

S 435.112.9

稻水象甲(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 的卵子发生-飞行共轭*

242-249
翟保平**

程家安 黄恩友

商晗武 ✓

(浙江农业大学植保系 杭州 310029)

(浙江省植物检疫站 杭州 310016)

郑雪浩 吴建

吕旭剑

(乐清市植物检疫站 乐清 326500)

(温州市农业科学研究所 温州 325006)

摘要 1994~1996年对双季稻区稻水象甲发生消长和迁飞动态的系统研究表明,稻水象甲的飞行肌和卵巢发育随生活史的季节性变化出现兴衰交替,从而迁入迁出稻田和越冬场所,表现出典型的卵子发生-飞行共轭:春季越冬代成虫从越冬场所迁入早稻田后飞行肌消解而卵巢发育,繁殖形成一代致害种群。夏季一代成虫生殖滞育,飞行肌和脂肪体发达,绝大部分个体迁出早稻田行夏蛰并越冬;少量落入秧田者和早稻收割时散落田内而晚稻插秧时尚未迁离的个体卵巢恢复发育,飞行肌消解而构成二代虫源。秋季二代成虫羽化后生殖滞育,迁飞上山越冬;10月中旬后羽化的个体卵巢和飞行肌均不再发育而滞留田内外越冬。取食高质量食料时,一代夏蛰成虫飞行肌再生,新羽一代成虫则首先发育飞行肌,而后解除生殖滞育。

关键词 稻水象甲, 季节性迁飞, 卵子发生-飞行共轭

THE OOGENESIS-FLIGHT SYNDROME OF RICE WATER WEEVIL, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel

ZHAI Bao-Ping CHENG Jia-An HUANG En-You

(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou, 310029, China)

SHANG Han-Wu

(Zhejiang Plant Quarantine Station, Hangzhou, 310016, China)

ZHENG Xue-Hao WU Jian

(Yueqing Plant Quarantine Station, Yueqing, 325600, China)

LU Xu-Jian

(Wenzhou Agricultural Research Institute, Wenzhou, 325006, China)

Abstract The seasonal migration and oogenesis-flight syndrome of the rice water weevil (RWW), *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, in the double rice cropping area of Zhejiang Province was studied from 1994 to 1996. The flight muscles of RWW undergo cyclic degeneration and regeneration with the seasonal migration to and from aestivo-hibernation sites

* 浙江省科委重点项目。

浙江农业大学植保系实习生吴慧明、汪鹏,温州市农业科学研究所方勇军,夏万清参加部分工作,谨致谢忱!

** 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:1996-10-07,修改稿收到日期:1997-05-12。

and show an obvious oogenesis-flight syndrome. The over-wintered adults migrate to the early rice fields in spring to produce a damaging generation. All of the newly emerged adults are in a state of reproductive diapause and possess well developed flight muscles and hypertrophic fat bodies. Most of them fly to dormancy sites with aestival-autumn-hibernal diapause, only a few individuals, that land to rice seedling fields or still stay in the paddy fields when the late rice transplanting strats, will develop to next generation. The adults emerge in the autumn migrate to hibernation sites, but the weevils emerged since the second half of October will not develop their flight muscles and will stay at the fields or ridges for hibernation. If high quality foods are provided, regeneration of the flight muscles of the aestival weevils will occur, and the newly emerged adults will first develop their flight muscles and then break down their reproductive diapause.

Key words rice water weevil, seasonal migration, oogenesis-flight syndrome.

稻水象甲(*Lissorhoptus oryzaophilus* Kusche)原产北美,是一种危险的检疫性害虫。自1988年其孤雌生殖型传入我国河北唐山地区后,台湾、天津、辽宁、山东、浙江、吉林省等省市也陆续发生,全国水稻发生面积达39.5万 hm^2 。稻水象甲危害所造成的产量损失在美国为10%~30%^[1],在日本达41%~67%^[2],目前被认为是仅次于稻飞虱的水稻第二大害虫^[3]。与种植制度相适应,稻水象甲在单作稻区年发生一代,而在中、低纬的双季稻区如日本冲绳、我国台湾和浙江省则年发生两代,且主要以一代幼虫致害早稻,晚稻上虫量很少(图1)。稻水象甲以成虫滞育越冬,在双季稻区每年有春、夏、秋3次迁飞,春季越冬成虫迁入稻田产卵繁殖,以幼虫食根致害并在稻根上结茧化蛹,但一代成虫自6月中旬陆续羽化后便持续外迁,历时月余,其绝大部分个体迁入山上越夏并越冬(图2),少量成虫随收割入稻草蛰伏,构成二代虫源的仅是少量落入晚稻秧田的个体和晚稻插秧时尚未迁出的个体(图3)。秋季二代成虫羽化时已过临界日长,飞行肌发育完

