

褐飞虱、白背飞虱的种内和种间效应

赵伟春, 娄永根, 程家安, 祝增荣

(浙江大学应用昆虫学研究所, 杭州 310029)

摘要:在室内条件下研究了褐飞虱、白背飞虱在 3 种类型水稻稻苗上的种内密度效应和种间互作效应。结果表明:在 6~24 头/盆若虫和 2~6 对/盆成虫的接虫密度范围内,褐飞虱、白背飞虱的种内密度效应均较弱,其中尤以褐飞虱的种内密度效应更弱,种内密度效应与水稻品种有关。在秀水 11 和协优 9308 上,白背飞虱的种内密度效应相对较强;褐飞虱在浙 852 和协优 9308 上表现一定的密度效应;褐飞虱和白背飞虱共存时种间存在互利关系,其中尤以对白背飞虱有利。主要表现为两种飞虱的若虫存活率、成虫短翅率、单雌每天产卵量和后代若虫孵化率在混合饲养时比一种飞虱单独饲养时均有不同程度的提高。

关键词:褐飞虱;白背飞虱;种内密度效应;种间互作效应

Intra-and interspecific relationship of *Nilaparvata lugens* (stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) on various rice varieties

ZHAO Wei-Chun, LOU Yong-Gen, CHENG Jia-An, ZHU Zeng-Rong (Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: The intra-and inter-specific relationship of *Nilaparvata lugens* (stål) and *Sogatella furcifera* (Horvath) on three rice varieties, Z852, XS11 and XY9308, were studied in the laboratory. The density-dependent effects of *S. furcifera* and *N. lugens* were weak on the three rice varieties at nymphal densities ranging from 6 to 24 or adult densities ranging from 2 to 6 pairs per cage. The density-dependent effects of *N. lugens* were weaker than those of *S. furcifera*. There were various adverse effects of intra specific crowding of the two species on the three varieties. The density-dependent effect of *S. furcifera* were stronger on XS11 and XY9308 than that on Z852; The density-dependent effect of *N. lugens* were stronger on Z852 and XY9308 than that on XS11. The interspecific interactions between *S. furcifera* and *N. lugens* were beneficial to each other. The nymphal survival rate, brachypter rate, fecundity, and hatchability of each species in the mixed culturing of the two species were significantly higher than those in separated culturing.

Key words: *Nilaparvata lugens* (Stål); *Sogatella furcifera* (Horváth); intra-specific density effects; inter-specific interaction

文章编号:1000-0933(2001)04-0629-10 中图分类号:S433.1 文献标识码:A

褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål)和白背飞虱(*Sogatella furcifera* Horváth)同属于同翅目、飞虱科,两者常共存于稻田生态系统中,均喜栖息于较为阴湿的水稻下部^[1],通过刺吸水稻汁液、产卵等行为严重为害水稻,是东南亚各国水稻上的重要害虫。

昆虫之间的相互作用是生态学研究中的一个重要课题。通过这方面的研究,不仅能在理论上加深对昆虫种群动态机制的了解,而且能在实践上为提高预测预报的准确性,以及改善害虫的治理等提供理论指

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(39630200)

收稿日期:1999-02-06;修订日期:2000-02-23

作者简介:赵伟春(1973-),女,浙江缙云人,博士。主要从事昆虫分子生物学和害虫综合治理研究。

本文承蒙中国水稻研究所胡国文、张志涛、刘光杰、唐健等提供水稻种子和供试昆虫,特此致谢。

导。至今,有关褐飞虱和白背飞虱种内、种间作用已有研究^[2~8],但存在很大争论,并且就分别在不同类型水稻品种条件下的种内、种间作用尚无研究报道。为此,选取不同抗性水平的 3 种类型水稻品种(籼稻、粳稻、杂交稻),在室内条件下研究了褐飞虱和白背飞虱种内密度效应和种间互作效应,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试水稻品种

供试水稻品种 3 个,各品种来源及对褐飞虱、白背飞虱的抗性见表 1。将 3 个品种的种子分别播于环境条件一致的无虫网室水泥槽中(1997 年 4 月 16 日),定期均匀施肥,待秧龄 30d 左右移栽至塑料钵中(Φ8cm×10cm),4 株/盆,自然条件下生长。接虫当天(苗龄 60d 左右,浙 852 为分蘖后期,协优 9308 和秀水 11 为分蘖中期)剪去叶尖及较差的一株稻苗,每盆留粗壮单株 3 株,外罩圆形透明的两通塑料罩(Φ8cm×33cm,中间具粘有细纱的通风口,上端亦扎有细纱),备用。

表 1 供试水稻品种的来源及抗性表现*

Table 1 The sources and resistance of rice varieties*

品种 Rice varieties	类型 Strains	提供单位 Seed provider	抗性表现 Resistance		资料来源 References
			B	W	
浙 852	籼稻	浙大试验农场	S	S	[9]
Z852	Indica	Experiment Farm of Zhejiang University			
秀水 11	粳稻	嘉兴市农科所			
XS11	Japonica	Jiaxing Agricultural Science Institute	S	R	[10]
协优 9308	籼粳杂交稻	中国水稻研究所			
XY9308	Japonica-indica hybrid	China National Rice Research Institute	MR	MR	[11]

* S, R, MR 分别表示感性、抗性和中抗品种 Susceptible, resistant and middle resistant varieties;B,W:褐飞虱、白背飞虱 Brown planthopper, whitebacked planthopper

1.2 供试昆虫

褐飞虱、白背飞虱均由中国水稻研究所提供。在室温下用 TN1 稻苗系统在玻璃筒养虫装置(Φ10×40cm)内饲养 2~3 代后供用。

1.3 若虫期两种飞虱的种内和种间效应

取同日孵化、虫龄 2d 的褐飞虱和白背飞虱 1 龄若虫以及 3 个品种的稻苗,每品种按每盆(褐飞虱:白背飞虱)6:0,6:6,6:18,12:0,24:0,18:6,0:6,0:12,0:24 共 9 个处理接虫。每处理 5 个重复。每天检查记录若虫的存活、羽化情况以及羽化成虫的性别和翅型,并将当天羽化的成虫吸除,直至全部若虫羽化为止。试验在室内条件下进行,平均温度 25±2℃,光周期为 12L:12D。

