

稻虱缨小蜂 (*Anagrus nilaparvatae*) 在两种稻飞虱上的生殖力及其应用潜能

林庆胜^{1,2}, 黄寿山^{1,*}, 胡美英², 李 娜³, 张万里²

(1. 华南农业大学资环学院昆虫生态研究室, 广州 510642; 2. 华南农业大学资源环境学院农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642; 3. 山东省莒县农业局, 莒县 276500)

摘要: 利用寄生变红卵和仔代成蜂数量作为繁殖力估计等方法, 编制了稻虱缨小蜂 (*Anagrus nilaparvatae* pang and wang) 在褐飞虱 (*Nilaparvata lugens* (Stål)) 卵和白背飞虱 (*Sogatella furcifera* (Horvath)) 卵上繁殖的实验种群生命表, 测定了稻虱缨小蜂寄生褐飞虱和白背飞虱的生殖力, 分析了稻虱缨小蜂对稻飞虱卵的寄生能力。结果表明: 在相同的繁殖条件下, 稻虱缨小蜂寄生褐飞虱卵的净生殖力 R_0 为 10.26, 内禀增长率 r_m 为 0.2213, 平均单雌产仔数为 14.52 头; 寄生白背飞虱卵的净生殖力 R_0 为 8.78, 内禀增长率 r_m 为 0.1840, 平均单雌产仔数为 12.20 头。两组生命表参数比较分析显示褐飞虱卵具有较强的室内繁殖潜能, 可利用其进行室内繁殖。应用稻虱缨小蜂、褐飞虱及白背飞虱的生命表参数讨论了稻虱缨小蜂在稻飞虱生物防治中的应用潜能及其可能的利用途径。

关键词: 稻虱缨小蜂; 生命表; 褐飞虱; 白背飞虱; 应用潜能

文章编号: 1000-0933 (2009) 08-4295-08 中图分类号: Q968.1, S435.112+.3 文献标识码: A

Fecundity of *Anagrus nilaparvatae* parasitizing two rice hopper and the evaluation of its application potential

LIN Qing-Sheng^{1,2}, HUANG Shou-Shan^{1,*}, HU Mei-Ying², LI Na³, ZHANG Wan-Li²

1 Laboratory of Insect Ecology; South China Agricultural University; Guangzhou 510642, China

2 Key Laboratory of Pesticide and Chemical Biology (South China Agricultural University) Ministry of Education China 510642, China

3 Juxian County Agriculture Bureau, Shandong Province 276500, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4295 ~ 4302.

Abstract: The experimental population of *A. nilaparvatae* was reared separately in the eggs of *N. lugens* and *S. furcifera* to study the life table. Fecundity was estimated by the number of reddened parasitized eggs or progeny adults. It was followed by the study of its parasitic ability to the eggs of rice hopper. Population rearing, characters were compared by experimental population life tables on the eggs of *N. lugens* and *S. furcifera*. The parameters of the life table studied on the eggs of *N. lugens* were as follows: $R_0 = 10.26$, $T = 10.52$ (day), $r_m = 0.2213$, $\lambda = 1.2477$, $P_{\varphi} = 0.7065$, $R'_0 = R_0 / P_{\varphi} = 14.52$; where as the values of different parameters of life table studied on the eggs of *S. furcifera* remained at: $R_0 = 8.78$, $T = 11.81$ (day), $r_m = 0.1840$, $\lambda = 1.2020$, $P_{\varphi} = 0.7191$, $R'_0 = R_0 / P_{\varphi} = 12.2032$. These results showed that the eggs of *N. lugens* were suitable for the rearing of *A. nilaparvatae* as compared to the eggs of *S. furcifera*. This study also provides adequate information about the application potential of *A. nilaparvatae* in the rice against rice pests that can be helpful in the production of organic rice with better quality.

