

Bt 水稻对青翅蚁形隐翅虫存活及捕食功能的影响^{*}

程正新¹ 黄建华¹ 梁玉勇^{1**} 程森弟² 熊焕保¹ 陈南萍¹ 胡水秀¹

(1. 江西省农业科学院植物保护研究所江西, 南昌 330200; 2. 江西科技职业学院江西, 南昌 330200)

摘 要 【目的】以稻田中重要捕食性天敌青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes* Curtis 为研究对象, 探讨在室内条件下青翅蚁形隐翅虫取食转 Bt 基因水稻上的褐飞虱后对其存活率和捕食功能的影响。【方法】在室内条件下, 取食通过用一直取食转 Bt 水稻的褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 来饲养青翅蚁形隐翅虫, 在第 7、14、21、28 天调查其成活率, 研究转 Bt 水稻对青翅蚁形隐翅虫生长的影响。通过设置不同的猎物密度和捕食者密度, 研究转 Bt 水稻对青翅蚁形隐翅虫成虫捕食功能的影响。【结果】室内条件下, 转 Bt 水稻对青翅蚁形隐翅虫的存活率无明显影响。在试验褐飞虱密度下, 转 Bt 基因水稻对青翅蚁形隐翅虫对褐飞虱的捕食量无显著影响, 且捕食作用方程可用 Holling II 模型拟合, 理论方程为 $N_a = 1.3421N / (1 + 0.0887N)$ 。瞬时攻击率 a' 和平均处理时间 T_h 无显著差异, 同时, 转 Bt 基因水稻对青翅蚁形隐翅虫的捕食干扰反应无显著影响。【结论】转 Bt 基因水稻对供试天敌昆虫青翅蚁形隐翅虫存活率和捕食功能无明显影响。

关键词 转 Bt 水稻, 青翅蚁形隐翅虫, 褐飞虱, 存活率, 捕食功能

Effect of transgenic Bt rice on the survival rate and predation of *Paederus fuscipes* Curtis adults

CHENG Zheng-Xin¹ HUANG Jian-Hua¹ LIANG Yu-Yong^{1**} CHENG Sen-Di²
XIONG Huan-Bao¹ CHEN Nan-Ping¹ HU Shui-Xiu¹

(1. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China;

2. Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang 330200, China)

Abstract 【Objectives】The effect of transgenic Bt rice on the survival rate and predatory function of *Paederus fuscipes* Curtis was studied under laboratory conditions. 【Methods】The survival rate of *P. fuscipes* was measured 7, 14, 21 and 28 d after feeding on brown planthoppers (BPH) reared on transgenic rice. We experimentally varied predator-prey density to evaluate the effect of transgenic Bt rice on the survival rate and predatory ability of *P. fuscipes*. 【Results】The survival rate of *P. fuscipes* fed on BPH reared on transgenic Bt rice was not significantly different to that of those fed on BPH raised on non-transgenic rice. The predatory ability of *P. fuscipes* fed on planthoppers raised on transgenic rice plants was not significantly different to that of those fed on BPH raised on non-transgenic rice. The functional response of adult *P. fuscipes* to BPH could be described by the Holling II model equation: $N_a = 1.3421N / (1 + 0.0887N)$. 【Conclusion】Transgenic *cry1Ab/Ac* gene rice has no obvious negative effects on the survival rate and predatory ability of *P. fuscipes*.

* 资助项目: 转基因生物新品种培育科技重大专项 (2012ZX08011002-002); 江西省科技厅青年科学基金项目 (20122BAB214009)

**通讯作者, E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期: 2014-08-21, 接受日期: 2014-09-02

Key words transgenic Bt rice, *Paederus fuscipes*, *Nilaparvata lugens*, survival rate, predation function