1.4 成虫期两种飞虱的种内和种间效应

取同日羽化、羽化当天的褐飞虱和白背飞虱雌雄成虫(均为长翅型)和 3 个品种的水稻稻苗,各品种按每盆(褐飞虱:白背飞虱)2:0,2:2,2:4,4:0,4:2,6:0,0:2,0:4,0:6 的比例接虫,每处理 5 个重复。每天检查成虫存活情况,每隔 6d 换 1 次稻苗,齐泥剪下换出的稻苗,镜检稻苗上各飞虱的卵量。在飞虱产卵高峰期取产卵 1d 的稻苗进行卵孵化试验,每天检查卵的孵化情况,将当天孵化的各种飞虱若虫吸除并记录孵化若虫数,最后剪苗镜检稻苗上各飞虱不能孵化的卵量。计算各种飞虱雌雄成虫寿命、单雌每天产卵量、若虫孵化率。试验在室温下进行,平均温度 24±2℃,光周期为 12L:12D。

2 结果与分析

2.1 若虫期两种飞虱的种内和种间效应

2.1.1 若虫期两种飞虱的种内密度效应 在不同水稻品种间,白背飞虱若虫的种内密度效应存在一定差异(表 2)。在秀水 11 上,随着种内密度从 6 头/盆增至 24 头/盆,白背飞虱的雌、雄若虫历期明显增长,若虫存活率、雌性率、短翅率呈下降趋势,而其它各项指标则无差异;在协优 9308 上的雄若虫历期随密度增加

而显著延长,雌若虫历期呈上升趋势,若虫存活率呈下降趋势;在浙 852 上,这种种内密度效应相对较弱,仅表现为 6 头/盆的短翅率高于 12 头/盆和 24 头/盆的处理。

表 2 白背飞虱若虫期的种内密度效应*
Table 2 The density-dependent effects of *S. furcifera**

品种	密度	若虫历期(d)		若虫存活率(%)	雌性率(%)	短翅率(%)
		Nymphal development durations				
Varieties	Densities	雌 Females	雄 Males	Nymphal survival rates	Female rates	Brachypter rates
浙 852	6W	12.48±0.74a	11.82±0.26a	68.33±7.40a	39.72±10.83a	8.89±5.37a
	Z852	13.50±0.77a	12.56±0.48a	79.17±11.22a	36.82±7.59a	0.00±0.00a
	24W	12.88±0.16a	12.43±0.13a	83.59±4.87a	40.90±4.70a	1.67±1.44a
秀水 11	6W	13.81±0.17bA	13.10±0.26bA	83.17±0.68a	54.72±9.48a	19.72±6.24a
	XS11	14.16±0.36abA	13.68±0.26abA	73.49±7.05a	52.61±6.10a	12.30±3.03a
	24W	14.83±0.12aA	14.06±0.18aA	60.98±5.38a	42.67±1.90a	7.61±2.55a
协 优	6W	12.75±0.30a	12.16±0.22bB	66.67±9.43a	27.33±3.32bA	0.00±0.00a
	9308	13.24±0.36a	12.49±0.21bAB	61.56±11.93a	52.70±6.80aA	6.67±5.96a
XY9308	24W	13.92±0.59a	13.64±0.47aA	47.92±13.26a	26.79±1.79bA	0.00±0.00a

* 平均值±标准误: 项目中百分率经反正弦转换后进行多重比较; 同一品种同一列字母相同者表示差异不显著(邓肯氏新复极差法,小写字母 $P<0.05$; 大写字母 $P<0.01$); 若虫存活率是羽化成虫数与接入初始虫数之比,下同. Average ± standard error; The percentages were compared after arcsine transformation; means of the same varieties in a column followed by the same small (capital) letter were not significantly different at $P=0.05$ ($P=0.01$) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT); nymphal survival rates were the percentages of the emergence adults to the original 1st-instar nymphs; the same as above

在 6~24 头/盆的密度范围内,褐飞虱在 3 个品种上的种内密度效应均相对较弱(表 3)。除了在浙 852 上,24 头/盆的若虫存活率显著低于 12 头/盆和 6 头/盆的处理外,其余指标在 3 个品种上均无显著差异。

表 3 褐飞虱若虫期的种内密度效应
Table 3 The density-dependent effects of *N. lugens*

品种	密度	若虫历期(d)		若虫存活率(%)	雌性率(%)	短翅率(%)
		Nymphal development durations				
Varieties	Densities	雌 Females	雄 Males	Nymphal survival rates	Female rates	Brachypter rates
浙 852	6B	13. 54±0. 22a	13. 35±0. 36a	75. 00±5. 20aA	62. 50±10. 79a	66. 95±8. 79a
Z852	12B	13. 78±0. 09a	13. 63±0. 18a	66. 67±0. 00abA	54. 17±14. 83a	62. 50±11. 79a
	24B	14. 15±0. 22a	13. 61±0. 12a	38. 89±6. 31bA	38. 37±9. 50a	63. 92±8. 62a
秀水 11	6B	13. 87±0. 08a	13. 08±0. 25a	91. 67±3. 40a	45. 00±8. 53a	51. 67±7. 36a
XS11	12B	13. 79±0. 07a	13. 06±0. 16a	85. 42±1. 81a	53. 86±5. 92a	68. 64±5. 76a
	24B	13. 59±0. 03a	13. 25±0. 00a	87. 50±2. 95a	43. 18±4. 82a	66. 59±1. 12a
协 优	6B	13. 58±0. 22a	13. 29±0. 18a	79. 44±7. 67a	50. 56±5. 35a	59. 45±6. 01a
9308	12B	14. 03±0. 05a	13. 20±0. 08a	78. 33±5. 58a	46. 35±6. 56a	55. 87±5. 38a
XY9308	24B	13. 63±0. 47a	13. 10±0. 22a	68. 00±5. 73a	70. 59±6. 64a	78. 24±10. 01a

