

# 上海地区四个水稻品种抗虫特性与螟害的关系

罗 举<sup>1</sup> 张孝羲<sup>1</sup> 翟保平<sup>1,\*</sup> 郭玉人<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学 昆虫学系, 江苏 南京 210095; <sup>2</sup>上海市农业技术推广服务中心, 上海 201103; \*通讯联系人, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn)

## Resistance and Mechanism of Four Selected Rice Varieties to Rice Stem Borers (*Chilo suppressalis* and *Scirpophaga incertulas*) in Shanghai Area, China

LUO Ju<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-xi<sup>1</sup>, ZHAI Bao-ping<sup>1,\*</sup>, GUO Yu-ren<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>Shanghai Agror Technical Extension and Service Center, Shanghai 201103, China; \*Corresponding author, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn)

**Abstract:** Resistance and mechanism of four selected rice varieties to the rice stem borers (*Chilo suppressalis* Walker and *Scirpophaga incertulas* Walker) were analyzed in Shanghai rice cropping area. There were obvious differences of varietal resistance between Xiushui 04, the mainly-used variety in Shanghai area from the 1980s to 1990s, and the other three varieties, Hanyouxiangqing, Huayu 1 and 98110, which are released and popularized since the late stage of 1990s. The resistance of Xiushui 04 to the stem borers was significantly higher than those of the other three. At the elongation stage, the vascular bundle interval of Xiushui 04 was the smallest among the four varieties. Content of SiO<sub>2</sub> of Xiushui 04 was also the highest among the four. However, the other characteristics of the varieties, such as the proportions of other sixteen essential amino acids, amounts of N, P, K, as well as the structures of the rice stem tissue had no obvious or identical differences among the rice varieties.

**Key words:** rice; insect resistance; rice stem borer; yellow rice borer; vascular bundle interval; silicon content

**摘 要:** 研究了上海地区 20 世纪 80 年代~90 年代初的代表性栽培品种秀水 04 和 3 个当前推广品种(寒优香晴、98110、花育 1 号)对螟虫(主要指二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Scirpophaga incertulas*)抗性的差异及其机理。结果表明:三化螟和二化螟对 4 个品种的为害率存在着显著差异,秀水 04 的抗螟性明显高于其他 3 个近期品种。植株的组织学特征中,维管束间距大小与品种的螟虫侵入率表现出明显的负相关,秀水 04 的维管束间距显著小于其他 3 个品种;在无机化合物分析中硅的含量也以秀水 04 最高。

**关键词:** 水稻; 抗虫性; 二化螟; 三化螟; 维管束间距; 硅元素含量

**中图分类号:** S435.111.2; S435.112+.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7216(2006)01-0097-05

水稻是我国南方地区主要的粮食作物,水稻螟虫(二化螟、三化螟)是水稻生产上的主要害虫。上世纪末以来,长江流域及江南稻区因栽培制度、水稻品种布局的改变、轻型栽培技术的推广,害虫抗药性增强,加之全球气候变化等诸多因素的影响,水稻螟害连年暴发且损失严重<sup>[1-4]</sup>,如 2000 年上海多个郊区螟害大发生,部分田块几乎绝收<sup>[4]</sup>。

关于水稻品种对二化螟和三化螟的抗性机制已有较多研究。如三化螟,杨丽梅等<sup>[5]</sup>研究指出,水稻品种小青的叶片性状和茎鞘的解剖学特征是决定它对三化螟抗性的主要因素;方继朝等<sup>[6]</sup>认为叶鞘维管束间距及间距小于螟头宽的叶鞘维管束所占百分率的差异是不同水稻品种抗螟性差异的主要作用因子。又如二化螟,顾正远等<sup>[7]</sup>和刘光杰等<sup>[8]</sup>的研究表明,糖含量高的品种二化螟发生重,硅质化程度高的品种对二化螟抗性强。但由于影响品种抗螟性的因子较多,且在不同品种间表现很不一致。为了明确近年来上海地区水稻螟虫大发生的原因,我们

选用上海地区 1980 年以来有代表性的 4 个品种,检测了各品种的螟虫为害率、组织学结构、生理生化等指标,以探讨品种特性与螟虫发生间的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试水稻品种