近年来,随着分子生物学的发展,利用基因工程技术将外源抗虫基因如 Bt 基因导入水稻,使水稻产生杀虫蛋白从而达到防治害虫的目的,已成为控制水稻虫害的一条重要途径(High *et al.*, 2004)。由于 Bt 基因具有对靶标害虫毒力强、致死速度快、对天敌昆虫无毒性等优点,已被广泛应用于控制多种鳞翅目害虫(Khanna *et al.*, 2002; 李雪雁等, 2003; 唐微和林拥军, 2007)。转基因水稻在杀死靶标害虫的同时,非靶标害虫如稻蓟马、稻飞虱和叶蝉等会因生存竞争压力减小而引起种群数量上升(唐健等, 2000; 陈茂等, 2003; 刘志诚等, 2003; 刘雨芳, 2004; 周霞等, 2005; 焦晓国, 2006), 一些非靶标害虫在转 Bt 基因水稻上有危害加重的潜在危险(蔡万伦等, 2005)。转基因水稻对非靶标生物产生直接作用的同时,也会对自然天敌的生存和繁殖产生直接或间接的影响(Bernal *et al.*, 2002; 刘雨芳等, 2006; 高秀云等, 2008; 田俊策等, 2008)。此外,姜永厚等(2004)的研究结果表明 Bt 蛋白可沿着水稻-害虫-天敌的食物链进行传递。在稻田生态系统中,当天敌取食转基因抗虫水稻上的害虫时,不可避免会受到 Bt 蛋白的影响。近年来,国内有关转 Bt 基因水稻对捕食性天敌蜘蛛的影响的研究报道较多(姜永厚等, 2002; 刘志诚等, 2003; 邱慧敏等, 2005), 但对田间另外的一种重要的捕食性天敌青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes* Curtis 的影响的研究目前还鲜有报道。为此,笔者以转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因水稻华恢 1 号及其亲本对照明恢 63 为材料,在室内条件下研究其对青翅蚁形隐翅虫存活率和捕食功能的影响,以期对 Bt 水稻生态安全评

价提供依据,并丰富和发展转 Bt 水稻生态安全评价体系。

1 材料与方法

1.1 供试转基因水稻、试虫和培养杯

试验所用转 Bt 基因水稻为华恢 1 号(*cry1Ac/cry1Ab* 融合基因型,简称 HH1,该转基因水稻的主要靶标害虫为鳞翅目害虫),对照亲本水稻明恢 63(简称 MH63)。两种水稻种子均由华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室提供。

试验用的褐飞虱和青翅蚁形隐翅虫初始虫源均从江西省农科院水稻所试验田采集,在室内条件下,褐飞虱在 HH1 水稻上饲养 3 代以上后供试;青翅蚁形隐翅虫在室内条件下分别用取食 HH1 和 MH63 水稻的褐飞虱若虫饲养,半年后分别挑选取食不同水稻材料的大小差不多的雌成虫进行试验。

所有试验均在自制培养杯中(图 1)进行。试验时将洗净的分蘖期稻苗剔除老叶黄叶后,保留须根,从根部剪成 12~15 cm 长的稻茎,稻茎穿过塑料盒盖子中央的小孔,小孔缝隙用棉花塞住,在塑料盒中装一定量的水或营养液,然后接入褐飞虱和青翅蚁形隐翅虫,罩上塑料杯,塑料盒和塑料杯用双面胶粘牢即可。

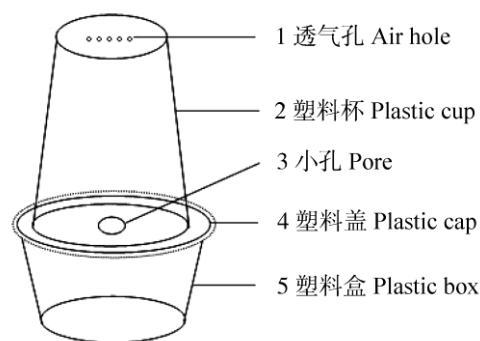


图1 培养杯示意图
Fig. 1 Structure of cultivation cup

1.2 试验设计

1.2.1 青翅蚁形隐翅虫取食 HH1 水稻上褐飞虱后的存活率 在 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, $L:D=14:10$, 60%~75%RH 的温室条件下, 接入在 HH1 水稻上继代饲养 3 代以上的褐飞虱若虫供青翅蚁形隐翅虫捕食。试验前青翅蚁形隐翅虫饥饿 1 d 后称重, 每杯饲养 1 头。每隔 1 d 喂给 3~4 龄褐飞虱 10 头, 各处理重复最少 20 头。以取食 MH63 水稻上的褐飞虱的青翅蚁形隐翅虫为对照。每 7 d 观察记录 1 次青翅蚁形隐翅虫的存活情况, 计算成活率。