2.1.2 若虫期两处飞虱种间互作效应 (1)种间互作对白背飞虱的影响 由表 4 可知,在 3 个水稻品种上,当白背飞虱与褐飞虱混合饲养总密度与白背飞虱单独饲养密度相等时,尽管种间白背飞虱的雌性率、短翅率与种内白背飞虱的无显著差异,但 3 个品种上种间白背飞虱的若虫存活率明显地高于其相同密度下种内白背飞虱的处理,若虫历期则显著短于其相同密度下种内白背飞虱的处理,并且在总密度为 24 头/盆的处理中,白背飞虱的若虫存活率和若虫发育历期有随着褐飞虱虫量的增加而提高和缩短的趋势。

表 5 是在白背飞虱密度为 6 头/盆时,通过比较添加或不添加褐飞虱时白背飞虱各生物学参数的变化

来分析褐飞虱和白背飞虱的种间互作对白背飞虱的影响。结果表明,当在白背飞虱中分别添加 6 头和 18 头褐飞虱混合饲养,在 3 个品种稻苗上,白背飞虱的若虫存活率均显著地高于未添加褐飞虱的处理;在浙 852 和协优 9308 上,当在白背飞虱中添加 6 头褐飞虱混合饲养时,白背飞虱的短翅率有不同程度的提高。

表 4 种间互作(同等密度)对白背飞虱的影响*

Table 4 The effects of interspecific interaction (same densities) on *S. furcifera**

品种	密度	若虫历期(d)		若虫存活率(%)	雌性率(%)	短翅率(%)
		Nymphal development durations				
		雌 Females	雄 Males			
Varieties	Densities			Nymphal survival rates	Female rates	Brachypter rates
浙 852	6W6B	12.00±0.00a	12.08±0.07a	93.33±5.96a	61.67±8.03a	25.00±14.14a
Z852	12W	13.50±0.77a	12.56±0.48a	79.17±11.22a	36.82±7.59a	0.00±0.00a
	6W18B	12.10±0.09bA	12.07±0.20a	96.67±2.98aA	38.67±6.71a	3.33±0.45a
	18W6B	12.67±0.22aA	12.17±0.24a	83.33±1.96bA	56.59±5.55a	5.02±1.46a
	24W	12.88±0.16aA	12.43±0.13a	83.59±4.87bA	40.90±4.70a	1.67±1.44a
秀水 11	6W6B	13.60±0.28a	13.20±0.13a	96.00±3.58aA	38.00±9.87a	16.33±6.84a
XS11	12W	14.16±0.36a	13.68±0.26a	73.49±7.05bA	52.61±6.10a	12.30±3.03a
	6W18B	13.44±0.28bB	13.16±0.20bB	91.67±4.17aA	40.83±2.98a	0.00±0.00a
	18W6B	13.95±0.20bAB	13.19±0.14bB	91.11±3.37aA	46.49±8.29a	4.03±2.51a
	24W	14.83±0.12aA	14.06±0.18aA	60.98±5.38bB	42.67±1.90a	7.61±2.55a
协 优	6W6B	12.31±0.16bA	12.41±0.23a	87.50±3.61a	42.50±7.40a	4.17±3.61a
9308	12W	13.24±0.36aA	12.49±0.21a	61.56±11.93a	52.70±6.80a	6.67±5.96a
XY9308	6W18B	12.17±0.14bA	12.00±0.00bA	94.44±4.54aA	31.11±4.80a	0.00±0.00a
	18W6B	13.27±0.24abA	12.91±0.37abA	82.68±8.32 aA	44.48±4.12a	3.03±2.47a
	24W	13.92±0.59aA	13.64±0.47aA	47.92±13.26bB	26.79±1.79a	0.00±0.00a

* 同一品种、同一列、混合密度相等、字母相同者表示差异不显著(邓肯氏新复极差法,小写字母 $P<0.05$; 大写字母 $P<0.01$)。* Means of the same mixed densities of same varieties in a column followed by the same small (capital) letter are not significantly different at $P=0.05$ ($P=0.01$) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

表 5 种间互作(不同密度)对白背飞虱的影响*

Table 5 The effects of interspecific interaction (different densities) on *S. furcifera**

品种	密度	若虫历期(d)		若虫存活率(%)	雌性率(%)	短翅率(%)
		Nymphal development durations				
		雌 Females	雄 Males			
Varieties	Densities			Nymphal survival rates	Female rates	Brachypter rates
浙 852	6W	12.48±0.74a	11.82±0.26a	68.33±7.40bB	39.72±10.83a	8.89±5.37a
Z852	6W6B	12.00±0.00a	12.08±0.07a	93.33±5.96aAB	61.67±8.03a	25.00±14.14a
	6W18B	12.10±0.09a	12.07±0.20a	96.67±2.98aA	38.67±6.71a	3.33±0.45a
秀水 11	6W	13.81±0.17a	13.10±0.26a	83.17±0.68bA	54.72±9.48a	19.72±6.24a
XS11	6W6B	13.60±0.28a	13.20±0.13a	96.00±3.58aA	38.00±9.87a	16.33±6.84a
	6W18B	13.44±0.28a	13.16±0.20a	91.67±4.17abA	40.83±2.98a	0.00±0.00a
协优	6W	12.75±0.30a	12.06±0.22a	66.67±9.43bA	27.33±3.32a	0.00±0.00a
9308	6W6B	12.31±0.16a	12.41±0.23a	87.50±3.61abA	42.50±7.40a	4.17±3.61a
XY9308	6W18B	12.17±0.14a	12.00±0.00a	94.44±4.54aA	31.11±4.80a	0.00±0.00a