Key Words: *Anagrus nilaparvatae*; life table; *Nilaparvata lugens*; *Sogatella furcifera*; application potential

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2006CB100204); 国家发展和改革委员会资助项目 (04070501190316)

收稿日期: 2008-10-22; 修订日期: 2008-12-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sshuang@scau.edu.cn

稻飞虱[褐飞虱(*N. lugens*)和白背飞虱(*S. furcifera*)]是亚洲稻区为害最严重的水稻害虫之一,大多数产稻国家均有因稻飞虱为害和传播病毒而引起大面积倒伏和减产的记载^[1,2]。稻虱缨小蜂隶属缨翅缨小蜂属(*Anagrus* Haliday),是稻飞虱卵期重要的寄生性天敌,对稻飞虱的自然种群有着显著的控制作用。20 世纪 60 年代末至 80 年代初,国内外学者的田间调查结果显示稻虱缨小蜂对稻飞虱卵的寄生率最高可达 80% 以上^[3~10],M. F. Claridge 等的田间实验亦证明稻虱缨小蜂(*Anagrus nilaparvatae* pang and wang)是控制褐飞虱种群的主要因子^[11],在有机大米的生产过程中具有很大的实际应用价值。但稻虱缨小蜂的田间种群数量对稻飞虱的田间种群数量具有明显的依赖性和滞后性,特别是在稻飞虱的暴发初期,稻虱缨小蜂的自然种群数量严重不足,不足以对稻飞虱起到有效的控制作用。

在现实的农林害虫生物防治中,广泛的、大面积应用害虫天敌与天敌自然种群数量不足有着难以协调的矛盾。利用人工饲料人工培育害虫天敌并在田间释放,可有效的解决这一矛盾,这一构思在赤眼蜂的成功应用上得到了很好的证明。人工培育稻虱缨小蜂,并在稻飞虱暴发时进行人工释放可有效控制稻飞虱的种群数量,减少化学农药的应用,为有机大米的生产提供技术支持。生命表参数是种群品质评价的规范化指标^[12],对寻找稻虱缨小蜂人工培育的合适寄主有着重要的参考价值。为此,作者编制了稻虱缨小蜂寄生褐飞虱和白背飞虱的实验种群生命表。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 供试昆虫

稻虱缨小蜂 *Anagrus nilaparvatae* Pang and Wang 采自华南农业大学增城市宁西教学基地水稻田。

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 采自华南农业大学增城市宁西教学基地水稻田。

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 采自华南农业大学增城市宁西教学基地水稻田。

供试水稻品种为 TN1,本实验室储存。

1.1.3 仪器设备

实体显微解剖镜(德国产、WILD M8)、解剖针等。

1.2 实验方法

1.2.1 稻虱缨小蜂田间采集

在华南农业大学增城市宁西教学基地水稻田内采集处于分蘖期的水稻,室内镜检,将有飞虱卵痕的稻苗放入大试管内室内培养,定期更换试管内的营养液。不断收集羽化的稻虱缨小蜂,及时给予新鲜的飞虱卵让其产卵。室内饲养两代后进行生命表编制试验。

1.2.2 稻飞虱的田间采集及室内饲养

在华南农业大学增城市宁西教学基地水稻田内采集处于分蘖期的水稻,室内镜检,将有飞虱卵痕的稻苗放入大试管内室内培养,定期更换使馆内的营养液。收集孵化的飞虱若虫在种有 TN1 水稻的玻璃房内饲养。

1.2.3 稻飞虱卵的室内收集

将处于分蘖期的水稻去掉叶片,剪至 8cm 长(简称稻条),放入盛有营养液的广口瓶中。每根稻条配备 5 头雌飞虱和 1 头雄飞虱,诱集产卵 24h。

1.2.4 生命表的编制

(1) 稻虱缨小蜂成蜂羽化、死亡

参照黄寿山编制赤眼蜂实验种群生命表的方法^[13],将 1d 分为 3 个时段, X 表示稻虱缨小蜂发育进程, X 以 8h 为单位,将同一时间段内接蜂的寄主卵变红后,选取 100 粒,单独放入小试管内,用脱脂棉球蘸水保湿。记好接种时间作为 X 计算的起点。稻虱缨小蜂羽化后,立即按时段引出并分开雌、雄蜂,给每头雌蜂编号并配备 1 头雄蜂,没有雄蜂配对的让其行孤雌生殖。对每头雌蜂接以过量的新鲜飞虱卵,每 8h 更换一批新鲜飞虱卵,接卵的同时统计雌蜂的存活、死亡情况。