1.2.2 青翅蚁形隐翅虫取食 HH1 水稻上褐飞虱的捕食功能反应 参考邱慧敏等(2005)方法进行: 功能反应在培养杯中进行。在 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, $L:D=14:10$, 60%~75%RH 的温室条件下, 在培养杯中放入 HH1 水稻稻茎, 接入继代饲养 3 代以上的一直取食 HH1 水稻的褐飞虱 3 龄若虫, 密度设计为 5、10、15、20、25、30 头杯⁻¹, 每处理重复 4 次。试验前青翅蚁形隐翅虫饥饿 1 d, 1 d 后检查褐飞虱被捕食数。功能反应采用 Holling(1959)提出的 Holling II 模型 $N_a = \alpha' T_r N / (1 + \alpha' T_r N)$ 拟合, 其中 N_a 为被捕食的猎物数; α' 为瞬时攻击率; N 为猎物密度; T_r 为捕食者可

利用的总时间(本文为 1 d); T_h 为捕食 1 头猎物所花的时间, 即平均处理时间。

1.2.3 青翅蚁形隐翅虫自身密度的干扰试验 参考李玉杰和郑发科(2005)方法进行: 试验在 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, $L:D=14:10$, 60%~75%RH 的温室条件下进行。设置 5 个青翅蚁形隐翅虫密度, 即 1、2、3、4、5 头, 分别放到装有 50 头 3 龄褐飞虱若虫的培养杯中, 每个处理至少重复 3 次, 24 h 后检查被捕食的褐飞虱若虫数量。干扰反应用 Hassell 和 Varley(1969)提出下列模型进行拟合:

$$E = QP^{-m} \quad (E = N_e/NP)$$

其中 E 为捕食作用率, P 为捕食者密度, Q 为搜索常数, m 为干扰常数。 N_e 为被捕食的猎物总数; N 为猎物密度。

1.3 统计分析

用 Excel 和 SAS 数据统计软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 青翅蚁形隐翅虫捕食 HH1 水稻上褐飞虱后的体重增长率

用 HH1 水稻上的褐飞虱喂养青翅蚁形隐翅虫, 青翅蚁形隐翅虫的存活率与对照无显著差异(表 1), 表明取食转基因水稻 HH1 上的褐飞虱对其捕食者的影响不明显。由此认为转基因水稻 HH1 体内的 Bt 蛋白通过食物链传递到捕食者青翅蚁形隐翅虫, 其对青翅蚁形隐翅虫的存活率在试验期间影响不大。

2.2 青翅蚁形隐翅虫捕食褐飞虱若虫的捕食功能反应

由表 2 可知, 在试验密度下, 青翅蚁形隐翅虫对两种水稻上稻飞虱的捕食量无显著差异, 其

捕食量随猎物密度的增加而增加。由表 3 功能反应模型可知,两种水稻材料上的青翅蚁形隐翅虫对褐飞虱的密度梯度功能反应可用 Holling II 模型拟合 ($P<0.0001$),其瞬时攻击率 a' 和平均处理时间 T_h (d) 无显著差异,这说明转基因水稻 HH1 对青翅蚁形隐翅虫的捕食褐飞虱的能力无显著影响。

青翅蚁形隐翅虫对 HH1 及其亲本水稻 MH63 上褐飞虱的功能反应模型分别为:

1) HH1: $N_a=1.3421N/(1+0.0887N)$;

2) MH63: $N_a=12193N/(1+0.0786N)$ 。

表 1 取食转基因水稻上的褐飞虱对青翅蚁形隐翅虫体重增长率的影响
Table 1 Effect of *Paederus fuscipes* feeding on BPH reared with transgenic Bt rice HH1

水稻品种 Kind of rice	存活率 Survival rate (%)			
	7 d	14 d	21 d	28 d
华恢 1 号 HH1	90.00	80.00	76.67	70.00
明恢 63 MH63	93.33	86.67	76.67	73.33

HH1 和 MH63 分别指转 Bt 基因水稻和非转基因水稻。下表同。
HH1 and MH63 means transgenic Bt rice and non-transgenic Bt rice. The same below.

