应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(5): 1163–1172. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.138

转基因作物对昆虫的生态风险评估专栏

Bt 水稻对褐飞虱及其二种天敌种群动态的影响*

梁玉勇[1**] 程正新[1] 程森弟[2] 秦厚国[1] 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，南昌 330200；2. 江西科技职业学院，南昌 330200）

摘 要 **【目的】** 评价转 *cry1Ab/Ac* 基因抗虫水稻（华恢 1 号，HH1）对非靶标害虫褐飞虱 *Nilaparvata lugens*（Stål）及其 2 种天敌（蜘蛛和黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*）种群发生动态的影响。**【方法】** 试验分 HH1 处理组、亲本明恢 63（MH63）组 2 个处理，每个处理设置 3 块试验田，定期调查不同处理田块内的褐飞虱及其 2 种天敌蜘蛛和黑肩绿盲蝽的数量。**【结果】** 转基因水稻 HH1 对褐飞虱、蜘蛛和黑肩绿盲蝽的种群动态有一定程度的影响，但整个水稻生育期的试验结果显示，与亲本对照水稻 MH63 相比，转基因抗虫水稻 HH1 对上述 3 种非靶标昆虫均无显著差异。**【结论】** 转 *cry1Ab/Ac* 基因水稻 HH1 的种植不会对褐飞虱及蜘蛛、黑肩绿盲蝽产生负面影响。

关键词 褐飞虱，转 Bt 水稻，蜘蛛，黑肩绿盲蝽，种群动态

Effect of transgenic Bt rice on the population dynamics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and two of its natural enemies

LIANG Yu-Yong[1**] CHENG Zheng-Xin[1] CHENG Sen-Di[2] QIN Hou-Guo[1]
XIONG Huan-Bao[1] CHEN Nan-Ping[1] HU Shui-Xiu[1]

(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]** To evaluate the effect of transgenic Bt rice on the population dynamics of the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) and two of their natural enemies in paddy fields. **[Methods]** Two treatments; namely the HH1 and MH63 rice varieties, were established, each with 3 replicates. We surveyed the quantities of brown planthopper, *N. lugens* and their two main natural enemies, including spiders and *Cyrtorhinus lividipennis*, in the different treatment crops. **[Results]** The HH1 rice crop exerted little influence on the abundance of *N. lugens*, spiders and *C. lividipennis*, and the abundance of *N. lugens*, spiders and *C. lividipennis* in HH1 rice fields was not significantly different compared to that in MH63 rice fields during the entire rice growth cycle. **[Conclusion]** Transgenic *cry1Ab/Ac* gene rice has no obvious negative effects on the quantities of *N. lugens*, spiders and *C. lividipennis* in paddy fields.

Key words *Nilaparvata lugens*, transgenic Bt rice, spiders, *Cyrtorhinus lividipennis*, population dynamics

随着转 Bt 基因抗虫作物进入大规模商业化应用阶段，转 Bt 基因抗虫作物对生态环境可能

* 资助项目：转基因生物新品种培育科技重大专项（2012ZX08011002-002）；江西省科技厅科技支撑项目（农业领域）（20132BBF60007）

**通讯作者，E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期：2014-08-21，接受日期：2014-09-02

造成的影响越来越受到人们的关注。水稻在世界上 100 多个国家均有种植，是世界上最重要的粮食作物之一。水稻也是我国种植面积最大的农作物，约占粮食作物种植面积的 1/3，稻谷产量约占粮食总产量的 45%（王艳青，2006）。1988 年，3 个不同的研究小组以水稻原生质体为受体，采用电击法或 PEG 介导法等方法将外源基因导入到水稻中并获得了转基因水稻植株（Toriyama *et al.*，1988；Zhang *et al.*，1988；Zhang and Wu，1988）。此后，水稻的转基因研究得到了飞速发展，其中转 Bt 基因水稻是应用最成功的转基因水稻。2009 年我国给湖北颁发了转 Bt 基因水稻（华恢 1 号和 Bt 汕优 63）的生物安全认证书。考虑到未来转 Bt 水稻商业化种植会面临到转 Bt 水稻与非转基因水稻共存这一现实，本研究以转 Bt 基因水稻华恢 1 号为试验水稻材料，对非靶标昆虫褐飞虱 *Nilaparvata lugens*（Stål）及其 2 种主要天敌（蜘蛛和黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*）种群数量进行了田间调查，旨在为评估转 Bt 基因水稻的生态风险评价提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试转基因水稻品种

