

不同寄主植物上灰飞虱种群生命表的比较

李伟^{1,2,#}, 郭慧芳^{1,#}, 王荣富², 刘宝生¹, 钟万芳¹, 方继朝^{1,*}

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014; 2. 安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036)

摘要: 为比较不同寄主植物上灰飞虱种群发展趋势, 通过室内实验, 组建了灰飞虱 *Laodelphax striatellus* Fallén 在武育粳 3 号、盐稻 8 号、徐稻 3 号、II 优 084、II 优 42、扬麦 12、稗草和千金子这 8 种寄主植物上的实验种群生命表; 通过田间调查, 比较了粳稻武运粳 7 号和籼稻 II 优 084 上灰飞虱自然种群发生动态。不同寄主植物上灰飞虱实验种群生命表的比较结果表明, 灰飞虱的若虫发育历期在稗草上最短, 其次为扬麦 12 和粳稻上, 而在杂交籼稻 II 优 084、II 优 42 和杂草千金子上的发育历期长达近 30 d; 灰飞虱在稗草上的种群趋势指数亦最高, 为 45.57, 其次为粳稻品种盐稻 8 号 (39.36)、徐稻 3 号 (34.54) 和武育粳 3 号 (31.70) 上, 其中盐稻 8 号与稗草上无显著差异; 杂交稻 II 优 084 和 II 优 42 上灰飞虱的种群趋势指数显著低于粳稻上的; 而灰飞虱在千金子上的种群趋势指数最低, 仅为 11.04。大田调查则表明, 一定时期粳稻武运粳 7 号上灰飞虱种群个体数量显著高于籼稻 II 优 084 上。研究表明灰飞虱的适宜寄主植物依次为稗草、粳稻品种和小麦。

关键词: 灰飞虱; 寄主植物; 生命表; 种群趋势指数; 种群动态

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2009)05-0531-06

Comparison of the life tables of *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae) on different host plants

LI Wei^{1,2,#}, GUO Hui-Fang^{1,#}, WANG Rong-Fu², LIU Bao-Sheng¹, ZHONG Wan-Fang¹, FANG Ji-Chao^{1,*} (1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. College of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The life tables of small brown planthopper (SBPH) *Laodelphax striatellus* Fallén on different host plants including five rice varieties (Wuyujing No. 3, Yandao No. 8, Xudao No. 3, Eryou No. 084 and Eryou No. 42), one wheat variety (Yangmai No. 12), and two weed species (*Echinochloa crusgalli* and *Leptochloa chinensis*) were compared in the laboratory, and the population dynamics of SBPH on two different rice varieties was investigated in fields. The life tables of experimental population of SBPH showed that the nymphal duration on *E. crusgalli* was 23 d which was the shortest, while those on Eryou No. 084, Eryou No. 42 and *L. chinensis* were nearly 30 d. The index of population trend (*I*) of SBPH on *E. crusgalli* was the highest (*I*=45.57), which was not significantly different from that on Yandao No. 8 (*I*=39.36), but significantly different from that on the other tested plants. Moreover, the index of population trend on indica hybrid rice such as Eryou No. 084 (*I*=20.46) and Eryou No. 42 (*I*=19.53) was significantly lower than those on japonica rice such as Yandao No. 8, Xudao No. 2 (*I*=34.53) and Wuyujing No. 3 (*I*=31.70), and the index of population trend on *L. chinensis* was the lowest (*I*=11.04). Field investigation indicated that the number of SBPH on japonica rice Wuyujing No. 7 was higher than that on indica hybrid rice Eryou No. 084, while there was no steady difference of SBPH on the tested rice varieties in plots. The results suggest that *E. crusgalli* is the most suitable host plant of SBPH, followed by japonica rice varieties and then wheat.

Key words: *Laodelphax striatellus*; host plant; life table; index of population trend; population dynamics

灰飞虱 *Laodelphax striatellus* Fallén 作为一种重要害虫, 不仅以成虫、若虫刺吸为害作物, 更大的为

基金项目: 国家科技攻关项目(2006A01); 江苏省基础研究计划(自然科学基金)重点项目(BK2005214); 江苏省农业科技创新重点项目[ex (07)606]

作者简介: 李伟, 男, 1981 年生, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 研究方向为生理生态和昆虫与植物的相互关系, E-mail: susan_xie_l@sohu.com; 郭慧芳, 女, 1973 年生, 江苏高邮人, 副研究员, 研究方向为水稻害虫综合治理, E-mail: guohf@jaas.ac.cn