* 同一品种、同一列、W 密度相等、字母相同者表示差异不显著(邓肯氏新复极差法,小写字母 $P<0.05$; 大写字母 $P<0.01$)。Means of the same W densities of the same varieties in a column followed by the same small (capital) letter are not significantly different at $P=0.05$ ($P=0.01$) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

(2)若虫期种间互作对褐飞虱的影响 褐飞虱和白背飞虱的混合饲养密度为 12 头/盆和 24 头/盆时,在浙 852 和协优 9308 上,种间褐飞虱的若虫存活率显著或极显著高于相同密度下的种内处理,而其余指标如雌雄比、产卵期、产卵数、产卵率、短翅率等在各处理间则无差异(表 6)。在秀水 11 上,种内和种间褐飞虱的各项指标均无显著差异。

表 7 是在褐飞虱种内密度为 6 头/盆时,通过比较添加或不添加白背飞虱时褐飞虱各生物学参数的变化来分析褐飞虱和白背飞虱种间互作对褐飞虱的影响。由表 7 可知,在浙 852 和协优 9308 上,当在褐飞虱中分别添加 6 头和 18 头白背飞虱后褐飞虱的若虫存活率均比未添加白背飞虱的显著提高。在秀水 11 上,这种影响不明显。

表 6 种间互作(同等密度)对褐飞虱的影响*						
Table 6 The effects of interspecific interaction (same densities)on <i>N. lugens</i> *						
品种 Varieties	密度 Densities	若虫历期(d) Nymphal development durations		若虫存活率(%) Nymphal survival rates	雌性率(%) Female rates	短翅率(%) Brachypter rates
		雌 Females	雄 Males			
浙 852	6B6W	13. 63±0. 11a	13. 56±0. 20a	95. 83±3. 61aA	55. 00±6. 07a	63. 33±9. 05a
	Z852	12B	13. 78±0. 09a	13. 63±0. 18a	66. 67±0. 00bB	54. 17±14. 83a
	6B18W	13. 46±0. 31a	13. 46±0. 20a	95. 83±3. 61aA	56. 07±5. 38a	63. 81±7. 67a
	18B6W	13. 80±0. 17a	13. 46±0. 07a	85. 55±5. 11aA	54. 16±5. 97a	73. 54±5. 09a
	24B	14. 15±0. 22a	13. 61±0. 12a	38. 89±6. 31bB	38. 37±9. 50a	63. 92±8. 62a
秀水 11	6B6W	13. 83±0. 07a	13. 13±0. 22a	90. 00±5. 96a	68. 67±7. 52a	72. 00±7. 92a
	XS11	12B	13. 79±0. 07a	13. 06±0. 16a	85. 42±1. 81a	53. 86±5. 92a
	6B18W	13. 98±0. 30a	13. 60±0. 26a	89. 00±5. 58a	49. 00±8. 05a	58. 00±8. 79a
	18B6W	13. 71±0. 05a	13. 25±0. 04a	88. 89±6. 93a	43. 59±5. 23a	74. 22±5. 34a
	24B	13. 59±0. 03a	13. 25±0. 00a	87. 50±2. 95a	43. 18±4. 82a	66. 59±1. 12a
协优	6B6W	13. 68±0. 18a	13. 25±0. 23a	100. 00±0. 00aA	55. 36±7. 50a	71. 43±11. 01a
	9308	12B	14. 03±0. 05a	13. 20±0. 08a	78. 33±5. 58bB	46. 35±6. 56a
XY9308	6B18W	13. 48±0. 40a	13. 25±0. 31a	100. 00±0. 00aA	53. 17±12. 51a	78. 57±4. 89a
	18B6W	13. 56±0. 21a	13. 17±0. 07a	65. 05±7. 47bB	50. 37±11. 29a	60. 74±11. 91a
	24B	13. 63±0. 47a	13. 10±0. 22a	68. 00±5. 73bB	70. 59±6. 64a	78. 24±10. 01a

* 同一品种、同一列、混合密度相等、字母相同者表示差异不显著(邓肯氏新复极差法,小写字母 $P<0.05$; 大写字母 $P<0.01$)。* Means of the same mixed densities of the same varieties in a column followed by the same small (capital) letter are not significantly different at $P=0.05$ ($P=0.01$) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

表 7 种间互作(不同密度)对褐飞虱的影响*						
Table 7 The effects of interspecific interaction (different densities)on <i>N. lugens</i> *						
品种 Varieties	密度 Densities	若虫历期(d) Nymphal development durations		若虫存活率(%) Nymphal survival rates	雌性率(%) Female rates	短翅率(%) Brachypter rates
		雌 Females	雄 Males			
浙 852	6B	13. 54±0. 22a	13. 35±0. 36a	75. 00±5. 20bA	62. 50±10. 79a	66. 95±8. 79a
	Z852	6B6W	13. 63±0. 11a	13. 56±0. 20a	95. 83±3. 61aA	55. 00±6. 07a
	6B18W	13. 46±0. 31a	13. 46±0. 20a	95. 83±3. 61aA	56. 07±5. 38a	63. 81±7. 67a
秀水 11	6B	13. 87±0. 08a	13. 08±0. 25a	91. 67±3. 40a	45. 00±8. 53a	51. 67±7. 36a
	XS11	6B6W	13. 83±0. 07a	13. 13±0. 22a	90. 00±5. 96a	68. 67±7. 52a
	6B18W	13. 98±0. 30a	13. 60±0. 26a	89. 00±5. 58a	49. 00±8. 05a	58. 00±8. 79a
协优	6B	13. 58±0. 22a	13. 29±0. 18a	79. 44±7. 67bA	50. 56±5. 35a	59. 45±6. 01a
	9308	6B6W	13. 68±0. 18a	13. 25±0. 23a	100. 00±0. 00aA	55. 36±7. 50a
	XY9308	6B18W	13. 48±0. 40a	13. 25±0. 31a	100. 00±0. 00aA	53. 17±12. 51a