试验所用转基因水稻为华恢 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），对照亲本为水稻明恢 63（简称 MH63）。两种水稻材料均由华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室提供。

1.2 室内水稻品种抗虫性鉴定

参考刘光杰等（2002）方法并略有改动：采用苗期群体筛选法。即将供测试用的水稻品种（系）种子催芽后分别播在塑料盆内，每品种设 3 次重复，作随机排列，另设感虫对照品种 TN1 和抗虫对照品种 RH。待种子萌发后第 4 天间苗，每行保留壮秧苗 10~15 株。当秧苗长至 3 片叶时，即接入 2~3 龄的褐稻虱若虫，平均每株苗接虫 5~7 头。当对照品种 TN1 受害达到 9 级时，开始对各品种进行评级，评级标准按国际水稻所统一规定的 0~9 级标准（表 1）。

1.3 田间试验设计

试验地设在江西省南昌县广福镇江西省农业科学院水稻研究所试验基地。试验基地四周为封闭环境，试验按照国家对转基因植物环境安全相关条例规定设置围墙和保护带。转 Bt 水稻 HH1 与其对照亲本 MH63 播种小区间隔交替排列，每个品种各设置 3 个重复，共计 6 个小区，每个小区面积为 200~300 m^2 不等，小区间间隔 0.5 m。

于 2013 年 5 月 18 日秧田湿润育秧，6 月 20 日移栽，秧苗定植尺寸行间距为 20 cm×20 cm。水稻插秧前不施基肥，移栽后第 7 天按 225 kg/hm^2 尿素和 262.5 kg/ hm^2 氯化钾与 1 800 g/hm^2 的苄·丁相混合撒施，用于对水稻追肥及防除大田杂草。除了在秧苗期施用吡虫啉防治稻蓟马一次以及在 9 月 2 日施用乐斯本和吡蚜酮的混配剂控制过一次褐飞虱的猖獗为害外，在水稻的其他生长过程中均未施用农药，以确保稻田中昆虫种群自然消长。其他的农事操作均同当地常规田。

表 **1** 水稻苗期对褐飞虱抗性鉴定评价标准

Table 1 Evaluation standard for *Nilaparvata lugens* resistance identification by using mass seedling screening test

抗性级别 Resistance grade	受害症状 Symptoms	抗性水平 Resistance description
0 级	未见危害	免疫（I）
1 级	受害轻微	高抗（HR）
3 级	多数植株第 1、2 叶部分变黄	抗（R）
5 级	植株明显发黄或约半数的植株枯萎或死亡	抗（MR）
7 级	半数以上植株枯萎或死亡、其它植株严重矮化或接近死亡	感（S）
9 级	全部植株死亡	高感（HS）

I- Immunity; HR - Highly resistant; R - Resistant; MR -Moderately resistant; S- Susceptible; HS- Highly susceptible. The same below.

1.4 田间害虫和天敌调查

非靶标害虫褐飞虱的大田调查始于 7 月 11 日，止于 9 月 30 日，每 15 d 调查一次，碰到下雨天时就适当提前或往后延迟。调查时采取五点取样法，在小区 4 个角及中部共 5 点，每点用盆拍法随机拍 2 丛，每丛水稻在基部连续拍 3 下，记录数据并转化为百丛虫量。在四角调查时每个样点均距离小区外缘 1 m 以上从而避免边缘效应。