#共同第一作者 The authors with equal contribution

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: fangjc@jaas.ac.cn

收稿日期 Received: 2008-12-01; 接受日期 Accepted: 2009-03-08

害是传播水稻条纹叶枯病和黑条矮缩病,玉米粗缩病及小麦丛矮病等多种禾本科作物病毒病(Thresh, 1988;孙广仲等,2006)。近年来,灰飞虱在江苏及周边省份连年暴发,造成条纹叶枯病大流行,给水稻生产带来严重损失。灰飞虱的主要寄主有水稻、小麦、大麦、玉米、高粱、甘蔗等禾本科作物以及看麦娘、稗草、千金子、马唐、李氏禾、双穗雀稗等禾本科杂草。作为一种多寄主的有害生物,关于灰飞虱对不同寄主植物的利用水平人们一直缺乏系统研究,而灰飞虱种群的暴发又有其生理生态基础(刘向东等,2006),因此探明灰飞虱在不同寄主植物上种群的生长和繁殖,可以为灰飞虱的发生预测提供依据,同时,也能够部分阐明灰飞虱种群的暴发机制,从而为该害虫的生态控制奠定基础。本文选取 5 种有代表性的粳稻和籼稻品种、1 种小麦品种以及稗草和千金子 2 种禾本科杂草共 8 种寄主植物,分别组建灰飞虱在上述植物上的实验种群生命表,并调查大田里粳稻和籼稻上灰飞虱的自然发生动态,分析灰飞虱对不同寄主植物的利用能力,以明确不同寄主植物上灰飞虱种群的发展趋势,为害虫的预测和治理提供指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料和实验地点

1.1.1 供试寄主植物:室内测定供试寄主,包括武育粳 3 号、盐稻 8 号和徐稻 3 号 3 个粳稻品种,其中,盐稻 8 号和徐稻 3 号高抗条纹叶枯病,武育粳 3 号则为感病品种;Ⅱ优 084 和Ⅱ优 42 两个籼稻品种;小麦品种扬麦 12;以及稗草和千金子两种禾本科杂草。大田调查的水稻品种为武运粳 7 号和Ⅱ优 084。

1.1.2 供试虫源:灰飞虱成虫采集于江苏省农业科学院试验田。参照昆虫饲养方法(林友伟等,2004;田兰芝和苗红芹,2005)中水稻种苗饲养法,在室内饲养,温度为 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 。

1.1.3 实验地点:室内测定在自然光照的通风玻璃房中进行,大田调查在江苏省丘陵地区镇江农业科学研究所(句容)的试验田进行。

1.2 实验方法

1.2.1 灰飞虱种群的室内饲养与调查:采用小盆钵(直径为 12 cm)上加透明圆柱形塑料容器(直径为 11 cm,插入盆钵内)且顶部罩上双层纱布的装置,每个盆钵内种植 3 株苗期植物,接入 20 头灰飞虱初

孵若虫,可以清楚观察试虫,每个处理设置 5 个重复(盆钵)。实验在自然光照条件下进行,温度为 $27 \sim 30^\circ\text{C}$ 。接虫后,每日观察记录若虫的数量、龄期、成虫数量、性别等。为保证计数的准确性,每次计数重复 2~4 次,以两次记录相同数值为准。计算各龄期若虫存活率、发育历期、性比、种群趋势指数、内禀增长率。

参照昆虫种群生命表的制作方法(庞雄飞,1990;黄寿山,1994),建立灰飞虱实验种群生命表。生命表参数计算方法如下:种群趋势指数 $I = N_{n+1}/N_n$,其中, N_n 为亲代个体数, N_{n+1} 为子代个体数;内禀增长率 $r_m = \ln R_0/T$,其中, R_0 代表该种群在生命表所包括的特定时间中的世代净增殖率, T 表示世代时间,指种群中子代从母体出生到子代再产子的平均时间。

1.2.2 灰飞虱自然种群动态的调查:在大田中,对不同寄主植物上灰飞虱种群的发生动态进行了系统调查。在 333.34 m^2 的田间调查了不同播期的水稻品种武运粳 7 号和Ⅱ优 084 上灰飞虱的发生数量,在 2006 年 5 月 10 日,15 日,20 日,25 日分别播种,田间进行常规肥水管理,不进行害虫防治,分别于 2006 年 6 月 25 日,7 月 5 日,7 月 14 日,8 月 22 日和 9 月 6 日进行田间灰飞虱虫量调查。