(2) 稻虱缨小蜂繁殖量的估计

在检查成蜂羽化、存活的同时,将每头雌蜂编号,配给一头雄蜂放入小试管中,接入 100 粒左右的新鲜飞虱卵,给存活的雌蜂每 8h 更换一次新鲜卵条。在被寄生卵变红后及时统计寄生变红卵粒数,作为该蜂在该时段的繁殖量估计。在全部雌蜂产卵结束后,将各雌蜂在相同 X 时段内的寄生变红卵数合计,作为种群在该 X 内的繁殖量。生命表参数的计算参照黄寿山^[13]和徐汝梅^[14]的方法,并分析所得重要参数的生物学意义。

1.3 数据分析

采用 SAS 数据处理软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 稻虱缨小蜂寄生褐飞虱卵的实验种群生命表

2.1.1 稻虱缨小蜂寄生褐飞虱卵的实验种群生命表

表 1 稻虱缨小蜂寄生褐飞虱卵的成蜂羽化、死亡情况

Table 1 The emergence and death of the adult of <i>A. nilaparvatae</i> parasitized the eggs of <i>N. lugens</i>											
日期 Date	时段 Period	羽化蜂数 Emergence				死亡蜂数 Dead				繁殖力 Fecundity	
		♀	♂	小计	累计	♀	♂	小计	累计	实产 ^a	折合产 ^a ♀
06-30	I	25	14	39	39	3	—	3	3	—	—
	II	4	3	7	46	1	—	1	4	402	284.02
	III	—	—	—	46	—	—	—	4	113	79.84
07-01	I	29	5	34	80	5	2	7	11	196	138.48
	II	—	3	3	83	—	1	1	12	47	32.21
	III	—	—	—	83	—	—	—	12	45	31.79
07-02	I	5	2	7	90	17	4	21	33	39	27.55
	II	—	—	—	90	5	5	10	43	23	16.25
	III	—	—	—	90	3	4	7	50	—	—
07-03	I	2	—	—	92	3	5	8	58	19	13.42
	II	—	—	—	92	18	3	21	79	14	9.89
	III	—	—	—	92	5	—	5	84	—	—
07-04	I	—	—	—	92	—	3	3	87	—	—
	II	—	—	—	92	—	—	—	87	—	—
	III	—	—	—	92	5	—	—	92	—	—
合计		65	27		92	65	27		92	898	634.46

小计 Subtotal; 累计 Cumulative; 实产 Real output; 折合产^a ♀ Female; 下同 the same below

表 2 稻虱缨小蜂在褐飞虱卵上繁殖的生殖力表

Table 2 Reproductive properties of <i>A. nilaparvatae</i> in eggs of <i>N. lugens</i>							
X	存活 ♀ (头) Survival	l_x	逐日产卵量 Oviposition	折合产 ♀ 数 Female	m_x	$l_x m_x$	$Xl_x m_x$
1		1.0000	0				
...		...	...				
28	65	1.0000	0	0	0	0	0
29	62	0.9538	0	0	0	0	0
30	61	0.9384	402	284.02	4.6561	4.3693	131.08
31	61	0.9384	113	79.84	1.8525	1.7384	53.89
32	56	0.8615	196	138.48	2.4729	2.1304	68.17
33	56	0.8615	47	32.21	0.5752	0.4955	16.35
34	56	0.8615	45	31.49	0.5677	0.4891	16.63
35	39	0.6000	39	27.55	0.7064	0.4238	14.83
36	34	0.5231	23	16.25	0.4780	0.2500	9.00
37	31	0.4769	0	0	0	0	0
38	28	0.4308	19	13.42	0.4793	0.2065	7.85
39	10	0.1538	14	9.89	0.9890	0.1521	5.93
40	5	0.0769	0	0	0	0	0
41	5	0.0769	0	0	0	0	0
42	5	0.0769	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0

X : 稻虱缨小蜂发育进程 Development time of *A. nilaparvatae*; l_x : 逐日存活率 Percent of daily surviving *A. nilaparvatae*; m_x : 存活稻虱缨小蜂日平均产雌仔数 Average daily progeny females laid by surviving adults

