

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*

陈建明^{1,2,*} 俞晓平¹ 吕仲贤¹ 郑许松¹ 徐红星¹ 程家安² 刘光杰³

(¹浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021; ²浙江大学应用昆虫学研究所, 杭州 310021;

³ 中国水稻研究所国家水稻改良中心, 杭州 310006)

【摘要】 测定了不同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。结果表明, 中抗品种 N₂₂、绿源占 1 号、Mudgo、K89-B5 和 94D-22 具有较高的耐虫性, 抗虫品种 Ptb₃₃ 和中组 74 以抗生性为主, 感虫品种秀水 11、汕优 63 和感虫对照品种 TN1 不具有耐虫性。在白背飞虱为害后, 耐虫品种稻株中全 N 量和可溶性总糖量增加, N/糖比变化率明显下降; 而感虫品种的全 N 量和可溶性总糖量下降, N/糖比变化率明显增加。不同品种受害后体内大多数氨基酸含量均有不同程度的增加, 但品种间氨基酸含量减少的种类不同, TN1 品种只有丙氨酸含量减少, N₂₂ 品种除丙氨酸外蛋氨酸和苏氨酸含量也明显减少, Ptb₃₃ 品种仅精氨酸略有减少。

关键词 白背飞虱 水稻品种 耐虫性 稻株营养成分

文章编号 1001-9332(2003)12-2246-05 **中图分类号** S433.1 **文献标识码** A

Tolerance of rice varieties to whitebacked planthopper *Sogatella furcifera* and variation of nutrient components in rice plants. CHEN Jianming^{1,2}, YU Xiaoping¹, LÜ Zhongxian¹, ZHENG Xusong¹, XU Hongxing¹, CHENG Jia'an², LIU Guangjie³ (¹Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; ²Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ³China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(12): 2246~2250.

The study showed that the rice varieties N₂₂, Luyuanzhan No. 1 and 94D-22 had a stronger tolerance to *Sogatella furcifera*, while Mudgo and K89-B5 had a weaker tolerance. The varieties Ptb₃₃ and Zhongzu 74 were of antibiosis, and susceptible varieties Xiushui 11, Shanyou 63 and susceptible check varieties TN1 had no tolerance. After rice plants were infested by *S. furcifera*, the percentages of nitrogen content (N%) and soluble sugar content (S%) in tolerant varieties increased, but the ratio of nitrogen content to soluble sugar content (N/S) decreased obviously. For susceptible varieties, the variations of N%, S% and N/S were opposite to those of the tolerant varieties. In different varieties, the contents of most kinds of free amino acid increased at various degrees, but those of alanine in susceptible variety TN1, alanine, threonine and methionine in tolerant varieties N₂₂, and arginine in resistant variety Ptb₃₃ decreased.

Key words *Sogatella furcifera*, Rice varieties, Tolerance, Nutrient component in rice plants.

1 引言

白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 是我国各稻区发生最严重的害虫之一, 其成虫和若虫以直接刺吸稻株的韧皮部汁液为害水稻。近年来, 由于国外虫源变化, 我国南方水稻品种结构的改变、种植水平的提高以及耕作制度的变化, 特别是推广杂交稻, 使白背飞虱种群迅速上升, 严重发生频次明显增加^[6,17], 不仅在早稻上是主要优势种, 而且在中稻上为害也非常严重。据农业部全国植保总站的统计资料, 20世纪 90 年代白背飞虱的发生面积和危害损失已超过褐飞虱 (*Nilaparvate lugens*), 成为对水稻生产威胁最大的害虫。

近 20 年来, 防治白背飞虱的方法主要是使用化学农药和种植抗虫品种。由于化学农药的大量使用, 导致白背飞虱再增猖獗及环境污染等问题。因此, 抗虫品种的种植被认为是防治白背飞虱最经济有效的措施^[5,8]。然而长期以来, 由于抗虫品种对白背飞虱造成的压力以及迁入虫源的变化, 我国白背飞虱的生物型或生理适应型发生了变化, 很大程度上影响了已推广的抗虫品种使用寿命。耐虫品种的种植和推广可以减少白背飞虱生理适应型产生的可能性,