表 2 不同褐飞虱密度下,青翅蚁形隐翅虫在两种水稻材料上对褐飞虱的捕食量 (28℃)
Table 2 Mean number of the 3rd instar nymphs of BPH consumed daily by *Paederus fuscipes* at 28℃

水稻材料 Kind of rice	褐飞虱密度 (头 杯 ⁻¹) BPH density (individual per petri dish)					
	5	10	15	20	25	30
华恢 1 号 HH1	4.67±0.24 a	7.89±0.42 a	8.11±0.42 a	9.33±1.00a	9.22±0.81a	12.44±1.37a
明恢 63 MH63	4.5±0.34 a	7.17±0.70 a	8.00±0.73 a	9.50±0.85a	9.33±0.49 a	11.83±1.17a

表中数字为平均值±标准误,同一列数据后标有相同小写字母表示经 Duncan's 多重比较在 0.05 水平差异不显著,下表同。
Dates in the table are mean ±SE, and followed by the same letters in the same column are not significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

表 3 青翅蚁形隐翅虫对两种水稻材料下褐飞虱捕食功能反应参数 (28℃)
Table 3 Functional responses parameters of *Paederus fuscipes* on the 3rd instar nymphs of BPH at 28℃

水稻材料 Kind of rice	瞬时攻击率 a' Instantaneous attack rate	平均处理时间 T_h (d) Handling time	捕食上限 $1/T_h$ (头 d ⁻¹) Maximum prey consumption (individual d ⁻¹)	捕食效能 a'/T_h (头 d ⁻¹) Predation efficacy (individual d ⁻¹)	P value	F value
华恢 1 号 HH1	1.3421a	0.0661a	15.1	20.3	<0.0001	207.77
明恢 63 MH63	1.2193a	0.0645a	18.9	15.5	<0.0001	429.8

2.3 青翅蚁形隐翅虫自身密度对褐飞虱的捕食干扰反应

捕食者在一定的空间内，常常对邻近同种的其它个体的存在有着明显的反应，这就是通常认为的相互干扰作用。这种干扰作用常随捕食者的密度增加而减少了每头捕食者的寻找效率，其原因是每次捕食者的相遇减少了寻找时间。由表 5 可知，在一定的空间条件下，两种材料下的青翅蚁形隐翅虫自身密度对褐飞虱的捕食作用存在干扰反应，模型拟合极显著 ($P < 0.0001$)，其平均捕食量和捕食作用率均随青翅蚁形隐翅虫密度的增大而减少 (数据未列出)，两种材料下的捕食作用率和平均每头捕食量经 t -检验，无显著性差异 ($P = 0.1778$ 或 $0.3046 > 0.05$)，这说明，转 Bt 基因水稻 HH1 对青翅蚁形隐翅虫捕食褐飞虱的干扰反应无显著影响。

表 4 两种水稻材料下的青翅蚁形隐翅虫自身密度干扰反应

Table 4 Intraspecific interference of *Paederus fuscipes* for two kinds of rice

水稻材料 Kind of rice	Hassell-Verley model	P-value	F-value
华恢 1 号 HH1	$E = 0.0902P^{-0.8232}$	0.0001	664.68
明恢 63 MH63	$E = 0.0908P^{-0.9747}$	0.0001	617.49

3 讨论

转基因作物对非靶标生物的影响，特别是对天敌的影响是评价其安全性的一个重要指标。青翅蚁形隐翅虫是南方农田常见的一种捕食性天

敌昆虫，能捕食稻飞虱、稻蓟马和稻纵卷叶螟幼虫等主要水稻害虫 (罗肖南等, 1990)。已有研究报道 Bt 蛋白会在“转 Bt 水稻-植食性害虫-天敌”食物链间进行传递 (姜永厚等, 2004; 李芳芳, 2006; García *et al.*, 2010; 刘立军等, 2011)，因此，当青翅蚁形隐翅虫捕食转 Bt 基因水稻上的褐飞虱时，或多或少会受到 Bt 蛋白的影响，而这种影响最直观的表现形式就是存活率和捕食功能是否会发生变化。本试验用转 *cry1Ac/cry1Ab* 融合基因水稻华恢 1 号 (HH1) 为试验材料，研究 HH1 水稻体内 Bt 蛋白通过非靶标昆虫褐飞虱传递到青翅蚁形隐翅虫后对青翅蚁形隐翅虫的存活率的影响。结果表明 HH1 体内的 Bt 蛋白对青翅蚁形隐翅虫的存活率在试验期间无不利影响。