天敌昆虫的大田调查时间、方法及频次等均和褐飞虱的调查方法一样。其中蜘蛛未细分至科，而是指调查到的所有蜘蛛混合种群的数量。

1.5 统计分析

用 Excel 和 DPS 数据统计软件对数据进行分析。数据分析前，对绝对值数据进行对数转换，对百分比数据进行反正弦平方根转化，以符合正态分布假设。

2 结果与分析

2.1 转 Bt 水稻抗褐飞虱鉴定结果

利用苗期集团法对转 Bt 水稻 HH1 及其亲本水稻 MH63 抗褐飞虱鉴定结果见表 2。由表 2 看出，HH1 和 MH63 两个水稻品种对褐飞虱的抗性表现均属于感虫级别。

表 **2** 水稻品种的苗期鉴定结果

Table 2 Resistance description of rice varieties against *Nilaparvata lugens*

水稻品种 Rice varieties	平均抗性 The mean resistance level	抗性等级 Resistance description
华恢 1 号 HH1	7.44	感（S）
明恢 63 MH63	7.89	感（S）
感虫对照 TN1	8.88	高感（HS）
抗虫对照 RH	0.28	高抗（HR）

2.2 转 Bt 水稻非靶标害虫褐飞虱种群发生动态

在江西南昌水稻褐飞虱若虫对水稻的危害主要发生在 8 月份，且其数量在 HH1 和 MH63

* 资助项目：转基因生物新品种培育科技重大专项（2012ZX08011002-002）；江西省科技厅科技支撑项目（农业领域）（20132BBF60007）

**通讯作者，E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期：2014-08-21，接受日期：2014-09-02

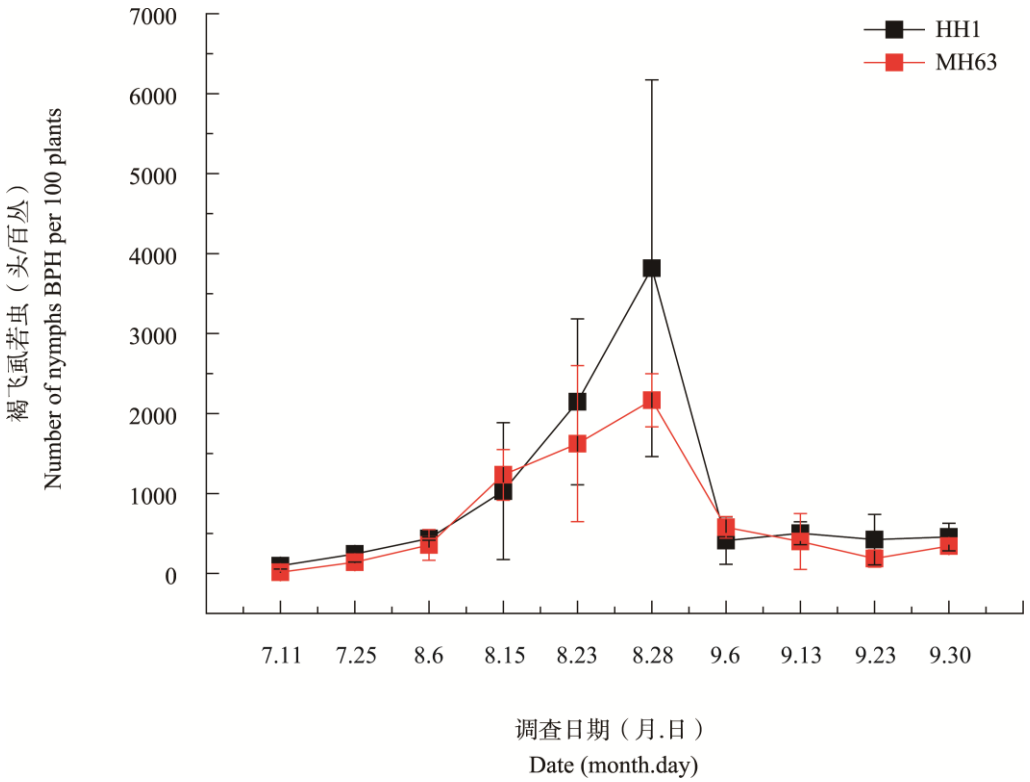
两个品种稻田中随时间的消长趋势基本一致(图1)。两类稻田中若虫数量先是缓慢上升，在8月6日以后开始突发性上升，均在8月28日时达到峰值，但由于在9月2日所有田块均施用过乐斯本和吡蚜酮的混配剂控制褐飞虱的猖獗为害，所以两种水稻上的褐飞虱若虫在9月6日调查时数量急剧下降，此后又开始平缓上升。整个调查时期内，除了8月15日和9月6日对照亲本MH63稻田褐飞虱若虫数量要高于转基因HH1稻田的外，其他时间转基因稻田褐飞虱若虫数量均略高于对照田，且于8月28日时相差最大，但仍未达到显著差异水平。从水稻的整个生育期来看，认为转Bt水稻HH1对褐飞虱若虫的发生不产生显著影响。