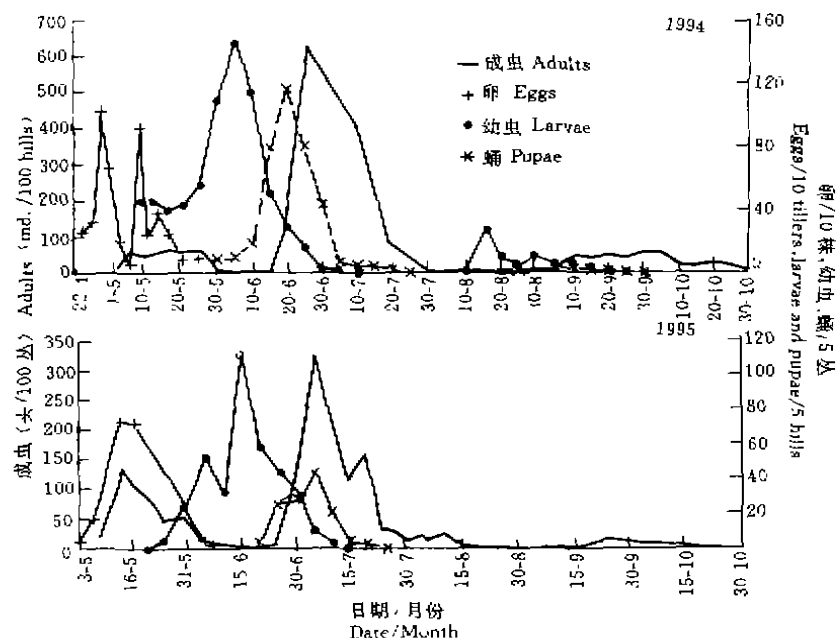


图1 双季稻区稻水象甲种群动态(乐清,海靖)

Fig.1 Population dynamics of rice water weevil in double rice cropping areas

成后迁入越冬场所。稻水象甲的季节性迁飞对其种群动态有直接影响,明确二者之间的生消演替正是理解其发生规律、制定防治策略的关键所在。美国、日本和韩国对此已做了许多工作^[1-3],但对双季稻区各代稻水象甲卵孳生与飞行肌的季节性消长动态尚缺乏系统研究。为此,作者从1994年起在浙江省乐清市海屿设点,进行连续的系统调查和系统解剖。以期阐明双季稻区稻水象甲卵孳、飞行肌和脂肪体的发育动态及其生态功能。

2 材料与方法

2.1 稻田内外稻水象甲卵孳、飞行肌和脂肪体发育动态

分别在田间(秧田和本田)和越冬及越夏场所(山上、田埂杂草和稻草堆)定期采集稻水象甲成虫解剖。

解剖时先去其翅,再用镊子夹住中胸背板前缘徐徐掀开,观察其肌纤维束的条数并感觉其强韧程度。然后夹其尾部将卵巢拉出,观察卵巢和脂肪体发育状况,将卵巢发育程度分为未发育期(0级)、卵黄沉积前期(I级)、卵黄沉积期(II级)、卵成熟及产卵盛期(III级)、产卵末期(IV级)、产后衰老期(V级)6个级别,根据肌纤维束的条数和坚实程度将飞行肌发育程度分为发达(I级)、不发达(II级)和无飞行肌(III级)3个级别,将脂肪体发育程度分为新羽化(0级)、稀疏(I级)、饱满(II级)和溶解(III级)4个级别^[10],据此判定稻水象甲成虫的发育状态。新羽成虫卵巢和脂肪体均为0级而飞行肌为III级;迁飞期的成虫生殖滞育(卵巢0级,少数I级)、飞行肌发达(I级,但也有发育过程中的II级飞行肌),迁往越夏越冬场所及蛰伏期的个体卵巢0级而脂肪体丰满(II级),蛰伏后的个体则无脂肪体;繁殖期的个体飞行肌和脂肪体溶解(均为III级)、卵巢发育(I级以上)。

