful takeoff}) / TRW$; Early rice was harvested on 23 July, and late rice was transplanted on 4 Aug. ① TRW in rice fields; ② TRW on ridges

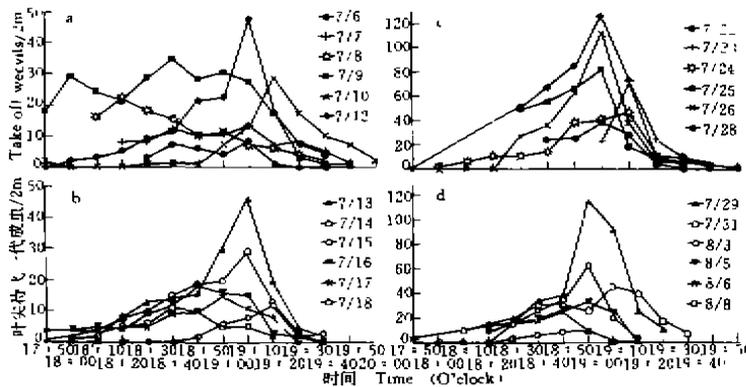


图2 稻水象甲一代成虫的起飞动态

Fig. 2 Take off of the aestival populations of rice water weevils on ridges (Yueqing, 1995)

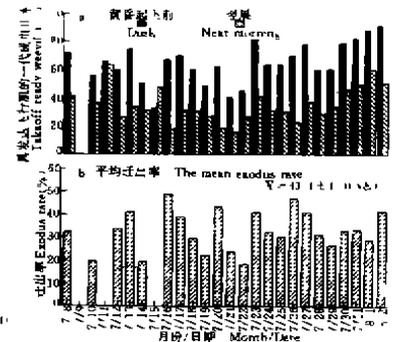


图3 稻水象甲一代成虫的迁出率

Fig. 3 The exodus rate of aestival populations of rice water weevils (Yueqing, 1995)

2.4 天气对起飞的影响 对比3a的越冬代迁飞和两年的夏季迁飞观测,越冬代稻水象甲的迁飞主要受温度条件的限制,故降雨的多寡与雨日的分布决定了当年越冬代迁入峰期的早迟(表3),当日下午气温的高低决定了起飞时间的起止(图1);而夏季起飞时间主要受光照的影响,同时风力大小是影响起飞与否和起飞量的关键因子(表4),雨到大雨也能阻抑成虫的起飞。在1995年的夏季迁飞中,7月2日、11日、15日傍晚大风、3日傍晚大雨而无起飞,7月30日至8月1日因大风而起飞极少,7月10日18:30之前西南风5~8m/s,之后风力减弱,到19:00才有叶尖虫出现,起飞很少且峰期后延到19:20(图2a、表4)。

3 讨论

3.1 飞虱、叶蝉类的起飞也是日落前就爬上叶尖待飞,但既无稻水象甲起飞前的特化行为,且又走得干净

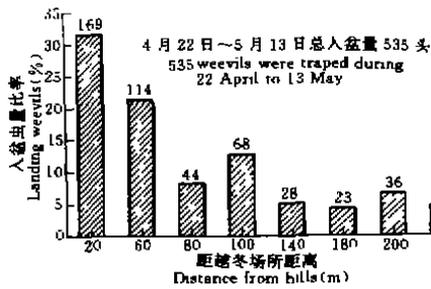


图4 稻水象甲的扩散距离

Fig. 4 The flight distance of rice water weevils shown by window pane trap catches (Yueqing, 1995)

利落。稻水象甲对起飞环境要求甚高：①跗足须有附着之处，②较长时间的展翅准备，③风稍大影响前两个条件(被晃落或无法展翅)而无法起飞。不少鞘翅目昆虫在吊飞试验中都是跗足悬空后即开始飞行，或以小风吹之即可诱其飞行^[8-12]。而将采自田间的稻水象甲叶尖虫吊飞时，悬空跗足根本不飞，将其置于一尖细物品顶端时却只挣扎着试图蹭掉背板上粘着的吊臂。因此，按常规吊飞法无法测得稻水象甲飞行能力。