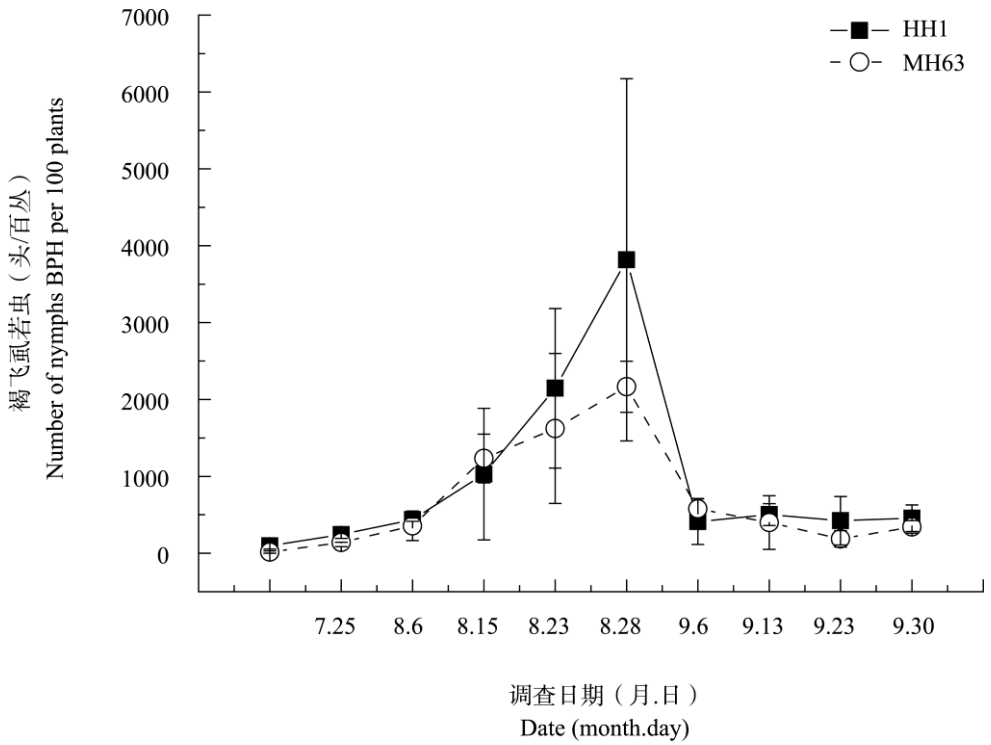
在2013年的田间调查期间，褐飞虱成虫种群动态在两类稻田中随时间变化趋势基本一致(图2)。两类稻田中褐飞虱成虫发生有两个高峰期，第1个高峰期出现在8月15日，另外一个在9月6日至13日左右，成虫的种群发生动态表现为上升-下降-上升-下降-缓慢上升的趋势。整个水稻生育期一共调查了10次，其中有5次HH1平均每百丛水稻上褐飞虱成虫数都相应多于MH63，但差异均不显著(P>0.05)。