2.1.2 生命表参数的计算

净生殖力

$$R_0 = \sum l_{xi} m_{xi} = 10.26$$

平均世代历期

$$T = (\sum X l_{xi} m_{xi} / \sum l_{xi} m_{xi}) \div 3 = 10.52(d)$$

内禀增长率

$$r_m = \ln R_0 / T = \ln 10.26 / 10.52 = 0.2213$$

周限增入率

$$\lambda = e^r = 1.2477$$

雌性比率

$$P_{\varphi} = 0.7065$$

平均单雌产仔蜂数

$$R'_0 = R_0 / P_{\varphi} = 14.52$$

2.2 稻虱缨小蜂寄生白背飞虱卵的实验种群生命表

2.2.1 稻虱缨小蜂寄生白背飞虱卵的实验种群生命表

表3 稻虱缨小蜂寄生白背飞虱成蜂羽化、死亡情况

Table 3 The emergence and death of the adult of *A. nilaparvatae* parasitized the eggs of *S. furcifera*

日期 Date	时段 Period	羽化蜂数 Emergence				死亡蜂数 Dead				繁殖力 Fecundity	
		♀	♂	小计	累计	♀	♂	小计	累计	实产 ^a	折合产♀
4.23	I	34	14	48	48	4	—	4	4	—	—
	II	5	3	8	56	1	2	3	7	387	278.29
	III	—	—	—	56	—	—	—	7	95	68.31
4.24	I	20	6	26	82	2	3	5	12	34	24.45
	II	—	1	1	83	—	—	—	12	198	142.38
	III	—	—	—	83	7	—	7	19	19	13.66
4.25	I	4	—	4	87	18	9	27	46	32	23.01
	II	—	—	—	87	14	7	21	67	7	5.03
	III	—	—	—	87	8	2	10	77	2	1.44
4.26	I	1	1	2	89	7	1	8	85	6	4.31
	II	—	—	—	89	2	—	2	87	1	0.72
	III	—	—	—	89	—	—	—	87	—	—
4.27	I	—	—	—	89	—	—	—	87	—	—
	II	—	—	—	89	1	1	2	89	—	—
	III	—	—	—	89	—	—	—	89	—	—
合计		64	25	—	89	64	25	—	89	781	561.62

表4 稻虱缨小蜂在白背飞虱卵上繁殖的生殖力表

Table 4 Reproductive properties of *A. nilaparvatae* in eggs of *S. furcifera*

<i>X</i>	存活♀(头) Survival	l_x	逐日产卵量 Oviposition	折合产♀数 female	m_x	$l_x m_x$	$X l_x m_x$
1		1.0000	0				
...		...	...				
32	64	1.0000	0	0	0	0	0
33	60	0.9375	0	0	0	0	0
34	59	0.9219	387	278.29	4.7168	4.3484	147.85
35	59	0.9219	95	68.31	1.1578	1.0673	37.36
36	57	0.8906	34	24.45	0.4289	0.3820	13.75
37	57	0.8906	198	142.38	2.4978	2.2245	82.31
38	50	0.7813	19	13.66	0.2732	0.2135	8.11
39	32	0.5000	32	23.01	0.7191	0.3599	14.04
40	18	0.2813	7	5.03	0.2794	0.0786	3.14
41	10	0.1563	2	1.44	0.1438	0.0225	0.92
42	3	0.0469	6	4.31	1.4367	0.0674	2.83
43	1	0.0156	1	0.72	0.7200	0.112	0.48
44	1	0.0156	0	0	0	0	0
45	1	0.0156	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0

X: 稻虱缨小蜂发育进程 Development time of *A. nilaparvatae*; l_x : 逐日存活率 Percent of daily surviving *A. nilaparvatae*; m_x : 存活稻虱缨小蜂日平均产雌仔数 Average daily progeny females laid by surviving adults