* 国家自然科学基金重点项目(39630200)和中国水稻科学发展基金资助项目(970006)。

** 通讯联系人。

2002-05-27 收稿, 2002-09-10 接受。

且很容易纳入害虫综合防治体系中去^[4]。当前,水稻抗虫品种对白背飞虱种群的影响^[7,12,22]以及水稻的抗虫机理特别是抗生性机理研究^[6,14,16,21,23]已有大量报道,有关水稻品种对白背飞虱的耐虫性研究相对较少,仅见肖英方等^[19]、俞晓平等^[21]和刘芳等^[10]对耐虫性的测定和耐虫机理的初步研究,没有进一步研究白背飞虱在抗耐虫品种上的取食量变化和耐虫品种受害后体内主要营养成分的变化。本研究旨在通过测定不同水稻品种的耐虫性反应以及比较这些品种在白背飞虱为害后体内主要营养成分的变化,阐明水稻品种对白背飞虱耐性的生理反应,以期耐白背飞虱的水稻品种筛选工作提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 供试品种 选择中组 74(籼稻、中抗)、94D-22(籼稻、中抗)、N₂₂(籼稻、中抗)、绿源占 1 号(籼稻、中抗)、K89-B5(籼稻、中抗)、Mudgo(籼稻、抗)、汕优 63(杂交籼稻、感)、秀水 11(粳稻、感)等 8 个不同抗性的水稻品种进行耐虫性试验,以 TN1、Ptb₃₃分别作为感虫、抗虫对照品种。

2.1.2 供试虫源 当年迁入杭州稻区的白背飞虱种群;用分蘖期的感虫品种 TN1 在养虫室用尼龙丝网隔离群体繁殖,繁殖一代后供试验。

2.2 研究方法

2.2.1 水稻品种对白背飞虱的耐虫性测定 采用塑料钵钵,每个钵钵移栽 4 株小苗,肥水管理按常规进行。至 50~60 d 苗龄时每钵钵只留 2 株主茎,用透明塑料纱罩罩住。按 50 头·株⁻¹接入白背飞虱 3~4 龄若虫,以不接虫作为对照。重复 5 次。当感虫对照品种 TN1 受害达 9 级时,目测其它品种的受害程度,参照巫国瑞等^[18]分级标准评级。受害后的稻株、对照稻株均齐泥剪下,洗净在 110 ℃下杀青 30 min,然后再和白背飞虱一起在 70~80 ℃恒温箱内烘至恒重,分别称重。用 Panda & heinrichs^[16]改进的功能植物损失指数(FPLI)估计水稻品种对白背飞虱的耐虫性,计算方法为: $FPLI = 100 - (\text{受害株干重} / \text{未受害株干重}) \times (1 - \text{受害级别} / 9) \times 100$ 。将不同品种上的白背飞虱干重与功能植物损失指数相比较,得到各品种的耐虫水平。

2.2.2 白背飞虱在不同水稻品种上的取食量和体重增量的测定 将在群体饲养中羽化 24 h 内的白背飞虱雌成虫取出并在 FA1004 型电子秤上称其初羽化体重,然后接入缚有蜜露袋(parafilm sachet)的同一品种上取食,48 h 后取出称其体重及其分泌的蜜露量,以此蜜露量表示相对取食量。

2.2.3 植株营养成分的测定^[20] 采用塑料钵钵,每个钵钵直播 5 粒水稻种子,常规肥水管理,加罩透明尼龙网罩。至 50~60 d 苗龄时,每钵钵只留两株主茎,按 40~50 头·株⁻¹接入 3~4 龄若虫,以不接虫作为对照。当感虫品种 TN1 植

株叶片开始部分变黄(为害级别为 3~5 级)时,齐土壤表面剪取受害植株及对照植株地上部分,在 110 ℃烘箱中先杀青 30 min,再在 70~80 ℃下烘干至恒重,用以测定植株的全 N 和可溶性总糖含量。

用 TG3284A 光学分析天平称取 0.4 g 干样,用凯氏微量定氮法测定全 N 量。重复 3 次。称取 0.2 g 干样,用 5 ml 80%乙醇抽提 1 h,11 450 g 离心 10 min,上清液经活性炭脱色,定溶 50 ml,再用蒽酮法测定可溶性总糖^[20],以葡萄糖作标准曲线。重复 5 次。称取水稻植株外叶鞘(离基部 10 cm) 1 g,剪碎,在适量 0.1% HCL 溶液中研磨混匀后,移入 25 ml 容量瓶中,用 0.1% HCL 溶液定容,过滤,吸出滤液 2 ml,加入 0.1% TFA 溶液 4 ml,摇匀,用 SEP-PAK(带过滤膜)过滤,取过滤液。在 Waters 441 型氨基酸自动分析仪上测定各种游离氨基酸的含量。

