

# 转基因抗虫水稻对二化螟幼虫和田间节肢动物群落的影响

徐雪亮<sup>1</sup> 姚英娟<sup>1</sup> 陈大洲<sup>2</sup> 肖叶青<sup>2</sup> 胡兰香<sup>2</sup>

1. 江西省农业科学院植物保护研究所,南昌 330200; 2. 江西省农业科学院水稻研究所,南昌 330200

**摘要** 通过室内和网室以及田间调查评价了转 *Bt* 基因水稻材料对二化螟幼虫的抗性,分析了转基因抗虫水稻对节肢动物群落结构和功能团优势度的影响。结果表明:转 *Bt* 基因水稻对二化螟幼虫致死率在 90% 以上,显著高于对照品种;转 *Bt* 基因水稻田间二化螟幼虫发生和危害情况均低于对照稻田,转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物群落结构物种数、优势集中度、香农指数和均匀性指数与对照相比,均无显著差异;转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物 5 类功能团的优势度与对照稻田均无显著差异。由此可见,转 *Bt* 基因水稻对其靶标害虫具有高抗作用,且对田间节肢动物群落结构和功能团的优势度均无明显不利影响。

**关键词** 转 *Bt* 基因水稻; 二化螟幼虫; 抗性; 群落结构; 功能团优势度

**中图分类号** S 332.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0050-05

水稻是中国最重要的粮食作物,同时也是受虫害最多的作物之一,每年因虫害对产量造成的损失巨大<sup>[1]</sup>。水稻田间以鳞翅目害虫危害最为严重,其中二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 是主要害虫<sup>[2-4]</sup>。农业生产上对二化螟的防治主要依赖于化学杀虫剂,但长期大量施用化学杀虫剂不仅造成严重的环境污染,还带来害虫抗性、农药残留和害虫再猖獗等问题,并形成恶性循环<sup>[5-8]</sup>,因此,探索化学防治以外的害虫治理措施,发展可持续植保技术已成为现代农业必须重视的课题之一,而培育转基因抗虫新品种是最为经济、有效的手段。

随着转基因技术的发展和越来越多转基因作物的问世,国内外学者已经对转基因作物展开了一系列安全性评价,现已形成一套较为科学全面的评价体系。然而,每一种新的转基因作物问世,都必须首先对其进行生态安全性评价,最终为产业化生产提供技术支持和理论依据。本研究采用笔者所在课题组已育成的新抗虫转基因水稻为供试材料,评价其对靶标害虫二化螟幼虫的室内抗性和田间抗性,确定水稻抗虫品种的抗性水平,并分析抗虫基因对稻田节肢动物群落的影响,旨在为转基因抗虫水稻田间生物安全性的评价及其病虫害防治策略的建立提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试水稻与虫源

供试水稻为杂交稻赣香 A/813038(转 *Bt* 基因, BT),其中 813038 是华恢 1 号(转 *cry1Ab/1Ac* 基因)与常规水稻的杂交后代(9311/华恢 1 号//谷梅 2 号/752)。室内接虫以易感二化螟常规水稻 II 优 838 为对照,田间以亲本保持系赣香 B 为对照(CK)。

### 1.2 室内离体稻株抗虫性的测定

取分蘖盛期的供试稻苗,洗净后去除老叶和大部分须根。截取基部 10~15 cm 稻苗,在稻苗离根部 3 cm 处沿半径方向向上划 1 条长 3 cm 左右的纵向切口,以便二化螟幼虫钻蛀;把处理好的稻苗擦干,放入特制长玻璃管(长 25 cm,内径 2.5 cm)内,每管放稻苗 2~3 根。玻璃管上端用黑布封口,下端用纱布包住并用橡皮筋扎紧。5 根玻璃管为一组,纱布封口向下,放在盛有深 1.5 cm 左右水的面包盆中,以供给稻苗所需水分并防止试虫逃逸。

每根玻璃管内接入初孵幼虫 12 头,第 4 天向管内添加新鲜供试稻苗 1~2 根,稻苗处理同前述。处理期间,每隔 2 d 换 1 次杯中的水,玻璃管中的水分太多时,应及时取出稻苗(二化螟幼虫已钻入茎秆),