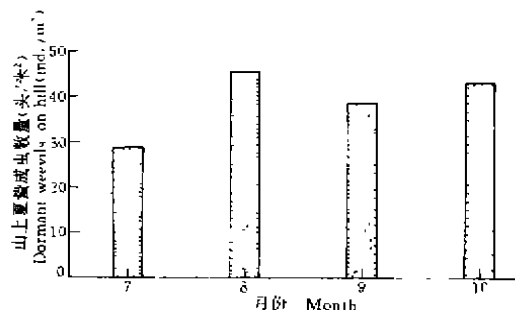


图2 越夏越冬场所稻水象甲成虫数量的季节性变化(乐清,1994)

Fig. 2 Seasonal fluctuation of rice water weevil adults in aestivo-hibernation sites in Leqing, 1994

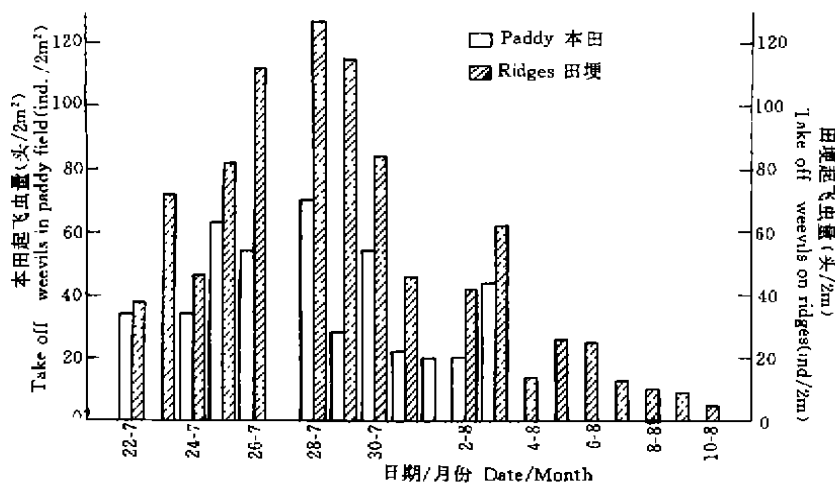


图3 早稻收割后稻水象甲一代成虫的迁飞(乐清,1995)

Fig. 3 Migration of rice water weevils to aestivation sites after harvest (harvest on 23 July, transplantation of late rice on 4 August)

*) 翟保平. 浙江省双季稻区水象甲的迁飞和滞育. 浙江农业大学博士后研究报告, 1996, 120

2.2 高质量食料对一代成虫卵巢、飞行肌和脂肪体发育的影响

在非疫区的乐清市农科所内设置饲料秧田,分期分批播种育秧,保证嫩秧供试。6月下旬在田间采茧(将稻株去茎,连根带泥采回)置于室温下任其自然羽化,每天采收一次或两次新羽成虫,随即接入30×200mm试管中单管单头饲养;另采不同栖息场所(山上、杂草、稻草堆)的夏蛰成虫在室内自然光温条件下饲养(每管5头)。隔日换苗,分期解剖,观察卵巢、飞行肌和脂肪体的发育状况并剥查换下的饲料秧苗中的卵量。

3 结果与分析

3.1 稻水象甲成虫的卵巢、飞行肌和脂肪体发育动态

春季气温回升后,越冬个体滞育解除并开始取食杂草,其飞行肌逐渐发育(表1)并陆续迁入稻田,取食秧苗或稻苗后卵巢开始发育而飞行肌消解(表2、表3)。新羽化的一代成虫全部生殖滞育;此时早稻叶已老化,它们取食田间杂草或无效分蘖,或转移到田埂上取食杂草,飞行肌日渐发达,脂肪体充满体腔(表3);飞行肌发育完成后,绝大部分一代成虫便迁飞到山上或田外夏蛰并直接进入越冬(图2),少量滞留的个体则在晚稻插秧后飞行肌消解,转入正常取食产卵。二代成虫受短光照影响,生殖滞育而飞行肌发育,陆续迁往越冬场所。10月中旬后气温渐降,尚未迁走的个体和羽化晚的二代成虫的卵巢和飞行肌均不再发育,滞留田内越冬(表2、表3)。