* 同一品种、同一列、B 密度相等、字母相同者表示差异不显著(邓肯氏新复极差法,小写字母 $P<0.05$; 大写字母 $P<0.01$)。Means of the same B densities of the same varieties in a column followed by the same small (capital) letter are not significantly different at $P=0.05$ ($P=0.01$) by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2 成虫期两种飞虱的种内和种间效应

2.2.1 成虫期两种飞虱的种内密度效应 实验结果(表 8)表明,在 2~6 对飞虱/盆的密度范围内,白背

飞虱在秀水 11 上的单雌每天产卵量随密度升高而显著或极显著下降,雄成虫寿命在 2 对/盆时与 4 对/盆和 6 对/盆间均存在显著差异;在水稻品种浙 852 和协优 9308 上,白背飞虱雌雄成虫寿命、单雌每天产卵量、若虫孵化率与密度无显著相关性,但均存在随处理密度上升而缩短或降低的趋势。

褐飞虱在 3 个水稻品种上,在本试验密度范围内均未表现出显著的种内密度效应(表 9)。雌雄成虫寿命、单雌每天产卵量均不随饲养密度的升高而下降,仅在协优 9308 上 4 对/盆时若虫孵化率显著高于 6 对/盆的处理。

表 8 白背飞虱成虫期的种内密度效应
Table 8 The density-dependent effects of *S. furcifera*

品 种 Varieties	密 度 Densities	雌成虫寿命(d) Longevities		产卵量(粒/雌·d) Fecundities	孵化率(%) Hatchibilities of
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings
浙 852	2W	24.20±5.58 a	14.50±2.05 a	13.88±1.79 a	90.80±1.27 a
Z852	4W	20.68±3.25 a	17.30±3.88 a	11.36±1.54 a	90.67±1.07 a
	6W	18.80±1.99 a	14.37±2.03 a	10.47±0.62 a	86.70±1.21 a
秀水 11	2W	27.25±2.87 a	29.55±2.96 aA	10.21±0.62 aA	63.81±3.52 a
XS11	4W	23.50±1.30 a	18.1±2.29 bA	8.76±0.58 abAB	65.75±0.99 a
	6W	20.02±3.51 a	20.17±1.12 bA	6.88±0.42 bB	64.92±4.50 a
协 优	2W	26.70±3.27 a	19.40±1.25 a	7.49±1.26 a	90.12±2.11 a
9308	4W	19.03±1.85 a	17.85±1.58 a	4.40±1.01 a	87.61±3.25 a
XY9308	6W	21.20±2.22 a	14.13±0.84 a	3.90±0.81 a	92.67±1.44 a

表 9 褐飞虱成虫期的种内密度效应
Table 9 The density-dependent effects of *N. lugens*

品 种 Varieties	密度 Densities	雌成虫寿命(d) Longevities		产卵量(粒/雌·d) Fecundities	孵化率(%) Hatchibilities of
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings
浙 852	2B	27.60±4.84 a	18.60±2.11 a	20.28±1.64 a	91.10±2.19 a
Z852	4B	25.86±2.05 a	15.33±0.83 a	16.64±1.30 a	86.07±3.33 a
	6B	22.65±1.08 a	17.02±2.12 a	15.80±1.17 a	82.35±3.65 a
秀水 11	2B	24.55±2.22 a	19.90±2.44 a	24.56±1.27 a	86.39±2.50 a
XS11	4B	22.43±1.52 a	21.90±2.96 a	23.34±1.69 a	84.93±1.71 a
	6B	22.17±2.22 a	15.70±1.43 a	23.68±0.76 a	86.59±2.32 a
协 优	2B	28.83±3.39 a	14.70±2.89 a	19.60±2.69 a	84.74±3.36 abA
9308	4B	26.48±2.26 a	20.9±2.53 a	20.86±1.36 a	90.15±2.40 aA
XY9308	6B	23.27±3.40 a	18.67±2.24 a	18.72±1.17 a	77.98±1.67 bA

2.2.2 成虫期两种飞虱种间互作效应 (1)种间互作对白背飞虱的影响 当种间混合饲养密度与种内单独饲养密度均为 6 对/盆时,在试验的 3 个水稻品种上,尽管种间白背飞虱雌、雄成虫寿命与种内白背飞虱的无明显差异(表 10, $P>0.05$),但种间白背飞虱单雌每天产卵量和若虫孵化率均显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)高于相同密度下种内白背飞虱对应的参数。在浙 852 和秀水 11 上,当褐飞虱和白背飞虱以 2:2 混合饲养时,种间白背飞虱的若虫孵化率亦极显著高于白背飞虱在 4 对/盆所单独饲养的;在协优 9308 上,上述适应性组分无显著差异,但也存在上述趋势。

表 11 比较了白背飞虱成虫密度分别为 2 对/盆和 4 对/盆时,添加或不添加褐飞虱成虫时,褐飞虱对白背飞虱成虫期各生物学参数的影响。当在 2 对/盆和 4 对/盆的白背飞虱中分别添加 2 对、4 对褐飞虱后,白

背飞虱在 3 个品种稻苗上的单雌每天产卵量和若虫孵化率均显著提高或有上升的趋势;其它指标除了在协优 9308 上,添加 2 对褐飞虱后,白背飞虱雌成虫寿命显著短于未添加褐飞虱的处理外,在各处理间均无显著差异。

(2)种间互作对褐飞虱的影响 当褐飞虱与白背飞虱成虫种间混合饲养密度与褐飞虱单独饲养种内密度相等时(表 12),在 3 个品种上,种间褐飞虱的孵化率显著地高于单种褐飞虱的,或有上升趋势。此外,在秀水 11 上,两种飞虱以 2:2 对/盆混合饲养时,褐飞虱的单雌每天产卵量显著高于 4 对/盆单独饲养的,褐飞虱与白背飞虱以 2:4 对/盆混合饲养时,褐飞虱雌成虫寿命亦极显著长于 6 对/盆单独饲养的处理;在协优 9308 上,2:2 对/盆处理下的褐飞虱单雌每天产卵量显著高于 4 对/盆单独饲养的处理。

