辽宁水稻品种抗灰飞虱鉴定及其抗性机制研究*

邵凌云[1,2**] 孙富余[2] 王小奇[1***] 李志强[2] 于凤泉[2] 杨 眉[2]

(1. 沈阳农业大学植物保护学院 沈阳 110161; 2. 辽宁省农业科学院植物保护研究所 沈阳 110161)

摘 要 为探明辽宁地区水稻品种对本地灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén)的抗性水平及其抗虫机制,本研究利用改进的苗期集团鉴定法,以 IR36 为抗虫对照品种、武育粳 3 号为感虫对照品种,对 42 份辽宁地区主栽水稻品种和研究待推广品种进行了水稻苗期对灰飞虱抗性鉴定,并从中选取 20 份不同抗性水平的品种进行了排趋性和抗生性的测定。结果表明:从 42 份水稻材料中仅筛选出 1 份抗虫材料辽优 5218,中抗品种 11 份,其余均为感虫或高感品种。在不同水稻类型中,杂交稻的抗虫性普遍较常规稻强,而从水稻株型上看,抗性品种大多为披散型。抗虫机制研究发现,抗虫品种辽优 5218 和中抗品种港育 129 兼具排趋性和抗生性,是非常理想的抗性种质资源,中抗品种港源 8 号和粳优 558 具有很强的排趋性,也是较为理想的抗性资源,为抗性机制的深入研究提供了材料。但大部分省内主栽主推品种不具备对灰飞虱的抗性,应引起重视。

关键词 灰飞虱,水稻品种,抗性鉴定,抗性机制,排趋性,抗生性

Identification of rice varieties resistant to the small brown planthopper (*Laodelphax striatellus*) in Liaoning and an investigation of their resistance mechanisms

SHAO Ling-Yun[1,2**] SUN Fu-Yu[2] WANG Xiao-Qi[1***] LI Zhi-Qiang[2]
YU Feng-Quan[2] YANG Mei[2]

(1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;
2. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract Resistance levels and mechanisms of rice varieties in Liaoning Province to the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén), were investigated. Resistance to the small brown planthopper was evaluated in 42 cultivated rice varieties, including widely used varieties and those waiting for extension in Liaoning Province. IR36 and Wuyujing3 were used as resistant control and susceptible control rice varieties, respectively, and evaluation was undertaken using a modified seedbox screening test. 20 rice varieties with different resistance levels were selected to test their antixenosis and antibiosis mechanisms. Of the 42 varieties tested, one resistant variety, namely Liaoyou5218, was found, along with 11 moderately resistant varieties. All of the other varieties were susceptible or highly susceptible. Compared with conventional rice, hybrid rice is more resistant to small brown planthopper. Among the resistant varieties, diffuse rice varieties are more numerous than compact ones. The resistance mechanism study showed that the resistant variety Liaoyou5218 and the moderately resistant variety Gangyu129 had strong antixenosis and antibiosis against small brown planthopper, and the moderately resistant varieties Gangyuan8 and Jingyou558 had relatively strong antixenosis. These varieties provide ideal genetic resources for breeding new resistant rice varieties. Nevertheless, most of the main cultivated rice varieties in Liaoning are susceptible to the small brown planthopper.

Key words small brown planthopper, rice varieties, identification for resistance, resistance mechanism, antixenosis, antibiosis

---

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201003031);辽宁省科技攻关项目(2011214002)。

** E-mail:lingyunshao@126.com

*** 通讯作者,E-mail: wxq1120@sina.com

收稿日期:2013-01-31,接受日期:2013-03-28

灰飞虱 *Laodelphax striatellus*（Fallén），属同翅目 Homoptera、头喙亚目 Auchenorrhyncha、蜡蝉总科 Fulgoroidea、飞虱科 Delphacidae（丁锦华和张富满，1994），是我国水稻生产上的一种重要害虫，除直接刺吸水稻汁液为害外，还传播水稻条纹叶枯病、水稻黑条矮缩病、玉米粗缩病等多种病毒病，造成病害流行，给水稻、玉米等作物生产带来更大的危害（周益军，2010）。近年来，灰飞虱及其传播的条纹叶枯病在辽宁省日趋严重，部分地区严重减产甚至绝收，造成了巨大的损失（李志强等，2007）。

一直以来，亚洲稻区灰飞虱的防治主要以使用化学杀虫剂为主，但化学防治方法严重杀伤天敌，污染环境，加之灰飞虱具有迁飞特性，致使防治效果并不十分理想（林友伟等，2005；段灿星等，2007；Gao *et al.*，2008）。据报道，亚洲地区灰飞虱已经对有机氯、有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂产生了不同程度的抗药性，近年来，我国江苏等地灰飞虱又对其防治的主要药剂吡虫啉产生明显抗性，化学防治灰飞虱越来越困难（Endo and Tsurumachi，2000；Endo *et al.*，2002；马崇勇等，2007）。而利用抗性品种被认为是防治灰飞虱最为根本、经济、有效的措施，既能有效防止灰飞虱直接取食危害，也可以显著降低灰飞虱传播病毒的几率，在治虫防病方面具有十分重要的意义（Nemoto *et al.*，1994；Wu *et al.*，2002；孙黛珍等，2006）。