2.2.2 生命表参数的计算

净生殖力	$R_0 = \sum l_{xi}m_{xi} = 8.78$
平均世代历期	$T = (\sum Xl_{xi}m_{xi} / \sum l_{xi}m_{xi}) \div 3 = 11.81(d)$
内禀增长率	$r_m = \ln R_0 / T = \ln 8.78 / 11.81 = 0.1840$
周限增入率	$\lambda = e^{r_m} = 1.2020$
雌性比率	$P_{\varphi} = 0.7191$
平均单雌产仔蜂数	$R'_0 = R_0 / P_{\varphi} = 12.2032$

2.3 稻虱缨小蜂在不同寄主卵内繁殖的实验种群生命表参数的比较分析及应用

2.3.1 生命表参数的比较分析

稻虱缨小蜂寄生褐飞虱卵的净生殖力 R_0 为 10.26, 内禀增长率 r_m 为 0.2213, 平均单雌产仔数为 14.52 头; 寄生白背飞虱卵的净生殖力 R_0 为 8.78, 内禀增长率 r_m 为 0.1840, 平均单雌产仔数为 112.20 头。两者相比, 用褐飞虱卵繁殖的稻虱缨小蜂在净生殖力、内禀增长率以及平均单雌产仔数方面要比用白背飞虱卵繁殖的稻虱缨小蜂高。

2.3.2 生命表参数的应用

编制稻虱缨小蜂寄生在不同寄主上繁殖的实验种群生命表, 是评价室内繁蜂寄主合适与否的有效途径。生命表参数是筛选室内繁蜂寄主的重要指标, 净生殖力越大, 世代周期越短, 内禀增长率就越高, 该寄主越适合用来室内繁蜂。比较分析两组生命表参数可以看出, 以褐飞虱卵为寄主繁殖的稻虱缨小蜂, 其后代的质量较高, 寄生能力较强, 在净生殖力、世代周期、内禀增长率、平均单雌产仔蜂数等方面均比用白背飞虱卵繁蜂优秀, 稻虱缨小蜂寄生褐飞虱的生命力比寄生白背飞虱的旺盛, 这一研究结论与程遐年^[15]及祝增荣^[16]的研究结论一致。因此褐飞虱卵比白背飞虱卵更适合作为室内人工繁殖稻虱缨小蜂的替代寄主。

3 讨论

3.1 稻虱缨小蜂的研究应用现状

稻虱缨小蜂是稻飞虱主要的卵寄生蜂, 对稻飞虱的种群有着显著的自然控制作用。有关稻虱缨小蜂的研究可分为两个阶段。20 世纪 90 年代以前, 主要以稻虱缨小蜂的田间调查研究为主, 如庞雄飞等在阳江县的调查显示, 稻虱缨小蜂对稻褐飞虱的卵寄生率可达 75% 以上^①。罗肖南等^[1,2]对稻虱缨小蜂的生物学和生态学特性做了系统、详细的调查研究^[3,4]。庞雄飞等^[3]对缨翅缨小蜂的 4 个新种: 稻虱缨小蜂(*Anagrus nilaparvatae* pang and wang)、拟稻虱缨小蜂(*Anagrus Paranilaparvatae* pang and wang)、伪稻虱缨小蜂(*Anagrus toyae* pang and wang)和长管稻虱缨小蜂(*Anagrus longitubulosus* pang and wang)做了正式描述, 确立了缨小蜂在稻飞虱生物防治中的地位^[5]。徐国民等^[17]对稻虱缨小蜂的成虫生物学做了细致的研究^[11]。这一系列的研究成果都为以后进一步的研究打下了坚实的基础。

20 世纪 90 年代以来, 在稻虱缨小蜂种群动态, 化学生态等方面的研究有了很大的进展, 特别是化学生态的研究, 已经进入分子水平。娄永根等证实了水稻受稻飞虱为害后, 可产生挥发性化学物质诱导稻虱缨小蜂前来寄生稻飞虱卵^[18]。经过近 10a 的研究, 杜孟浩、程家安等确定了诱导水稻产生次生物质的是褐飞虱口腔液中的 β -葡萄糖苷酶, 使得稻虱缨小蜂的化学生态学研究获得了突破性的发展^[19]。但是, 有关稻虱缨小蜂人工饲养和田间释放等实际应用的研究在国内外罕见报道。稻虱缨小蜂是稻飞虱生物防治的优秀材料, 开展稻虱缨小蜂的人工培育研究, 有望为稻虱缨小蜂的应用研究开拓新的局面。