表 10 种间互作(同等密度)对白背飞虱的影响

Table 10 The effects of interspecific interaction(same densities) on *S. furcifera**

品种 Varieties	密度 Densities	雌成虫寿命(d) Longevities		产卵量(粒/雌·d) Fecundities	孵化率(%) Hatchibilities of	
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings	
浙 852	2W2B	28.40±4.63 a	17.83±2.33 a	11.90±1.18 a	97.53±0.93 aA	
	Z852	4W	20.68±3.25 a	17.30±3.88 a	11.36±1.54 a	90.67±1.07 bB
	2W4B	22.83±0.98 a	18.90±2.17 a	21.69±1.76 aA	95.99±2.03 aA	
	4W2B	18.67±1.21 a	15.08±1.29 a	16.08±0.45 bB	96.70±1.17 aA	
	6W	18.80±1.99 a	14.37±2.03 a	10.47±0.62 cC	86.70±1.21 bB	
秀水 11	2W2B	22.73±1.63 a	25.81±1.97 a	13.94±3.46 a	88.64±2.64 aA	
	XS11	4W	23.50±1.30 a	18.1±2.29 a	8.76±0.58 a	65.75±0.99 bB
	2W4B	24.33±4.60 a	23.63±0.50 a	17.81±1.06 aA	79.17±7.25 abA	
	4W2B	24.60±2.37 a	20.70±1.05 a	15.09±1.00 aA	85.49±2.03 aA	
	6W	20.02±3.51 a	20.17±1.12 a	6.88±0.42 bB	64.92±4.50 bA	
协优	2W2B	17.90±1.31 a	22.75±1.95 a	10.54±3.08 a	97.17±0.27 a	
	9308	4W	19.03±1.85 a	17.85±1.58 a	4.40±1.01 a	87.61±3.25 a
	XY9308	2W4B	20.50±1.22 a	22.45±2.51 a	8.87±0.91 aA	98.01±1.30 aA
	4W2B	24.50±3.02 a	16.50±1.87 a	8.68±1.21 aA	97.36±1.34 aA	
	6W	21.20±2.22 a	14.13±0.84 a	3.90±0.81 bA	92.67±1.44 bA	

表 13 是在褐飞虱成虫密度为 2 对/盆和 4 对/盆时,通过比较添加或不添加白背飞虱成虫时褐飞虱生物学参数的变化,来分析褐飞虱和白背飞虱成虫的种间互作对褐飞虱的影响。结果表明,在秀水 11 上,当在 2 对/盆的褐飞虱中添加 2 对白背飞虱后,褐飞虱的单雌每天产卵量显著提高,添加 4 对白背飞虱后,褐飞虱的孵化率显著提高;当在 4 对/盆的褐飞虱中添加 2 对白背飞虱后,褐飞虱的孵化率亦显著提高;在协优 9308 上,当在 2 对/盆的褐飞虱中添加 2 对白背飞虱后,褐飞虱的单雌每天产卵量和孵化率均表现为显著提高;在浙 852 上,各处理间褐飞虱的上述生物学参数均无明显差异。

3 讨论

昆虫的种群密度是制约其自身种群数量的一个重要因子。种内密度效应普遍存在于植食性昆虫种群中,但密度效应的强度在不同昆虫种类之间存在差异。本实验结果表明(表 2,表 3,表 8,表 9),在 6~24 头/盆的若虫密度和每隔 6d 换苗、2~6 对/盆的成虫密度范围内,褐飞虱和白背飞虱的种内密度效应均较弱,其中尤以褐飞虱的种内密度效应更弱,这说明两种飞虱由于其在自然界中的聚集分布,已在长期的进化过程中形成了较耐拥挤的特性,这与已有的文献资料一致^[4,5,12]。就两种飞虱比较而言,白背飞虱的种内密度

效应较褐飞虱的强,这与自然界中褐飞虱的聚集度比白背飞虱的高是一致的,也反映了褐飞虱种群对密度的适应性更强。但在更高的密度下两种飞虱的种内密度效应是否明显,则还有待于进一步验证。

表 11 种间互作(不同密度)对白背飞虱的影响

Table 11 The effects of interspecific interaction (different densities) on *S. furcifera*

品 种	密度	雌成虫寿命(d)		产卵量(粒/雌·d)	孵化率(%)
		Longevities		Fecundities	Hatchibilities of
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings
浙 852	2W	24.20±5.58 a	14.50±2.05 a	13.88±1.79 bAB	90.80±1.27 bA
Z852	2W2B	28.40±4.63 a	17.83±2.33 a	11.90±1.18 bAB	97.53±0.93 aA
	2W4B	22.83±0.98 a	18.90±2.17 a	21.69±1.76 aA	95.99±2.03 abA
	4W	20.68±3.25 a	17.30±3.88 a	11.36±1.54 bA	90.67±1.07 bA
	4W2B	18.67±1.21 a	15.08±1.29 a	16.08±0.45 aA	96.70±1.17 aA
秀水 11	2W	27.25±2.87 a	29.55±2.96 a	10.21±0.62 bB	63.81±3.52 bA
XS11	2W2B	22.73±1.63 a	25.81±1.97 a	13.94±3.46 abAB	88.64±2.64 aA
	2W4B	24.33±4.60 a	23.63±0.50 a	17.81±1.06 aA	79.17±7.25 abA
	4W	23.50±1.30 a	18.1±2.29 a	8.76±0.58 bB	65.75±0.99 bB
	4W2B	24.60±2.37 a	20.70±1.05 a	15.09±1.00 aA	85.49±2.03 aA
协优	2W	26.70±3.27 aA	19.40±1.25 a	7.49±1.26 a	90.12±2.11 bA
9308	2W2B	17.90±1.31 bA	22.75±1.95 a	10.54±3.08 a	97.17±0.27 aA
XY9308	2W4B	20.50±1.22 abA	22.45±2.51 a	8.87±0.91 a	98.01±1.30 aA
	4W	19.03±1.85 a	17.85±1.58 a	4.40±1.01 bA	87.61±3.25 bA
	4W2B	24.50±3.02 a	16.50±1.87 a	8.68±1.21 aA	97.36±1.34 aA