我国在水稻品种对稻飞虱的抗性研究方面，对褐飞虱和白背飞虱的研究起步较早（刘光杰等，2003），而关于灰飞虱的研究近几年来才受到关注，且报道大多集中在其传播的条纹叶枯病上，对于灰飞虱本身的研究却较少（刘芳等，2007）。为了探明辽宁地区近年来的主栽主推品种对本地灰飞虱的抗性水平，本研究利用改进的灰飞虱苗期抗性鉴定的方法，筛选了 42 份水稻材料，并通过排趋性和抗生性测验初步探讨了抗性品种的抗虫机制，旨为抗性育种、挖掘抗性基因和水稻品种的合理布局提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试水稻 包括抗感对照共 44 份水稻材料，分别由沈阳农业大学，辽宁省农业科学院植物保护研究所，辽宁省水稻研究所，辽宁省盐碱地利用研究所，江苏省农业科学院提供。以武育粳 3 号为感虫对照品种，IR36 为抗虫对照品种。

1.1.2 供试虫源 2009 年 5 月从东港市水稻苗床上采集，利用斑点免疫检测法（dot immunobinding assay，DIBA）（王贵珍等，2005）检测建立无毒灰飞虱种群，于养虫温室内（24 ~ 27℃，L∶D = 12∶12），在较感虫的辽星 17 号上饲养供试。

1.2 试验方法

1.2.1 水稻品种抗灰飞虱评价 对于大量品种抗性的初步筛选，往往采用苗期群体筛选法。本研究参照标准苗期筛选法（standard seedbox screening test，SSST）（Heinrichs *et al.*，1985），并参考刘光杰等（2002）、段灿星等（2007）的方法，进行了适当改进。

首先对供试品种进行发芽实验，再经水选法挑选成熟饱满的种子，分批次进行温水浸种催芽，以确保各材料同时播种，生长一致。将供试品种播种于特制的有机玻璃观察箱中（120 cm × 50 cm × 40 cm，上盖、左右两侧为 120 目纱布制作，透气、透光，且有效防止灰飞虱逃逸），每个品种 1 行，行距 5 cm，随机排列。每行播种 25 粒发芽种子，当稻苗长至 1.5 ~ 2.0 叶期接虫鉴定，接虫前 4 d 间苗，淘汰病弱苗，每个品种保留 15 株生长较为一致的幼苗用于接虫。按每株苗 12 头的虫量，在透明观察箱内均匀接入 2 ~ 3 龄灰飞虱若虫，且每天驱赶试虫，使其均匀分布。每组实验设 3 次重复。

参照段灿星等（2007）的方法，接虫后，当感虫对照幼苗枯死率达到 90% 时，参照国际水稻研究所（IRRI，1998）制定的抗性评价标准对各个水稻品种进行目测评级，通过加权平均计算各品种的平均抗虫级别，按如下方式进行抗性评价：0，免疫；0.1 ~ 1.9，高抗；2.0 ~ 3.9，抗虫；4.0 ~ 5.9，中抗；6.0 ~ 7.9，感虫；8.0 ~ 9.0，高感。

1.2.2 不同水稻品种对灰飞虱抗性机制研究 经 1.2.1 抗性评价后，选取 22 个处于不同抗性水平的水稻品种进行排趋性测定和抗生性测定，探讨不同水稻品种的抗性机制。

1.2.2.1 水稻品种对灰飞虱若虫的排趋性测定 同样用 1.2.1 中方法将稻种播于透明观测箱

中,待幼苗长至 2 叶期接虫,按每株 10 头接入 2 ~ 3 龄灰飞虱若虫。24 h 后开始调查每个单株上的若虫量,每天 1 次,每次调查后驱虫,尽量使试虫均匀分布,5 d 后计算每个品种单株上的平均若虫数。试验重复 3 次。

1.2.2.2　水稻品种对灰飞虱成虫的排趋性测定　同样将催芽后的稻种播于透明观测箱中,每个品种 1 行,每行 15 株,随机排列。待幼苗长至 2 叶期间苗,每品种保留 10 株长势旺盛的稻株。出苗 40 d 后,各品种基本到达分蘖期,按每株 2 对成虫接入透明观测箱中,接虫后 24、48、72 h 分别调查记录每个单株上的成虫数,3 d 后计算每个品种单株上的平均成虫数。试验重复 3 次。

1.2.2.3　水稻品种对灰飞虱产卵的排趋性测定　1.2.2.2 中成虫排趋性测定后,将灰飞虱移出,得到带有卵的各品种稻株。采用改进的剥查卵量方法(邵凌云等,2012),将这些稻株带根拔出,洗净泥后及时的放入沸水中煮约 10 min,将煮过的稻株浸入 95% 乙醇中,24 h 后在双筒解剖镜下剥查卵粒数,计算各品种单株上的平均产卵量。试验重复 3 次。