收稿日期: 2012-12-14

基金项目: 国家重大科技专项“复合性状转基因抗虫水稻新品种培育”(2011ZX08001-001)

徐雪亮, 硕士, 研究实习员. 研究方向: 有害生物综合治理. E-mail: xuxueliang@126.com

通讯作者: 姚英娟, 博士, 副研究员. 研究方向: 有害生物综合治理. E-mail: yaoyingjuan@webmail.hzau.edu.cn

擦干玻璃管后再将试苗放入。第7天剥检稻株,记录幼虫存活数。以水稻Ⅱ优838为对照。每个材料重复5次。

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{试虫死亡率} - \text{对照试虫死亡率}}{1 - \text{对照试虫死亡率}} \times 100\%$$

抗性分级标准:高抗(HR),校正死亡率85%~100%;抗虫(R),校正死亡率60%~85%;中抗(MR),校正死亡率20%~60%;感虫(S),校正死亡率小于20%。

### 1.3 网室稻株抗虫性的测定

鉴定圃设在网室的水泥池内,规格为1.2 m×2.6 m,所有参鉴品种6月6日播种,7月1日移栽,每行2个品种,每行10穴,单本栽插,株行距为12 cm×13 cm,以感螟虫常规品种Ⅱ优838为对照,重复5次,于7月25日水稻分蘖期每株稻苗接初孵二化螟幼虫5头。

接虫前清除其他虫卵和天敌,以确保试验的准确性。接虫后用孔径为0.175 mm的网罩加盖。接虫后30 d(枯心苗不再增加时)分别调查各枯心情况,同时剥查二化螟幼虫残留活虫数,并计算幼虫死亡率、枯心率和枯心指数。

$$\text{枯心指数} = \frac{\text{供试水稻枯心数}}{\text{对照水稻枯心数}} \times 100$$

评级标准:1级(高抗,HR),枯心指数小于20;3级(抗虫,R),枯心指数20~40;5级(中抗,MR),枯心指数40~60;7级(感虫,S),枯心指数介于60~80;9级(高感,HS),枯心指数大于80。

### 1.4 田间试验与调查

2011年在江西省南昌县广福试验基地进行田间试验。5月24日播种,6月23日移栽,单本移栽,移栽后1个月开始调查,每隔10 d调查1次,共吸虫调查5次,剥查6次。

吸虫器法:采用对角线五点法取样调查。首先用采样框(0.5 m×0.5 m×0.9 m)罩住取样点的全部水稻(6丛),再使用自己改装的吸虫器将采样框内的所有节肢动物收集,然后用乙酸乙酯毒死采集到的节肢动物,使用75%的乙醇保存标本,最后进行鉴定和统计。

剥查法:采用平行线跳跃法,每个小区剥查6点,每点5丛(每小区剥查30丛)水稻。记录每丛水稻的分蘖数、枯心数、二化螟幼虫数、穗数和白穗数。

### 1.5 数据处理与分析

所有的试验数据均采用EXCEL 2003软件处理,并用SAS统计分析软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 二化螟幼虫抗性的室内鉴定

由表1可知,转Bt基因水稻对二化螟幼虫的校正死亡率显著高于对照品种( $P < 0.0001$ )。室内鉴定结果表明,转Bt基因水稻对二化螟幼虫的抗性级别为高抗。

表1 转Bt基因水稻对室内人工接二化螟幼虫的杀虫活性<sup>1)</sup>

Table 1 Insecticidal activity of transgenic Bt gene rice against *Chilo suppressalis* larvae with artificial infestation in the laboratory

水稻 Rice	校正死亡率/% Corrected mortality	抗性级别 Resistance rating
BT	100.00±0.00 a	高抗 HR
CK	3.33±3.33 b	感虫 S

1)数据后不同字母表示差异显著(下表同)。Data with the different letters in column are significant difference (the same as following tables).

