

褐飞虱 IR56 种群的致害特征

郑瑜 何佳春 万品俊 赖凤香 孙燕群 林晶晶 傅强*

(中国水稻研究所 水稻生物学国家重点实验室, 杭州 310006; * 通讯联系人, E-mail: fuqiang@caas.cn)

Virulence Characteristics of *Nilaparvata lugens* (Stål) Reared on Resistant Rice Variety IR56

ZHENG Yu, HE Jia-chun, WAN Pin-jun, LAI Feng-xiang, SUN Yan-qun, LIN Jing-jing, FU Qiang*

(State Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou 31006, China; * Corresponding author,

E-mail: fuqiang@caas.cn)

ZHENG Yu, HE Jiachun, WAN Pinjun, et al. Virulence characteristics of *Nilaparvata lugens* (Stål) reared on resistant rice variety IR56. *Chin J Rice Sci*, 2016, 30(5): 552–558.

Abstract: Rice varieties with the planthopper resistance gene *Bph3* were initially released and promoted in the Southeast Asia in the early 1980s. These varieties are still resistant to the brown planthopper [BPH, *Nilaparvatalugens* (Stål)], which has attracted much attention of rice breeders in China. A local BPH population that was forced to feed on IR56 with *Bph3* gene for over 40 generations (IR56p) was used to study the virulence characteristics from perspectives of insects (development and reproduction) and rice variety reaction (SSST test). The results were as follows: 1) IR56p reared on resistant rice IR56 (IR56p-IR56) showed significantly increased emergence rate (ER), newly emerged adult body weight (BW), adult longevity (AL), number of eggs laid (NE), honeydew excretion (HE), and adult weight gain (WG), as well as markedly decreased nymphal duration (ND), compared to TN1p population (TN1p, a normal population reared on a susceptible rice variety TN1) on rice IR56 (TN1p-IR56). In contrast, IR56p-IR56 showed similar ER, NE and egg hatchability (EB), compared to TN1p or IR56p reared on rice TN1 (TN1p-TN1 or IR56p-TN1), despite significantly lower ND, AL, HE, WG and longer ND. The difference in BW and ND between IR56p-IR56 and TN1p-TN1 (or IR56p-TN1) was less than half of that between IR56p-IR56 and TN1p-IR56. 2) SSST test showed that the resistance of rice IR56 to IR56p was Grade 7, higher than Grade 3 of IR56 to TN1p. The resistance of TN1 to IR56p and TN1p was Grade 9 (total loss). It is concluded that the virulence of IR56p to IR56 is much higher than that of TN1p to IR56. Although the virulence of IR56p to IR56 was lower than that of IR56p or TN1p to TN1, most evaluations were similar among the three groups. In addition, the resistance of another *Bph3*-containing variety RathuHeenati to IR56p was Grade 1 (high resistance). Such an unexpected result implies that other BPH resistance genes contributes to the resistance of RathuHeenati to IR56p.

Key words: *Nilaparvata lugens*; virulence; IR56 population; *Bph3*

郑瑜, 何佳春, 万品俊, 等. 褐飞虱 IR56 种群的致害特征. 中国水稻科学, 2016, 30(5): 552–558.

摘要: 含 *Bph3* 抗褐飞虱基因的水稻品种自 20 世纪 80 年代在东南亚推广后, 迄今仍对褐飞虱有较好的抗性, 受到我国抗褐飞虱育种专家的重视。在 IR56 水稻(含 *Bph3* 基因)上连续 40 多代胁迫饲养获得褐飞虱 IR56 寄主种群, 从褐飞虱的生长、发育、繁殖以及水稻品种的抗感反应(SSST 法测定)两方面对该种群的致害性进行了研究。结果表明: 1) 在抗性水稻 IR56 上, 褐飞虱 IR56 种群的羽化率、初羽化成虫体质量、成虫寿命、产卵量、蜜露排泄量、体质量增量等均较褐飞虱 TN1 种群显著增加, 若虫历期则显著缩短; 与感虫水稻 TN1 上的 IR56 种群或 TN1 种群相比, 除成虫寿命、蜜露排泄量和体质量增量显著下降外, 羽化率、产卵量、卵孵化率无显著差异, 初羽化成虫体质量、若虫历期尽管差异显著但数值上较接近(其差值不及 IR56 水稻上 IR56 种群与 TN1 种群差值的 1/2)。2) 水稻品种苗期抗性反应显示 IR56 水稻对褐飞虱 IR56 种群的抗性级别为 7 级, 明显弱于对褐飞虱 TN1 种群的 3 级, 但略强于 TN1 水稻对褐飞虱 IR56 种群或 TN1 种群的 9 级。显然, 与褐飞虱 TN1 种群相比, 褐飞虱 IR56 种群对抗性水稻 IR56 有较强的致害能力, 与 IR56 种群或 TN1 种群对 TN1 水稻的强致害水平尽管有一定的差距, 但多数指标较为接近。含 *Bph3* 基因的水稻品种 RathuHeenati 对 IR56 种群抗性为 1 级, 推测可能与该水稻品种存在 *Bph3* 以外的其他抗虫基因有关。

