

云南传统水稻品种对白背飞虱的抗性筛选

李 隽¹, 桂富荣^{1,2}, 李正跃^{1*}, 陈 斌¹

(1. 云南农业大学植物保护学院, 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 昆明 650201;
2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要 [目的]初步筛选云南传统水稻品种对白背飞虱的抗、感性差异,为进一步研究白背飞虱的抗虫水稻种质资源奠定基础。[方法]在实验室条件下分析比较了13个来自云南元阳的地方水稻品种抗白背飞虱等级,不同品种对白背飞虱若虫生长发育的影响以及白背飞虱在各个品种上的取食量和产卵差异。[结果]在13个传统品种中,‘红皮糯谷’、‘绿脚谷’和‘车甲谷’无论在苗期还是分蘖期对白背飞虱的抗性等级均较一致。上述品种中,白背飞虱在‘红皮糯谷’、‘绿脚谷’和感虫对照‘TN1’上24 h的蜜露斑面积测定结果均 $>45 \text{ mm}^2$,单雌产卵量超过90粒,孵化率高于80%;而在‘车甲谷’和抗虫对照‘RHT’上24 h的蜜露斑面积测定结果均 $<20 \text{ mm}^2$,单雌产卵量均低于60粒,孵化率不足57%。白背飞虱若虫的发育历期在各供试品种之间的差异不明显。[结论]白背飞虱在‘红皮糯谷’和‘绿脚谷’上的取食量、单雌产卵量和孵化率均较高,可以初步确定为感虫品种;而在‘车甲谷’上的取食量、单雌产卵量和孵化率均较低,初步确定属于抗虫品种。

关键词 水稻; 白背飞虱; 抗性筛选; 蜜露斑; 产卵

中图分类号: S 435.112.3 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2012.01.012

Resistance screening of Yunnan traditional rice varieties to the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*

Li Jun¹, Gui Furong^{1,2}, Li Zhengyue¹, Chen Bin¹

(1. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management, Ministry of Education, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract [Objective]The resistance levels of thirteen Yuanyang conventional rice varieties to white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*, were screened, and the results may provide a basis for further study of *S. furcifera* resistant germplasm resources. [Methods]Resistance levels of the *S. furcifera* varieties tested were evaluated using the methods of bulk seedling, single seedling and single plant (tillering stage) screening tests in the laboratory. The development of nymph, honeydew areas and fecundity were evaluated as well. [Results]The results indicated that the resistance levels were similar among the varieties ‘Hongpinuo Gu’, ‘Lujiao Gu’ and ‘Chejia Gu’ at seedling and tillering stages. The honeydew areas of *S. furcifera* in the varieties ‘Hongpinuo Gu’, ‘Lujiao Gu’ and ‘TN1’ (sensitive control) were larger than 45 mm^2 ; the egg numbers oviposited per female adults were more than 90, and the percentage of nymphal hatching was higher than 80%. While the honeydew area of *S. furcifera* in the varieties ‘Chejia Gu’ and ‘RHT’ (resistant control) were smaller than 20 mm^2 , the egg numbers oviposited per female adults were less than 60, and the percentage of nymphal hatching was no more than 57%. There were no obvious different developmental durations of nymphs among the varieties tested. [Conclusion]Compared with ‘TN1’ and ‘RHT’, the varieties ‘Hongpinuo Gu’ and ‘Lujiao Gu’ were susceptible varieties, and the variety ‘Chejia Gu’ was evaluated as a resistant variety.

Key words rice; *Sogatella furcifera*; resistance screening; honeydew area; oviposition

收稿日期: 2011-02-28 修订日期: 2011-03-13

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2011CB100404);植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金(SKL2011OP02);云南省自然科学基金项目(2009CD057)

* 通信作者 E-mail: lizhengyue@263.net

白背飞虱 [*Sogatella furcifera* (Horváth)] 属同翅目飞虱科 (Delphacidae), 是我国水稻上的主要害虫之一^[1], 其成、若虫直接刺吸稻株的韧皮部汁液, 造成水稻生长缓慢, 分蘖延迟, 瘪粒增加; 为害严重时, 造成稻株枯死, 呈“虱烧”状^[2]。由于该虫具有迁飞性、突发性和灾害性的危害特点, 应用杀虫剂仍然是目前常用的防治方法, 但长期反复使用化学农药, 不但会产生不良的生态和经济效应, 而且容易导致其抗药性增强, 从而引发害虫再猖獗^[3]。因此, 选育和种植抗性水稻品种被认为是防治白背飞虱的有效途径之一。