表1 山上稻水象甲越冬成虫卵巢和飞行肌发育动态(乐清,海屿)

Table 1 The ovarian and flight muscles development of dormant and overwintered rice water weevils (RWW) on hills (Halyu, Yueqing)*

时 间 Date	解剖头数 Dissected weevils	卵巢 Ovaries(%)		飞行肌 Flight muscles(%)			脂肪体 Fat bodies(%)		
		0	I	I	II	III	I	II	III
1994-04-20~30	70	71.4	28.6	55.7	44.3				100.0
05-01~10	55	94.5	37.5	60.0	29.1	10.9			100.0
07-11~10-30	362	100.0			5.8	94.2	3.3	92.5	4.2
1995-04-20~30	308	84.1	15.9	9.4	29.2	61.4			100.0
05-01~10	218	43.6	56.4	74.3	17.0	8.7			100.0
11-01~10	121	100.0			18.2	81.8	2.5	91.7	5.8

* Developmental stages of ovaries: 0, no oocyte; I previtellogenic; II gravid (vitellogenic to chorionated oocyte); III ovipositing (a number of chorionated eggs are stored in the egg calyxes); IV late ovipositing; V empty ovarioles. Developmental stages of flight muscles: I well developed; II developing; III undeveloping. Developmental stages of fat bodies: 0 spongiform, newly emerged; I flat and few and scattered; II granulated and full of the body cavity; III degenerated.

从表1~表3可知,稻水象甲成虫在日长大于其临界光周期的季节取食营养生长期的稻苗时卵巢发育而飞行肌消解,短光照条件下或食料条件恶化时则生殖滞育、飞行肌发达而迁离,脂肪体的发育与飞行肌发育同步。取食杂草(山上、田埂等无水处)只发育飞行肌,但春季山上越冬种群若长期受阻不能下迁时,部分个体卵巢出现些许卵黄沉积。如1995年4月中旬到5月上旬的持续阴雨低温使主迁峰延迟到5月第二候,越冬种群中具有I级卵巢的个体达半数以上(表1)。

3.2 高质量食料对一代成虫发育的影响

新羽一代成虫在自然条件下全部生殖滞育,田间笼罩两周后仍都是0级卵巢。但取食嫩秧后卵巢和飞行同时发育,而飞行肌发育速度更快,1周后所有个体完成了飞行肌发育,脂肪体也丰满发达。2周时,即使卵巢已是III级,飞行肌仍保持很发达,脂肪体也很多。此后,卵巢进一步发育,飞行肌和脂肪体渐渐退化直至消解(表4)。

不同越冬场所的夏蛰个体均生殖滞育、飞行肌退化或消解(表5),但将其饲以嫩稻秧,取食2d后均不

表 2 田间稻水象甲成虫卵巢和飞行肌发育动态(海屿,1994)

Table 2 The ovarian and flight muscles development of RWW in fields (Haiyu, 1994)

时 间 Date	解剖头数 Dissected weevils	卵巢发育程度 % Ovaries development:						飞行肌 % Flight muscles development			虫 源 Population type	
		0	I	II	III	IV	V	I	II	III		
4 月 20~30 日	87	2.3	9.2	26.4	52.9			1.1	59.8	39.1	早稻秧田	A
5 月 1~40 日	67			9.2	35.1	43.1	12.3			100.0	早稻本田	B
5 月 10~20 日	95				55.8	33.7	10.5			100.0	越冬代	B
5 月 20~34 日	162				6.8	50.0	43.2			100.0	越冬代	B
6 月 1~10 日	67					23.9	76.1			100.0	越冬代	B
6 月 15 日	30	20.0				20.0	60.0			100.0	一代初见	C
6 月 18~7.19 日	738	100.0						36.9	36.2	26.9	早稻一代	D
7 月 4~10 日	78	38.3	21.8	11.5	29.5	1.3	2.6	21.8	43.6	34.6	晚秧一代	E
7 月 10~20 日	47	42.8	42.8	17.0	57.4			2.1		97.9	晚秧一代	E
7 月 27 日	38	73.7		2.6	23.7			2.6	21.4	76.3	晚稻本田	F
8 月 1~20 日	168	4.8	4.2	4.8	47.0	16.1	26.1		4.2	95.8	一代	F
8 月 21~31 日	54	92.6			1.8	4.9	3.7	44.4	48.5	70.4	一代+二代	G
9 月 4~20 日	200	100.0						7.5	11.0	81.5	晚稻二代	H
9 月 21~30 日	462	100.0						25.8	25.3	48.9	晚稻二代	H
10 月 21~30 日	55	100.0							34.5	65.5	晚稻二代	H