关键词: 褐飞虱; 致害性; IR56 种群; *Bph3* 基因

中图分类号: S435.112+.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2016)05-0552-07

收稿日期: 2015-12-29; 修改稿收到日期: 2016-03-12。

基金项目: 水稻产业技术体系资助项目(CARS-01-18); 国家科技支撑计划资助项目(2012BAD19B03)。

褐飞虱 [*Nilaparvata lugens* (Stål)] 属于迁飞性、暴发性害虫。20 世纪 70 年代以来,开始成为我国华南及长江流域等地水稻生产上的主要害虫,给水稻生产造成了严重损失^[1]。抗虫水稻品种的种植是控制褐飞虱最为经济有效的方法。1973 年以来,国际水稻研究所 (IRRI) 相继在东南亚等地推广含抗虫基因 *Bph1* 的 IR26 以及含抗虫基因 *bph2* 的 IR36 等抗性水稻品种,但 IR26、IR36 分别在推广 2~3 年、7~8 年后丧失抗性^[2-4];1982 年,IRRI 又开始在该地区推广含抗虫基因 *Bph3* 的 IR56、IR60、IR62、IR72 等抗虫水稻品种^[5]。除监测到越南南部褐飞虱田间种群对抗虫水稻 RathuHeenati (含 *Bph3* 基因) 具较强致害性^[6-7] 外,这些品种迄今仍普遍在东南亚国家表现出较好的褐飞虱抗性^[8]。在我国,IRRI 育成的抗褐飞虱品种种植面积不大,但其衍生系被广泛用作杂交水稻的恢复系^[9],其抗性丧失进程晚于东南亚。据监测,IR26 等含 *Bph1* 抗虫基因的水稻品种 20 世纪 80 年代后期开始丧失抗性^[2,6,10],而含 *bph2* 抗虫基因的 ASD7 等品种则在 21 世纪初丧失抗性^[11-12],迄今未见 *Bph3* 抗虫基因抗性丧失的报道。

褐飞虱在抗性水稻品种的胁迫下发生致害性变异,是水稻品种丧失抗性的主要原因^[13]。在含 *Bph1* 基因的 Mudgo、IR26、H105 或含 *bph2* 基因的 ASD7、IR36、Samba 等抗性品种上胁迫饲养,褐飞虱一般在 10 代以内就能致害相应的抗性品种^[13-14],是 IR26、IR36 等抗性水稻品种在推广后迅速丧失抗性的关键。值得注意的是,含 *Bph3* 抗虫基因水稻品种具有相对持久的抗性,但目前关于褐飞虱对该类品种的致害性研究较少。已知田间能致害该类品种的褐飞虱种群仅见于印度 Hyderabad、Guttac^[15] 和越南九龙江、胡志明市 (可致害 RathuHeenati)^[6-7]; 尚未见饲养于其他含 *Bph3* 基因抗虫水稻的褐飞虱寄主种群的报道。

近年来,*Bph3* 抗虫基因在我国受到重视,并得到克隆,具有良好应用前景^[17],研究褐飞虱对该基因的致害性变异规律对其可持续利用具有重要意义。笔者以采自浙江省杭州市富阳区田间的褐飞虱种群为初始虫源,通过在 IR56 (含 *Bph3* 基因) 水稻上连续 40 多代的胁迫饲养初步获得了褐飞虱 IR56 种群。本研究从褐飞虱的生长、发育、取食、繁殖及水稻品种的苗期抗感反应 (SSST 法) 两方面开展研究,以期明确该种群的致害特性,为进一步开展褐

虱对 *Bph3* 抗虫基因的致害性变异规律和机制研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻品种包括感虫品种 TN1、抗虫品种 IR42 (含 *bph2* 基因)、IR56 (含 *Bph3* 基因) 和 RathuHeenati (含 *Bph3* 基因,下文简称 RHT)。供试昆虫为 2010 年 10 月采集于浙江省富阳区田间的褐飞虱种群,在 TN1 与 IR56 水稻品种上连续强迫饲养 40 代以上,分别称之为褐飞虱 TN1 种群和 IR56 种群。