从 20 世纪 70 年代开始, 就有学者进行抗白背飞虱品种筛选及其遗传分析的研究。Gunathilagaraj 和 Chelliah 用不同苗龄的抗、感性品种饲养白背飞虱发现, 相比感虫品种(‘TN1’)而言, 白背飞虱在抗性品种上取食痕数量较多, 但分泌的蜜露量却较少^[4]。胡国文等用 14 个台湾品种对白背飞虱的抗性指标进行初步测定, 发现白背飞虱在品种‘Ptb33’、‘Rathu Heenati’(RHT)、‘ARC10239’、‘N22’、‘Nabeshi’上的产卵量、若虫生存率、种群增长和蜜露排泄量均低于感虫对照品种‘TN1’^[5]。巫国瑞等研究发现 5 个含抗白背飞虱主基因的水稻品种在不同温度、苗龄下的抗性表现有所差异, 在 22 ℃ 以下, 各抗虫品种的抗性丧失; 随着苗龄的增加, ‘N22’和‘Rathu Heenati’(RHT)的抗性有所增加^[6]。李西明等分别用 4 个云南水稻品种与携带 *Wbph3* 和 *Wbph5* 抗性基因的‘ADR52’和‘N’Diang Maire’进行杂交, 并进行 4 个品种之间的互交, 发现 4 个品种所携带的单显性抗虫基因与上述两个基因间为非等位性关系, 从而发现了一种新的抗白背飞虱基因并定名为 *Wbph6(t)*^[7]。

云南省地处我国西南部边陲, 气候区域差异和垂直变化十分明显, 素有“动植物王国”之称, 是亚洲栽培稻籼粳遗传分化中心、起源演化和多样性形成中心, 有大量的野生稻资源。本文采用来自具有千年农耕文化的云南元阳梯田区域的 13 个地方水稻品种, 在实验室恒温条件下通过改进的苗期群体鉴定、苗期单株鉴定和分蘖单株鉴定^[8]等方法, 研究了上述水稻品种的苗期对白背飞虱生长发育的影响, 并对各品种进行了初步的抗性鉴定, 以期对抗白背飞虱品种研究奠定基础。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

白背飞虱采自云南农业大学附近农田, 在室内恒温光照培养箱(L//D=16 h//8 h, T=25 ℃±1 ℃)中用水稻营养液^[9]培养 15~20 d 的‘TN1’(无抗虫基因)稻苗连续驯化 10 代以上供试。

1.2 供试水稻品种

均为收集于云南元阳梯田区域的地方传统水稻品种, 包括‘白皮糯谷’、‘黄皮糯谷’、‘红皮糯谷’、‘紫米糯谷’、‘慢车红略糯谷’、‘爱整谷’、‘绿脚谷’、‘小谷’、‘车星谷’、‘车甲谷’、‘罗光谷’、‘宜良谷’和‘主鲁谷’。以‘TN1’为感虫对照(CK1), ‘RHT’(*Wbph3*)为抗虫对照(CK2)。

1.3 试验方法

1.3.1 苗期人工接虫鉴定

1.3.1.1 苗期群体筛选鉴定

将供试水稻品种和感、抗虫对照品种的种子催芽后分别播于塑料盆(40 cm×30 cm×15 cm)内, 行长 25 cm, 每行 30 粒, 行距 5 cm, 放在上述恒温光照培养箱里培养。待种子出苗后匀苗, 每行保留 15~20 株稻苗, 当秧苗长到 2~3 片叶时, 平均每株接入 5~7 头白背飞虱若虫(1~2 龄), 上置半透明纱罩, 各设 6 次重复。当感虫对照品种‘TN1’的死苗率达到 95% 时, 根据各品种的死苗率按刘光杰等的方法^[10]评定危害程度。