功能反应是天敌-猎物交互作用动态的重要方面，它描述了猎物密度和天敌捕食量之间的关系 (Holling, 1959)。功能反应是评价天敌的捕食能力的常用方法之一，通过捕食量及拟合出的瞬时攻击率和平均处理时间的分析，可以了解天敌的捕食能力。本文通过功能反应试验，研究了转基因水稻对青翅蚁形隐翅虫对褐飞虱捕食能力的影响，试验结果显示，转基因水稻与非转基因水稻上的青翅蚁形隐翅虫对褐飞虱的捕食能力无显著差异，同时转基因水稻也未影响到青翅蚁形隐翅虫捕食褐飞虱的自身密度干扰反应。这说明，转基因水稻未影响到水稻上的重要天敌青翅蚁形隐翅虫的捕食能力。

青翅蚁形隐翅虫对猎物的捕食作用受到捕食者自身的密度和猎物的密度、大小及其它一些

* 资助项目：转基因生物新品种培育科技重大专项 (2012ZX08011002-002)；江西省科技厅青年科学基金项目 (20122BAB214009)

**通讯作者，E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期：2014-08-21，接受日期：2014-09-02

生物特性有关,如罗肖南等(1989)研究了青翅蚁形隐翅虫成虫对白背飞虱各个虫态的捕食能力,发现捕食者对猎物不同虫态的捕食量随猎物龄期的增长而递减。此外,罗肖南等(1989)还对不同虫态的青翅蚁形隐翅虫的捕食能力进行了研究,结果表明,青翅蚁形隐翅虫成虫和2龄幼虫的捕食量较接近,而大于1龄幼虫。本文仅仅研究了转Bt水稻HH1对青翅蚁形隐翅虫的1个虫态(雌成虫)捕食功能的影响,要全面而又准确的评价转Bt基因水稻对青翅蚁形隐翅虫的影响,还尚需对捕食者的其他虫态做进一步的研究。

参考文献 (References)