1.2 实验方法

1.2.1 褐飞虱在不同水稻品种上的若虫期生长发育

取健壮无虫的供试稻苗 (播种后 45 d 左右) 移栽于泥盆,待稻株存活后去除老叶并洗净,每盆留 2 个健壮水稻分蘖,接入孵化 24 h 以内的褐飞虱 IR56 种群或 TN1 种群 1 龄若虫 25 头,外罩透明无毒、有透气窗的薄膜笼罩 (高 50 cm,直径 6 cm)。逐日观察若虫发育情况,待若虫开始羽化时,将每天的羽化试虫 (羽化 24 h 内) 取出,称单头成虫鲜质量,同时记录雌雄成虫数、翅型和羽化日期,直至试虫全部羽化完全。每个处理 10 个重复。待试虫全部羽化后,计算试虫的羽化率、雌雄虫的若虫发育历期及雌雄虫体质量。

1.2.2 褐飞虱在不同水稻品种上的成虫寿命、产卵量与卵孵化情况

每盆稻株 (试苗处理同若虫期实验设计) 内接入初羽化 24 h 内的褐飞虱 IR56 种群或 TN1 种群短翅型雌、雄成虫 1 对。接虫后每天观察记录雌、雄成虫的存活数和存活天数。待成虫产卵后,记录观察若虫孵化时间,随后每隔两日记录若虫数 (并移除孵化若虫),直至雌虫死亡且稻苗上无若虫孵出一周后,解剖稻苗并记录未孵化卵量,统计各处理试虫的雌、雄成虫的存活天数,单雌产卵量及卵孵化率。每处理 20 个重复。

1.2.3 褐飞虱在不同水稻品种上的单雌蜜露量与体质量增量

褐飞虱在水稻品种上的蜜露排泄量与取食量成正比,并常被用作评价褐飞虱致害性或水稻抗性的重要参数^[18-20]。参照王桂荣等^[3]采用的“Parafilm”小袋法,将羽化 24 h 内的褐飞虱 IR56 种群或 TN1

种群雌虫逐头称重(初重)并标记,每袋 1 头接于分蘖末期至拔节期的 TN1 或 IR56 水稻茎秆上,48 h 后测定袋中蜜露排泄量和每头雌虫的体质量,该体质量与同一试虫初重之差为虫体体质量增量。每处理重复 45 个以上。

1.2.4 不同水稻品种对褐飞虱的抗性级别

将催芽至露白的 TN1、IR42、IR56、RHT 水稻种子呈正方形穴播于大苗盆中(直径 14 cm,高 10 cm),每个品种播 20~25 粒正常发芽的种子,之后用细土覆盖。待秧苗长到 2 叶 1 心时,剔除弱苗,每行留 18~20 株健壮秧苗,按每株苗平均 8~10 头虫量接入 TN1 种群或 IR56 种群的 2 龄若虫。参照标准苗期集团筛选法(SSST 法)抗性级别判别标准^[21],待 TN1 苗受害达 7 级后开始每日观察秧苗的抗感反应,以 TN1 达 9 级时供试秧苗的抗性级别作为抗级结果。每处理 3 次重复。

1.2.5 实验的温湿度条件

水稻抗性级别测定及褐飞虱若虫生长发育、成虫寿命及繁殖力试验在阳光温室中进行,温度 28.0℃±2.0℃,相对湿度 80.0%±5.0%;蜜露量与体质量增量实验在培养箱中进行,温度 28.0℃±0.5℃,相对湿度 80.0%±5.0%。

1.2.6 数据分析

采用 DPS 数据分析软件进行方差分析,其中百分数分析前经反正弦平方根转换^[22];方差分析差异显著($P<0.05$)时,再进一步对不同处理进行 Dun-

can 新复极差法多重比较。

2 结果与分析

2.1 褐飞虱在不同水稻品种上的若虫期生长发育

从若虫的羽化率来看(表 1),在 IR56 上,IR56 种群为 80.6%,显著高于 TN1 种群的 7.1%(高 73.5 个百分点)($P<0.05$);在 TN1 水稻上,IR56 种群和 TN1 种群分别为 85.6%和 84.7%,两者无显著差异($P>0.05$);TN1 种群在 TN1 和在 IR56 上的羽化率有显著性差异($P<0.05$)。IR56 种群在 IR56 和 TN1 上的羽化率无显著差异,与 TN1 种群在 TN1 上亦无显著差异($P>0.05$)。

就若虫发育历期而言(表 1),在 IR56 上,TN1 种群的雌、雄试虫的发育历期分别为 19.5 d 和 16.1 d,较 IR56 种群同性试虫分别延长 38.3% (5.4 d)和 22.9% (3.0 d),且差异显著($P<0.05$);在 TN1 上,TN1 种群与 IR56 种群的同性试虫间无显著差异($P>0.05$)。IR56 种群在 IR56 秧苗上的雌、雄试虫较其在 TN1 秧苗上的同性试虫分别延长 11.0% (1.4 d)和 7.4% (0.9 d),较 TN1 种群在 TN1 苗上的同性试虫分别仅延长 12.8% (1.6 d)、7.4% (0.9 d),尽管差异显著($P<0.05$),但数值上相差不大。