3.2 稻水象甲不仅没有局地飞行，连爬行都很少，使得迁飞成为其主要的扩散方式。曾观察到原本在田埂、地边越冬的成虫并不爬入新插早稻田取食近在咫尺的稻草，却偏要舍近求远起飞离去；同样，即使在晚稻插秧后，田埂上的一代成虫也不返田而仍旧外迁不止^[2]。这也说明稻水象甲成虫的扩散是通过行飞完成的。但根据上述起飞行为的观察，稻水象甲的飞行力不强，其迁飞峰期又只出现在无风或微风条件下；而一代成虫的起飞发生在日落以后，低层大气处于稳定层结，不存在上升气流；再者我国南方稻水象甲发生区的自然地理环境以丘陵山地为主，即使少量稻水象甲成虫在几十米的高度飞行，一般情况下也不会形成远距离扩散。稻水象甲1993年在浙江省玉环、洞头、乐清、温岭等地初被发现时，其种群已有相当规模，其中以乐清海屿虫量最高。1994-09在瑞安、温州交界处的鼠山和蛇山取土调查，越冬种群密度多达408头/m²(山顶)和856头/m²(山腰)，比乐清的虫量要高10~20倍。说明，乐清湾沿岸的稻水象甲种群已定居多年。到1996年底，稻水象甲分布的南界为福建福鼎，距虫源密度最高的瑞安场桥、梅头等地约60km。无法知道稻水象甲是何时传入我国南方稻区的，故难以推测其扩散速度。但比起日本平均每年传播100km的速度来^[6]，稻水象甲在我国南方的蔓延速度显然慢得多。因此，严格控制人为传带是控制疫区扩大的有效途径。

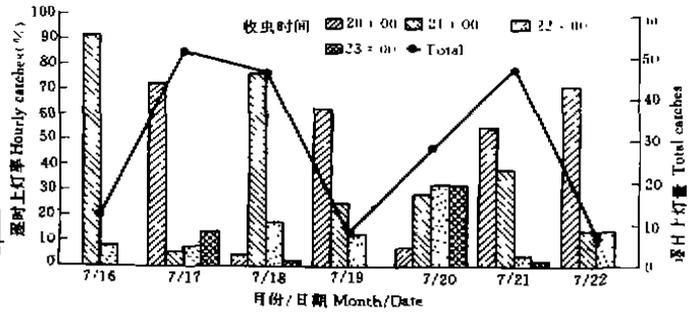


图5 稻水象甲一代成虫上灯量的时间分布

Fig. 5 Temporal distribution of the light trap catches of rice water weevils (Yueqing, 1994)

表2 稻水象甲的卵子发生-飞行共振(乐清,海屿)

Table 2 Oogenesis-flight syndrome of the rice water weevils (Haiyu, Yueqing)

时间 (月、日) Time (month, date)	虫源 Rice water weevils population type	解剖头数 Dissected weevils	生殖滞育率 Reproductive diapause rate (%)	飞行肌发达 Flight muscles well developed (%)	脂肪体发达 Fat body well developed (%)
1994					
4.18~5.6	山上越冬种群 ^①	526	100.0	—	0.0
7.10~10.30	山上越冬种群 ^②	277	100.0	0.0	92.1
7.10~9.26	杂草越冬种群 ^③	450	100.0	—	86.2
7.24~9.26	稻草越冬种群 ^④	108	100.0	0.0	83.4
7.12~7.16	上灯一代成虫 ^⑤	100	100.0	100.0	90.0
5.3~6.10	早稻田越冬代成虫 ^⑥	359	0.0	0.0	0.0
6.18~7.19	早稻田一代成虫 ^⑦	867	100.0	57.3*	88.1
7.27~8.12	晚稻田一代成虫 ^⑧	189	2.1	0.0	9.0
9.25~10.3	晚稻田二代成虫 ^⑨	595	100.0	30.2*	95.3
1995					
5.11~5.15	早稻田越冬代成虫	57	0.0	1.8	0.0
7.1~7.23	早稻田一代成虫	2085	100.0	46.2*	81.7
7.30~8.3	待插田一代成虫 ^⑩	291	100.0	61.9*	74.6
9.27	晚稻田二代成虫	36	100.0	25.0*	91.7

* 待迁个体飞行肌发育完成后即行迁出，故此为动态值。
The weevils with well developed flight muscles will emigrate day by day, so this is a dynamic value. ① Overwintered weevils on hills; ② Aestivation weevils on hills; ③ Aestivation weevils in weeds; ④ Aestivation weevils in straw; ⑤ Light trap catches; ⑥ Spring immigrants; ⑦ Aestival exodus; ⑧ Aestival residents; ⑨ Autumn exodus; ⑩ Aestival exodus

表3 春季降水与越冬代稻水象甲的迁飞(乐清,海屿)

Table 3 Rainfall during the spring migration of the rice water weevils(Haiyu, Yueqing)