### 2.2 二化螟幼虫抗性的网室鉴定

由表2可知,转Bt基因水稻对二化螟幼虫的死亡率显著高于对照品种( $F = 254.27, P < 0.0001$ ),枯心率显著低于对照品种( $F = 74.24, P = 0.0010$ )。网室鉴定结果表明,转Bt基因水稻对二化螟幼虫的抗性级别也为高抗。

表2 转Bt基因水稻对网室人工接二化螟幼虫的杀虫活性

Table 2 Insecticidal activity of transgenic Bt gene rice against *Chilo suppressalis* larvae with artificial infestation in the laboratory cover with a net

水稻 Rice	死亡率/% Mortality	枯心率/% Percentages of deadhearts	枯心指数 Dead-heart index	抗性级别 Resistance rating
BT	90.83±2.20 a	5.12±2.83 b	10.15	高抗 HR
CK	13.33±3.00 b	44.11±3.37 a	100.00	高感 HS

### 2.3 二化螟幼虫田间的发生情况

由图1可知,转Bt基因水稻田间二化螟幼虫百从虫量和带虫株率在6次调查中均低于对照田块,第1次调查中转Bt基因水稻材料田间二化螟幼虫百从虫量显著低于对照田块( $F = 25.60, P = 0.0072$ )。

### 2.4 二化螟幼虫田间的抗性试验

在水稻整个生育期对田间二化螟的发生情况进行调查。前2次调查转Bt基因水稻田间枯心率均显著低于对照田( $F = 44.54, P = 0.0026$ ;  $F = 39.77, P = 0.0032$ ),白穗率在后2次调查中均显著低于对照田( $F = 16.30, P = 0.0156$ ;  $F = 12.16, P = 0.0252$ )。调查结果表明,转Bt基因水稻在二化螟的分蘖期和穗期的2次危害高峰,均对二化螟有显著抗性。

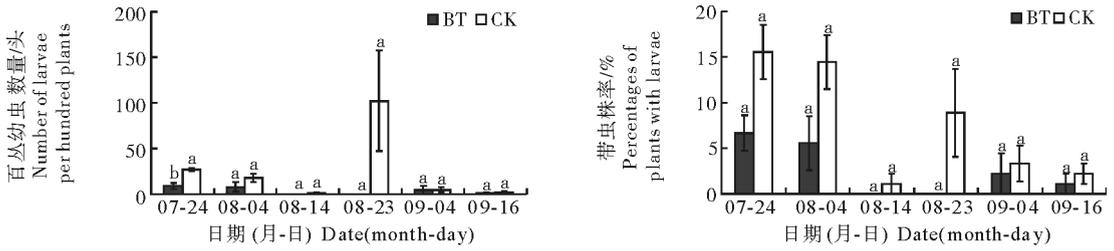


图 1 转 *Bt* 基因水稻与对照稻田二化螟幼虫的发生情况 (LSD,  $P < 0.05$ )

Fig. 1 Occurrence of *Chilo suppressalis* larvae in transgenic *Bt* gene rice and control rice plots

表 3 转 *Bt* 基因水稻与对照稻田二化螟幼虫的危害情况

Table 3 Damage from *Chilo suppressalis* larvae in transgenic *Bt* gene rice and control rice plots

调查日期(月-日) Sample date(month-day)	枯心率/% Percentages of deadhearts		白穗率/% Percentages of whiteheads	
	BT	CK	BT	CK
07-24	1.59±0.29 b	5.06±0.43 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
08-04	1.31±0.13 b	7.21±1.21 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
08-14	2.22±0.41 a	1.11±0.41 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
08-23	0.00±0.00 a	0.59±0.42 a	0.15±0.15 a	2.61±1.33 a
09-04	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.40±0.24 b	2.62±0.20 a
09-16	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.28±0.28 b	2.12±0.34 a

2.5 田间节肢动物群落结构特征

田间节肢动物群落结构特征通常采用物种数 (*S*)、香农指数 (*H'*)、均匀性指数 (*J*) 和优势集中性指数 (*C*) 4 个参数进行评价<sup>[9]</sup>。

调查结果表明,转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物的物种数、优势集中度、香农指数和均匀性指数均与对照田块无显著差异(表 4)。由图 2 可知,转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物群落物种数、优势集中度、香农指数和均匀性指数均时间动态曲线走势与对照田块均基本相似,且 6 次调查转 *Bt* 基因水稻田间 4 个参数值与对照田块均无显著差异。

表 4 转 *Bt* 基因水稻与对照稻田节肢动物群落结构特征

Table 4 Arthropod community structure of transgenic *Bt* gene rice and control rice plots