1.3.1.2 苗期单株接虫鉴定

将供试品种与抗、感对照品种的种子分别浸种催芽于培养皿($d=120$ mm)内, 然后置于恒温光照培养箱中, 待到 10 d 左右(即苗龄达 2~3 叶期时), 取 1 株苗放入 180 mm×18 mm 的试管中, 加入 5 mL 的水稻营养液, 其上以棉塞封口。每苗接入 1~2 龄若虫 10 头, 每个品种各设 15 个重复。当感虫品种‘TN1’的死苗率为 95% 左右时, 根据刘光杰等的方法评定抗性级别, 并对相应内容进行了适当补充和完善(表 1)。

1.3.2 分蘖期单株接虫鉴定

将播种后 40~60 d 的稻苗剪去次生分蘖, 仅留主茎, 移栽到大号八角瓶中, 每瓶一苗, 上用半透明纱网扎口。然后每瓶苗接入 3~4 龄白背飞虱若虫 15 头, 每个品种设 5 个重复。当感虫对照品种‘TN1’的死苗率达到 95% 左右时按表 1 的评价标准进行鉴定。

表 1 水稻材料抗稻飞虱鉴定评价标准

抗性级别	受害状态	死苗率/% ¹⁾	抗性水平 ¹⁾
0	未受害	<1.0	免疫 I
1	受害极轻微	1.1~10.0	高抗 HR
3	大部分植株第 1、2 叶部分黄色	10.1~30.0	抗 R
5	明显黄化萎缩或近半数植株枯死	30.1~50.0	中抗 MR
7	半数以上植株枯死	50.1~70.0	中感 MS
9	全部植株枯死	>70.1	感 S

1) 死苗率和抗性水平参考刘光杰(2002)的标准确定。

1.3.3 若虫发育历期测定

将室内饲养刚羽化的白背飞虱雌虫和雄虫一对接入 180 mm×18 mm 的试管中,试管内分别放置供试品种和感、抗虫对照 15~20 d 稻苗 1 株,每个品种设 10 个重复。每隔 1 d 换一次稻苗,直到第 2 代成虫羽化为止。接虫后的第 3 天开始观察记录白背飞虱的产卵情况和若虫发育进度。

1.3.4 分蘖期取食量测定

稻飞虱的取食量可以通过检测其取食稻株后分泌的蜜露量来间接测定。将播种后 40 d 左右的健壮苗移栽入一次性塑料杯中,加入 5~8 cm 高的土,去掉次生分蘖,仅留主茎。在一个特殊的取食室内收集白背飞虱分泌的蜜露。这个取食室主要由塑料透明大号八角瓶($d=9\text{ cm}, h=20\text{ cm}$)构成。在稻苗基部套上直径为 9 cm 的中速定性滤纸一张,小心放入八角瓶中,上半透明纱网封口。将 3 头刚羽化的白背飞虱雌虫(经饥饿,但饲水 2~3 h)放入一个取食室。每个取食室为一个重复,每个品种设 10 个重复。白背飞虱取食后分泌的蜜露滴落在滤纸上,24 h 后收集取食室中的滤纸,然后用 0.1% 茚三酮丙酮溶液处理,高温下显色,可呈现出大小不同的紫红色蜜露斑,用 1 mm² 网格的透明纸测量蜜露斑面积。

2 结果与分析

2.1 白背飞虱对不同水稻品种的抗性反应

‘TN1’和‘RHT’对白背飞虱为害的抗性反应在苗期群体鉴定、苗期单株鉴定和分蘖期单株鉴定 3 种方法下的表现均一致(表 2)。“黄皮糯谷”、“白皮糯谷”、“小谷”、“车甲谷”、“红皮糯谷”和“绿脚谷”在上述 3 种方法下的抗性表现基本一致(表 2),其中“黄皮糯谷”、“白皮糯谷”、“小谷”和“车甲谷”表现为抗性品种,而“红皮糯谷”和“绿脚谷”表现为高感品种。“车星谷”、“宜良谷”、“罗光谷”、“主鲁谷”和“紫米糯谷”在分蘖期的抗性比苗期的抗性有不同程