- Bernal CC, Aguda RM, Cohen MB, 2002. Effect of rice lines transformed with *Bacillus thuringiensis* toxigenes on the brown planthopper sandits predator *Cyrtorhinus lividipennis*. *Entomol. Exp. Appl.*, 102(1): 21–28.
- García M, Ortego F, Castañera P, Farinós GP, 2010. Effects of exposure to the toxin Cry1Ab through Bt maize fed-prey on the performance and digestive physiology of the predatory rove beetle *Atheta coriaria*. *Biol. Control*, 55 (3): 225–233.
- Hassell MP, Varley GC, 1969. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature*, 223(5211): 1133–1137.
- High SM, Cohen MB, Shu QY, Altosaar I, 2004. Achieving successful deployment of Bt rice. *Trends in Plant Science*, 9(6): 287–289.
- Holling CS, 1959. Some characteristic of simplotypes of predation and parasitism. *Can. Entomol.*, 91(7): 385–398.
- Khanna HK, Raina SK, 2002. Elite Indica transgenic rice plants expressing modified Cry1Ac endotoxin of *Bacillus thuringiensis* show enhanced resistance to yellow stem borer (*Scirpophaga incertulas*). *Transgenic Res.*, 11(4): 411–423.
- 蔡万伦, 石尚柏, 杨长举, 彭于发, 郑亚莉, 2005. Bt 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性的影响. *生态学报*, 25(11): 2968–2975. [CAI WL, SHI SB, YANG CJ, PENG YF, ZHENG YL, 2005. The arthropod community stabilities and diversities in the Bt rice paddy field with different patch designs. *Acta Ecologica Sinica*, 25(11): 2968–2975.]
- 陈茂, 叶恭银, 胡萃, Tu J, Datta SK, 2003. Bt 水稻对飞虱和叶蝉及其卵寄生蜂扩散规律的影响. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 29(1): 29–33. [CHEN M, YE GY, HU C, TU J, Datta SK, 2003. Effect of transgenic Bt rice on dispersal of planthoppers and leafhoppers as well as their egg parasitic wasps. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 29(1): 29–33.]
- 高秀云, 田俊策, 陈洋, 胡萃, 彭于发, 叶恭银, 2008. Biolog-Eco 方法检测 cry1Ab 梗稻对褐飞虱肠道微生物多样性的影响. *植物保护学报*, 35(4): 327–331. [GAO XY, TIAN JC, CHEN Y, HU C, PENG YF, YE GY, 2008. Impact evaluation of ruansgenic Cry1Ab japonica rice on the diversity of intestinal microbial community in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* using Biolog-Eco method. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(4): 327–331.]
- 李芳芳, 2006. Bt 毒蛋白在“转 Bt 水稻—稻纵卷叶螟—纵卷叶螟—绒茧蜂”食物链中的传递和作用机制. 博士学位论文. 杭州: 浙江大学. [LI FF, 2006. Biotransfer and effect mechanisms of Cry1Ab insecticidal protein in rich plant – rice leafroller – *Apanteles cypris* Nixon food chain. Doctoral Dissertation. Hangzhou: Zhejiang University.]
- 李玉杰, 郑发科, 2005. 大眼隐翅虫对萝卜蚜捕食功能反应与寻找效应研究. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 23(2): 200–203. [LI YJ, ZHENG FK, 2005. Studies on the predatory functional response and searching efficiency of *Stenus* (*Stenus*, s. str.) sp. 1 on *Lipaphis erysimi* Kaltendbach. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science)*, 23(2): 200–203.]
- 李雪雁, 李照会, 许维岸, 2003. 苏云金芽孢杆菌 cry 基因研究进展. *昆虫知识*, 40(1): 9–13. [LI XY, LI ZH, XU WA, 2003. Research advance on the cry genes of *Bacillus Thuringiensis*. *Entomological knowledge*, 40(1): 9–13.]
- 刘立军, 黄毅, 段妍慧, 张志罡, 颜亨梅, 付秀芹, 2011. 转基因水稻表达的 Bt 蛋白对拟环纹豹蛛(*Pardosa pseudoannulata*)生长发育的影响. *激光生物学报*, 20(1): 45–50. [LIU LJ, HUANG Y, DUAN YH, ZHANG ZG, YAN HM, FU XQ, 2011. Effects of Bt protein expressed by transgenic rice on the development of wolf spider (*Pardosa pseudoannulata*). *Acta Laser Biology Sinica*, 20(1): 45–50.]
- 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, Datta SK, 2003. 转 cry1Ab/cry1Ac 基因籼稻对稻田节肢动物群落的影响. *昆虫学报*, 46(4): 454–465. [LIU ZC, YE GY, HU C, DATTA SK, 2003. Impact of transgenic indica rice with a fused gene of cry1Ab/cry1Ac on the rice paddy arthropod community. *Acta Entomologica Sinica*, 46(4): 454–465.]
- 刘雨芳, 2004. 转 Bt 基因抗虫水稻的研究进展与生态安全评价. *生命科学研究*, 8(4): 294–299. [LIU YF, 2004. Advance on transgenic Bt rice and ecological safety evaluation. *Life Science*