参数 Indices	BT	CK
物种数( <i>S</i> ) Species richness	61.333±2.906 a	72.000±2.517 a
香农指数( <i>H'</i> ) Shannon-Wiener diversity index	2.410±0.089 a	2.611±0.053 a
优势集中度( <i>C</i> ) Dominance index	0.159±0.016 a	0.140±0.009 a
均匀性指数( <i>J</i> ) Evenness index	0.593±0.019 a	0.611±0.012 a

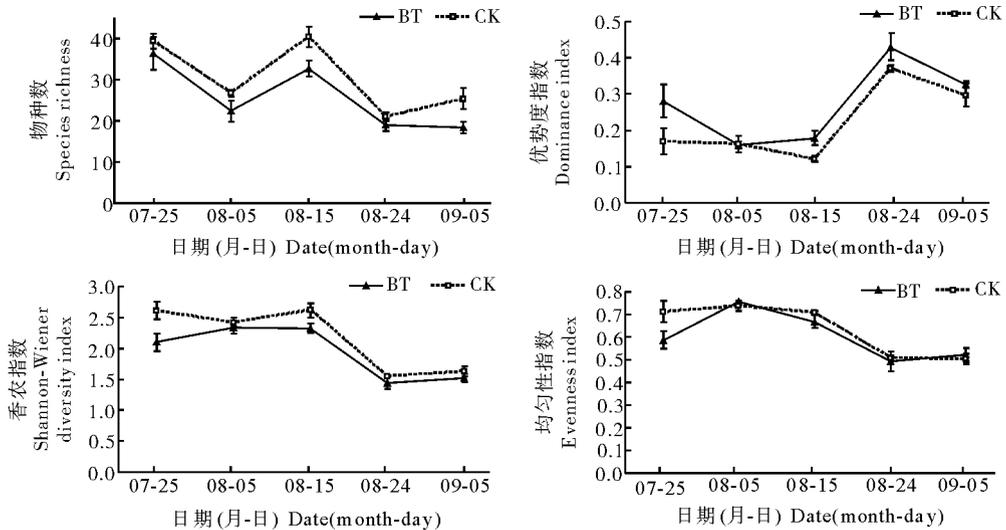


图 2 转 *Bt* 基因水稻与对照稻田节肢动物群落结构时间动态

Fig. 2 Temporal dynamics of arthropod community diversity in transgenic *Bt* gene rice and control rice plots

### 2.6 田间节肢动物功能团及其优势度

将田间节肢动物按照营养关系划分为 5 类功能团：植食类功能团、捕食类功能团、寄生类功能团、其他类功能团和腐食类功能团<sup>[10-11]</sup>，然后分析其在所有节肢动物中的优势度。

由表 5 可知，6 次田间调查转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物 5 类功能团的优势度与对照田块均无显著差异。

表 5 转 *Bt* 基因水稻与对照田间节肢动物功能团的优势度

Table 5 Guild dominance in the arthropod community of transgenic <i>Bt</i> gene rice and control rice plots %		
功能团 Guild	BT	CK
植食类 Phytophages	57.982±7.421 a	61.207±1.588 a
捕食类 Predators	10.429±0.833 a	12.660±1.347 a
寄生类 Parasitoids	2.171±1.262 a	1.940±0.360 a
其他类 Others	29.367±5.331 a	24.146±1.099 a
腐食类 Detritivores	0.051±0.006 a	0.047±0.002 a

由图 3 可知，转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物 5 类功能团的优势度时间动态曲线走势与对照田块均基本相似，且差异不显著。