度的提高(表 2),表现为中抗-中感之间。‘爱整谷’和‘慢车红略糯谷’在苗期群体筛选和苗期单株鉴定中的抗性不太一致,可能是由于苗期单株鉴定中虫口密度的压力较大而造成稻株迅速死亡,苗期和分蘖期也基本表现为中抗-中感之间。

表 2 水稻品种对白背飞虱为害的抗性反应

水稻品种	抗性鉴定级别			蜜露斑面积 ¹⁾ /mm ² ·d ⁻¹
	苗期群体筛选	苗期单株鉴定	分蘖期单株鉴定	
黄皮糯谷	3	3	3	(30.50±1.71)e
车星谷	5	5	3	(35.52±1.87)de
宜良谷	5	5	3	(42.95±0.85)bc
白皮糯谷	3	3	3	(30.68±1.29)e
爱整谷	3	5	3	(32.44±0.83)e
小谷	3	3	3	(18.30±1.19)fg
车甲谷	3	3	1	(17.60±1.38)fg
罗光谷	5	5	3	(34.80±0.82)de
红皮糯谷	9	9	9	(47.54±2.26)ab
绿脚谷	9	9	9	(46.96±1.63)abc
主鲁谷	7	7	5	(39.54±1.44)cd
慢车红略糯谷	5	7	5	(40.62±0.68)cd
紫米糯谷	5	5	3	(23.52±1.49)f
TN1 (CK1)	9	9	9	(51.56±1.32)a
RHT (CK2)	1	1	1	(14.37±0.71)g

1) 平均数(±标准误),具有不同英文小写字母者表示这两个平均数之间有显著差异(最小显著差数法, $p=0.05$)。

2.2 白背飞虱在不同水稻品种上的取食量测定

从蜜露的测定结果可以看出,白背飞虱在感虫对照品种‘TN1’上 24 h 的单雌蜜露斑面积最大,达 51.56 mm²,之后依次为供试品种‘红皮糯谷’、‘绿脚谷’、‘宜良谷’、‘慢车红略糯谷’和‘主鲁谷’,分泌的蜜露斑的面积都≥40 mm²(表 2)。而供试品种‘小谷’、‘车甲谷’和抗虫对照品种‘RHT’上白背飞虱单雌 24 h 分泌的蜜露斑面积分别为 18.3、17.6 mm² 和 14.37 mm²,均<20 mm²。其余供试品种上白背飞虱单雌 24 h 分泌的蜜露斑面积在 23~36 mm² 之间(表 2)。

2.3 不同水稻品种上白背飞虱若虫生长发育历期

在 13 个供试水稻品种中,白背飞虱 1 龄若虫在‘黄皮糯谷’、‘车星谷’上的发育历期与感虫对照‘TN1’存在显著差异,发育历期均>5 d(表 3);在‘白皮糯谷’、‘红皮糯谷’和‘慢车红略糯谷’上的发育历期与抗虫对照‘RHT’差异显著,发育历期均≤3 d。白背飞虱 5 龄若虫在‘小谷’和‘车甲谷’上的发育历期与感虫对照‘TN1’存在显著差异,其发育历期均>3 d,在其余供试品种上的发育历期与抗虫对照‘RHT’差异显著。各供试品种 2~4 龄若虫发育历期都与对照品种差异不明显(表 3)。