3.2 稻虱缨小蜂的应用潜能分析

3.2.1 生命表参数在生物防治中的应用

生命表参数是研究种群数量变动机制和组建数量预测模型的一种重要手段。通过分析比较天敌和害虫

① 华南农业大学昆虫学系内部资料

的生命表参数可以预测天敌在害虫综合控制中的地位,建立合理利用天敌的控害模型,制订有效的生防措施。朱麟等的研究结果显示,褐飞虱实验种群的 R_0 为 31.77,内禀增长率 r_m 为 0.150,平均世代历期 T 为 22.34d;白背飞虱实验种群的净生殖力 R_0 为 27.47,内禀增长率 r_m 为 0.122,平均世代历期 T 为 27.13d^[20]。比较稻虱缨小蜂、褐飞虱及白背飞虱三者的实验种群生命表参数可以发现,虽然稻虱缨小蜂的净生殖力 R_0 比褐飞虱和白背飞虱的低,但它的平均世代历期 T 比褐飞虱和白背飞虱的短,内禀增长率 r_m 也明显的高。如果没有外界因子影响,理想状态下稻飞虱繁殖一代,稻虱缨小蜂可以繁殖 2~3 代,稻虱缨小蜂的数量最终将超过稻飞虱的种群数量,对稻飞虱种群起到完全的控制作用。所以在理想状态下稻虱缨小蜂的种群发展趋势相对于稻飞虱的种群发展趋势是“超前”的,不是“跟随”的。田间的“跟随”现象是因为寄主的严重缺乏导致了稻虱缨小蜂的断代性种群数量衰退而出现的。特别是在水稻收割后至下一季水稻插秧期间,田间的生态系统遭到破坏,天敌和寄主的种群都遭到毁灭性破坏,稻虱缨小蜂的田间种群数量出现断代性种群数量衰退,以至于在稻飞虱大量迁入暴发时不能对其起到有效的种群控制作用。如果解决了稻虱缨小蜂的断代性种群数量衰退问题,稻虱缨小蜂对田间飞虱的种群数量起到强有力的控制作用。因此,从生命表参数的比较分析来看稻虱缨小蜂在稻飞虱的综合防治过程中具有很大的应用潜能。但如何解决稻虱缨小蜂的断代性种群数量衰退问题,是对其应用的关键。对稻虱缨小蜂人工饲养,采取合理的措施进行人工释放,将有效解决稻虱缨小蜂的田间断代性种群数量衰退问题,克服它对稻飞虱种群的依赖性和滞后性,达到对稻飞虱生物防治的目的。

3.2.2 稻虱缨小蜂的人工饲养研究

稻虱缨小蜂的人工饲养研究在其实际应用研究中具有举足轻重的作用。褐飞虱是稻虱缨小蜂的原始寄主,应用褐飞虱卵在室内可繁殖一定量的稻虱缨小蜂,并可满足小范围的田间释放实验。但用褐飞虱卵繁殖需要大量的分蘖期水稻和大量的褐飞虱,时间和空间的限制性比较大,工作强度大,繁殖成本高,不能大规模的推广应用。人工饲料具有成本低,繁殖方便,不受时间空间的限制等优点。利用原始寄主的营养成分为模板研制寄生蜂的人工饲料是可行的,这一点已被赤眼蜂人工饲料的研究成功所证明。褐飞虱卵是稻虱缨小蜂最合适的自然寄主,以褐飞虱卵的营养成份为模板,研制稻虱缨小蜂的人工饲料,将使稻虱缨小蜂的人工饲养达到工厂化规模,稻虱缨小蜂将可以像赤眼蜂那样得到全国性的推广,稻飞虱对水稻的肆虐将被制止。

3.2.3 稻虱缨小蜂的人工释放模式探讨

人工释放害虫天敌是生物防治常用的手段之一,主要包括淹没式释放和接种式释放。淹没式释放是目前常用的生物防治措施,在赤眼蜂的应用上已非常成熟。通过害虫的预测预报,在害虫爆发前向田间释放大量的天敌,可以对害虫起到有效的防治作用。但这种防治措施需要成熟的天敌饲养技术支持。目前稻虱缨小蜂的人工饲养仅处于研究的起始阶段,无法做到大规模的人工饲养。淹没式释放目前不适合作为稻虱缨小蜂的应用方式。