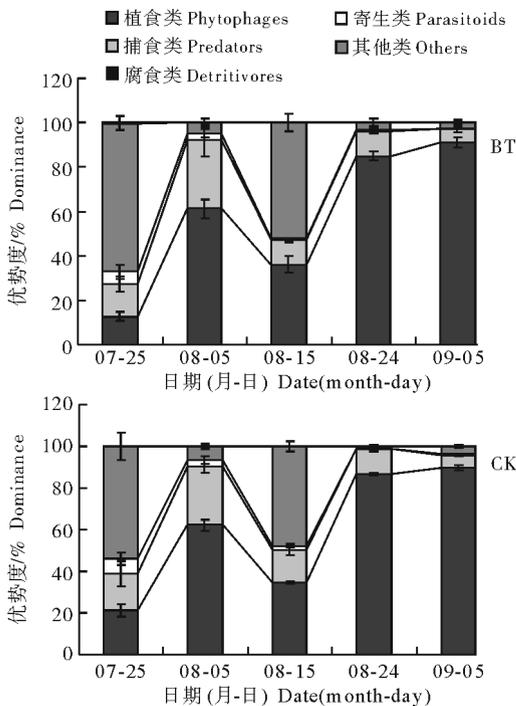


图 3 转 *Bt* 基因水稻与对照田间节肢动物功能团优势度的时间动态

Fig. 3 Temporal dynamics of guild dominance of arthropod community diversity in transgenic *Bt* gene rice and control rice plots

### 3 讨论

转 *Bt* 基因水稻对靶标鳞翅目害虫均具有高抗

效果<sup>[12-17]</sup>，本室内接虫试验表明，转 *Bt* 基因水稻对靶标害虫二化螟幼虫的致死率远远高于对照品种，而枯心率远远低于对照品种，且均具有显著差异。另外，转 *Bt* 基因水稻的枯心指数远远小于对照品种。田间试验结果表明，转 *Bt* 基因水稻二化螟幼虫的百蔸虫量和带虫株率均高于对照田，转 *Bt* 基因水稻田间二化螟幼虫为害造成的枯心率和白穗率也均低于对照田，且前 2 次调查的枯心率和后 2 次调查的白穗率均显著低于对照田。综合室内和田间试验结果，说明转 *Bt* 基因水稻材料对二化螟幼虫具有很好的控制作用，且该转 *Bt* 基因水稻材料对二化螟幼虫的抗性表现为高抗。

田间试验结果表明，转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物群落结构物种数 (*S*)、香农指数 (*H'*)、均匀性指数 (*J*) 和优势集中性指数 (*C*) 4 个参数与对照田相比，均无显著差异。这表明转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物群落结构与对照田基本相似，差异不大，其田间节肢动物群落结构基本一致。转 *Bt* 基因水稻田间节肢动物 5 类功能团，植食类、捕食类、寄生类、其他类和腐食类的优势度与对照田均无显著差异，说明转 *Bt* 基因水稻对稻田 5 类功能团没有明显的不利影响。这与前人转 *Bt* 基因水稻对稻田节肢动物群落结构主要参数无显著影响的研究结果一致<sup>[18-20]</sup>。

转基因作物田间生态安全评价应坚持个案原则，这是转基因植物安全性评价必须遵守的基本原则之一，因此，每一种新的转基因作物材料的问世都应当进行安全性评价，尤其是生态安全性评价。本研究结果表明，转 *Bt* 基因水稻材料对靶标害虫二化螟幼虫具有很好的控制作用，且对稻田节肢动物群落结构的影响很小，具有很好的应用前景和潜力。本试验只是初步评价了转 *Bt* 基因水稻材料对其靶标害虫二化螟幼虫的致死率及田间发生和危害的情况，今后还需要对该转基因作物的生态风险和食用安全等进行深入系统的科学评价，最终为粮食作物的生产和安全提供理论依据。

### 参 考 文 献

[1] 陈浩,林拥军,张启发. 转基因水稻研究的回顾与展望[J]. 科学通报, 2009, 54(18): 2699-2717.  
 [2] NATHAN S S. Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. Pesticide Biochemistry Physiology, 2006, 84(2): 98-108.  
 [3] MURALIDHARAN K, PASALU I C. Assessments of crop