取螟害较轻的 20 世纪 80 年代至 90 年代栽种的当家品种常规水稻秀水 04 和近年来推广的优质常规水稻 98110、花育 1 号和杂交粳稻寒优香晴共 4 个品种为供试材料。

试验在南京农业大学试验田和温室中进行,4 品种于 5 月 10 日播种、6 月 10 日移栽于室外桶中(高 60 cm,直径 40 cm 左右),每桶栽 3 穴,每穴 5 株,于分蘖期、圆秆拔节期和孕穗破口期采集样本。

收稿日期: 2005-03-08; 修改稿收到日期: 2005-04-04。

基金项目: 上海市十五攻关课题(2001-5-14)。

第一作者简介: 罗 举(1978-),男,在读博士研究生。

1.2 试验方法

1.2.1 供试虫源及接虫方法

虫源是采自南京江浦不施药田块的卵块,经室内保湿孵化。

参照周祖铭<sup>[9,10]</sup>和束兆林等<sup>[11]</sup>的方法,二化螟和三化螟的接虫分开进行。水稻移栽 15 d 后,每株分蘖苗接初孵三化螟蚁螟 1 头,二化螟蚁螟 2 头。接虫前先清除其他虫卵、天敌,将桶移入封闭温室内,排除干扰。接虫后(三化螟 15 d、二化螟 30 d)调查各品种的枯心株。

1.2.2 植株组织学切片

取上述 4 个品种 3 个生育期相同部位的稻茎做石蜡切片,各选至少 30 个质量好的切片,在带有计算机成像系统(CG200 V4.0)的数码解剖镜(SMZ-143)下分别测量茎壁厚度(一个切面纵向和横向各测量 2 次,取平均值作为 1 个测量值)、髓腔半径(1 个切面纵向和横向各测量 1 次,取平均)、维管束间距(1 个切面随机测 3 次,取平均值)等 3 个指标(图 1)。

1.2.3 植株无机元素含量分析

于 3 个生育期取各品种相同部位的稻茎,测定 N、P、K 和 Si 的含量。N 素测定采用奈氏比色法,P 素测定采用钼铜法,比色采用 751 型分光光度计;K 素测定采用火焰光度计法;SiO<sub>2</sub>测定采用镍坩埚法。各设 3 个重复。

1.2.4 植株还原性总糖含量测定

在分蘖期取各品种相同部位的稻茎(鲜样),采

用蒽酮法测定还原性总糖含量,用 Molecular Devices 公司的 Versamax microplate reader 酶标仪,在 620 nm 处比色,各设 3 个重复。

1.2.5 植株游离氨基酸含量测定

在孕穗破口期取各供试品种相同部位的稻茎,由江苏省理化测试中心采用酸水解法,用日立 835-50 型氨基酸分析仪,测定 17 种游离氨基酸含量,各设 3 个重复。

1.3 数据分析方法

对各指标进行方差分析和 Duncan's 多重比较<sup>[12]</sup>,以确定不同品种在同一生育期间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 两种螟虫对不同水稻品种的为害率

由表 1 可知,三化螟和二化螟对不同水稻品种的为害率均有显著差异。二化螟对秀水 04 的为害率显著低于其他 3 个品种(枯心率为 33.3%),三化螟对秀水 04 的为害率也最低,为 57.4%,显著低于寒优香晴和 98110,但三化螟所造成的枯心率很高,超过 70%。这可能是由于接种后的检查时间太迟(15 d),增加了不少由转株侵入造成的枯心。总的看来,秀水 04 的抗螟性明显高于其他 3 个品种。

2.2 抗性差异的机制

2.2.1 品种组织学分析

由表 2 可见,各品种圆秆期的茎秆厚度表现出显著差异,秀水 04 的茎秆厚度最小,但此期秀水 04 的维管束间距也最小,且各品种间表现出显著差异。秀水 04 的螟虫侵入率较低(表 1),可能与此有关。而其他特征在不同品种或生育期间的差异不显著或表现不一致。

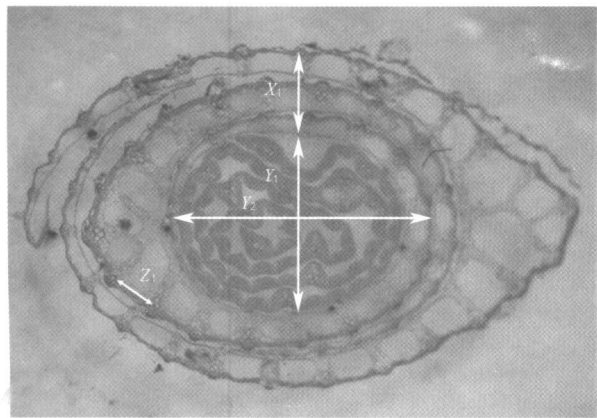


图 1 水稻 98110 分蘖期茎秆的石蜡切片测量示意图

Fig. 1. Paraffin section of rice culm at the tillering stage.