* The developmental stages of ovary and flight muscles same as Table 1. A,B: overwintered weevils in seedling beds and paddy fields of early rice. C: mixed populations of overwintered and newly emerged weevils in early rice fields. D,E,F: the aestival populations in early rice fields, seedling beds and paddy fields of late rice. G: mixed populations of aestival and autumn weevils in late rice fields. H: autumn weevils in late rice fields.

表 3 稻水象甲成虫卵巢、飞行肌和脂肪体发育动态(海屿,1995)

Table 3 The ovarian, flight muscles and fat body development of RWW in fields (Haiyu, 1995)

时 间 Date	解剖头数 Dissected weevils	卵巢发育程度 % Ovarian development				飞行肌 % Flight muscle development			脂肪体发育程度 % Fat body development				虫 源 Population type
		0	I	II	> II	I	II	III	0	I	II	III	
4 月 20~5 月 10 日	231	0.4	23.4	19.1	57.1	35.5	20.8	43.7				100.0	早稻秧田 A
5 月 1~10 日	159	0.6	12.6	15.1	71.7	27.0	20.1	52.9				100.0	早稻本田 B
5 月 11~20 日	57		3.5	10.5	86.0	1.8	5.3	92.9				100.0	越冬代 B
7 月 4~20 日	1088	100.0				36.4	26.2	37.4	2.3	9.2	68.5		早稻一代 C
7 月 21~31 日	997	100.0				40.3	19.2	31.5	3.6	22.1	74.3		杂草一代 D
7 月 30~8 月 3 日	291	100.0				61.9	12.7	25.4	3.1	22.3	74.6		待插田一代 E
7 月 25 日	22	72.7	4.5		22.7		40.9	59.1		22.7	59.1	18.2	晚秧一代 F
8 月 1~20 日	44	77.4	13.6	4.5	4.5	43.6	40.9	45.5		48.2	81.8		晚稻一代 G
9 月 27 日	36	100.0				25.0	25.0	50.0	8.3		91.7		晚稻二代 H

* The developmental stages of ovaries, flight muscles and fat bodies same as table 1. A,B,H: same as table 2; C,D, E,F,G: the newly emerged weevils in early rice fields, weeds, fields after harvesting, seedling beds and paddy fields of late rice.

表 4 高质量食料对稻水象甲新羽一代成虫发育的影响(海屿,1995)

Table 4 High quality food and the development of the newly emerged aestival population of RWW

取食天数(d) Feeding days	解剖头数 Dissected weevils	卵巢发育程度 Ovarian development(%)						飞行肌(%) Flight muscle development			脂肪体(%) Fat body development		
		0	I	II	III	IV	V	I	II	III	I	II	III
4	29	75.9	20.7		3.4			86.2	3.4	10.4	2.4	96.6	
7	25	48.0	32.0	8.0	12.0			100.0			8.0	92.0	
14	81	25.9	34.6	9.9	29.6			76.6	8.6	14.8	3.2	57.1	9.7
21	107	6.5	28.0	7.5	29.0	1.0	28.0	18.7	13.1	68.2	33.3	29.8	36.9
28	94	4.2	11.7	1.1	14.3	4.3	63.8		5.3	94.7	3.2	13.8	83.0
田间罩笼 14	72	100.0						72.3	5.3	19.4			

CK: caging 14 days in early rice fields

* The developmental stages of ovaries, flight muscles and fat bodies same as table 1.