3 结果与分析

3.1 水稻品种对白背飞虱的耐虫性测定

试验结果表明,在每株 50 头的接虫密度和为害 15 d 下,对照感虫品种 TN1 的 FPLI 为 92.93,白背飞虱干重为 27.74 mg,对照抗虫品种 Ptb₃₃ 的 FPLI 为 27.71,白背飞虱干重为 5.64 mg。与对照品种相比,秀水 11、汕优 63 上的白背飞虱干重比 TN1 重,且秀水 11 的 FPLI 为 100,属高感品种,无耐虫性,汕优 63 的 FPLI 为 77.68,属于感虫品种;中抗品种绿源占 1 号、94D-22、N₂₂ 上的白背飞虱干重略小于 TN1,其 FPLI 在 50~60 之间,明显小于 TN1,而高于 Ptb₃₃。这几个品种表现较强的耐虫性。而中抗品种 Mudgo、K89-B5 和中组 74 上的白背飞虱干重和 FPLI 比较接近于 Ptb₃₃,均以抗生性为主。

以植物功能损失指数为 Y,白背飞虱干重为 X 绘出散点图(图 1),并进行相关回归分析。根据 Ortegad 等^[14]的方法来估计植物抗生性、耐虫性的相对成分。点与回归线的偏差反映耐虫性的大小。回归线和飞虱平均干重的垂直线把所有品种分成 4 类(以区域 I、II、III、IV 表示),区域 I 为抗生性显和耐虫性缺,区域 II 为抗生性和耐虫性均缺(即感虫品种),区域 III 为抗生性和耐虫性均显,区域 IV 为抗生性缺和耐虫性显。结果表明,品种秀水 11 和感虫对照品种 TN1 的点均落在区域 II,既没有耐虫性也没有抗生性,秀水 11 为感虫品种;汕优 63 的一部分落在区域 II,另一部分落在区域 IV,故汕优 63 品种也有一定的耐虫性。Ptb₃₃、中组 74 大部分点落在区域 III,只有一个点落在区域 I,这 2 个品种属于既有耐虫性又有抗生性品种。绿源占 1 号、94D-22 品种大部分点落在在区域 I,少数点在区域 IV。Mud

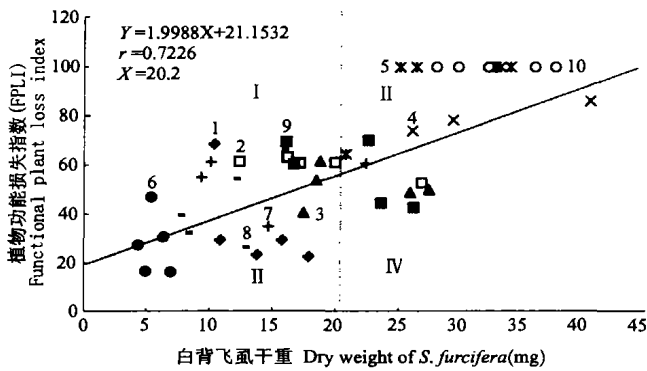


图1 水稻品种对白背飞虱抗生性和耐虫性成分的相关分析
Fig.1 Regressive analysis of antibiosis and tolerance of different rice varieties.

1)中组 74 Zhongzu 74; 2)94D-22; 3)N₂₂; 4)汕优 63 Shanyou 63; 5)TN1; 6)Pt_{b33}; 7)Mudgo; 8)K89-B5; 9)绿源占 1 号 Luyuanzhan 1; 10)秀水 11 Xiushui 11.

go、K89-B5 相应的点大部分都处于区域 I, 有少数点处于区域 III, 说明这些品种具有较强的抗生性, 但也有一定的耐虫性. N₂₂大部分点在区域 III 和区域 IV, 所以 N₂₂品种具有强的耐虫性.

3.2 白背飞虱在不同水稻品种上的取食量和体重增量测定

由图 2 可见, 在感虫品种 TN1、秀水 11 和汕优 63 上, 白背飞虱雌成虫 48 h 的取食量高于其它品种; N₂₂、94D-22、中组 74、绿源占 1 号次之, Pt_{b33} 品种最少. 白背飞虱雌成虫 48 h 的体重增量以感虫品种 TN1、秀水 11 和汕优 63 最高, 抗虫品种 Pt_{b33} 最小, N₂₂、94D-22、中组 74、绿源占 1 号和 Mudgo 体重增量居中.