X<sub>1</sub> - 茎秆厚度; Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> - 纵向和横向的髓腔半径; Z<sub>1</sub> - 维管束间距。

X<sub>1</sub>, Thickness of the rice culm; Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Internal radius of medullary cavity of the culm; Z<sub>1</sub>, Vascular bundle interval.

表 1 4 个水稻试验品种在分蘖期的螟害枯心率

Table 1. Dead heart rate of the four tested rice varieties by the rice stem borers at the tillering stage.

水稻品种	三化螟	二化螟
Variety	Yellow rice borer	Rice stem borer
寒优香晴 Hanyouxiangqing	0.951 ±0.115 a	0.575 ±0.264 a
98110	0.817 ±0.216 ab	0.634 ±0.187 a
花育 1 号 Huayu 1	0.732 ±0.232 bc	0.617 ±0.240 a
秀水 04 Xiushui 04	0.574 ±0.392 c	0.333 ±0.356 b

表中数据为平均值 ±标准差。数字后不同的小写字母表示在 P < 0.05 水平下差异显著。下同。

The data in the table present means ±SD and the different letters behind the mean show significant difference at P < 0.05 (SSR test). The same as in the following tables.

2.2.2 植株无机元素含量

由表 3 可以看出，N、P、K 的含量在各生育期和  
各品种间差异不显著。但 SiO<sub>2</sub>的含量在 4 个品  
种 3 个生育期间均表现出显著差异，秀水 04 的  
SiO<sub>2</sub>含量均最高，而其他 3 个品种均较低。显然，这  
也是秀水 04 螟害较轻的原因之一。

2.2.3 植株还原性总糖和游离氨基酸含量

还原性总糖含量在分蘖期各品种间存在显著差

异，其中秀水 04 的含量最低，而 98110 的最高，并  
且秀水 04 的总含糖量都较其他 3 个品种显著为低  
(表 4)。

由表 5 可知，98110 中游离氨基酸总量和 16 种  
氨基酸的含量均最高(仅苯丙氨酸例外)；另外，17  
种氨基酸中仅蛋氨酸含量在不同品种间表现出较明  
显的差异，花育 1 号和秀水 04 在孕穗期都显著较低  
(丝氨酸、胱氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸等略有不同)。

表 2 4 个水稻品种在不同生育期的组织学特征

Table 2. Histological characteristics of culms of the four tested rice varieties at different developmental stages.				mm
组织学特征及水稻品种 Histological characteristic and variety		分蘖期 Tillering stage	圆秆期 Elongation stage	孕穗期 Booting stage
茎秆厚度 Thickness of the culm				
寒优香晴 Hanyouxiangqing		0.641 ±0.211 b	3.571 ±0.229 a	1.289 ±0.341 a
98110		1.140 ±0.322 a	2.718 ±0.547 b	1.220 ±0.074 a
花育 1 号 Huayu 1		1.034 ±0.315 a	3.326 ±0.085 a	0.472 ±0.078 c
秀水 04 Xiushui 04		1.122 ±0.308 a	1.958 ±0.082 c	0.706 ±0.171 b
髓腔半径 Internal radius of medullary cavity of the culm				
寒优香晴 Hanyouxiangqing		1.646 ±0.211 a	- <sup>1)</sup>	3.309 ±0.185 a
98110		1.366 ±0.254 bc	-	2.253 ±0.079 b
花育 1 号 Huayu 1		1.419 ±0.027 b	-	3.146 ±0.681 a
秀水 04 Xiushui 04		1.199 ±0.130 c	-	3.476 ±0.111 a
维管束间距 Vascular bundle interval				
寒优香晴 Hanyouxiangqing		0.320 ±0.036 b	0.450 ±0.044 a	0.316 ±0.025 ab
98110		0.362 ±0.025 a	0.404 ±0.046 ab	0.339 ±0.020 a
花育 1 号 Huayu 1		0.331 ±0.019 b	0.376 ±0.049 bc	0.331 ±0.024 ab
秀水 04 Xiushui 04		0.343 ±0.017 ab	0.337 ±0.032 c	0.308 ±0.028 b