表 5 夏插稻水象甲成虫卵巢、飞行肌发育动态(海屿,1994)

Table 5 The ovarian and flight muscles development of aestivated RWW on hills (Haiyu, 1994)

虫源 Population type	时间 Date	解剖头数 Dissected weevils	卵巢 Ovaries (%)		飞行肌 Flight muscles (%)		
			0	I	I	II	III
山上 Hills	07-01~10	17	100.0		17.6	35.3	47.1
	07-11~31	24	100.0			4.2	95.8
	08-01~31	150	100.0			5.3	94.7
	09-11~30	123	100.0			8.1	91.9
	10-30	65	100.0			3.1	96.9
稻草 Straw	07-20~31	45	100.0		15.6	80.0	4.4
	08-01~31	50	100.0			42.0	58.0
	09-26	30	100.0				100.0
杂草 Weeds	07-11~31	120	95.8	4.2	45.8	52.5	1.7
	08-01~10	56	92.9	7.1	8.9	23.2	67.9
	08-11~20	44	100.0		2.3	59.1	38.6
	08-21~31	57	100.0		5.3	31.6	63.1
	09-05	21	100.0			66.7	33.3
	09-21~30	64	100.0		29.7	23.4	46.9
	10-30	55	100.0			34.5	65.5
田埂 Ridge	08-10~10-31	49	100.0			10.2	89.8

* The developmental stages of ovaries and flight muscles same as table 1.

表 6 稻水象甲夏蛰成虫取食后卵巢和飞行肌的发育(海屿, 1994)

Table 6 High quality food and the ovarian and flight muscles development of aestivated RWW (Haiyu, 1994)

虫源 Population type	取食天数(d) Feeding days	解剖头数 Dissected weevils	卵巢发育程度(%) Rate of ovarian development					飞行肌(%)Flight muscle development		
			0	I	II	III	IV	I	II	III
山上 Hills	2	10	100.0						40.0	60.0
	4	8	100.0					12.5	50.0	37.5
	7	24	95.8	4.2		1.8		75.0	25.0	
	10	13	38.4	46.2	7.7	7.7		92.3	7.7	
	19	12	8.4	33.3		58.3		50.0	8.3	41.7
	21	22	27.3	4.5	22.7	9.1	36.4		27.3	72.7
稻草 Straw	2	11	72.7	9.1	9.1	9.1			9.1	90.1
	4	19	63.1	5.3	26.3	5.3		31.6	36.8	31.6
	6	22	54.5	22.7	9.1	13.7		22.7	27.3	50.0
	8	36	55.5	30.6	5.6	8.3		44.4	27.8	27.8
	26	16	25.0	6.2	6.3	6.2	56.3			100
杂草 Weeds	2	19	84.2	5.3		10.5			89.5	10.5
	4	20	50.0	30.0		20.0		25.0	65.0	10.0
	6	20	35.0	35.0	15.0	15.0		45.0	40.0	15.0
	7	16	50.0	6.3	12.5	31.2		25.0	18.8	56.2
上灯 Light trap catches	21	28	28.6	25.0		17.8	28.6	7.2	21.4	71.4

* The developmental stages of ovaries and flight muscles same as table 1.

同程度地恢复了飞行肌的发育(表 6)。其中山上虫取食 7d 后, 75% 的个体的飞行肌达到了 I 级; 取食 10d 后, 90% 以上的个体为 I 级飞行肌。此后, 随着卵巢发育的成熟, 飞行肌又逐渐退化、消解。上灯的个体取食嫩秧后卵巢也恢复正常发育并产卵而飞行肌消解(表 6)。

4 讨论

4.1 通过两年连续的系统解剖表明, 稻水象甲表现出典型的卵子发生-飞行共轭, 其飞行肌和卵巢的发育随生活史的变化而出现兴衰交替, 从而形成了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)。

与鳞翅目相比, 鞘翅目昆虫的日常活动一般以爬行完成, 但也不乏觅食、求偶等活动的短距离飞翔, 唯稻水象甲非此。以另一种著名的检疫性害虫马铃薯甲虫(*Lepriniotarsa decemlineata*)为例, 该虫每年有两个迁飞期(春、夏)、3 个爬行期(越冬后、一代和二代成虫期)和 3 种飞翔类型, 即田内和田附近的局地飞翔、飞往别的栖地的远距离飞翔和飞往附近林带(距原田 100~200m)的滞留飞翔, 且可见数百头成虫群集爬行迁移的景象^[11, 12]。与之形成鲜明对比的是, 稻水象甲的孤雌生殖习性、两栖习性和卵子发生与飞行共轭使其不仅没有局地飞行, 连爬行都很少(游泳扩散), 从而迁飞成为其主要的扩散方式。