表 3 白背飞虱若虫在不同品种上的发育历期¹⁾

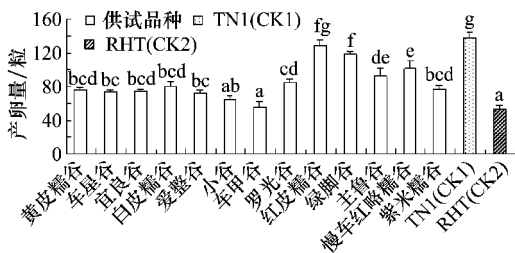
d

品种	1 龄若虫	2 龄若虫	3 龄若虫	4 龄若虫	5 龄若虫
黄皮糯谷	(5.17±0.83)ab	(2.95±0.45)b	(2.81±0.24)b	(2.64±0.31)bc	(2.56±0.28)bc
车星谷	(5.30±0.39)a	(3.43±0.53)ab	(3.62±0.58)ab	(2.45±0.29)bc	(2.59±0.23)bc
宜良谷	(3.13±0.38)bcd	(2.94±0.23)b	(2.88±0.24)b	(2.51±0.20)bc	(2.63±0.22)bc
白皮糯谷	(2.75±0.10)cd	(3.10±0.24)b	(3.00±0.41)b	(2.25±0.25)c	(2.00±0.00)c
爱整谷	(4.80±0.37)abcd	(3.69±0.47)ab	(3.44±0.39)ab	(2.63±0.28)bc	(2.57±0.32)bc
小谷	(4.83±0.42)abc	(3.93±0.34)ab	(3.44±0.27)ab	(3.49±0.24)b	(3.95±0.33)a
车甲谷	(4.08±0.61)abcd	(3.45±0.30)ab	(3.05±0.29)b	(3.05±0.29)bc	(3.05±0.29)b
罗光谷	(3.02±0.48)bcd	(3.02±0.39)b	(2.47±0.20)b	(2.38±0.22)bc	(2.40±0.27)bc
红皮糯谷	(2.83±0.28)cd	(2.75±0.24)b	(2.38±0.22)b	(2.08±0.22)c	(2.13±0.24)bc
绿脚谷	(3.11±0.20)bcd	(3.10±0.18)b	(2.98±0.25)b	(2.76±0.25)bc	(2.83±0.24)bc
主鲁谷	(3.50±0.31)abcd	(3.39±0.31)ab	(2.95±0.35)b	(2.25±0.29)c	(2.25±0.29)bc
慢车红略糯谷	(3.00±0.32)cd	(2.95±0.22)b	(2.76±0.36)b	(2.83±0.43)bc	(2.88±0.43)bc
紫米糯谷	(4.40±0.68)abcd	(3.33±0.37)b	(3.38±0.42)ab	(2.70±0.44)bc	(2.00±0.22)c
TN1(CK1)	(2.65±0.36)d	(2.93±0.55)b	(2.86±0.56)b	(2.56±0.61)bc	(2.26±0.22)bc
RHT(CK2)	(5.33±0.42)a	(4.58±0.90)a	(4.50±0.91)a	(4.50±0.91)a	(4.17±0.10)a

1) 平均数(±标准误),同一列中具有不同英文小写字母者表示这两个平均数之间有显著差异(最小显著差数法, $p=0.05$)。

2.4 白背飞虱在不同水稻品种上的产卵情况

白背飞虱在不同水稻品种上的产卵量存在差异(图 1)。在‘红皮糯谷’、‘绿脚谷’、‘主鲁谷’、‘慢车红略糯谷’和‘TN1’上单雌产卵量分别达 128.4、117.8、92.2、101.0 粒和 137.7 粒,而在‘小谷’、‘车甲谷’和‘RHT’上单雌产卵量分别只有 63.8、55.2 粒和 53.2 粒。白背飞虱在其余供试水稻品种上的单雌产卵量在 72.3~84.3 粒之间。



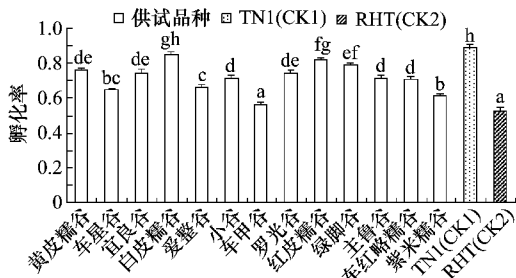
具有不同英文字母者表示平均数之间差异显著(最小显著差数法, $p=0.05$)。其中‘TN1’(CK1)为感虫对照,‘RHT’(CK2)为抗虫对照

图 1 白背飞虱在各水稻品种上产卵量

白背飞虱在各水稻品种上的卵孵化率也存在差异(图 2)。以感虫对照‘TN1’上的卵孵化率为最高,达到 89.2%,其次是‘白皮糯谷’和‘红皮糯谷’,分别为 84.8%和 81.9%;以抗虫对照‘RHT’和供试品种‘车甲谷’上的卵孵化率为最低,分别为 52.7%和 56.3%。其余供试品种上的卵孵化率在 61.5%~76.0%之间(图 2)。