<sup>1)</sup> 表示数据缺失。圆秆期叶鞘紧密包裹茎秆，切片不易制作，故没有测量髓腔半径。  
<sup>1)</sup> The data were absent. Data at elongation stage were lack because no paraffin section at this stage was made.

表 3 4 个水稻品种在不同生育期的无机元素含量

Table 3. Content of inorganic elements of the four tested rice varieties at the different developmental stages.					%
无机元素 Inorganic element	水稻品种 Variety	分蘖期 Tillering stage	圆秆期 Elongation stage	孕穗期 Booting stage	
N	寒优香晴 Hanyouxiangqing	1.037 ±0.125 a	1.307 ±0.109 a	0.863 ±0.098 a	
	98110	0.990 ±0.052 a	1.680 ±0.559 a	0.890 ±0.096 a	
	花育 1 号 Huayu 1	1.217 ±0.051 a	1.033 ±0.076 a	0.993 ±0.087 a	
	秀水 04 Xiushui 04	1.103 ±0.250 a	1.583 ±0.388 a	0.900 ±0.113 a	
P	寒优香晴 Hanyouxiangqing	0.550 ±0.079 a	0.607 ±0.213 a	0.607 ±0.213 a	
	98110	0.523 ±0.042 a	0.580 ±0.132 a	0.550 ±0.171 a	
	花育 1 号 Huayu 1	0.500 ±0.061 a	0.497 ±0.031 a	0.497 ±0.031 a	
	秀水 04 Xiushui 04	0.663 ±0.092 a	0.607 ±0.071 a	0.607 ±0.072 a	
K	寒优香晴 Hanyouxiangqing	0.633 ±0.006 ab	0.823 ±0.139 a	0.443 ±0.049 a	
	98110	0.693 ±0.061 a	1.227 ±0.445 a	0.470 ±0.147 a	
	花育 1 号 Huayu 1	0.513 ±0.081 c	0.967 ±0.015 a	0.483 ±0.114 a	
	秀水 04 Xiushui 04	0.543 ±0.061 bc	0.763 ±0.194 a	0.567 ±0.065 a	
SiO <sub>2</sub>	寒优香晴 Hanyouxiangqing	3.650 ±0.115 c	5.515 ±0.253 c	3.246 ±0.147 c	
	98110	4.541 ±0.169 b	6.052 ±0.083 b	4.762 ±0.295 b	
	花育 1 号 Huayu 1	2.535 ±0.153 d	4.357 ±0.119 d	2.972 ±0.045 c	
	秀水 04 Xiushui 04	5.054 ±0.168 a	6.783 ±0.142 a	5.189 ±0.153 a	

表 4 4 个水稻品种在分蘖期的还原性总糖含量  
Table 4. Total content of reductive carbohydrate of the four tested rice varieties at the tillering stage.

水稻品种 Variety	还原性总糖含量 Reductive carbohydrate / (mg · L <sup>-1</sup> )
98110	133.85 ±22.07 a
花育 1 号 Huayu 1	79.84 ±7.54 b
寒优香晴 Hanyouxiangqing	65.60 ±9.93 b
秀水 04 Xiushui 04	41.45 ±6.98 c

3 讨论

抗虫性鉴定技术是评价和利用水稻品种抗虫性的关键技术。本试验参照的是周祖铭<sup>[9,10]</sup>和束兆林等<sup>[11]</sup>的方法,即活体成株鉴定法。这种方法在植株存活情况下人工接虫,容易受到植株数量、实验占用空间等因素的影响而且剥离稻株较烦琐。姚青等<sup>[13]</sup>提出了离体稻株鉴定法,一定程度上解决了抗虫性鉴定中的一些难题。