在 IR56 上,TN1 种群的雌、雄虫的体质量分别为 1.27 mg 和 0.78 mg,分别较 IR56 种群同性试虫轻 33.6% (0.64 mg)和 31.6% (0.36 mg),且差异显著($P<0.05$);在 TN1 水稻上,TN1 种群与 IR56

表 1 褐飞虱 IR56 种群和 TN1 种群在 TN1 和 IR56 上若虫的生长发育与初羽化成虫鲜质量(平均值±标准误)
Table 1. Nymph developmental duration and fresh body weight of newly emerged adults of BPH of IR56 population and TN1 population that fed on TN1 and IR56, respectively (Mean±SE).

褐飞虱种群 BPH population	水稻品种 Rice variety	若虫羽化率 Emergence rate /%	若虫发育历期		初羽化成虫鲜质量	
			Nymph developmental duration/d		Fresh weight of newly emerged adults/mg	
			雌虫 Female	雄虫 Male	雌虫 Female	雄虫 Male
TN1	TN1	84.7±1.3 a (n=10)	12.5±0.1 c (n=106)	12.2±0.1 c (n=108)	2.06±0.03 a (n=70)	1.34±0.02 a (n=60)
	IR56	7.1±5.1 b (n=10)	19.5±0.7 a (n=18)	16.1±0.6 a (n=18)	1.27±0.06 c (n=18)	0.78±0.03 c (n=18)
IR56	TN1	85.6±3.0 a (n=10)	12.7±0.1 c (n=109)	12.2±0.1 c (n=100)	2.12±0.03 a (n=70)	1.28±0.01 a (n=67)
	IR56	80.6±1.2 a (n=10)	14.1±0.1 b (n=99)	13.1±0.1 b (n=102)	1.91±0.03 b (n=67)	1.14±0.02 b (n=73)

“n”表示样本数;同一列数据间跟相同字母者表示不同处理间无显著差异(Duncan 新复极差法, $P>0.05$)。表 2 同。
“n” indicates the sample size. The data that followed by same letters in the same column show no significant difference among different treatments (Duncan’s test, $P>0.05$). The same as in the Table 2.

表 2 褐飞虱 IR56 种群和 TN1 种群在 TN1 和 IR56 水稻品种上的成虫寿命、产卵量及卵孵化率(平均值±标准误)
Table 2. Adult longevity, number of eggs laid per female and egg hatchability of BPH of IR56 population and TN1 population that fed on TN1 and IR56 respectively (Mean±SE).

褐飞虱种群 BPH population	水稻品种 Rice variety	成虫寿命 Adult longevity/d		单雌产卵量	卵孵化率
		雌虫 Female	雄虫 Male	Number of eggs laid per female	Egg hatchability /%
TN1	TN1	15.7±1.5 ab (n=21)	22.8±1.9 a (n=22)	378.5±32.2 a (n=19)	93.3±1.9 a (n=19)
	IR56	5.8±0.9 c (n=32)	6.4±1.1 c (n=25)	81.4±32.8 b (n=14)	96.4±6.3 a (n=14)
IR56	TN1	17.8±1.7 a (n=24)	22.8±2.2 a (n=25)	409.0±37.7 a (n=21)	85.2±5.2 a (n=21)
	IR56	12.9±1.3 b (n=29)	16.3±1.9 b (n=28)	316.8±21.4 a (n=23)	86.7±5.3 a (n=23)

种群的雌雄虫体质量之间无显著差异($P>0.05$)。IR56 种群在 IR56 上的雌雄试虫分别较其在 TN1 上的同性试虫减轻 9.9%、10.9%，较 TN1 种群在 TN1 水稻上的同性试虫减轻 7.3%、14.9%，尽管差异显著($P<0.05$)，但数值上相差亦不大。

2.2 褐飞虱在不同水稻品种上的成虫寿命、产卵量及卵孵化率

在 IR56 上，褐飞虱 IR56 种群的雌、雄成虫期寿命分别为 12.9 d 和 16.3 d，均显著长于 TN1 种群的同性成虫(分别长 7.1 d 和 9.9 d, $P<0.05$)；在 TN1 水稻上，两个种群的同性成虫间寿命无显著差异($P>0.05$)。IR56 种群在 IR56 上的雌雄成虫寿命均显著短于其在 TN1 水稻上的同性成虫(分别缩短 4.9 d 和 6.5 d, $P<0.05$)，且 IR56 种群在 IR56 上的雄虫寿命显著短于在 TN1 水稻上饲养的 TN1 种群同性试虫(缩短 6.5 d)，IR56 种群在 IR56 上的雌虫寿命与 TN1 水稻上的 TN1 种群的雌虫间差异不显著($P>0.05$)(表 2)。