1.3 数据统计分析

应用 DPS 统计分析软件(唐启义和冯明光,1997)对调查结果进行 Duncan 氏多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 室内不同寄主植物上灰飞虱的存活率及性比

通过比较灰飞虱若虫期在不同寄主植物上的存活率发现:1 龄若虫期,灰飞虱在稗草、徐稻 3 号、盐稻 8 号和武育粳 3 号上的存活率分别为 91%, 89%, 88% 和 83%,无显著差异;在Ⅱ优 42 上存活率(82%)显著低于稗草上,在扬麦 12(73%)和Ⅱ优 084(74%)上均显著低于前述 5 种寄主植物上;而千金子上 1 龄若虫的存活率最低,仅为 47%,显著低于其他 7 种植物上。2~4 龄若虫期,灰飞虱在稗草、徐稻 3 号、盐稻 8 号和武育粳 3 号上存活率的差异也不显著,在千金子上存活率同样显著低于在其他寄主植物上。5 龄若虫期,在武育粳 3 号、徐稻 3 号、盐稻 8 号、Ⅱ优 42 和Ⅱ优 084 这 5 种植物上,灰飞虱的存活率无显著差异,在千金子上的存活率仍最低,显著低于其他各品种(图 1)。

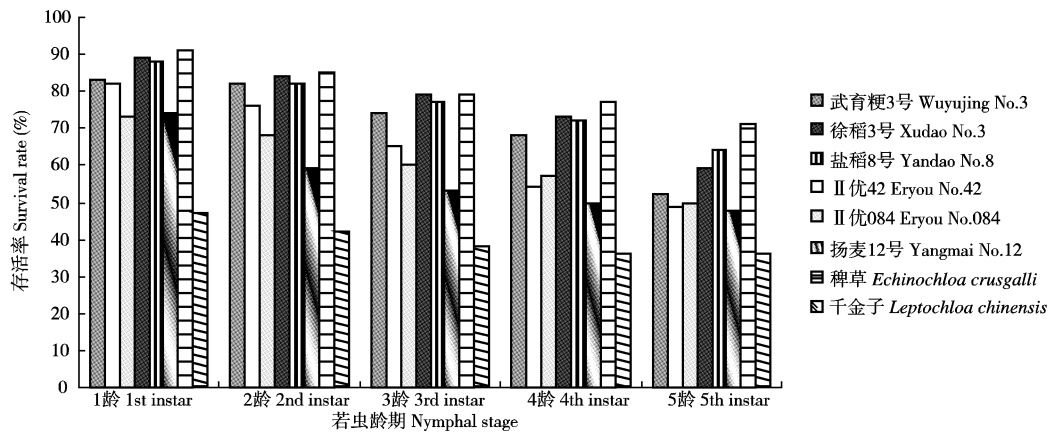


图 1 在 8 种寄主植物上灰飞虱实验种群若虫期的存活率动态

Fig. 1 The survival rate of SBPH in nymphal stage on eight varieties of host plants

比较了灰飞虱实验种群在不同寄主植物上发育至成虫后的性比(图 2),结果表明:灰飞虱的性比因寄主植物而异,除千金子上灰飞虱成虫的性比接近于 1:1 外,其余 7 种寄主植物上雌性均明显多于雄性。其中,以武育梗 3 号、徐稻 3 号、盐稻 8 号和稗草上灰飞虱雌性比更高,雌虫分别占 75%, 76%, 75% 和 70%,在 II 优 42、II 优 084 和扬麦上的雌灰飞虱则分别为 63%, 60% 和 67%。这表明灰飞虱的性比受到寄主植物的影响,且不同植物影响程度不同。

2.2 室内在不同寄主植物上灰飞虱若虫的发育历期

灰飞虱在千金子、II 优 084 和 II 优 42 上的发育历期较长,分别为 29.4, 30.2 和 30.6 d,显著长于在另外 5 种寄主植物上的发育历期;在 3 个粳稻品种武育梗 3 号、盐稻 8 号和徐稻 3 号上,若虫的发育历期均为 27.0 d,在小麦品种扬麦 12 上发育历期为 26.6 d,这 4 种寄主植物上的若虫发育历期差异不显著;在稗草上,灰飞虱的发育历期最短,仅为 23.0 d,与其他各种寄主植物差异显著。从各龄的