对于水稻品种特性与螟害发生的关系,通过多年的研究已得到很多共识。就水稻品种的株型特征而言,如叶片上毛的存在及其密度、叶鞘包裹的松紧与茎秆表面的粗糙程度、株型的紧凑与否、剑叶的长短等;组织学特征,如茎秆厚度、髓腔直径、维管束间距、硅素含量;营养状况,如蛋白质含量、游离氨基酸含量、还原糖总量等;以及一些次生物质,如草酸、稻

酮等都可能与水稻的抗螟性有关<sup>[14-19]</sup>。但以上多个指标在各品种间的表现差异很大,对二化螟和三化螟抗性表现也不一致,而且大多还缺乏精确的实验数据。如还原性糖含量这一指标,对于三化螟,杨丽梅等<sup>[5]</sup>认为植株糖含量高则抗性高,而方继朝等<sup>[6]</sup>认为植株还原性糖含量与其研究品种抗螟性没有明显相关性;对于二化螟,Ishii 等<sup>[16]</sup>认为植株糖含量高则抗性高,而顾正远等<sup>[7]</sup>、刘光杰等<sup>[8]</sup>认为植株糖含量低则抗性高,结论正好相反。本试验结果支持后者的推理。

本研究通过室内试验得出一些初步结论。在无机化合物分析中,螟虫侵入率较低的秀水 04 的硅含量最高,而目前推广的寒优香晴等品种则较低,这在 3 个不同生育期中表现完全一致。在品种的组织学特征方面,维管束间距大小与品种的螟虫侵入率表现出明显的负相关,秀水 04 在圆秆期的维管束间距显著小于其他 3 个品种。吴进才等<sup>[20]</sup>的接种试验结果也表明,水稻当家品种的螟虫侵入率较高,但侵入时间反而较老品种为长。从本试验结果可知,这主要是由于寒优香晴等当家品种的茎秆或叶鞘组织内维管束间距较大,蚊螟容易从两维管束间的结缔组织中侵入,但由于其茎秆厚度较大,故其侵入的时间反而较长。在分蘖期秀水 04 的还原性总糖含量最低。另外还发现秀水 04 和花育 1 号的蛋氨酸含量较低,而 98110 无论是总氨基酸含量还是 16 种氨

表 5 4 个水稻品种在孕穗期的氨基酸含量  
Table 5. Contents of the amino acids in the four tested rice varieties at the booting stage.

氨基酸 Amino acid	寒优香晴 Hanyouxiangqing	98110	花育 1 号 Huayu 1	秀水 04 Xiushui 04
总氨基酸 Total	12.43 ±2.05 b	16.82 ±2.59 a	10.53 ±0.99 b	12.72 ±1.55 b
蛋氨酸 Met	0.21 ±0.02 ab	0.24 ±0.03 a	0.17 ±0.02 c	0.20 ±0.01 bc
丝氨酸 Ser	0.72 ±0.12 ab	0.90 ±0.13 a	0.61 ±0.03 b	0.72 ±0.08 ab
胱氨酸 Pro	0.13 ±0.02 a	0.15 ±0.05 a	0.11 ±0.01 a	0.13 ±0.01 a
赖氨酸 Lys	0.84 ±0.19 ab	1.15 ±0.04 a	0.73 ±0.07 b	0.86 ±0.24 ab
苯丙氨酸 Phe	0.59 ±0.04 a	0.51 ±0.03 b	0.63 ±0.03 a	0.59 ±0.04 a
丙氨酸 Ala	0.99 ±0.18 b	1.30 ±0.16 a	0.85 ±0.08 b	0.97 ±0.11 b
脯氨酸 Pro	0.73 ±0.14 b	1.04 ±0.17 a	0.64 ±0.11 b	0.73 ±0.09 b
缬氨酸 Val	0.74 ±0.12 b	0.98 ±0.16 a	0.63 ±0.07 b	0.75 ±0.09 b
天冬氨酸 Asp	1.39 ±0.25 b	1.93 ±0.39 a	1.12 ±0.10 ab	1.49 ±0.16 b
亮氨酸 Leu	0.54 ±0.08 b	0.73 ±0.10 a	0.47 ±0.06 b	0.57 ±0.08 ab
异亮氨酸 Ile	1.13 ±0.18 b	1.58 ±0.23 a	0.97 ±0.11 b	1.67 ±0.17 b
酪氨酸 Tyr	0.37 ±0.04 b	0.48 ±0.07 a	0.33 ±0.03 b	0.39 ±0.05 b
甘氨酸 Gly	0.69 ±0.11 b	0.98 ±0.14 a	0.58 ±0.07 b	0.71 ±0.10 b
苏氨酸 Thr	0.62 ±0.10 b	0.86 ±0.13 a	0.53 ±0.05 b	0.64 ±0.08 b
组氨酸 His	0.27 ±0.04 b	0.38 ±0.05 a	0.23 ±0.03 b	0.28 ±0.05 b
精氨酸 Arg	0.68 ±0.12 b	0.92 ±0.14 a	0.56 ±0.06 b	0.70 ±0.08 b
谷氨酸 Glu	1.63 ±0.31 b	2.13 ±0.34 a	1.35 ±0.10 b	1.63 ±0.18 b