表 12 种间互作(同等密度)对褐飞虱的影响

Table 12 The effects of interspecific interaction(same densities) on *N. lugens*

品 种 Varieties	密度 Densities	雌成虫寿命(d) Longevities		产卵量(粒/雌·d) Fecundities	孵化率(%) Hatchibilities of
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings
浙 852 Z852	2B2W	25.35±2.85 a	22.90±4.36 a	16.25±1.74 a	95.04±1.15 a
	4B	25.86±2.05 a	15.33±0.83 a	16.64±1.30 a	86.07±3.33 a
	2B4W	22.00±1.97 a	19.00±0.47 a	18.79±1.59 a	91.67±1.05 aAB
	4B2W	23.56±1.33 a	18.18±1.92 a	20.16±1.13 a	94.06±1.20 aA
	6B	22.65±1.08 a	17.02±2.12 a	15.80±1.17 a	82.35±3.65 bB
秀水 11 XS11	2B2W	27.90±2.05 a	25.65±2.20 a	29.82±1.65 aA	90.71±0.71 aA
	4B	22.43±1.52 a	21.90±2.96 a	23.34±1.69 bA	84.93±1.71 bA
	2B4W	33.60±1.04 aA	21.90±2.96 a	22.15±0.22 a	93.69±1.78 a
	4B2W	28.38±1.84 abAB	27.13±2.46 a	23.13±0.86 a	94.60±1.27 a
	6B	22.17±2.22 bB	15.70±1.43 a	23.68±0.76 a	86.59±2.32 a
协 优 9308 XY9308	2B2W	23.35±1.32 a	18.30±2.10 a	28.34±1.75 aA	95.69±2.02 a
	4B	26.48±2.26 a	20.9±2.53 a	20.86±1.36 bA	90.15±2.40 a
	2B4W	27.93±5.18 a	10.90±1.19 bA	18.21±0.86 a	87.60±3.12 aAB
	4B2W	22.75±1.72 a	18.00±2.32 aA	19.12±1.18 a	95.80±1.85 aA
	6B	23.27±3.40 a	18.67±2.24 aA	18.72±1.17 a	77.98±1.67 bB

表 13 种间互作(不同密度)对褐飞虱的影响

Table 13 The effects of interspecific interaction (different densities)on *N. lugens*

品 种	密 度	雌成虫寿命(d)		产卵量(粒/雌·d)	孵化率(%)
		Longevities		Fecundities	Hatchibilities of
		雌 Females	雄 Males	(eggs/female·d)	offsprings
浙 852	2B	27.60±4.84 a	18.60±2.11 a	20.28±1.64 a	91.10±2.19 a
Z852	2B2W	25.35±2.85 a	22.90±4.36 a	16.25±1.74 a	95.04±1.15 a
	2B4W	22.00±1.97 a	19.00±0.47 a	18.79±1.59 a	91.67±1.05 a
	4B	25.86±2.05 a	15.33±0.83 a	16.64±1.30 a	86.07±3.33 a
	4B2W	23.56±1.33 a	18.18±1.92 a	20.16±1.13 a	94.06±1.20 a
秀水 11	2B	24.55±2.22 a	19.90±2.44 a	24.56±1.27 bA	86.39±2.50 bA
XS11	2B2W	27.90±2.05 a	25.65±2.20 a	29.82±1.65 aA	90.71±0.71 abA
	2B4W	33.60±1.04 a	21.90±2.96 a	22.15±0.22 bA	93.69±1.78 aA
	4B	22.43±1.52 a	21.90±2.96 a	23.34±1.69 aA	84.93±1.71 bA
	4B2W	28.38±1.84 a	27.13±2.46 a	23.13±0.86 aA	94.60±1.27 aA
协 优	2B	28.83±3.39 a	14.70±2.89 a	19.60±2.69 bA	84.74±3.36 bA
9308	2B2W	23.35±1.32 a	18.30±2.10 a	28.34±1.75 aA	95.69±2.02 aA
XY9308	2B4W	27.93±5.18 a	10.90±1.19 a	18.21±0.86 bA	87.60±3.12 abA
	4B	26.48±2.26 a	20.9±2.53 a	20.86±1.36 a	90.15±2.40 a
	4B2W	22.75±1.72 a	18.00±2.32 a	19.12±1.18 a	95.80±1.85 a

植食性昆虫种间效应包括互利、偏利和竞争。实验结果(表 4~表 7)表明,在 6~24 头/盆的若虫密度范围内,在实验的食料条件下,褐飞虱和白背飞虱若虫共存时,在浙 852 和协优 9308 上种间存在互利关系。主要表现为褐飞虱和白背飞虱若虫发育历期在添加另一种飞虱后比一种飞虱单独饲养时有不同程度的缩短(表 5, 7),而若虫存活率、成虫短翅率则有不同程度的上升;在秀水 11 上,褐飞虱的存在提高了白背飞虱的若虫存活率,但白背飞虱对褐飞虱无影响,表现为对白背飞虱的偏利关系。若虫种期内密度制约和种间互作对羽化后成虫的体重、产卵量等等必然存在影响,这将在作者的其它研究文章中作重点报导。在 2~6 对/盆的试验密度下,在 6d 换苗的食料条件下,褐飞虱和白背飞虱间存在互利关系,其中尤以对白背飞虱有利,这一结论主要从单雌每天产卵量和孵化率等影响种群数量动态的主要生物学参数上得到证实(表 10~表 13)。本试验的结果与王荣富等^[6~8]的结果并不一致,这可能与试验设计有关。褐飞虱和白背飞虱对许多资源具有共同的需求,而寄主植物的补偿能力是有限的,导致寄主植物不能补偿以满足两种飞虱对共同资源的需求,则两种飞虱种间互利将有可能转变为种间竞争,其密度阈值有待于进一步研究。此外,在田间自然状况下,白背飞虱迁入早,褐飞虱迁入迟,两种飞虱的若虫历期也不同,两种飞虱的成虫、若虫常混合发生,本试验仅分别研究了两种飞虱若虫期、成虫期的种内和种间作用,在更复杂的状况下,两种飞虱的种内和种间作用还有待于系统地研究。