在 IR56 水稻上的单雌产卵量，IR56 种群为 316.8 粒，显著高于 TN1 种群(高 235.4 粒, $P<0.05$)；在 TN1 水稻上，IR56 种群和 TN1 种群单雌产卵量分别为 409.0 粒和 378.5 粒，二者无显著差异($P>0.05$)；TN1 种群在 TN1 水稻和 IR56 上的单雌产卵量有显著性差异($P<0.05$)。IR56 种群在 IR56 和 TN1 上的产卵量无显著差异，与 TN1 种群在 TN1 稻苗上的产卵量亦无显著差异($P>0.05$)；TN1 种群在 TN1 上的单雌产卵量显著高于其在 IR56 上的单雌产卵量($P<0.05$)。从卵孵化率来看，两个褐飞虱种群在 TN1、IR56 稻苗上的平均卵孵化率介于 85.2%~96.4%，相互间无显著差异(P

>0.05)(表 2)。这一结果表明 IR56 抗性水稻影响褐飞虱种群的产卵但对卵孵化影响较小。

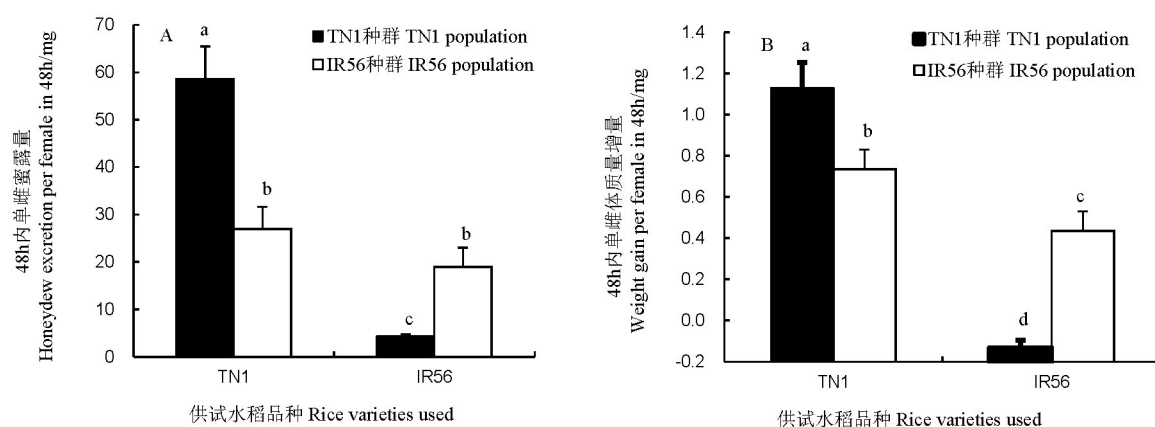
2.3 褐飞虱雌虫在不同水稻品种上的蜜露排泄量与体质量增量

就 48 h 单雌蜜露排泄量来看(图 1-A)，在 IR56 上，IR56 种群和 TN1 种群的蜜露量分别为 18.96 mg 和 4.38 mg，IR56 种群显著性高于 TN1 种群的 14.58 mg($P<0.05$)，该差值是 IR56 水稻上 TN1 种群蜜露排泄量的 3.3 倍之多；在 TN1 水稻上，IR56 种群和 TN1 种群分别为 26.97 mg 和 58.61 mg，二者差异亦显著($P<0.05$)，TN1 种群的蜜露排泄量是 IR56 种群的两倍之多。IR56 种群在 IR56 水稻上的蜜露排泄量与其在 TN1 水稻上的无显著差异($P>0.05$)，但显著低于 TN1 种群在 TN1 水稻上的蜜露排泄量($P<0.05$)。

从雌虫 48h 体质量变化来看(图 1-B)，在 IR56 上，褐飞虱 IR56 种群和 TN1 种群体质量增量分别为 0.44 mg 和 -0.13 mg，TN1 种群在 IR56 上的体质量变化为负增长，二者差异显著($P<0.05$)；在 TN1 水稻上，褐飞虱 IR56 种群和 TN1 种群的体质量增量比分别为 0.73 mg 和 1.13 mg，TN1 种群的体质量增量比 IR56 种群高 54%(0.4 mg)，差异达显著水平($P<0.05$)。在 IR56 上的 IR56 种群雌虫的体质量增量显著低于在 TN1 水稻上的 IR56 种群和 TN1 种群($P<0.05$)。

2.4 不同水稻品种对褐飞虱的抗性级别

SSST 法测定结果表明，感虫水稻品种 TN1 和抗虫水稻品种 IR42、IR56、RHT 对褐飞虱 IR56 种群的抗性级别分别为 9 级、9 级、7 级和 1 级，对褐飞虱 TN1 种群的抗性级别则分别为 9 级、9 级、3 级和



图中标有相同字母者表示不同处理间 Duncan 新复极差检验差异不显著 ($P>0.05$)。

The same lowercase letters show no significant difference among different treatments (Duncan's test, $P>0.05$).