发育历期来看,不同寄主植物上 1 龄的发育历期差异最大,以千金子上发育历期最长,达 7 d;盐稻 8 号和稗草上发育历期最短,仅为 2.9 d。

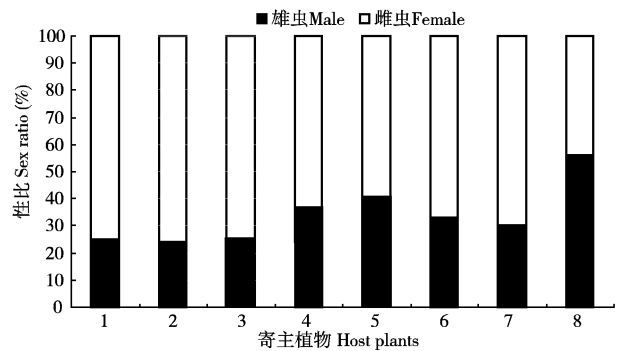


图 2 在 8 种寄主植物上灰飞虱实验种群的成虫性比

Fig. 2 Sex ratio of the SBPH adults developed on eight varieties of host plants

1:武育梗 3 号 Wuyujing No. 3; 2: 徐稻 3 号 Xudao No. 3; 3: 盐稻 8 号 Yandao No. 8; 4: II 优 42 Eryou No. 42; 5: II 优 084 Eryou No. 084; 6: 扬麦 12 号 Yangmai No. 12; 7: 稗草 *Echinochloa crusgalli*; 8: 千金子 *Leptochloa chinensis*.

表 1 在不同寄主植物上灰飞虱若虫的发育历期

Table 1 Nymphal duration of SBPH on eight varieties of host plants

寄主植物 Host plant	发育历期 Nymphal duration (d)					
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	1-5 龄 1st-5th instar
武育梗 3 号 Wuyujing No. 3	3.7 ± 0.7 b	4.0 ± 0.8 d	6.6 ± 0.6 abc	5.0 ± 0.6 bc	7.6 ± 0.4 ab	27.0 ± 0.0 b
徐稻 3 号 Xudao No. 3	4.4 ± 0.8 b	5.1 ± 0.4 abc	6.0 ± 0.4 cd	4.5 ± 0.4 cd	7.1 ± 0.4 abc	27.0 ± 0.0 b
盐稻 8 号 Yandao No. 8	2.9 ± 0.1 c	5.5 ± 0.5 ab	6.3 ± 0.1 bcd	4.8 ± 0.6 cd	7.6 ± 0.1 ab	27.0 ± 0.0 b
II 优 084 Eryou No. 084	4.1 ± 0.4 b	5.7 ± 0.4 a	6.9 ± 0.3 ab	5.7 ± 0.4 ab	7.8 ± 1.1 ab	30.2 ± 1.1 a
II 优 42 Eryou No. 42	4.2 ± 0.3 b	4.9 ± 0.5 bc	7.2 ± 0.9 a	6.3 ± 0.6 a	8.0 ± 0.7 a	30.6 ± 0.9 a
扬麦 12 Yangmai No. 12	3.9 ± 0.7 b	5.1 ± 0.5 abc	6.1 ± 0.3 cd	5.1 ± 0.4 bc	6.4 ± 1.6 bc	26.6 ± 2.2 b
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	2.9 ± 0.4 c	4.6 ± 0.6 cd	6.0 ± 0.5 cd	4.2 ± 0.3 d	5.9 ± 1.8 c	23.0 ± 0.0 c
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	7.0 ± 0.8 a	5.4 ± 0.4 ab	5.9 ± 0.7 d	5.1 ± 0.7 bc	5.9 ± 0.7 c	29.4 ± 0.8 a

同列中有相同字母的数值间无显著性差异 ($P \geq 0.05$, Duncan 氏多重比较检验), 下同。Data followed by the same lower-case letter in the same column were not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P \geq 0.05$). The same below.