1.2.2.4　水稻品种对灰飞虱的抗生性测定　参照 Sebastian 等(1996)和刘芳等(2007)的方法,采用 30 d 苗龄的稻苗供试。单管单苗接入 5 头 1 ~2 龄的灰飞虱若虫,每个品种测定 10 株稻苗,接虫后 6 h 开始统计死虫数,计算若虫存活率,每天统计 1 次,连续统计 5 d。抗生性分数(antibiosis score,AS)计算公式为:$AS = [(A1 \times 1) + (A2 \times 2) + \cdots + (An \times n)] \times 100/(1 + 2 + \cdots + n)$。其中 n 为加入若虫后的天数,An 为该天灰飞虱若虫的存活率。AS 值在 0 ~ 60% 的定为高抗品种,61% ~ 80% 的为中抗品种,81% ~ 100% 的为感虫品种。试验重复 3 次。

1.3　数据统计分析

应用统计分析软件 SPSS 20.0 对水稻抗虫性测定结果进行 Duncan's 多重比较分析及相关性分析。

2　结果与分析

2.1　水稻品种对灰飞虱的抗性评价

从 42 份水稻材料中筛选出 1 个抗虫(2.0 ~ 3.9)品种,即辽优 5218,占总鉴定材料的 2.4%;中抗(4.0 ~ 5.9)品种筛选出 11 个,检出率为 26.2%;其余均为感虫(6.0 ~ 7.9)和高感(8.0 ~ 9.0)品种,分别占总鉴定材料的 69.0% 和 2.4%(表 1)。

由结果可知,杂交稻的抗性水平普遍高于常规稻,只有少数常规稻具有中抗级别的抗性,大部分的粳型常规稻品种较为易感灰飞虱。从水稻株型上看,具有抗性的品种大多为披散型,占抗性品种的 61.5%,粳优 558 属于中间型(介于披散型与紧凑型之间),也具有较高抗性,而紧凑型的品种仅占抗性品种总数的 30.8%。在辽宁地区抗性品种中,辽优 5218、粳优 558、辽优 2006 为杂交稻品种,C2106 为恢复系;开粳 2 号的种植区域灰飞虱发生量较小;港育 129、港源 8 为灰飞虱大发生的东港地区近两年审定品种,种植范围主要在丹东、大连沿海一带;而辽宁省内大面积推广的常规稻品种中,仅有盐丰 47 和辽河 1 号属于中抗品种,其余均感虫,有些品种易感灰飞虱的程度与感虫对照相仿,甚至超过感虫对照。

2.2　水稻品种对灰飞虱抗性机制研究

2.2.1　水稻品种对灰飞虱若虫的排趋性　由表 2 可知,不同水稻品种对灰飞虱若虫的排趋性存在明显差异,抗虫品种 IR36 的排趋性最强,粳优 558、辽优 5218、港育 129 的排趋性也较强,而丰锦的排趋性最弱。大部分品种的排趋性较为居中,差异不十分显著。对所有品种的抗性水平与若虫排趋性进行 Pearson 相关性检验,发现两者在 0.01 水平上显著正相关($r = 0.751$, $P < 0.01$),表明若虫排趋性是一种重要的抗虫机制。结合抗性评价结果,发现中抗品种辽河 1 号的排趋性明显弱于几个感虫品种,感虫品种丰锦和辽星 17 的排趋性也弱于高感品种沈农 265,将辽河 1 号、丰锦和辽星 17 划归为一组,对其进行抗性水平与若虫排趋性的 Pearson 相关性检验,结果两者的相关性不显著($r = 0.502$, $P > 0.05$),表明若虫排趋性并非这 3 个品种的主要抗虫机制。对其他 19 个品种进行两者相关性分析,结果两者在 0.01 水平上高度相关($r = 0.801$, $P < 0.01$),表明若虫排趋性是这 19 个品种的重要抗虫机制。

表 1 不同水稻品种苗期对灰飞虱抗性评价

Table 1 Evaluation for resistance to small brown planthopper in the seedlings of different rice varieties