3 讨论

水稻品种的抗虫性筛选一直都是一个研究热点。Dahms 曾提出了 16 条植物抗虫性指标,主要可分成 3 类,第一类是根据植株的受害度来评价,即植株生长所受的影响及其死亡率等,这类方法较常用;



具有不同英文字母者表示平均数之间差异显著(最小显著差数法, $p=0.05$)。其中‘TN1’(CK1)为感虫对照,‘RHT’(CK2)为抗虫对照

图 2 白背飞虱在水稻品种上卵孵化率

第二类是根据害虫在植株上的习性,包括栖息率、取食量、生长发育,成若虫寿命和产卵量等指标;第三类是建立在品种抗性机理研究的基础上,如生化、形态结构等^[1]。俞晓平等认为对于水稻品种抗稻飞虱筛选技术还应该考虑秧龄、虫龄、虫源性质、温度等,并提出了改进的苗期集团筛选法^[12]。

采用苗期群体鉴定法、苗期单株鉴定法和分蘖期单株鉴定法进行水稻品种或新材料对稻飞虱的抗性鉴定是多年来国内外昆虫学家较为常用的鉴定方法。由于光照和温度在水稻苗期对其抗性的影响较大^[13-14],而且白背飞虱在接虫初期经常会出现逃逸现象,因此本文在实验室恒温、长光照的条件下采用修改的水稻抗性筛选方法^[10-12]来初步鉴定云南传统水稻品种对白背飞虱的抗性,并测定白背飞虱各龄若虫在各个品种上的发育历期及其产卵的情况。有关白背飞虱成虫在不同水稻品种上的取食量和产卵量,国内外不少学者都进行过研究,但未形成统一意见。Khan 和 Saxena 认为白背飞虱在抗虫和感虫品种上的产卵数基本一致^[15],Pablo 也报道白背飞虱在 25 个感虫品种和 20 个抗虫品种上的产卵数相

似^[16]；而俞晓平等则认为白背飞虱在不同抗、感性水稻品种上的产卵量存在显著差异^[17]，刘芳等在不同水稻品种对白背飞虱的忌避性、抗生性和耐害性的研究中也发现不同水稻品种上白背飞虱的产卵量存在差异^[18]。本研究结果也表明白背飞虱在不同抗、感性水稻品种上的产卵量和取食量存在差异。在感虫对照品种‘TN1’、抗虫对照品种‘RHT’以及供试品种‘红皮糯谷’、‘绿脚谷’和‘车甲谷’上，无论苗期还是分蘖期对白背飞虱的抗性等级和蜜露斑面积的测定结果基本保持一致，同时在‘TN1’、‘红皮糯谷’和‘绿脚谷’上的单雌产卵量及孵化率较高，在‘RHT’和‘车甲谷’上的单雌产卵量及孵化率偏低，可以初步认为‘红皮糯谷’和‘绿脚谷’属于感虫品种，而‘车甲谷’属于抗虫品种。

对于不同水稻品种对白背飞虱若虫生长发育的影响，沈君辉等发现除了在抗、感虫对照之间若虫发育历期存在差异外，其余品种与对照之间差异不明显^[19]。笔者在本研究中也发现，在各供试品种之间除了低龄若虫和高龄若虫的发育与对照品种存在一定差异外，其余各龄均差异不显著。因此，若虫的发育历期不能单独作为区分抗性差异的因子，还需要结合白背飞虱的其他生物学特性进行综合分析。