- losses in rice ecosystems due to stem borer damage (Lepidoptera:Pyralidae) [J]. *Crop Protection*, 2006, 5(25):409-417.
- [4] 焦晓国, 宣维健, 盛承发. 水稻二化螟的交配行为[J]. *生态学报*, 2006, 26(4):1110-1115.
- [5] 戈峰, 李典澳. 可持续农业中的害虫管理问题[J]. *昆虫知识*, 1997, 34(1):39-45.
- [6] 李海东, 吴敏, 韩召军. 防治水稻秧田二化螟持效性药剂的筛选[J]. *南京农业大学学报*, 2011, 34(4):43-47.
- [7] 舒平平, 姚英娟, 朱雪晶, 等. 建国以来江西二化螟的发生、危害及药剂防治回顾[J]. *江西农业学报*, 2011, 23(7):129-132.
- [8] 徐志德, 黄志农, 文吉辉, 等. 水稻生物学质量和营养与二化螟危害的关系[J]. *植物保护学报*, 2011, 38(2):139-146.
- [9] 吴坤君, 龚佩瑜, 盛承发. 昆虫多样性参数的测定和表达[J]. *昆虫知识*, 2005, 42(3):338-340.
- [10] 郝树广, 张孝羲, 程遐年, 等. 稻田节肢动物群落营养层及优势度功能集团的组成与多样性动态[J]. *昆虫学报*, 1998, 41(4):343-353.
- [11] HEING K L, AQUINO G B, BARRION A T. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1991, 81(4):407-416.
- [12] FUJIMOTO H, ITOH K, YAMAMOTO M, et al. Insect resistant rice generated by introduction of a modified delta-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis* [J]. *Biotech*, 1993, 11:1151-1155.
- [13] 舒庆尧, 叶恭银, 崔海瑞, 等. 转基因水稻“克螟稻”的选育[J]. *浙江农业大学学报*, 1998, 24(6):579-580.
- [14] TU J M, ZHANG G A, DATTA K, et al. Field performance of transgenic elite commercial hybrid rice expressing *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxin [J]. *Nature Biotechnology*, 2000, 18(10):1101-1104.
- [15] 苏军, 胡昌泉, 翟红利, 等. 农杆菌介导籼稻明恢 86 高效稳定转化体系的建立[J]. *福建农业学报*, 2003, 18(4):209-213.
- [16] 李冬虎, 傅强, 王锋, 等. 转 *scK/cry1Ac* 双基因抗虫水稻对二化螟和稻纵卷叶螟的抗虫效果[J]. *中国水稻科学*, 2004, 18(1):43-47.
- [17] 姜永厚, 傅强, 程家安, 等. 转 *scK+cry1Ac* 基因水稻对二化螟及二化螟绒茧蜂存活和生长发育的影响[J]. *昆虫学报*, 2005, 48(4):554-560.
- [18] 张磊, 朱祯. 转基因抗虫水稻对生物多样性的影响[J]. *遗传*, 2011, 33(5):414-421.
- [19] 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, 等. 转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响[J]. *昆虫学报*, 2003, 46(4):454-465.
- [20] 刘雨芳, 贺玲, 汪琼, 等. 转 *cry1Ac/scK* 基因抗虫水稻对稻田寄生蜂群落影响的评价[J]. *昆虫学报*, 2006, 49(6):955-962.

## Impact of transgenic *Bt* gene rice to *Chilo suppressalis* (Walker) larvae and arthropod community under field conditions

XU Xue-liang<sup>1</sup> YAO Ying-juan<sup>1</sup> CHEN Da-zhou<sup>2</sup> XIAO Ye-qing<sup>2</sup> HU Lan-xiang<sup>2</sup>

1. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China;  
2. Institute of Rice Research, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China

**Abstract** The resistance to *Chilo suppressalis* (Walker) larvae and impact on arthropod community of a transgenic *Bt* gene rice was evaluated under both laboratory and field conditions. The results showed that the mortality of transgenic *Bt* gene rice against *C. suppressalis* larvae was more than 90% and significantly higher than the control rice. Both the occurrence and damage of *C. suppressalis* larvae in transgenic *Bt* gene rice plots were lower than those of the control rice plots. Compared with the control rice plots, there were no significant differences in community indices such as species richness, dominance index, Shannon-Wiener diversity index and evenness index in transgenic *Bt* gene rice plots. Moreover, there were no significant differences in the five guilds dominance in the transgenic *Bt* gene rice plots and the control rice plots. It was apparent that the transgenic *Bt* gene rice had high resistance to its target pests and no significant adverse impact on the arthropod community structure and guild dominance under the field conditions.

**Key words** transgenic *Bt* gene rice; *Chilo suppressalis* (Walker) larvae; resistance; community structure; guild dominance