2.3 灰飞虱在室内不同寄主植物上的实验种群生命表参数

建立了灰飞虱在不同寄主上的种群生命表参数(表2),对其分析可以看出,不同寄主植物上灰飞虱的种群发展趋势存在差异。灰飞虱在千金子上的种群趋势指数最低,仅为10.24,Ⅱ优084和Ⅱ优42上次之,分别为20.46和19.53,显著低于在另外5种

寄主上的种群趋势指数;在3个粳稻品种武育粳3号、盐稻8号和徐稻3号上,种群趋势指数分别为31.70,39.36和34.54,盐稻8号上显著高于武育粳3号上;在小麦品种扬麦12上,种群趋势指数为27.62,显著高于千金子以及2个籼稻品种上;在稗草上,灰飞虱的种群趋势指数最高,为45.57,与其他各品种之间差异均达显著水平。

表2 在不同寄主植物上灰飞虱的实验种群生命表参数

Table 2 Parameters of the life table of SBPH on different varieties of host plants

寄主植物 Host plants	卵孵高峰期 Peak egg hatching period	成虫平均寿命(d) Average life span of adult	总平均寿命(d) Average life span	世代时间(d) Generation time <i>T</i>	种群趋势指数 Index of population index <i>I</i>	内禀增长率 Intrinsic rate of increase <i>r_m</i>
武育粳3号 Wuyujing No. 3	16.6 ± 1.1	23.0 ± 1.4	39.8 ± 1.1	34.5 ± 0.0	31.70 c	0.1000
徐稻3号 Xudao No. 3	16.2 ± 1.0	23.6 ± 2.6	42.6 ± 2.6	35.4 ± 1.1	34.54 bc	0.1000
盐稻8号 Yandao No. 8	17.8 ± 1.8	26.0 ± 1.0	42.2 ± 1.1	35.2 ± 0.5	39.36 ab	0.1043
Ⅱ优084 Eryou No. 084	13.4 ± 0.9	19.4 ± 1.1	40.2 ± 1.1	36.0 ± 1.2	20.46 d	0.0838
Ⅱ优42 Eryou No. 42	16.6 ± 0.9	20.8 ± 2.1	39.4 ± 2.2	36.0 ± 0.7	19.53 d	0.0826
扬麦12 Yangmai No. 12	13.0 ± 1.4	21.4 ± 2.6	39.4 ± 2.6	26.0 ± 0.0	27.62 d	0.0970
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	11.0 ± 0.0	28.6 ± 0.9	44.6 ± 0.9	26.0 ± 0.0	45.57 a	0.1469
千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>	12.6 ± 2.2	17.2 ± 1.1	40.2 ± 1.1	36.4 ± 0.6	10.24 e	0.0639

2.4 大田灰飞虱在不同水稻上的自然发生量比较

调查了不同播种期的Ⅱ优084和武运粳7号上灰飞虱种群变化情况(表3)。2006年7月5日的调查结果表明:不同播期的杂交稻Ⅱ优084上灰飞虱的数量无显著差异,武运粳7号亦然;但同为5月10日播种的Ⅱ优084上灰飞虱的数量显著低于武运粳7号上。7月14日调查发现:不同播期的两个水稻品种上

灰飞虱的发生量均无显著差异。而在8月22日,不同播期Ⅱ优084上灰飞虱的数量均显著低于武运粳7号上,而从同一品种不同播期来看,籼稻上无差异,在粳稻上,5月15日播种的武运粳7号上显著低于另外3个播期上;在9月6日,5月20日和5月25日播种的武运粳7号上灰飞虱的数量显著高于Ⅱ优084上,不同播期的武运粳7号上无显著差异。

表3 2006年大田不同寄主植物上灰飞虱种群的发生动态

Table 3 Population dynamics of SBPH on different varieties of rice in fields in the year 2006

水稻品种 Rice variety	播种日期 Date of sowing (mm-dd)	不同日期种群个体数量 Individual numbers on different date (Mean ± SD)				
		06-25	07-05	07-14	08-22	09-06
Ⅱ优084 Eryou No. 084	05-10	13.3 ± 10.4 abc	98.3 ± 33.3 c	60.0 ± 36.1 a	8.3 ± 8.5 c	6.7 ± 5.8 b
	05-15	13.3 ± 2.9 abc	105.0 ± 54.1 bc	33.3 ± 23.1 a	33.3 ± 6.2 c	13.3 ± 11.5 b
	05-20	11.7 ± 2.9 bc	58.3 ± 10.4 c	83.3 ± 20.8 a	11.7 ± 9.4 c	10.0 ± 0.0 b
	05-25	3.3 ± 5.8 c	90.0 ± 0.0 c	50.0 ± 20.0 a	5.0 ± 4.1 c	0.0 ± 0.0 b
武运粳7号 Wuyunjing No. 7	05-10	45.0 ± 20.0 ab	185.0 ± 30.4 a	136.7 ± 57.7 a	158.3 ± 45.2 ab	40.0 ± 26.5 ab
	05-15	46.7 ± 23.1 a	175.0 ± 20.0 ab	46.7 ± 25.2 a	136.7 ± 10.3 b	46.7 ± 23.1 ab
	05-20	10.0 ± 5.0 c	137.7 ± 14.4 abc	96.7 ± 45.1 a	225.0 ± 18.7 a	66.7 ± 30.6 a
	05-25	6.7 ± 7.6 c	130.0 ± 5.0 abc	110.0 ± 80.0 a	173.3 ± 20.1 ab	63.3 ± 5.8 a