品种 Variety	抗性级别 Resistance scale	抗性水平 Resistance level	品种 Variety	抗性级别 Resistance scale	抗性水平 Resistance level
IR36	2.8	抗虫 R	T03	6.6	感虫 S
辽优 5218 Liaoyou 5218	3.5	抗虫 R	盐粳 48 Yanjing 48	6.6	感虫 S
C2106	4.3	中抗 MR	辽开 79 Liaokai 79	6.6	感虫 S
粳优 558 Jingyou 558	4.5	中抗 MR	辽星 19 Liaoxing 19	6.6	感虫 S
镇稻 88 Zhendao 88	4.6	中抗 MR	丹粳 8 号 Danjing 8	6.6	感虫 S
港育 129 Gangyu 129	4.8	中抗 MR	辽粳 294 Liaojing 294	6.7	感虫 S
辽优 2006 Liaoyou 2006	4.8	中抗 MR	辽粳 326 Liaojing 326	6.8	感虫 S
港源 8 Gangyuan 8	4.9	中抗 MR	辽粳 454 Liaojing 454	6.8	感虫 S
盐丰 47 Yanfeng 47	5.3	中抗 MR	辽星 17 Liaoxing 17	6.9	感虫 S
辽河 1 号 Liaohe 1	5.4	中抗 MR	盐粳 228 Yanjing 228	6.9	感虫 S
大穗港源 8 Dasuigangyuan 8	5.6	中抗 MR	辽粳 9 Liaojing 9	7.0	感虫 S
徐稻 3 号 Xudao 3	5.8	中抗 MR	辽粳 371 Liaojing 371	7.0	感虫 S
开粳 2 号 Kaijing 2	5.8	中抗 MR	沈农 9741 Shennong 9741	7.2	感虫 S
辽河糯 Liaohenuo	6.2	感虫 S	铁粳 4 Tiejing 4	7.2	感虫 S
中辽 9052 Zhongliao 9052	6.2	感虫 S	沈稻 18 Shendao 18	7.2	感虫 S
辽河 5 号 Liaohe 5	6.3	感虫 S	丰锦 Fengjing	7.3	感虫 S
辽粳 287 Liaojing 287	6.3	感虫 S	吉粳 88 Jijing 88	7.5	感虫 S
辽盐 2 号 Liaoyan 2	6.4	感虫 S	盐粳 456 Yanjing 456	7.5	感虫 S
盐粳 68 Yanjing 68	6.4	感虫 S	千重浪 2 号 Qianchonglang 2	7.6	感虫 S

（续表 1 Table 1 continued）

品种 Variety	抗性级别 Resistance scale	抗性水平 Resistance level	品种 Variety	抗性级别 Resistance scale	抗性水平 Resistance level
辽粳 912 Liaojing 912	6.4	感虫 S	秋光 Qiuguang	7.6	感虫 S
辽星 1 号 Liaoxing 1	6.5	感虫 S	武育粳 3 号 Wuyujing 3	8.4	高感 HS
辽星 15 Liaoxing 15	6.6	感虫 S	沈农 265 Shennong 265	8.7	高感 HS

注:R,resistant;MR,moderately resistant;S,susceptible;HS,highly susceptible.

表 2　不同水稻品种对灰飞虱若虫的排趋性

Table 2　Antixenosis of different rice varieties to nymphs of small brown planthopper

品种 Variety	若虫数(头/苗) No. of nymphs per seedling	品种 Variety	若虫数(头/苗) No. of nymphs per seedling
丰锦 Fengjin	9.7 ± 0.69a	辽开 79 Liaokai 79	7.2 ± 0.43defg
辽星 17 Liaoxing 17	9.2 ± 0.37ab	辽河 1 号 Liaohe 1	7.2 ± 0.36defg
沈农 265 Shengnong 265	9.0 ± 0.76abc	辽星 1 号 Liaoxing1	6.9 ± 0.61efg
铁粳 4 号 Tiejing 4	8.8 ± 0.80abcd	辽粳 294 Liaojing 294	6.8 ± 0.40efg
盐粳 456 Yanjing 456	8.7 ± 0.18abcd	盐丰 47 Yanfeng 47	6.2 ± 0.29fgh
辽粳 9 号 Liaojing 9	8.5 ± 0.69abcde	中辽 9052 Zhongliao 9052	6.1 ± 0.34gh
辽粳 454 Liaojing 454	8.1 ± 0.08abcde	港源 8 号 Gangyuan 8	6.0 ± 0.16gh
武育粳 3 号 Wuyujing 3	8.1 ± 0.66abcde	港育 129 Gangyu 129	4.9 ± 0.09h
T03	7.9 ± 0.68bcdef	辽优 5218 Liaoyou 5218	4.8 ± 0.13h
辽河糯 Liaohenuo	7.8 ± 0.60bcdef	粳优 558 Jingyou 558	4.6 ± 0.73h
辽粳 371 Liaojing 371	7.5 ± 0.49cdefg	IR36	3.0 ± 0.69i

注:数据后标有相同小写字母表示在 0.05 水平差异不显著(Duncan's 新复极差法)。下表同。

Data followed by the same lowercase letters indicate no significant difference at the 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

2.2.2 水稻品种对灰飞虱成虫定居及产卵的排趋性 表4中产卵量数据经Levene方差齐性检验检出方差不齐,将产卵量数据经对数转换处理后符合正态分布,方差齐性,再用Duncan's新复极差法检验差异显著性。由表3和表4可看出,不同水稻品种对灰飞虱成虫定居及产卵的排趋性存在较大差异,但成虫数与产卵量的多少并不十分一致。对不同水稻品种上灰飞虱成虫数、产卵量及品种抗性水平进行两两相关性比较,得到结果:品种抗性级别与灰飞虱成虫数的相关系数 $r=0.347$($P<0.01$),具有低度相关性;品种抗性级别与灰飞虱产卵量的相关系数 $r=0.425$($P<0.01$),也呈低度相关性;灰飞虱成虫数与产卵量的相关系数 $r=0.515$($P<0.01$),具有显著相关性。

表3 不同水稻品种对灰飞虱成虫的排趋性

Table 3 Antixenosis of different rice varieties to adults of small brown planthopper