接种式释放在天敌被释放后在田间形成自维持系统,可以对害虫进行持续有效的种群控制。这种释放方式往往需要种植一种或多种植物作为库存植物(bank plant),人为营造天敌的生存环境,以便在目标害虫种群数量低时可继续保持所释放天敌的种群数量。如 Brook C. Murphy, Jay A. Rosenheim^[18] 等在美国加利福尼亚州的葡萄园内,利用人工营造越冬场所的方法,使缨小蜂 *Anagrus epos* (Girault) 对葡萄叶蝉 *Erythroneura elegantula* (Osborn) 卵的寄生率大大提高,对葡萄叶蝉种群起到有效的控制作用^[21]。稻虱缨小蜂的田间自然寄主比较多,除常见的褐飞虱、白背飞虱外还有长绿飞虱、灰飞虱以及杂草中的稗飞虱、黑面黄脊飞虱、黑边黄脊飞虱等^[22],从中筛选出合适的寄主以及寄主寄生的植物作为库存植物,研究稻虱缨小蜂的接种式释放,不失为稻虱缨小蜂的一种合理有效的应用方式。

稻虱缨小蜂是稻飞虱主要的卵寄生蜂,对田间稻飞虱的自然种群数量具有明显的控制作用。唯一不足的是稻虱缨小蜂的自然种群数量对于飞虱的迁入暴发具有明显的滞后性,在稻飞虱暴发初期不能对其起到有效的种群控制作用。研究人工饲养技术和田间释放技术可克服这一缺点,使稻虱缨小蜂在有机大米的生产上具有实际应用价值,为有机大米的生产提供技术支持。

References:

- [1] Dyck V A, Thomas B. The brown plant hopper problem. In Brown Plant hopper: Threat to Rice Production in Asia. Philippines: IRRI, Los banos, 1979. 1—17.
- [2] Heong K L, Aquino G B, *et al.* Population dynamics of plant and leafhoppers and their natural enemies in the rice ecosystems in the Philiooines. Crop Protect, 1992, 11(4):371—379.
- [3] Luo S N, Zhuo W X. Investigations on the bionomics and utilization of mymarid egg-parasites of rice plant hoppers. Journal of Fujian Agricultural College, 1980, (2):44—59.
- [4] Luo S N, Zhuo W X. Study on the *Anagrus*-the eggs parasitoids of plant hoppers (I). Entomological Knowledge, 1980,17(8):105—109.
- [5] Pang X F, Wang Y A. New species of *Anagrus* from south china (Hymenoptera: Mymaridae). Entomotaxonomia,1985,7(2):175—184.
- [6] Jin X M, Zhang C Z, Jiang W S. The biological characteristics and quantitative dynamics of population of *Anagrus* in the field. Journal of Agricultural Science, 1979, (6): 27—31.
- [7] Miura T, Hirashima Y, Wongsirt T. Egg and nymphal parasites of rice leafhoppers and plant hoppers. A result of field studies in Thailand in 1977. Esakia, 1979, (13):21—44.
- [8] Miura T, Hirashima Y, Chujo M T, Chu Y I. Egg and nymphal parasites of rice leafhopper and plant hoppers. A result of field studies in Taiwan in 1979. Esakia, 1981, (16): 39—50.
- [9] Otake Akio. Studies on the egg parasites of the smaller brown plant hopper *LodelPhax striatellus* (Fallen) (Hemipteras: Delphacidae). Development of Auagrus, flaveolus Waterhouse (Hymenoptera; Mymaridae) within its host. Bull. Skikoku Agric. Exp. Sta., 1968, (18):161—169.
- [10] Otake Akio. Food and fertilizer technology center for the Asian and Pacific Region. Taipei: Natural enemies of the Brown planthopper, 1968. 42—56.
- [11] Claridge M F, Morgan J C. Seasonal patterns of egg parasitism and natural biological control of rice brown plant hopper in Indonesia. Agricultural and Forest Entomology, 1999,(1): 297—304.
- [12] Xu R M. Insect population ecology. (The second edition). Beijing: Beijing Normal University Publishing Company, 1990.
- [13] Huang S S, Dai Z Y, Wu D Z. The establishment and analysis of the experimental population life table of *Trichogramma* sp. on different hosts. Acta Phytophylacica Sinica, 1996, 23 (3):209—212.
- [14] Xu R M. Insect population ecology. Beijing, Beijing Normal University Publishing Company, 1987.
- [15] Cheng X N, Xu G M. Comparison of population ecology between two mymarid egg parasitations of rice plant hoppers. Acta Entomologica Sinica, 1991, 34 (4): 405—412.
- [16] Zhu Z R, Cheng X A. Host Preference and suitability of *Anagrus nilaparvatae*. Acta Entomologica Sinica, 1993,36 (4):430—437.
- [17] Xu G M, Zhu Z R, Cheng X N, The study of adult biological of *Anagrus nilaparvatae*. Journal of Nanjing Agricultural University. 1987,(3):134—136.
- [18] Lou Y G, Cheng X A. Behavioral response of *Anagrus nilaparvatae* Pang et Wang to the volatile of rice varieties. Entomological Journal of East China, 1996, 5(1):60—64.
- [19] Du M H, Yan X C, Lou Y G, *et al.* Studies on active chemicals in the saliva of the rice brown plant hopper (*Nilaparvata lugens*) that elicit the production of rice volatiles. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.). 2005, 31 (3): 237—244.
- [20] Zhu L, Zhang G R, Gu D X. Influence of resistant rice varieties to the populati-on parameters of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. Entomological Knowledge, 2002, 39(4):265—268.
- [21] Brook C Murphy, Jay A Rosenheim. Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of the western grape leafhopper. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1998,(87): 225—235.
- [22] Li B Z, He J X. The investigation of fluctuation on numbers of three species of mymaridae parasiting the eggs of plant hoppers and their protection and utilization. Natural Enemies of Insects, 1991, 13(4): 156—161.