图1 褐飞虱 IR56 种群和 TN1 种群雌虫在 TN1 和 IR56 水稻品种上的 48 h 单雌蜜露量与体质量增量(平均值±标准误)

Fig. 1. Honeydew excretion and weight gain in 48 h of the BPH females of IR56 population and TN1 population that fed on TN1 and IR56, respectively (Mean±SE).

1 级。与褐飞虱 TN1 种群相比,褐飞虱 IR56 种群对 IR56 水稻的致害能力明显增强,而对 TN1、IR42、RHT 水稻的致害性无明显变化。两个褐飞虱种群对水稻品种 IR42 都具有强致害力,说明 IR42 已经基本失去抗性;而水稻品种 RHT 则不同,对两个褐飞虱种群仍具有高抗性。

3 讨论

本研究通过对褐飞虱 IR56 种群在不同抗感水稻品种上的若虫期生长发育和成虫期繁殖、取食行为以及不同水稻品种苗期对该种群的抗感反应的研究,明确褐飞虱 IR56 种群的致害特性:在 IR56 上连续 40 多代胁迫饲养,已经初步形成了褐飞虱 IR56 种群,该种群具备较强致害 IR56 水稻的能力,能在 IR56 上生长、繁殖,较好地完成世代发育,并可以通过若虫发育历期、初羽化雌雄虫体质量、蜜露排泄量、体质量增量比以及雌成虫寿命、单雌产卵量等指标与 TN1 种群进行明显区分。这为下一步开展褐飞虱对抗性品种 IR56 致害性变异机制分子生物学研究提供了重要基础。

研究中观察到,IR56 水稻上 IR56 种群与 TN1 水稻上的 IR56 种群或 TN1 种群之间,羽化率、产卵量、卵孵化率无显著差异,初羽化成虫体质量、若虫历期尽管差异显著但数值上较接近(其差值不及 IR56 水稻上 IR56 种群与 TN1 种群差值的 1/2),仅成虫寿命、蜜露排泄量和体质量增量差异明显且差

距相对较大。水稻苗期品种反应显示褐飞虱 IR56 种群对 IR56 水稻的致害力为 7 级(感虫),亦略强于 TN1 种群对 IR56 水稻或 TN1 水稻的致害力(9 级,高感)。由此表明褐飞虱 IR56 种群对抗性水稻 IR56 的致害力尽管在多数指标上与该种群对感虫品种 TN1 水稻的强致害水平接近,但仍存在一定的差距,这种差距可能并不能随着在 IR56 水稻上的进一步胁迫饲养而消失,是一种褐飞虱适应抗性水稻品种的“代价”。笔者还观察到,在 Mudgo 上饲养了 180 多代的褐飞虱种群的初羽化成虫体质量仍小于在 TN1 上饲养的试虫(未发表资料)。

本研究还发现,TN1 水稻上 IR56 种群与 TN1 种群的若虫生长发育、成虫繁殖与卵孵化等指标均无显著差异,说明 IR56 种群与 TN1 种群在水稻抗性压力缺失时的生物学表现无明显差异,生活力相似;但初羽化雌虫 48 h 内的蜜露排泄量和体质量增量显示,TN1 水稻上的 IR56 种群较 TN1 种群蜜露排泄和虫体增量明显减少,与 TN1 水稻上两种群雌虫寿命及产卵量无显著差异的现象并不一致。鉴于寄主经历影响褐飞虱的致害特性^[23],推测 IR56 水稻上羽化的 IR56 种群雌虫转移到 TN1 水稻时可能有一个短期的适应过程,但该过程对整个成虫期的生物学影响并不大。

陈峰等^[24]报道,褐飞虱 TN1 种群在水稻 TN1、IR56 上的产卵量差异显著,而卵孵化率无显著差异,与本研究结果一致。本研究还观察到,TN1 种

群在 IR56 水稻上的若虫羽化率降低,若虫发育延缓,初羽化成虫变轻,成虫寿命缩短,蜜露排泄量减少,推测 IR56 对褐飞虱的抗性主要体现于抑制了该虫的生存、取食以及产卵,而不影响卵的正常发育和孵化,但导致该现象的生理生化及分子生物学机制还不清楚,也是 IR56 种群对 IR56 水稻适应性机制不明之所在。