由图3转Bt水稻HH1及其对照亲本MH63上褐飞虱种群发生动态可以看出，在南昌褐飞虱田间总虫量在2种水稻品种上的发生态势也基本一致，均是先缓慢上升，到了8月15日开始急剧上升，在8月28日时达到峰值，然后到了9月6日又急剧下降，从9月6日开始又平稳上升。除了8月15日与9月6日这2次调查HH1上的飞虱数量比MH63上的略低外，其他几次调查均为MH63上的虫量要多于HH1上的虫量。但在水稻的整个生育期内，各时期的褐飞虱总虫量均未产生显著差异。

2.3 对稻田蜘蛛种群动态的影响

HH1和MH63水稻上的蜘蛛种群种群动态完全一致(图4)，均表现为从7月11日第一次调查开始虫量大幅上升，于8月6日时达到第





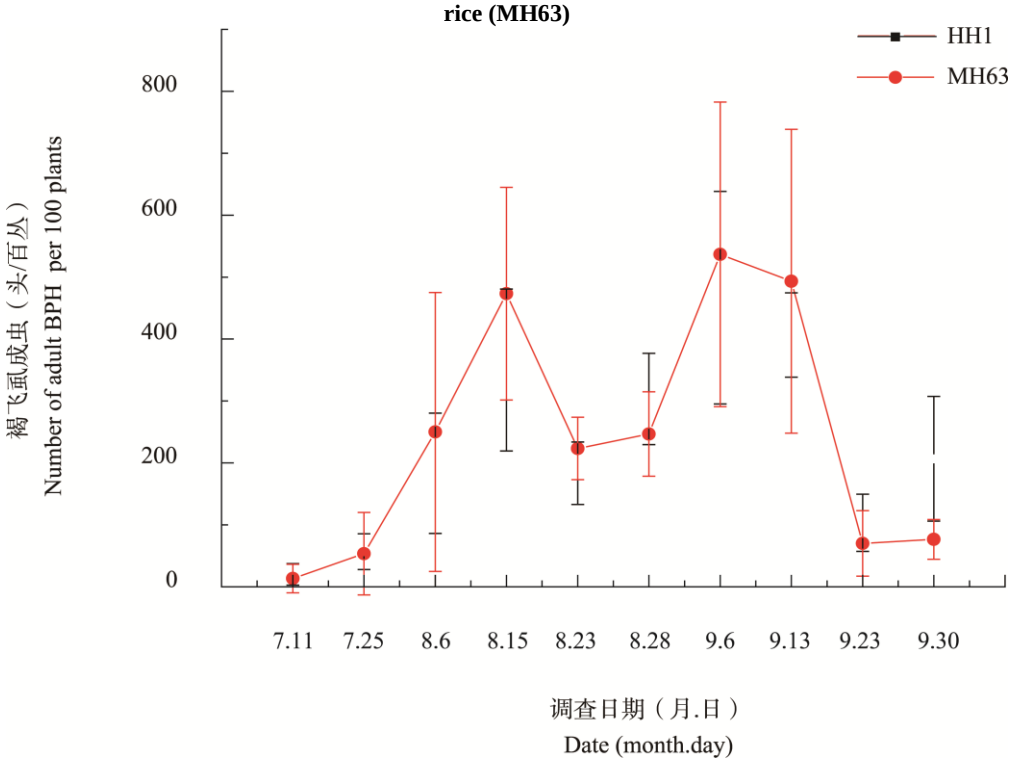
* 资助项目：转基因生物新品种培育科技重大专项（2012ZX08011002-002）；江西省科技厅科技支撑项目（农业领域）（20132BBF60007）

**通讯作者，E-mail: lyuyiong@163.com

收稿日期：2014-08-21，接受日期：2014-09-02

图 1　转 Bt 水稻 HH1 及其对照亲本 MH63 上褐飞虱若虫种群发生动态

Fig. 1　Occurrence dynamics of nymphs of *Nilaparvata lugens* (BPH) fed on transgenic Bt rice (HH1) and the parent line rice (MH63)