品种 Variety	成虫数(头/苗) No. of adults per stem	品种 Variety	成虫数(头/苗) No. of adults per stem
辽河1号 Liaohe 1	4.0±0.21a	丰锦 Fengjin	3.1±0.35abcd
沈农265 Shengnong 265	4.0±0.95a	中辽9052 Zhongliao 9052	3.1±0.52abcd
武育粳3号 Wuyujing 3	3.9±0.95ab	铁粳4号 Tiejing 4	2.9±0.50abcde
辽河糯 Liaohenuo	3.9±0.03ab	辽粳294 Liaojing 294	2.6±0.71abcde
T03	3.7±0.59abc	辽星17 Liaoxing 17	2.6±0.34abcde
辽开79 Liaokai 79	3.5±0.81abc	辽粳454 Liaojing 454	2.6±0.12abcde
辽星1号 Liaoxing 1	3.4±0.67abcd	港源8号 Gangyuan 8	2.3±0.44abcde
盐丰47 Yanfeng 47	3.4±0.44abcd	辽优5218 Liaoyou 5218	2.1±0.41bcde
辽粳9号 Liaojing 9	3.3±0.34abcd	粳优558 Jingyou 558	1.8±0.26cde
盐粳456 Yanjing 456	3.3±0.76abcd	港育129 Gangyu 129	1.6±0.39de
辽粳371 Liaojing 371	3.2±0.62abcd	IR36	1.1±0.02e

由图1可看出,抗性品种IR36、港育129、辽优5218、粳优558、港源8号,感虫品种辽河糯、辽粳454、丰锦、辽粳9、T03的成虫定居量与产卵量趋势较为一致,对这10个品种进行相关性分析,发现灰飞虱成虫数与产卵量相关系数 $r=0.797$($P<0.01$),成虫数与抗性级别相关系数 $r=0.536$($P<0.01$),产卵量与抗性级别相关系数 $r=0.616$($P<0.01$),均为显著正相关,说明水稻品种对灰飞虱成虫定居及产卵的排趋性是这10个品种的一项重要抗性机制,且着落于这些品种上的雌虫量与品种抗性级别正相关。而抗性品种辽河1号,感虫品种中辽9052、辽星17,高感品种沈农265的相关性分析表明,灰飞虱成虫数、产卵量与品种抗性级别均不相关,表明成虫定居及产卵的排趋性不

表 4　灰飞虱在不同水稻品种上的产卵量

Table 4　Numbers of eggs laid by small brown planthopper on rice varieties

品种 Variety	产卵量(粒/苗) No. of eggs per stem	品种 Variety	产卵量(粒/苗) No. of eggs per stem
辽粳 9 号 Liaojing 9	29.1 ± 3.19a	盐粳 456 Yanjing 456	18.4 ± 1.22bcde
辽粳 371 Liaojing 371	29.6 ± 5.99a	沈农 265 Shennong 265	18.4 ± 1.55bcde
丰锦 Fengjin	24.5 ± 2.11ab	辽星 1 号 Liaoxing 1	18.2 ± 0.49bcde
辽星 17 Liaoxing 17	24.2 ± 1.56ab	盐丰 47 Yanfeng 47	17.9 ± 0.91bcdef
辽河糯 Liaohenuo	23.0 ± 0.96ab	中辽 9052 Zhongliao 9052	16.1 ± 1.11cdef
辽开 79 Liaokai 79	22.1 ± 0.90ab	辽粳 454 Liaojing 454	15.7 ± 1.97def
T03	21.8 ± 1.17abc	粳优 558 Jingyou 558	14.6 ± 2.19efg
武育粳 3 号 Wuyujing 3	21.5 ± 1.34abc	港源 8 号 Gangyuan 8	13.5 ± 1.27fg
铁粳 4 号 Tiejing 4	20.5 ± 1.45bcd	辽优 5218 Liaoyou 5218	11.7 ± 1.42gh
辽粳 294 Liaojing 294	19.6 ± 1.88bcde	港育 129 Gangyu 129	9.0 ± 1.11h
辽河 1 号 Liaohe 1	19.1 ± 1.10bcde	IR36	6.3 ± 0.41i

是这些品种的主要抗虫机制。出现灰飞虱成虫数与产卵量不相关的情况,主要是由于成对接入灰飞虱成虫,雌雄虫比例为 1∶1,因此有些品种上虫量虽大,但以着落的雄虫居多,雌虫产卵者少;而有些品种虽着落虫量小,但均为怀卵雌虫,使得成虫定居与产卵量不成正比。

2.2.3　水稻品种对灰飞虱若虫的抗生性测定

表 5 中所得抗生性分数经 Levene 方差齐性检验检出方差不齐,数据经转换后方差仍不齐,从而采用非参数检验。对各品种的抗生性分数进行多个独立样本的 Kruskal-Wallis 秩和检验,得到渐近显著性为 0.238,大于 0.05,表明各品种抗生性分数之间不存在显著差异。