3 讨论

昆虫种群的拓展与生长受到多方面因素的影响。对于害虫来说,寄生植物的种类与特性对其生长繁衍起着关键性的作用(王荣富等,2000),同时,也有报道指出农田生态系统中植物多样性的增大在多数情况下能导致某些害虫种群数量的下降(侯茂林和盛承发,1999)。灰飞虱的寄主较为广泛,在自然情况下,除为害水稻、大麦、小麦等一些禾本科作物外,还有取食看麦娘、游草、稗草、双穗雀麦、结缕草、千金子等禾本科杂草的习性。灰飞虱成虫不仅在水稻上产卵,也可在稗草上产卵。关于不同水稻对灰飞虱的抗性差异,表现为野生稻大于常规稻大于杂交稻,籼稻品种一般较粳稻品种更具抗性(林含新等,2000)。本文通过建立不同寄主植物上灰飞虱的实验种群生命表,分析室内寄主植物对灰飞虱性比、发育历期的影响,并结合田间自然种群的调查发现,灰飞虱在常规粳稻徐稻3号、武育粳7号和盐稻8号上的种群趋势指数显著高于杂交籼稻Ⅱ优084和Ⅱ优42,常规粳稻对灰飞虱的抗性显著低于杂交籼稻。大田调查结果也表明,在一定时期,杂交籼稻Ⅱ优084上灰飞虱的数量显著低于粳稻武运粳7号。

水稻条纹叶枯病在不同水稻品种上发生程度差异明显,病情发生严重程度一般为:杂籼 < 中粳 < 糯稻 < 晚粳(程兆榜等,2002)。本研究结果表明,杂交籼稻对灰飞虱的抗性显著高于常规粳稻。由此可推断杂交籼稻对灰飞虱的抗性高于粳稻可能正是籼稻上条纹叶枯病的发病程度轻于粳稻的重要原因。

除水稻品种外,本文还研究了灰飞虱在稗草和千金子这两种杂草的种群生命表。灰飞虱在这两种杂草上的种群发生和发展差异显著,在稗草上害虫种群趋势指数显著高于在千金子上,也显著高于除盐稻8号外的所有水稻品种上,而千金子上灰飞虱种群趋势指数显著低于所有水稻品种。昆虫的性比对种群的发展至关重要,已研究发现温度对灰飞虱的性比产生了影响(张爱民等,2008)。本文研究发现,寄主植物对灰飞虱的性比也产生了影响,在千金子上灰飞虱发育为成虫后的性比与其他寄主植物上的性比差别明显,雌虫比例最低。因此,灰飞虱及水稻条纹叶枯病的发生预测和控制,必须重视对稻、麦作物田间及周围环境中多种杂草寄主的研究与控制,作物田间尤其周围环境中的稗草可能是灰飞虱种群存续与暴发的重要因子。

在以往的类似实验中往往采取指型小管作为观察稻飞虱的实验装置(李国清和顾正远,1994),单头单管饲养稻飞虱,同时做多个处理、多个重复,而在本实验中我们采用中号盆钵上罩2.25 L塑料容器改装的透明罩,并在透明罩顶部蒙上纱布,该实验装置空间大,通透性好,与灰飞虱的自然生活环境更为相近,且观察方便,换苗周期长,有效地提高了观察数据的准确性。

致谢 江苏省丘陵地区镇江农业科学研究所束兆林副研究员和缪康助理研究员参加田间调查,江苏省农业科学院植物保护研究所谢霖助理研究员为本文稿的文字校对和输出等付出了努力,谨表谢意。

参 考 文 献 (References)