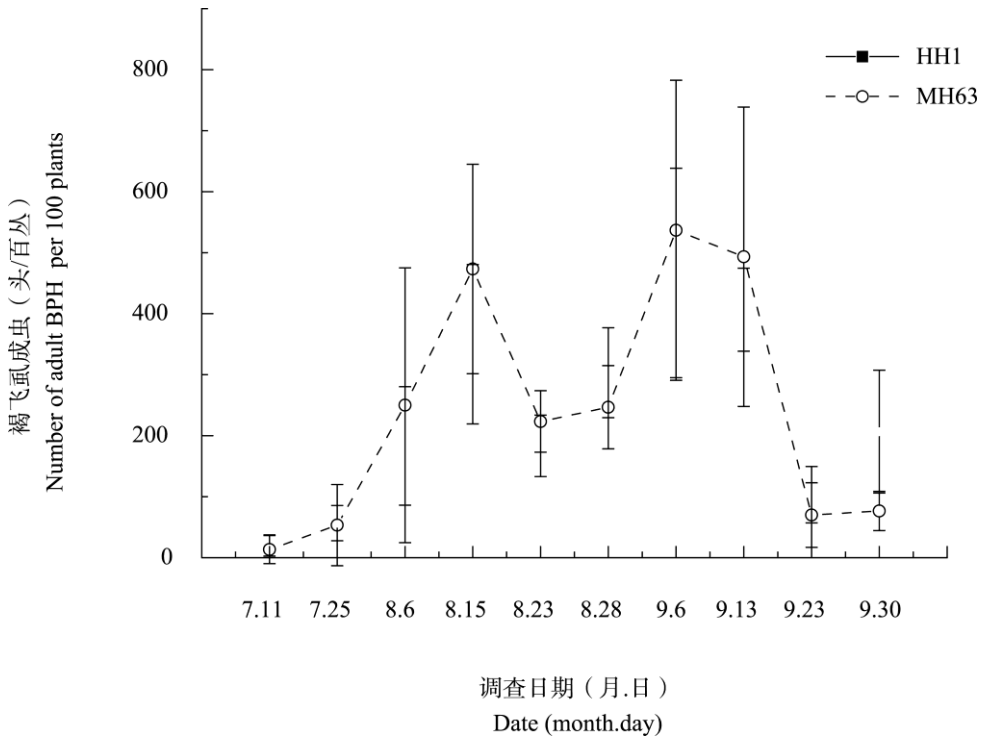
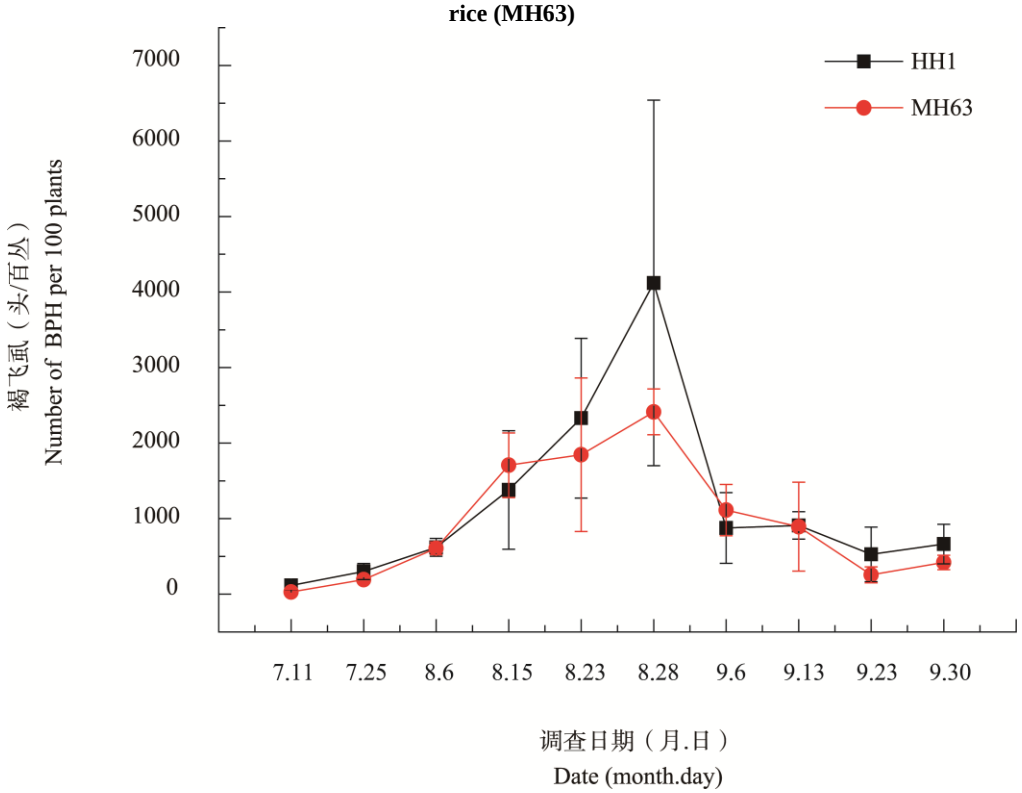