由表 5 可知,不同水稻品种上灰飞虱若虫各龄的存活率均较高,大多在 80% 以上。不同水稻品种对灰飞虱若虫的抗生性差异不显著,抗生性分数 AS 变化范围在 84.27% ~96.04% 之间,所有供试品种(包括抗性对照)AS 值均在 81% 以上,按该方法都应归于感虫品种,但这与整体抗虫性评价存在较大差异。品种抗性水平与若虫抗生性分数的相关系数 $r = 0.283$ ($P < 0.05$),在 0.05 水平上虽然存在相关性,但相关性太小,$r < 0.3$,表明水稻品种对灰飞虱若虫的抗生性与品种抗性级别仅有很弱的相关关系,几可忽略。相对而言,抗虫品种辽优 5218、IR36 及中抗品种港育 129 的抗生性最强,而中抗品种港源 8 号、盐丰 47 的抗生性虽较强,但弱于 4 个感虫品种,中抗品种粳优 558 与辽河 1 号的抗生性较弱,抗生性应不是这两个品

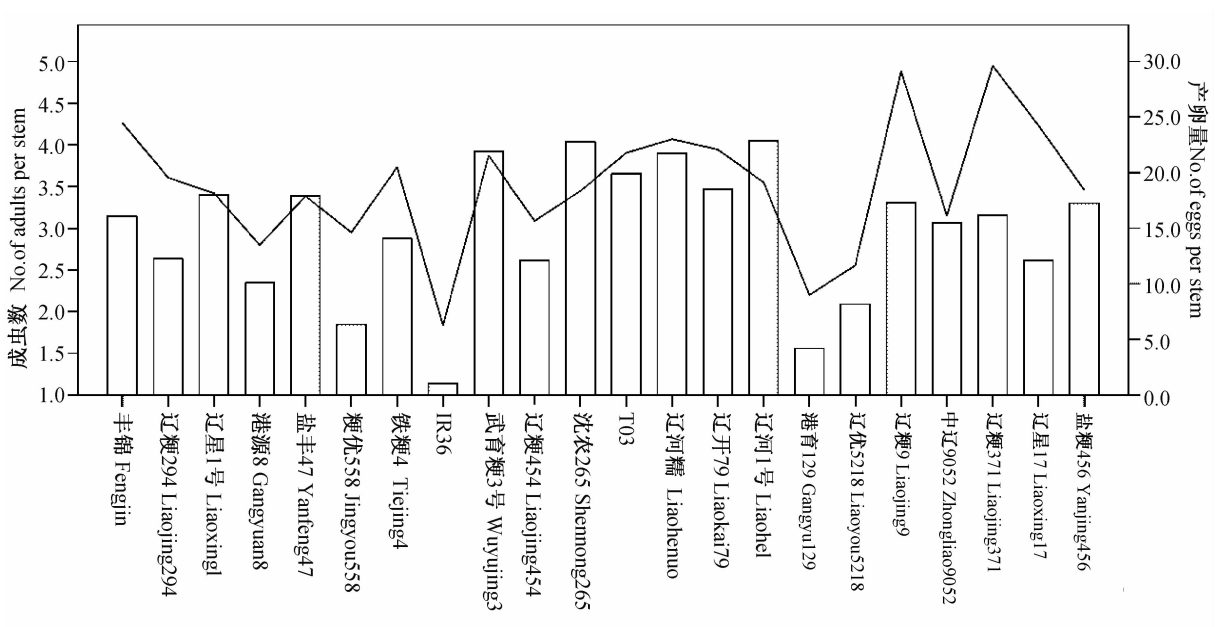

图 1 灰飞虱在不同水稻品种上成虫数与产卵量的关系

Fig. 1 The relationship between the number of small brown planthopper adults and that of eggs laid by them on different rice varieties

表 5 不同水稻品种对灰飞虱若虫的抗生性反应

Table 5 Reaction of antibiosis to nymphs of small brown planthopper on different rice varieties

品种 Variety	若虫存活率 Survival rate of nymph(%)					抗生性分数 AS Antibiosis score(%)
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	
辽河糯 Liaohenuo	97.33	97.33	97.33	96.67	94.00	96.04
辽粳 454 Liaojing 454	100.00	99.33	98.00	96.00	92.67	96.00
辽星 17 Liaoxing 17	98.00	96.67	94.67	94.67	94.00	94.93
铁粳 4 Tiejing 4	97.33	96.00	93.33	92.67	92.00	93.33
T03	98.00	96.00	94.67	93.33	90.00	93.16
沈农 265 Shennong 265	96.67	96.67	96.00	91.33	88.67	92.44
武育粳 3 号 Wuyujing 3	99.33	96.67	94.00	92.00	88.00	92.18
丰锦 Fengjin	97.33	96.67	92.67	92.00	88.67	92.00
粳优 558 Jingyou 558	98.67	94.67	92.67	91.33	89.33	91.87
辽河 1 号 Liaohe 1	98.67	97.33	93.33	90.67	88.00	91.73

(续表 5 Table 5 continued)