- Research, 8(4): 294–299 .]
- 刘雨芳, 贺玲, 汪琼, 胡斯琴, 刘文海, 陈康贵, 尤民生, 2006 . 转 *cry1Ac/sck* 基因抗虫水稻对稻田寄生蜂群落的影响的评价 . 昆虫学报, 49(6): 955–962 . [LIU YF, HE L, WANG Q, HU SQ, LIU WH, CHEN KG, YOU MS, 2006. Evaluation of the effect of insect-resistant *cry1Ac/sck* transgenic rice on the parasitoid communities in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 49(6): 955–962 .]
- 罗肖南, 卓文禧, 王逸民, 1989 . 青翅蚁形隐翅虫对水稻害虫的捕食作用研究 . 昆虫天敌, 11(1): 12–19 . [LUO XN, ZHUO WX, WANG YM, 1989. Preliminary study on predatory effect of *Paederus Fuscipes* Curtis (Coleop. :Staphilinidae) . *Natural Enemies of Insects*, 11(1): 12–19 .]
- 罗肖南, 卓文禧, 王逸民, 1990 . 青翅蚁形隐翅虫的研究 . 昆虫知识, 27(2): 77–79 . [LUO XN, ZHUO WX, WANG YM, 1990. Study of *PPaederus Fuscipes* Curtis (Coleop. :Staphilinidae) . *Kunchong Zhishi*, 27(2): 77–79 .]
- 姜永厚, 吴进才, 徐建祥, 刘井兰, 邱慧敏, 杨国庆, 王洪全, 2002 . 稻田蜘蛛生态位变化及杀虫剂对捕食功能的影响 . 生态学报, 22(8): 1286–1292 . [JIANG YH, WU JC, XU JX, LIU JL, QIU HM, YANG GQ, WANG HQ, 2002. Influence of seasonal and daily changes of *Spatial Niche* of spiders in paddy field and two insecticides to *Spatial Niche* and predatory function. *Acta Ecologica Sinica*, 22(8): 1286–1292 .]
- 姜永厚, 傅强, 程家安, 祝增容, 蒋明星, 叶恭银, 张志涛, 2004 . 转 Bt 基因水稻表达的毒蛋白 *Cry1Ab* 在害虫及其捕食者体内的累积动态 . 昆虫学报, 47(4): 454–460 . [JIANG YH, FU Q, CHENG JA, ZHU ZR, JIANG MX, YE GY, ZHANG ZT, 2004. Dynamics of *Cry1Ab* protein from transgenic Bt rice in herbivores and their predators. *Acta Entomologica Sinica*, 47(4): 454–460 .]
- 焦晓国, 崔旭红, 张国安, 2006 . Bt 水稻对田间非靶标害虫种群动态的影响 . 昆虫知识, 43(6): 774–777 . [JIAO XG, CUI XH, ZHANG GA, 2006. Effects of transgenic Bt rice on population dynamics of non-target insect pests in rice field. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 774–777 .]
- 邱慧敏, 董波, 吴进才, 王锋, 傅强, 张志涛, 2005 . 几种转基因抗虫水稻对蜘蛛生长及捕食的影响 . 扬州大学学报(农业与生命科学版), 26(3): 79–82 . [QIU HM, DONG B, WU JC, WANG F, FU Q, ZHANG ZT, 2005. Effect of transgenic rice on the growth, fecundity and predation of spiders. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 26(3): 79–82.]
- 唐健, 杨保军, 蒋跃南, 叶恭银, 舒庆尧, 2000 . 稻蓟马危害转 Bt 基因水稻克螟稻 2 号研究初报 . 中国水稻科学, 14(4): 241–242 . [TANG J, YANG BJ, JIANG YN, YE GY, SHU QY, 2000. Preliminary study on *Thrips oryzae* Virulence to Bt gene transformed rice Kemingdao 2. *Chinese Journal of Rice Science*, 14(4) : 241–242.]
- 唐微, 林拥军, 2007 . 转 *cry1Ab* 基因抗虫水稻的田间试验 . 遗传, 29(8): 1008–1012 . [TANG W, LIN YJ, 2007. Field experiment of transgenic *cry1Ab* insect resistant rice. *Hereditas*, 29(8): 1008–1012.]
- 田俊策, 刘志诚, 姚洪渭, 叶恭银, 彭于发, 2008 . 转 *cry1Ab* 基因水稻田寄生蜂亚群落结构及其优势类群数量动态的研究 . 环境昆虫学报, 30(1): 1–7 . [TIAN JC, LIU ZC, YAO HW, YE GY, PENG YF, 2008. Impact of transgenic rice with a *cry1Ab* gene on parasitoid subcommunity structure and the dominant population dynamics of parasitoid wasps in rice paddy. *Journal of Environmental Entomology*, 30(1): 1–7 .]
- 周霞, 程家安, 胡阳, 姜永根, 2005 . 转 Bt 基因水稻克螟稻对黑尾叶蝉种群增长的影响 . 中国水稻科学, 19(1): 74–78 . [ZHOU X, CHENG JA, HU Y, LOU YG, 2005. Effects of transgenic Bt rice on the population development of *Nephotettix cincticeps*. *Chinese Journal of Rice Science*, 19(1): 74–78 .]