基酸的含量均最高(仅苯丙氨酸例外),这是否与抗螟性有关,还需要作进一步的田间调查和缺素接种试验。

谢辞:本试验所用秀水 04 稻种承蒙中国水稻研究所朱智伟副研究员提供,谨致谢忱!

参考文献:

[1] 方继朝,杜正文,程遐年. 水稻螟害上升态势与控害减灾对策分析. 昆虫知识, 1998, 35(4):193-197.

[2] 潘欣葆. 浙北稻区二、三化螟 1996 - 1997 年大发生原因与综合防治对策. 昆虫知识, 2000, 37(3):134-136.

[3] 盛承发,宣维健,焦晓国,等. 我国稻螟爆发成灾的原因、趋势与对策. 自然灾害学报, 2002, 11(3):103-108.

[4] 蒋耀培,郭玉人,谭秀芳,等. 上海地区水稻螟虫暴发原因和综合治理措施. 植保技术与推广, 2003, 23(2):6-7.

[5] 杨丽梅,黄秀清,帅应垣,等. 水稻品种小青抗三化螟害研究. 中国农业科学, 1985, 5(5):58-62.

[6] 方继朝,郭慧芳,程遐年,等. 不同水稻品种对三化螟抗性差异的机理. 昆虫学报, 2002, 45(1):91-95.

[7] 顾正远,肖英方,王益民. 水稻品种对二化螟抗性的研究. 植物保护学报, 1989, 16(4):245-250.

[8] 刘光杰,黄和平,谢秀芳,等. 早稻品种对二化螟的抗性及其生化基础研究. 西南农业大学学报, 1998, 20(5):512-515.

[9] 周祖铭. 水稻品种抗二化螟鉴定初步研究. 植物保护学报, 1985, 12(3):159-164.

[10] 周祖铭. 水稻抗三化螟品种鉴定研究. 湖南农业科学, 1986(3):19-22.

[11] 束兆林,方继朝,汪智渊,等. 粳稻品种(系)对三化螟抗性的初步研究. 江苏农业研究, 1999, 20(3):37-40.

[12] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台. 北京:科学出版社, 2002.

[13] 姚 青,赖凤香,张志涛. 水稻抗二化螟特性离体稻株鉴定技术. 中国水稻科学, 2002, 16(4):385-386.

[14] 陆自强. 杂交稻与螟害. 昆虫知识, 1979, 16(5):204-207.

[15] 周 圻. 水稻品种和稻螟种群消长的关系. 昆虫知识, 1988, 25(4):201-203.

[16] Ishii S, Azim A, Hirano C. A further experiment on the effect of dietary levels of protein and carbohydrate on the growth of the rice stem borer. *Jap J Appl Ent Zool*, 1959, 3(2):145.

[17] Djamin A, Pathak M D. Role of silica in resistance to Asiatic rice borer, *Chlio suppressalis* (Walker), in rice varieties. *J Econ Entomol*, 1967, 60:347-351.

[18] Patanakamjorn S, Pathak M D. Varietal resistance of rice to Asiatic rice borer, *Chlio suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae), and its association with various plant characters. *Ann Entomol Soc Am*, 1967, 60:287-292.

[19] Yesu Y D. Cross resistance to stem borers in rice varieties. *J Econ Entomol*, 1976, 69(1):41-46.

[20] 吴进才,徐建祥,刘仁海,等. 三化螟蚁螟钻蛀行为观察. 昆虫知识, 1999, 36(2):101-102.