本研究中,含 *Bph3* 基因的水稻品种 Rathu-Heenati(RHT)对 IR56 种群的抗性达 1 级(高抗),表明在含 *Bph3* 基因水稻 IR56 上饲养获得的褐飞虱 IR56 种群尽管对 IR56 水稻表现出较强的致害性,但对 RHT 水稻的致害性无明显变化,这可能与 RHT 中存在 *Bph3* 以外其他抗褐飞虱基因有关。Sun 等^[25]报道了 RHT 中含有的 *Bph17* 抗虫基因,Wang 等^[26]则认为 RHT 存在一系列与褐飞虱抗性有关的基因。

参考文献:

- [1] 程遐年,吴进才,马飞.褐飞虱研究与防治.北京:中国农业出版社,2003: 18-20.
Cheng X N, Wu J C, Ma F. Brown planthopper: Occurrence and control. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 18-20. (in Chinese)
- [2] 陶林勇,俞晓平,巫国瑞.我国褐飞虱生物型监测初报.中国农业科学,1992, 25(3): 9-13.
Tao L Y, Yu X P, Wu G R. Preliminary monitoring the biotypes of the brown planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål) in China. *Sci Agric Sin*, 1992, 25(3): 9-13. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王桂荣,赖凤香,傅强,等.稻褐飞虱致害性变异的研究.中国水稻科学,1999, 13(4): 229-232.
Wang G R, Lai F X, Fu Q, et al. Virulent shift in population of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Chin J Rice Sci*, 1999, 13(4): 229-232. (in Chinese with English abstract)
- [4] Peñalver Cruz A, Arida A, Heong K L, et al. Aspects of brown planthopper adaptation to resistant rice varieties with the *Bph3* gene. *Entomol Exp Appl*, 2011, 141(3): 245-257.
- [5] Khush G S, Brar D S. Genetics of resistance to insects in crop plants. *Adv Agron*, 1991, 45(45): 223-274.
- [6] 李青,罗善昱,韦素美,等.褐飞虱生物型测定及其与迁飞关系分析.昆虫知识,1999, 36(5): 257-260.
Li Q, Luo S Y, Wei S M, et al. An analysis of the relationship of biotypes and seasonal migration of brown planthoppers in China. *Entomol Knowl*, 1999, 36(5): 257-260. (in Chinese with English abstract)
- [7] 陈燕,吴碧球,黄所生,等.中国南宁和越南褐飞虱不同地理种群比较.应用生态学报,2013, 24(1): 190-196.
Chen Y, Wu B Q, Huang S S, et al. Geographical populations of brown planthopper in Nanning of South China and in Vietnam: A comparative study. *Chin J Appl Ecol*, 2013, 24(1): 190-196. (in Chinese with English abstract)
- [8] Horgan F G, Ramal A F, Bentur J S, et al. Virulence of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) populations from South and South East Asia against resistant rice varieties. *Crop Prot*, 2015, 78: 222-231.
- [9] 陈峰,傅强,罗举,等.水稻品种对褐飞虱的抗性及其致害性变异研究进展.长江大学学报:自然科学版,2008, 5(1): 5-10.
Chen F, Fu Q, Luo J, et al. Study progress on resistance of rice varieties to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål and its virulence variations. *J Yangtze Univ: Nat Sci Edit*, 2008, 5(1): 5-10. (in Chinese)
- [10] 肖英方,顾正远,邱光.江苏省褐稻虱生物型研究初报.植物保护,1994, 20(6): 2-3.
Xiao Y F, Gu Z Y, Qiu G. Research of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) biological type in Jiangsu Province. *Plant Prot*, 1994, 20(6): 2-3. (in Chinese)
- [11] 吕亮,陈其志,张舒,等.褐飞虱田间致害型监测.湖北农业科学,2009, 48(6): 1367-1368.
Lu L, Chen Q Z, Zhang S, et al. Determination of the biotype of brown planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål). *Hubei Agric Sci*, 2009, 48(6): 1367-1368. (in Chinese with English abstract)
- [12] 刘芳,傅强,张志涛,等.稻褐飞虱田间种群不同世代致害性检测.江苏农业科学,2003(6): 55-57.
Liu F, Fu Q, Zhang Z T, et al. Determination of the virulence by the different generation field BPH populations. *Jiangsu Agric Sci*, 2003(6): 55-57. (in Chinese)
- [13] Sogawa K. Biological and genetic nature of biotype populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Jpn Agric Res Quart*, 1980, 14(3): 186-190.
- [14] 吕仲贤,俞晓平,郑许松,等.褐飞虱致害性变异过程及其体内酶的变化.昆虫学报,1997, 40(1): 122-127.
Lu Z X, Yu X P, Zheng X S, et al. Variation in virulence of the brown planthopper to resistant rice varieties and its relation to the changes in the activities of endogenous enzymes. *Acta Entomol Sin*, 1997, 40(1): 122-127. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李青,罗善昱,师翱翔,等.我国褐稻虱生物型研究.西南农业学报,1994, 7(3): 89-96.
Li Q, Luo S Y, Shi A X, et al. Studies on the biotypes of the brown planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål) in China. *South-west China J Agric Sci*, 1994, 7(3): 89-96. (in Chinese with English abstract)
- [16] 黄凤宽,韦素美,罗善昱,等.稻褐飞虱不同生物型致害特性研究.广西农业生物科学,2003, 22(2): 84-88.
Huang F K, Wei S M, Luo S Y, et al. Studies on the virulence characteristics of different rice brown planthopper biotypes. *J Guangxi Agric Biol Sci*, 2003, 22(2): 84-88. (in Chinese)