3.3 白背飞虱为害后水稻植株营养成分的变化

3.3.1 全 N 量 由表 1 可见, 在白背飞虱为害后, 不同水稻种植株全 N 量的变化不同. 感虫品种除汕优 63 全 N 量增加外, 秀水 11 和 TN1 全 N 量均

下降, 其中秀水 11 下降率达 20.12%, 抗虫品种除 Pt_{b33} 和绿源占 1 号略有下降外其它品种均增加, 其中中组 74 全 N 量增加最大达 13.06%.

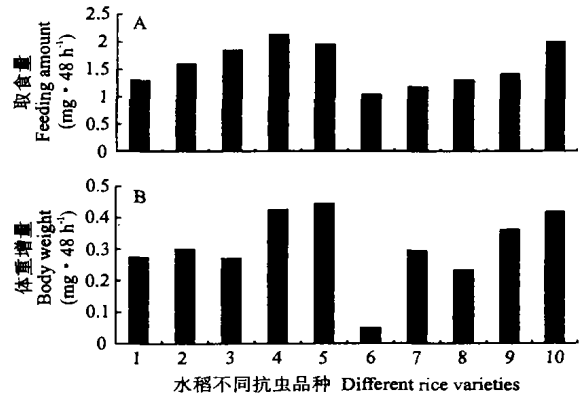


图2 白背飞虱雌成虫在水稻不同抗虫品种上的取食量(A)和体重增量(B)

Fig.2 Feeding amounts (A) and body weight (B) of WBPH female on different rice varieties (mg·48 h⁻¹).

3.3.2 可溶性总糖含量 在白背飞虱为害后感虫品种 TN1、秀水 11 和汕优 63 稻株叶鞘可溶性总糖含量均下降, 但抗虫品种除中组 74 下降外其他品种可溶性总糖含量明显增加, 尤其是 94D-22、Mudgo 和 N₂₂品种, 分别增加 126.67%、87.93% 和 81.88% (表 1).

3.3.3 N/糖比 在白背飞虱为害后, 不同水稻品种稻株内 N/糖比变化不同. 感虫品种 TN1、汕优 63 和秀水 11 品种的 N/糖比的变化率均有不同程度的增加, 而抗虫品种中的 N/糖比变化率除中组 74 增加外, 其它均下降, 下降幅度最大的是 94D-22、Mudgo 和 N₂₂品种(表 1). 本文试验结果和俞晓平等^[21]的研究结果表明, 这些品种具有较强的耐虫性, 初步说明耐虫性品种在白背飞虱受害后体内 N/糖比变

表 1 白背飞虱为害后水稻植株全 N 量、可溶性总糖含量及 N/糖的变化(N%:糖 mg·g⁻¹)

Table 1 Comparison of nitrogen content, soluble sugar content and ratio of nitrogen/soluble sugar content of rice plants among different rice varieties infested by *S. furcifera*

水稻品种 Variety	含氮量 Nitrogen contents (%)			总糖含量 Soluble sugar contents (mg·g ⁻¹)			氮糖比变化 Variation in N/C (%)
	不接虫 Not infested	接虫 Infested	变化率 Variation	不接虫 Not infested	接虫 Infested	变化率 Variation (%)	
中组 74 Zhongzu 74	2.91 ± 0.05 abcd ABC	3.29 ± 0.22 a A	+13.06	8.43 ± 2.53 bc BC	7.53 ± 2.03 bc BC	-10.65	+25.71
94D-22	2.84 ± 0.21 bcd ABC	3.06 ± 0.20 ab AB	+7.75	1.44 ± 0.64 h D	3.27 ± 1.90 d C	+126.67	-52.28
N ₂₂	2.70 ± 0.23 cd BC	2.84 ± 0.43 bc AB	+5.18	3.46 ± 2.94 fg CD	6.30 ± 0.81 bcd BC	+81.88	-42.31
汕优 63 Shanyou 63	2.84 ± 0.23 bcd ABC	2.97 ± 0.15 ab AB	+4.50	12.82 ± 1.88 a A	10.12 ± 0.95 b AB	-21.06	+31.82
Mudgo	2.64 ± 0.27 d C	2.88 ± 0.13 abc AB	+9.09	1.86 ± 1.24 gh D	3.49 ± 1.54 d C	+87.93	-41.55
绿源占 1 号 Luyuanzhan 1	2.96 ± 0.13 abc ABC	2.95 ± 0.20 ab AB	-0.30	3.46 ± 4.96 efg CD	3.81 ± 1.99 d C	+10.19	-10.47
秀水 11 Xiushui 11	3.23 ± 0.44 abcd ABC	2.58 ± 0.25 c B	-20.12	6.20 ± 2.35 cd BC	4.84 ± 3.13 cd C	-21.99	+1.92
K89-B5	2.92 ± 0.01 abcd ABC	3.00 ± 0.13 ab AB	+2.74	11.60 ± 2.57 ab A	15.10 ± 2.70 a A	+30.11	-20.00
TN1	3.10 ± 0.12 ab AB	3.05 ± 0.12 ab AB	-1.61	5.13 ± 4.75 def BC	3.78 ± 1.09 d C	-26.25	+35.00
Pt _{b33}	3.19 ± 0.09 a A	3.00 ± 0.25 ab AB	-5.81	5.93 ± 1.27 cde BC	7.66 ± 1.63 bc BC	+29.19	-27.78