品种 Variety	若虫存活率 Survival rate of nymph(%)					抗生性分数 AS Antibiosis score(%)
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	
辽粳 9 Liaojing 9	96.67	94.00	91.33	90.67	90.00	91.42
辽开 79 Liaokai 79	98.67	98.00	95.33	90.00	86.00	91.38
盐粳 456 Yanjing 456	96.00	94.00	93.33	90.00	88.67	91.16
盐丰 47 Yanfeng 47	98.00	96.67	94.00	89.33	86.00	90.71
港源 8 Gangyuan 8	98.67	95.33	93.33	90.00	86.00	90.62
中辽 9052 Zhongliao 9052	96.00	94.67	93.33	88.67	85.33	89.78
辽粳 371 Liaojing 371	97.33	93.33	92.00	88.00	86.00	89.47
辽粳 294 Liaojing294	96.00	91.33	90.00	88.67	84.67	88.44
辽星 1 号 Liaoxing 1	98.00	92.67	90.67	88.00	80.67	87.38
IR36	98.00	95.33	90.00	84.67	76.67	85.38
辽优 5218 Liaoyou 5218	91.33	88.00	87.33	85.33	78.67	84.27
港育 129 Gangyu129	92.00	88.67	87.33	84.00	79.33	84.27

种的主要抗虫机制。

3　讨论

结合苗期集团鉴定、若虫排趋性、成虫定居产卵排趋性及抗生性测定的结果,分析了不同水稻品种的抗虫机制。供试品种中,抗虫品种 IR36、辽优 5218 和中抗品种港育 129 的若虫量、成虫量和产卵量均极低,表明这 3 个品种具有强烈的排趋性,结合其抗生性也相对较强,说明这 3 个品种的抗性主要由排趋性和抗生性控制;中抗品种港源 8 号和粳优 558 的排趋性也很高,但抗生性相对较弱,因此这 2 个品种的主要抗虫机制是排趋性;另 2 个中抗品种盐丰 47 与辽河 1 号,对灰飞虱若虫具有一定的排趋性,而对成虫定居及产卵的排趋性很弱,其抗生性也处于中等水平,暗示这 2 个品种具有较好的耐害性,因此这两个品种的抗性机制应是在苗期对灰飞虱若虫具有排趋性,而后主要由耐害性发挥作用。

不同水稻品种对灰飞虱抗性鉴定的结果表明,杂交稻抗性普遍强于常规稻,抗性品种中株型大多为披散型,辽宁省主栽水稻品种大部分为感虫品种。从辽宁地区品种中筛选出 10 份抗性材料,其中辽优 5218 和港育 129 具有较强排趋性和抗生性,粳优 558 和港源 8 号具有较强排趋性,是理想的抗灰飞虱资源,为今后继续深入研究提供了理想材料。然而,辽宁地区大量主栽主推的常规稻品种易感灰飞虱,这一现状应引起植保和育种工作者的重视。近年来,由于气候条件改变、种植方式变更、缺乏抗性品种等诸多因素,造成了灰飞虱适生范围不断扩大,种群数量不断上升的局面(刘向东等,2006),辽宁省已成为灰飞虱的重要发生地区,在缺少抗性品种的情况下,灰飞虱一旦

大规模暴发,将给辽宁省水稻生产带来巨大损失。

抗稻飞虱种质资源鉴定和杂交后代的抗性选择是水稻抗稻飞虱品种选育的基础(刘光杰等,2002)。我国自 20 世纪 70 年代末开始这方面的研究,筛选出大量的抗褐飞虱、抗白背飞虱的水稻种质资源(刘光杰等,2003)。而灰飞虱及其传播的条纹叶枯病是近些年才大规模暴发,上升为重大病虫害,因此对于抗灰飞虱水稻种质资源筛选的报道仍较少。段灿星等(2007)通过改进的苗期集团筛选法,对 138 份来自全国多个地区的水稻种质进行了抗灰飞虱鉴定与评价,筛选出高抗种质 2 份,抗性种质 9 份,中抗材料 14 份,这些抗性种质大多为南方地区品种,而东北稻区的参试品种较少,且均为感虫和高感品种。彭高松(2011)也采用改进的标准苗期筛选法,进行了水稻种质抗灰飞虱鉴定,从 2009 年微核心种质 50 份中筛选出 17 个抗性品种,从地方水稻种质 150 份中筛选出 50 个抗性品种。其他报道则仅是进行了数个品种对灰飞虱的排趋性(亦称忌避性或非嗜性)和抗生性测定(林含新等,2000;孙黛珍等,2006;刘芳等,2007;陈洁等,2010),无法反应出测试品种的综合抗虫水平。对于水稻品种对灰飞虱抗虫机制的研究,学者们从水稻的养分组成和结构(刘芳等,2007;郑文静等,2009)、灰飞虱对稻株挥发物的行为反应(刘芳等,2009)以及水稻品种对灰飞虱抗性遗传研究(段灿星等,2009)等方面进行了较深入的探讨,但仍需进一步研究以明确抗虫基因以及有效抗灰飞虱的理化物质。鉴于我国抗灰飞虱水稻资源较少的情况,各地广泛开展抗灰飞虱种质资源的筛选鉴定,对现有抗性资源合理利用,并且鉴定并定位抗灰飞虱基因,进行抗性品种选育等工作具有十分重要的意义。

参考文献(References)

Endo S, Tsurumachi M, 2000. Insecticide resistance and insensitive acetylcholinesterase in small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *J. Pestic. Sci.*, 25(4):395 – 397.