褐飞虱和白背飞虱种间作用途径和机制未见报道。可能是由于一种飞虱的取食改善了寄主植物对另一种飞虱的适宜性,从而使两种飞虱共存时比单独存在时显得更为有利。此外,在本试验中,为了避免每天拍除飞虱若虫对成虫的直接杀害作用,采用每隔 6d 换苗处理,这可能减弱成虫对产卵位点的竞争,也可能使昆虫取食诱导寄主植物营养状况的变化发生改变,对飞虱成虫种内、种间作用的强度产生影响,这可能是两种飞虱种内密度效应不明显的原因,这有待于进一步研究。

抗虫品种培育是当前褐飞虱和白背飞虱治理的对策之一。许多研究结果表明,作物品种的抗虫能力不

仅与植物、昆虫的基因型有关,而且与植物和昆虫在所处的环境条件的相互作用有密切联系,有些植物在遭受植食性昆虫进攻后能表现出诱导抗性^[13],对植食性昆虫行为^[14]、生长、发育、存活及繁殖^[15~17]产生不利影响。但也有研究表明,受植食性昆虫为害的植株亦能增加植食性昆虫对该植株的选择性^[18,19]、使植食性昆虫发育加快、存活率提高^[18]。本试验结果表明,在抗白背飞虱的水稻品种秀水 11 上,褐飞虱和白背飞虱共存时,白背飞虱从 1 龄若虫到羽化为成虫的若虫存活率、成虫短翅率、单雌产卵量和后代若虫孵化率都有不同程度的提高,而褐飞虱和白背飞虱种群在田间常混合发生,因此在评价水稻品种抗性时,不仅要考虑作物品种对植食性昆虫的组成抗性,更应将作物品种-害虫系统扩展到包括其它植食性昆虫、天敌在内的农业生态系统中,考虑各种因子对品种抗虫性的影响进行综合评价,培育具有强诱导抗虫性的水稻品种,亦可作为抗虫品种培育工作的一个重要方面。

参考文献

- [1] 赵士熙,吴中孚,杨章华. 水稻 3 种飞虱生态位研究. 福建农学院学报,1991,**20**(4):385~390.
- [2] 秦厚国,叶正襄,黄荣华,等. 白背飞虱种群密度效应的研究. 江西农业大学学报,1992,**4**(2):130~133.
- [3] Kuno E. Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in paddy field Bull. *Kyushu Agric. Exp. Sta.*, 1968,**14**:131~246.
- [4] 马巨法,胡国文,程家安. 褐飞虱、白背飞虱种间、种内密度效应研究. 华东昆虫学报,1996,**5**(1):82~88.
- [5] 王荣富,程遐年,罗跃进,等. 褐飞虱与白背飞虱共栖时的互作效应. 应用生态学报,1997,**8**(4):391~395.
- [6] 王荣富,程遐年,邹运鼎. 褐飞虱和白背飞虱取食为害对水稻营养生长的影响. 应用生态学报,1998,**9**(1):51~54.
- [7] 王荣富,程遐年,邹运鼎. 褐飞虱和白背飞虱混合为害对水稻营养生长的影响. 应用生态学报,1998,**9**(2):181~185.
- [8] 王荣富,程遐年,邹运鼎. 褐飞虱与白背飞虱若虫间的互作效应. 应用生态学报,1998,**9**(3):277~280.
- [9] 俞晓平,巫国瑞,陶林勇. 褐飞虱和白背飞虱在水稻品种上的为害特性. 中国水稻科学,1991,**5**(2):91~93.
- [10] 陶林勇,俞仁山. 抗褐飞虱水稻品种不同生育期的抗性测定. 浙江农业科学,1992,**4**:178~197.
- [11] 刘芳,唐健,胡国文,等. 不同类型水稻品种对白背飞虱的抗性及其与植株营养成分关系的研究. 化学生态学(中国生态学会化学生态 1998 年学术讨论会论文集),1998,**2**:165~171.
- [12] 张增全. 褐飞虱翅型分化的研究. 昆虫学报,1983,**26**(3):260~265.
- [13] 姜永根,程家安. 植物的诱导抗虫性. 昆虫学报,1997,**40**(3):320~331.
- [14] Faeth S. Plant-mediated interactions between seasonal herbivores: enough for evolution or coevolution? In: Spencer K. C. ed. *Chemical Mediation of Coevolution*. New York: Academic. 1988,391~414.
- [15] Paupp M J, Denno R F. The suitability of damaged willow leaves as food for the leaf beetle, *Plagidera versicolora*. *Ecol. Entomol.*, 1984,**9**:443~448.
- [16] Tallmy D W. Squash beetle feeding behavior: an adaptation against induced cucurbit defenses. *Ecology*, 1985,**66**(5):1574~1579.
- [17] Rossiter M, Schultz J C, Baldwin I T. Relationships among defoliation, red oak phenolics, and gypsy moth growth and reproduction. *Ecology*, 1988,**69**(1):267~277.
- [18] Kidd N A C, Lewis G B, Howell C A. An association between two species of pine aphid, *Schizolachnus pimeeti* and *Eulachnus agilis*. *Ecol. Entomol.*, 1985,**10**:427~432.
- [19] Craig T P, Price P W. Resource regulation by a stem-galling sawfly on the arroyo willow. *Ecology*, 1986,**67**(2):419~425.