同一列相同小写字母和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异不显著 The litter letter and capital letter within a column showed no significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

化率明显下降,而感虫品种的 N/糖比则明显提高。

3.3.4 游离氨基酸含量 试验结果表明,在白背飞虱为害后,无论感虫品种 TN1、中抗兼有耐性品种 N₂₂或高抗品种 Ptb₃₃稻株体内大多数氨基酸含量均增加,只有少数氨基酸含量下降。TN1 品种除丙氨酸下降外其他均增加,其中天门冬氨酸、苏氨酸含量分别增加 6 倍和 4 倍, N₂₂品种除蛋氨酸、苏氨酸和丙氨酸下降外,其他氨基酸均有不同程度的增加,特别是天门冬氨酸、缬氨酸含量分别增加 5 倍和 10 倍; Ptb₃₃品种只有精氨酸下降,其它氨基酸含量的增量均在 100% 以内(表 2)。

表 2 白背飞虱为害后不同抗虫品种稻株体内游离氨基酸含量变化
Table 2 Changes of free amino acid contents of rice plants among different rice varieties after infested by *S. furcifera*

名称 Names	TN1	N ₂₂	Ptb ₃₃
天门冬氨酸 Aspartic acid	+++++	+++++	+
酪氨酸 Tyrosine	+	+	+
丝氨酸 Serine	++	+	+
组氨酸 Histidine	+	+	+
甘氨酸 Glycine	+	+	+
缬氨酸 Valine	++	+++++	+
异亮氨酸 Isoleucine	+	+	+
亮氨酸 Leucine	+	+	+
赖氨酸 Lysine	+	+	+
谷氨酸 Glutamic acid	++	+	+
苯丙氨酸 Phenylalanine	+	+	+
蛋氨酸 Methionine	++	+	+
苏氨酸 Threonine	++++	--	+
丙氨酸 Alanine	-	-	+
精氨酸 Arginine	+	+	-
胱氨酸 Cystine	微量 Minimum	微量 Minimum	微量 Minimum
总量 Total	++	+	+

+ 增加率 ≤ 100% Increase rate ≤ 100%; ++ 增加率在 101% ~ 200% Increase rate between 101% ~ 200%; +++ 增加率 201% ~ 300% Increase rate between 201% ~ 300%, 依次类推; 下降率 ≤ 50% Decrease rate ≤ 50%, -- 下降率 51% ~ 100% Decrease rate between 51% ~ 100%.

4 讨 论

作物的抗虫性有 3 种形式,即忌避性、抗生性和耐虫性。作物耐虫性是作物耐受物理和生物压力的遗传或获得性能力,是作物凭借其生长、繁殖机能健壮,在受到与感虫品种上相同害虫的为害后,表现出具有忍受或补偿为害的能力^[1]。自 20 世纪 30 年代中期 Snelling 等(1937)首次注意到高粱对美洲谷长蝽 *Blissus leucopteros* 的耐虫性以来,目前已发现包括粮、棉、油、果、蔬、饲料作物在内的范围广泛的植物品种中均存在着耐虫性^[3]。耐虫性不同于忌避性和抗生性。忌避性品种指作物具有驱赶或忌避害虫取食、产卵的能力。抗生性品种易对害虫产生选择,从而导致害虫新的生物型或生理适应型出现。