参考文献:

- [3] 罗肖南,卓文喜. 稻飞虱卵寄生蜂-缨小蜂生物学特性及保护利用的探讨. 福建农学院学报,1980,(2):44~59.
- [4] 罗肖南,卓文喜. 稻飞虱卵寄生蜂-缨小蜂研究(一). 昆虫知识,1980,17(8):105~109.
- [5] 庞雄飞,王野岸. 缨翅缨小蜂新种记述. 昆虫分类学报,1985,7(2):175~184.
- [6] 金行模,张纯胃,姜王森,等. 几种缨小蜂的生物学特性和田间发生情况的考查. 浙江农业科学,1979,6:27~31.
- [12] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 第二版. 北京:北京师范大学出版社,1990.
- [13] 黄寿山,戴志一,吴达璋. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用. 植物保护学报,1996,23(3):209~212.
- [14] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社,1987. 61~82.
- [15] 程遐年,徐国民. 两种稻虱缨小蜂种群生态的比较. 昆虫学报,1991,34(4):405~412.
- [16] 祝增荣,程家安. 稻虱缨小蜂的寄主选择性和适宜性. 昆虫学报,1993,36(4):430~437.
- [17] 徐国民,祝增荣,程遐年. 稻虱缨小蜂成虫生物学研究. 南京农业大学学报,1987,(3):134~136.
- [18] 娄永根,程家安. 稻虱缨小蜂对水稻品种挥发物的行为反应. 华东昆虫学报,1996,5(1):60~64.
- [19] 杜孟浩,严兴成,娄永根,等. 褐飞虱唾液中诱导水稻释放挥发物的活性组分研究. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2005,31(3):237~244.
- [20] 朱麟,张古忍,古德祥. 抗性水稻品种对褐飞虱和白背飞虱种群参数的影响. 昆虫知识,2002,39(4):265~268.
- [22] 李伯传,何俭兴. 三种稻虱卵寄生缨小蜂消长规律及保护利用考查. 昆虫天敌,1991,13(4):156~161.