- Cheng ZB, Yang YM, Zhou YZ, Diao XY, Xiong RY, 2002. New incidence of rice stripe disease in Jiangsu rice area. *Jiangsu Agricultural Sciences*, (1): 39-41. [程兆榜,杨荣明,周益军,刁春友,熊如意,2002. 江苏稻区水稻条纹叶枯病发生新规律. 江苏农业科学, (1): 39-41]
- Hou ML, Sheng CF, 1999. Effect of plant diversity in agro-ecosystems on insect pest populations. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 10 (2): 245-250. [侯茂林,盛承发,1999. 农田生态系统植物多样性对害虫种群数量的影响. 应用生态学报, 10 (2): 245-250]
- Huang SS, 1994. Construction of the life table of white-backed planthopper. *Journal of South China Agricultural University*, 15 (3): 65-69. [黄寿山,1994. 白背飞虱自然种群生命表的编制方法. 华南农业大学学报, 15 (3): 65-69]
- Li GQ, Gu ZY, 1994. Studies on resistance of rice variety NJ14 to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 17 (4): 131-133. [李国清,顾正远,1994. 水稻品种南京14号对褐飞虱抗性的研究. 南京农业大学学报, 17 (4): 131-133]
- Lin HX, Lin ZQ, Wei TY, Wu ZJ, Lin QY, Xie LH, 2000. Identification of resistance of rice varieties to rice stripe virus and its vector insect, *Laodelphax striatellus*. *Journal of Fujian Agricultural University*, 29(4): 453-458. [林含新,林奇田,魏太云,吴祖建,林奇英,谢联辉,2000. 水稻品种对水稻条纹叶枯病毒及其介体灰飞虱的抗性鉴定. 福建农业大学学报, 29(4): 453-458]
- Lin YW, Lin MZ, Shen JL, 2004. Rearing and susceptibility to four insecticides of the small brown planthopper. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 43(11): 520-527. [林友伟,林美珍,沈晋良,2004. 灰飞虱的饲养及其对4种药剂的敏感性测定. 农药, 43(11): 520-527]
- Liu XD, Zhai BP, Liu CM, 2006. Outbreak reasons of *Laodelphax striatellus* population. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43 (2): 141-146. [刘向东,翟保平,刘慈明,2006. 灰飞虱种群暴发成灾

- 原因剖析. 昆虫知识, 43 (2): 141 - 146]
- Pang XF, 1990. Index of population control and its application. *Journal of Plant Protection*, 17(1): 11 - 16. [庞雄飞, 1990. 种群数量控制指数及其应用. 植物保护学报, 17(1): 11 - 16]
- Sun GZ, Chen ZQ, Yu ZL, Zhang DY, 2006. The character of virus diseases outbreak and the strategy to adjust the cultivated and agrum transmitted by the small brown planthopper. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, (2): 108 - 109. [孙广仲, 陈志清, 郁祖良, 张大友, 2006. 灰飞虱传播的病毒病发生流行特点及耕作与栽培措施调整对策. 上海农业科技, (2): 108 - 109]
- Tang QY, Feng MG, 1997. Practical Statistical Analysis and DPS Data Processing System. China Agriculture Press, Beijing. 46 - 55. [唐启义, 冯明光, 1997. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 中国农业出版社. 46 - 55]
- Thresh JM, 1988. Rice viruses and 'The Green Revolution'. *Aspects of Applied Biology*, 17: 187 - 194.
- Tian LZ, Miao HQ, 2005. Preliminary report of healthy rearing plants for *Laodelphax striatellus* Fallen in indoor artificial feeding. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 33(8): 132 - 134. [田兰芝, 苗红芹, 2005. 灰飞虱冬季室内人工饲养中饲料植物病虫害防治初报. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 33(8): 132 - 134]
- Wang RF, Zhang CL, Zou YD, Lü L, Cheng XN, 2000. Effect of rice variety resistance on population dynamics of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furifera*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 11 (6): 861 - 865. [王荣富, 张成林, 邹运鼎, 吕亮, 程遐年, 2000. 水稻品种抗性对褐飞虱和白背飞虱种群动态的影响. 应用生态学报, 11 (6): 861 - 865]
- Zhang AM, Liu XD, Zhai BP, Gu XY, 2008. Influences of temperature on biological characteristics of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Hemiptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 51(6): 640 - 645. [张爱民, 刘向东, 翟保平, 顾晓莹, 2008. 温度对灰飞虱生物学特性的影响. 昆虫学报, 51(6): 640 - 645]

(责任编辑: 袁德成)