当前在生产上种植和推广的抗白背飞虱品种绝大多数是抗生性品种。长期以来,由于抗虫品种对白

背飞虱造成的压力以及迁入虫源的变化导致品种抗性逐渐丧失,给白背飞虱防治带来极大困难。如何延缓白背飞虱生理适应型的形成和抗性品种的抗性丧失就成为抗虫育种工作中急需解决的首要问题。同时,在品种抗性筛选中发现,现行的抗性筛选方法以抗生性为基础,许多高产、优质或特优质的水稻品种由于对白背飞虱抗生性差而被淘汰,很可能淘汰了那些有生产价值的对白背飞虱具有耐虫性的水稻品种。因此,耐虫品种的种植和推广可以减少白背飞虱生理适应型产生的可能性,且很容易纳入害虫综合治理体系中^[4]。

俞晓平等^[21]在对 6 个水稻品种对白背飞虱的耐虫性和抗生性研究中发现水稻品种 Mudgo 和 N₂₂在不同苗龄的耐虫性和抗生性的表现比例不同,在低苗龄时以耐虫性为主,高苗龄时以抗生性为主,且耐虫品种受害后光合作用基本保持正常。本试验采用的水稻苗龄在 50 d 左右,属于中等苗龄, Mudgo 和 N₂₂表现为耐虫性为主,这与上述的研究结果一致。但刘芳等^[10]报道品种 N₂₂对白背飞虱没有耐虫性,这可能是试验苗龄偏高所致。肖英方等^[19]在比较研究几个粳稻品种对白背飞虱的抗性时发现“中国 91”、“盐粳 2 号”对白背飞虱种群为害兼有耐虫性,并认为许多中抗品种对白背飞虱均有一定程度的耐虫性。

植物对昆虫的抗性可能由于植株组织内含有毒素和(或)缺乏营养。植物蛋白质的合成,需要氨基酸作为物质基础。不同水稻品种体内游离氨基酸的种类和数量都有差异,病虫种类不同,对游离氨基酸的要求也不一致。植物氨基酸的定量差异,能影响植株对寄主的抗感性^[14]。俞晓平等^[23]研究表明,植株中的全 N 量和游离氨基酸(主要是亮氨酸、丙氨酸)含量与品种抗性分别呈极显著和显著负相关;抗性品种和较老的稻株中含有较低量的全 N 量和游离氨基酸。白背飞虱主要是韧皮部的取食者,而韧皮部运输的氨基酸主要是丙氨酸、亮氨酸等 8 种氨基酸^[24]。在白背飞虱为害后,不同抗虫水稻植株内主要游离氨基酸的数量发生了变化,大多数种类的氨基酸含量增加,少数种类则减少,但在轻度受害时稻株中游离氨基酸总量增加^[2],在虱烧时稻株中游离氨基酸总量则减少。本试验结果进一步说明,在白背飞虱轻度为害下,具有耐虫性的抗虫品种稻株体内蛋氨酸和苏氨酸的含量明显下降,但高抗品种的氨基酸含量基本上均增加。

植物组织中所含的糖对昆虫可能是必须的。过

高或过低都不利于昆虫的生长发育^[9,11].这一现象在白背飞虱的抗性研究^[23]和褐飞虱的食性研究^[25]中得到了证实.刘光杰等^[11]报道白背飞虱取食量随植株中可溶性总糖浓度的增加而增加,最佳取食浓度为15%(重量/体积),如果超过20%,则取食量下降.因此植株中含糖量过高会导致对白背飞虱的抗性.本结果表明,在白背飞虱为害后,不同抗虫品种体内可溶性总糖含量发生变化,感虫品种的可溶性总糖含量下降,抗耐虫品种的可溶性总糖含量明显增加.

致谢 试验中得到安徽农业大学植保系95级实习生李广安同学的帮助,特此致谢.