Endo S, Takahashi A, Tsurumachi M, 2002. Insecticide susceptibility of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén (Homoptera:Delphacidae), collected from East Asia. *Appl. Entomol. Zool.*, 37(1):79 – 84.

Gao B, Wu J, Huang SJ, Mu LF, Han ZJ, 2008. Insecticide resistance in field populations of *Laodelphax striatellus* Fallén (Homoptera:Delphacidae) in China and its possible mechanisms. *Int. J. Pest Manag.*, 54(1):13 – 19.

Heinrichs EA, Medrano FG, Rapusas HR, 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. Manila, Philippines: IRRI.

IRRI, 1988. Standard Evaluation Systems for Rice. Manila, Philipines:IRRI.

Nemoto H, Ishikawa K, Shimura E, 1994. The resistances to rice stripe virus and small brown planthopper in rice (*Oryza sativa*) variety, IR 50. *Jpn. J. Breed.*, 44(1):13 – 18.

Sebastian LS, Ikeda R, Huang N, Imbe T, Coffman WR, McCouch SR, 1996. Molecular mapping of resistance to rice tungro spherical virus and green leafhopper. *Phytopathology*, 86(1):25 – 30.

Wu A, Sun X, Pang Y, Tang K, 2002. Homozygous transgenic rice lines expressing GNA with enhanced resistance to the rice sap-sucking pest *Laodelphax striatellus*. *Plant Breed.*, 121(1):93 – 95.

陈洁, 吴丽娟, 周彤, 魏邦庆, 周益军, 2010. 江苏省主栽水稻品种对条纹叶枯病与灰飞虱的抗性评价. 南京农业大学学报, 33(4):105 – 108.

丁锦华, 张富满, 1994. 东北飞虱志. 北京:中国农业科技出版社. 16 – 18.

段灿星, 张世贤, 陈青, 程治军, 翟虎渠, 万建民, 2007. 水稻种质资源抗灰飞虱评价及抗性机制分析. 中国水稻科学, 21(4):425 – 430.

段灿星, 程治军, 雷才林, 翟虎渠, 万建民, 2009. 利用 Mudgo/武育粳 3 号 F_2 群体分析水稻抗灰飞虱 QTL. 作物学报, 35(3):388 – 394.

李志强, 于凤泉, 田春晖, 孙富余, 王疏, 2007. 辽宁省水稻条纹叶枯病暴发机制与控制技术. 辽宁农业科学, 3:72 – 73.

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.

林友伟, 张晓梅, 沈晋良, 2005. 亚洲稻区灰飞虱抗药性研究进展. 昆虫知识, 42(1):28 – 30.

刘芳, 宋英, 包善微, 卢海燕, 祝树德, 梁国华, 2007. 水稻品种对灰飞虱的抗性及其机制. 植物保护学报, 34(5):449 – 454.

刘芳, 宋英, 包善微, 卢海燕, 石细敏, 祝树德, 2009. 灰飞虱对抗性粳稻品种稻株挥发物的行为反应及机制. 植物保护学报, 36(5):443 – 449.

刘光杰, 付志红, 沈君辉, 张亚辉, 2002. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究. 中国水稻科学, 16(1):52 – 56.

刘光杰, 沈君辉, 寒川一成, 2003. 中国水稻抗虫性的研

究及其应用:回顾与展望. 中国水稻科学, 17(增刊):1 – 6.

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.

马崇勇, 高聪芬, 韦华杰, 沈晋良, 2007. 灰飞虱对几类杀虫剂的抗性和敏感性. 中国水稻科学, 21(5):555 – 558.

彭高松, 2011. 不同水稻品种对灰飞虱抗性机理的初步研究. 硕士学位论文. 新乡:河南师范大学.

邵凌云, 孙富余, 李志强, 于凤泉, 杨眉, 王小奇,2012. 一种准确、简便的剥查灰飞虱卵量方法. 辽宁农业科学, 3:61 – 62.

孙黛珍, 江玲, 张迎信, 程遐年, 王春明, 翟虎渠, 万建民, 2006. 8 个水稻品种的条纹叶枯病抗性特征. 中国水稻科学, 20(2):219 – 222.

王贵珍, 周益军, 周雪平, 2005. 以直接斑点免疫结合测定法检测灰飞虱体内的水稻条纹病毒. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 31(1):37 – 40.

郑文静, 刘志恒, 张燕之, 刘欣, 王昌华, 赵家铭, 2009. 水稻的主要养分组成和显微结构对灰飞虱取食选择性的影响. 植物保护学报, 36(3):200 – 206.

周益军, 2010. 水稻条纹叶枯病. 南京:江苏科学技术出版社. 43 – 46.