年份 Year	项目 Items	4~5月份各候 Every 5 days in April and May							
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	1st	2nd
1994	雨量 RF	49.7	51.2	5.4	11.8	78.0	0.2	9.6	14.2
	雨日 RD	3	5	2	3	5	1	2	1
	积温 ADD	38.1	57.5	69.9	100.6	122.0	152.2	191.5	233.8
	迁入量 TC			1319	0	305	664	5	
1995	雨量 RF	5.6	36.6	41.3	27.2	36.7	42.2	42.4	0.0
	雨日 RD	3	2	4	4	4	5	3	0
	积温 ADD	27.1	42.1	59.8	71.2	91.6	110.4	129.3	163.3
	迁入量 TC				134	24	111	2155	
1996	雨量 RF	26.4	30.9	19.9	15.9	0.0	0.0	3.9	11.3
	雨日 RD	2	4	2	1	0	0	2	4
	积温 ADD	26.4	31.7	32.4	44.6	58.5	93.7	123.8	152.6
	迁入量 TC				4	350	999	152	

* RF, rainfall(mm); RD, rainy days; ADD, accumulated degree days > 13.8°C; TC, trap catches

表4 风与稻水象甲一代成虫的迁飞(乐清,1995)

Table 4 Wind and the aestival exodus of the rice water weevils(Yueqing, 1995)

日期 (月/日) Date (Month/Date)	早稻叶尖待飞虫量(头/4m ²) Takeoff-ready weevils/4m ²												起飞时段风力 (m/s) Wind speed
	17:50	18:00	18:10	18:20	18:30	18:40	18:50	19:00	19:10	19:20	19:30	19:40	
7/6	—	—	—	—	24	55	49	41	15	5	2	1	SW 微风 Breeze
7/7	—	—	—	27	54	72	76	48	7	7	9	4	SW 微风 Breeze
7/8	—	—	68	65	95	89	86	91	—	—	12	6	C 静风 Calm
7/9	103	111	117	126	130	130	107	109	50	12	4	4	SW 微风 Breeze
7/10	12	8	5	8	11	17	25	31	39	37	20	9	SW 6~8, 18:30 减弱
7/11	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	SE 阵风 Gust, 11~14
7/12	2	6	11	25	35	50	58	74	51	12	7	3	SW 3~5
7/13	5	13	21	43	76	73	77	77	40	13	7	1	SW 2~3
7/14	3	8	14	36	42	57	53	55	25	5	4	0	SW 2~5
7/15	0	1	4	4	7	7	9	15	16	3	1	0	SW 阵风 Gust, 8~11
7/16	0	6	13	15	24	35	29	29	29	8	1	0	SE 2~3
7/17	12	12	13	21	22	29	30	36	36	21	8	0	SE 2~3

* 日落 Sunset 18:56~18:54; 昏影终时 The end of the twilight 19:22~19:20.

参考文献:

- [1] Tauber M J, Tauber C A & Masaki S. *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University Press, U. K. 411, 1986.
- [2] 翟保平等. 浙江省双季稻区稻水象甲的发生动态. 中国农业科学, 1997, 30(6): 23~29.
- [3] 村松有, 田尾政博. 稻水象甲的远距离飞行. 植防研报, 1981, 17: 57~62(日).
- [4] 岸本良一. 稻水象甲的分布扩大. 今月の农药, 1980, 20(13): 50~54(日).
- [5] Asayama T & Nakagome I. Invasion and spread of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, in Japan. In: Hirai K. ed. *Establishment, Spread, and Management of the Rice Water Weevil and Migratory Rice Pests in East Asia*. NARC, TSUKUBA. 1993, 83~103.
- [6] Kisimoto R. Spreading and management of the rice water weevil, an imported pest insect of rice. *ibid.* 1993, 32~41.
- [7] 翟保平, 张孝羲. 昆虫迁飞行为的参数化 I 模式与检验. 生态学报, 1997, 17(2): 190~199.
- [8] 翟保平. 越冬代七星瓢虫和异色瓢虫的飞翔能力. 应用生态学报, 1990, 1(3): 214~220.
- [9] Ferro S A. *et al.* Ovipositional and flight behavior of overwintered Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Ent.* 1991, 20: 1309~1314.
- [10] Golden S L. Non-reproductive determination of migratory flight in Argentine stem weevils. *Physiol. Ent.*, 1981, 6: 283~288.
- [11] Henson W R. Laboratory studies on the adult behavior of *Conophthorus coniperda*. I Flight. *Ann. Ent. Soc. Am.* 1962, 55: 524~530.
- [12] Rankin M A & Rankin S M. Some factors affecting presumed migratory flight activity of the convergent ladybeetle, *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Curculionidae). *Ecol. Bull.* 1980, 156: 356~369.