4.2 取食嫩秧可使新羽一代成虫卵巢正常发育, 并能解除迁飞期和已进入夏蛰的一代成虫的生殖滞育; 同时, 不论是新羽一代成虫还是夏蛰成虫, 其能源物质优先保证飞行肌的发育(或再生)和脂肪体的形成(1 周内完成)。在自然状态下, 一代发生期食料条件恶化, 故其飞行肌发育完成后便随即迁离; 只有那些迁入晚稻秧田或新插晚稻本田内尚未迁离的少量一代残留个体, 取食嫩秧或新插稻苗后才能发育产卵, 完成下

一世代。这也正是晚稻二代虫量低的主要原因。

4.3 稻水象甲原产北美,因而更适应于中高纬地区的温凉气候。随其不断南迁西进到亚热带双季稻区,它们所面临的是更长的食料周期(利于种群发展)和更高的环境温度(存活率降低)。在这种利弊并存的环境压力下,其生活史对策是,既要避开高温的不利影响,又要充分利用食料资源。因此,绝大部分一代成虫行滞育性迁飞越冬并直接越冬,另有少量个体利用新的食料资源完成世代发育,从而将风险作时间和空间方面的分散。美国和日本南方稻区稻水象甲的发生情况与浙江双季稻区相似^[1,13]。

4.4 系统解剖中的几个例外:

①新羽一代成虫取食高质量食料时,卵巢、飞行肌和脂肪体同步发育。

②1994年5月11日1头山上虫的卵巢小管基部有少量卵黄沉积,但右侧输卵管管内2粒卵;脂肪体消解,飞行肌发达。很难解释这头越冬成虫的卵巢是怎样发育起来的。

③1994年7月14日的1头上灯虫具有Ⅲ级卵巢(卵黄沉积达二分之一小管长,右侧输卵管管内1粒卵)且脂肪体消解而飞行肌发达。此期前后几天在秧田田埂杂草中连续剖出具Ⅲ级卵巢的个体,但均无飞行肌。秧田里也有飞行肌先发育的个体?

参 考 文 献

- Way M O & Wallace R G. Rice water weevil integrated pest management in the United States with emphasis on the South. In: Hirai K. (ed.) *Establishment, Spread, and Management of the Rice Water Weevil and Migratory Rice Pests in East Asia*. NARC, TSUKUBA. 1993. 58~82
- Asayama T & Nakagome T. Invasion and spread of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, in Japan. See Ref. 1, 83~103
- Yoo J K. et al. Chemical control of the rice water weevil in Korea. See Ref. 1, 231~245
- Muda N P. et al. Seasonal history and indirect flight muscle degeneration and regeneration in the rice water weevil. *Environ. Ent.* 1981, 10: 685~690
- 松井正春. 稻水象甲越冬后成虫飞行肌发育和飞翔活动的温度制约性. 应动昆, 1985, 29: 67~72(日)
- Haizlip M B & Tugwell N P. Degeneration and regeneration of indirect flight muscle in the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Kansas Ent. Soc.* 1983, 56: 164~168
- Morgan D R. et al. Rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) indirect flight muscle development and spring emergence in response to temperature. *Environ. Ent.* 1984, 13: 26~28
- 片山荣助. 稻水象甲的卵巢发育特性及其发生变化. 今月の农药, 1988, 32: 70~75(日)
- Goh H G & Choi K M. Forecasting methods of the rice water weevil in Korea. see Ref. 1, 133~162
- 翟保平, 商哈武, 程家安. 稻水象甲卵巢发育程度的分级及其应用. 中国水稻科学, 1999, 13(2): 6~9
- Voss R H & Ferro D N. Ecology of Migrating Colorado potato beetle in Western Massachusetts. *Environ. Ent.* 1990a, 19: 123~129
- Voss R H & Ferro D N. Phenology of flight and walking by Colorado potato beetle in Western Massachusetts. *Environ. Ent.* 1990b, 19: 117~122
- Tanaka A. Ecology of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, in Kyushu and Okinawa, Japan. See Ref. 1, 191~213