水稻品种对稻飞虱的抗性还可能由于稻株的营养成分，如总氮和游离氨基酸含量、糖含量等不同而表现差异^[20-23]。开展水稻品种对稻飞虱抗性的遗传研究也能进一步发掘水稻抗性资源并分析其抗性机理^[7, 24-26]。本研究根据白背飞虱在不同水稻品种上的取食量和产卵情况对 13 个云南传统水稻品种进行了抗性初步筛选，对水稻品种的抗性生理生化特性及其抗性机制还需作进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 丁锦华, 苏建亚. 农业昆虫学(南方本)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 169-172.
- [2] 胡国文, 刘光杰. 我国水稻抗虫性进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 22-31.
- [3] 高希武, 彭历年, 梁帝允. 对 2005 年水稻褐飞虱大发生的思考[J]. 植物保护, 2006, 32(6): 23-25.
- [4] Gunathilagaraj K, Chelliah S. Feeding behaviour of whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth), on resistant and susceptible rice varieties[J]. Crop Protection, 1985, 4(2): 255-262.
- [5] 胡国文, 马巨法, 唐健, 等. Nabeshi 等 14 个台湾品种对白背飞虱的抗生性测定初报[J]. 中国水稻科学, 1989, 3(3): 138-140.
- [6] 巫国瑞, 俞晓平, Saxena R C. 水稻品种对白背飞虱的抗性表现[J]. 植物保护, 1991, 17(4): 15-16.
- [7] 李西明, 熊振民, 闵绍楷, 等. 四个云南水稻品种对白背飞虱的抗性遗传分析[J]. 中国水稻科学, 1990, 4(3): 113-116.
- [8] 刘光杰, 郑宜才, 桂丽琴, 等. 水稻品种抗稻飞虱鉴定方法的比较研究[J]. 浙江农业学报, 1999, 11(6): 306-310.
- [9] Yoshida S, Forno D, Cock J, et al. Laboratory manual for physiological studies of rice[M]. International Rice Research Institute, Manila, Philippines, 1976: 61-66.
- [10] 刘光杰, 付志红, 沈君辉, 等. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1): 52-56.
- [11] Dahms R G. Techniques in the evaluation and development of host plant resistance[J]. Journal of Environmental Quality, 1972, 1: 254-259.
- [12] 俞晓平, 巫国瑞, 陶林勇. 水稻品种抗稻飞虱筛选技术的评价[J]. 昆虫知识, 1991, 28(1): 59-62.
- [13] 张良佑, 吴荣宗, 陈璧. 光温条件影响稻种对褐稻虱抗性的研究[J]. 华南农业大学学报, 1990, 11(3): 64-70.
- [14] 汪茂卿, 吴荣宗, 张良佑. 光照因素对水稻品种苗期褐稻虱抗性的影响[J]. 中国水稻科学, 1991, 5(3): 97-103.
- [15] Khan Z R, Saxena R C. Behavioral and physiological responses of *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) to selected resistant and susceptible rice cultivars[J]. J Econ Entomol, 1985, 78: 1280-1286.
- [16] Pablo S J. Resistance to whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) in rice varieties[D]. New Delhi: Indian Agricultural Research Institute, 1997.
- [17] 俞晓平, 巫国瑞, 胡萃. 不同水稻品种对白背飞虱产卵的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1990, 16(1): 61-65.
- [18] 刘芳, 戴志一, 胡国文, 等. 不同类型水稻品种对白背飞虱的忌避性、抗生性和耐害性的测定[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 189-192.
- [19] 沈君辉, 王燕, 寒川一成, 等. 抗虫水稻品种上饲养的白背飞虱种群的致害性变化[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(S1): 84-88.
- [20] 俞晓平, 巫国瑞, 胡萃. 水稻品种对白背飞虱的抗性及其与稻株营养成分的关系[J]. 中国水稻科学, 1989, 3(2): 56-61.
- [21] 肖英方, 张存政, 顾正远. 水稻品种对白背飞虱的抗性机理[J]. 植物保护学报, 2001, 28(3): 198-202.
- [22] 陈建明, 俞晓平, 吕仲贤, 等. 水稻品种对白背飞虱的耐虫性反应及稻株营养成分的变化[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2246-2250.
- [23] Jin K J, Dae J I. Feeding inhibition of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on a resistant rice variety[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2005, 8(3): 301-308.
- [24] 李西明, 刘光杰, 马良勇, 等. 水稻抗白背飞虱的资源发掘及其抗性遗传分析[J]. 中国水稻科学, 1996, 10(3): 173-176.
- [25] 寒川一成, 刘光杰, 沈君辉. 嘉花 1 号一抗白背飞虱的优良粳稻品种[J]. 植物保护, 2006, 32(5): 20-23.
- [26] Sogawa K, Liu G, Qiang Q. Prevalence of white-backed planthoppers in Chinese hybrid rice and whitebacked planthopper resistance in Chinese japonica rice[M]//Heong K L, Hardy B, eds. Planthopper: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 2009: 257-280.