参考文献

- Cao J (曹 骥). 1984. Thereon and Application of Plant Resistance. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- Chen J-M (陈建明), Yu X-P (俞晓平), Ge X-C (葛秀春), et al. 2000. Some physiological changes of rice plants infested by the white backed planthopper, *Sogatella furcifera*. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 14(1): 43~47 (in Chinese)
- Feng M-G (冯明光). 1993. Research and Application of Plant Resistance. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. (in Chinese)
- Gunathilagaraj K and Chelliah S. 1985. Component of resistance to the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath), in some rice varieties. *Trop Pest Manag*, 31(1): 38~46
- Heinrichs EA, Medrano FG. 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. Laguna, Philippines: IRRI Los Banos. 365
- Hu G-W (胡国文), Mao L-X (毛立新), Tang J (唐 健), et al. 1988. Preliminary studies on rice varieties to antienosis and antibiosis of whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath). *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), (2): 79~84 (in Chinese)
- Huang C-W (黄次伟), Feng B-C (冯炳灿), Chen J-M (陈建明). 1994. Effects of rice varieties on population growth of whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*. *Entomol Knowledge* (昆虫知识), 31(4): 196~198 (in Chinese)
- Khan ZR, Saxena RC. 1986. Varietal resistance in rice against *Sogatella furcifera* (Horvath). *Crop Prot*, 5(1): 15~25
- Koyama K, Mitsubashi J. 1980. Rearing of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath (Homoptera: Delphacidae) on a synthetic diet. *Jap J Appl Entomol Zool*, 24: 117~119
- Liu F (刘 芳), Dai Z-Y (戴志一), Hu G-W (胡国文), et al. 1998. Measurements of antienosis, antibiosis and tolerance of different type of rice varieties to the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath). *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 12(3): 189~192 (in Chinese)
- Liu G-J (刘光杰), Wilkins RM, Saxena RC. 1995. Utilization of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*, to various resistant substances. *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 38(4): 421~427 (in Chinese)
- Liu Q-X (刘芹轩), Lü W-M (吕万明). 1982. Studies on biology and ecology of white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath). *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 12(3): 189~192 (in Chinese)
- Ortega A, Vasal SK, Nihm J, et al. 1980. Breeding for insect resistance in maize. In: Maxwell FG, Jennings PR, eds. Breeding Plants Resistance to Insects. New York: Wiley. 372~419
- Pathak MJ. 1983. The biochemical basis of resistance in host plants to insect pests. In: Shemir TLW ed. Chemistry and World Supplies: The New Frontiers. New York: Pergamon Press. 129~142
- Panda N, Heinrichs EA. 1983. Levels of tolerance and antibiosis in rice varieties having moderate resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Environ Entomol*, 12: 1204~1214
- Tang J (唐 健), Hu G-W (胡国文), Ma J-F (马巨法). 1991. Preliminary evaluation of rice varieties to antibiosis of whitebacked planthopper with main component analysis. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 5(3): 142~144 (in Chinese)
- Tang J-Y (汤金义). 1992. Outbreak and its causes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, in 1991. *Insect Pests Disease Forecast* (病虫测报), 12(2): 16~19 (in Chinese)
- Wu G-R (巫国瑞), Tao L-Y (陶林勇), Chen F-Y (陈福云). 1986. Studies on resistant screening of rice varieties to the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath). *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 29(4): 43~45 (in Chinese)
- Xiao Y-F (肖英方), Du Z-W (杜正文). 1989. Studies on the resistance of japonica rice varieties to whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath). *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 32(3): 286~292 (in Chinese)
- Yuan X-H (袁晓华), Yang Z-H (杨中汉). 1983. Physiology and Biochemistry Experiment of Plants. Beijing: High Education Press. 1~31 (in Chinese)
- Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞), Hu C (胡 萃). 1990. Studies on the tolerance and antibiosis nature of rice varieties to white backed planthopper. *Acta Phytoph Sin* (植物保护学报), 17(4): 327~330 (in Chinese)
- Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞), Tao L-Y (陶林勇). 1993. Effects of rice resistance on population growth of brown planthopper and white backed planthopper. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 7(2): 88~94 (in Chinese)
- Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞), Hu C (胡 萃). 1989. The rice varietal resistance to whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*) and the relationship between the nutrients in rice plants and the varietal resistance. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 3(2): 56~61 (in Chinese)
- Zhang Z-Q (张增全). 1988. Effects of indica, japonica rice varieties on population growth of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Acta Agric Shanghai* (上海农业学报), 4(1): 49~54 (in Chinese)

作者简介 陈建明,男,1963年生,副研究员,在职博士生,从事水稻有害生物综合治理研究,发表论文60余篇. Tel: 0571-86400486, E-mail: Chenjm63@yahoo.com.cn