- with English abstract)
- [17] Liu Y Q, Wu H, Chen H, et al. A gene cluster encoding lectin receptor kinases confers broad-spectrum and durable insect resistance in rice. *Nat Biotechnol*, 2015, 33(3): 301-305.
- [18] Sogawa K. The rice brown planthopper: Feeding physiology and host plant interactions. *Ann Rev Entomol*, 1982, 27(1): 49-73.
- [19] Paguia P, Pathak M D, Heinrichs E A. Honeydew excretion measurement techniques for determining differential feeding activity of biotypes of *Nilaparvata lugens* on rice varieties. *J Econ Entomol*, 1980, 73(1): 35-40.
- [20] Ghaffar M B, Pritchard J, Ford-Lloyd B. Brown planthopper (*N. lugens* Stål) feeding behaviour on rice germplasm as an indicator of resistance. *PloS One*, 2011, 6(7): e22137.
- [21] Heinrichs E A, Medrano E G, Rapusas H R. Genetic evaluation for insect resistance in rice. Manila, Philippines: International Rice Research Institute, 1985: 72-177.
- [22] 唐启义. DPS 数据处理系统. 3 版. 北京: 科学出版社, 2013.
- Tang Q Y. Applied Statistic Analysis and Data Processing System. 3ed. Beijing: Science Press, 2013. (in Chinese)
- [23] 傅强, 张志涛, 胡萃. 寄主经历对稻褐飞虱致害特性的影响. 昆虫学报, 1997, 40(1): 116-121.
- Fu Q, Zhang Z T, Hu C. The effects of host-related experiences on the infestation of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. *Acta Entomol Sin*, 1997, 40(1): 116-121. (in Chinese with English abstract)
- [24] 陈峰, 傅强, 罗举, 等. 苗期抗性不同的水稻品种成株期对褐飞虱的抗性. 中国水稻科学, 2009, 23(2): 201-206.
- Chen F, Fu Q, Luo J, et al. Adult stage resistances to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* of rice varieties with different seedling resistances. *Chin J Rice Sci*, 2009, 23(2): 201-206. (in Chinese with English abstract)
- [25] Sun L, Su C, Wang C, et al. Mapping of a major resistance gene to the brown planthopper in the rice cultivar RathuHeenati. *Breeding Sci*, 2005, 55: 391-396.
- [26] Wang Y, Li H, Si Y, et al. Microarray analysis of broad-spectrum resistance derived from an indica cultivar RathuHeenati. *Planta*, 2012, 235: 829-840.

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物科学文摘》和中国生物科学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。2015 年本刊影响力大幅提升,在农艺学类期刊排名中均提前。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计:《植物遗传资源学报》影响因子为 1.149,比 2014 年提高了近 10%,在农艺学类期刊中排名第 3。据 CNKI《中国学术期刊影响因子年报》统计,《植物遗传资源学报》复合影响因子为 1.695,在 48 种农艺学类期刊排名第 4,期刊综合影响因子 1.146。

报道内容为大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物、草类植物及其经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,大 16 开本,196 页。定价 20 元,全年 120 元。各地邮局发行。邮发代号:82-643。国内统一连续出版物号 CN11-4996/S,国际标准连续出版物号 ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3 元。地址:北京市中关村南大街 12 号《植物遗传资源学报》编辑部;邮编:100081;电话:010-82105794,010-82105796(兼传真);网址: <http://www.zwyczy.cn>; E-mail: zwyczyxb2003@163.com, zwyczyxb2003@caas.cn。