图 2　转 Bt 水稻 HH1 及其对照亲本 MH63 上褐飞虱成虫种群发生动态

Fig. 2　Occurrence dynamics of adult of *Nilaparvata lugens* (BPH) fed on transgenic Bt rice (HH1) and the parent line rice (MH63)



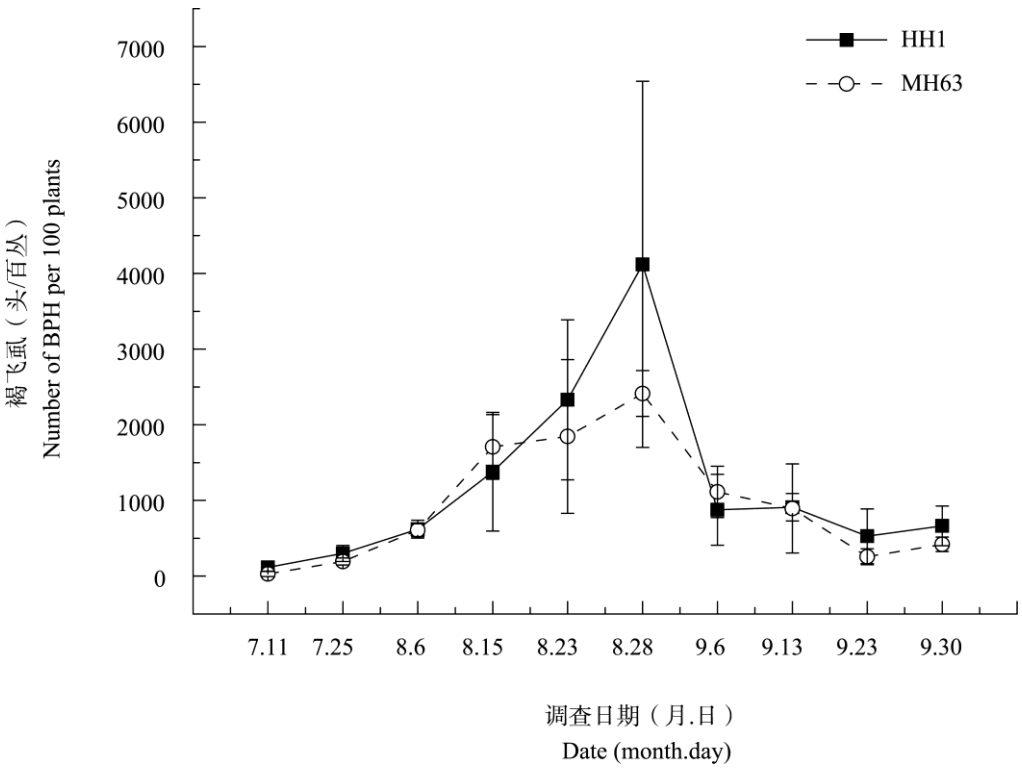
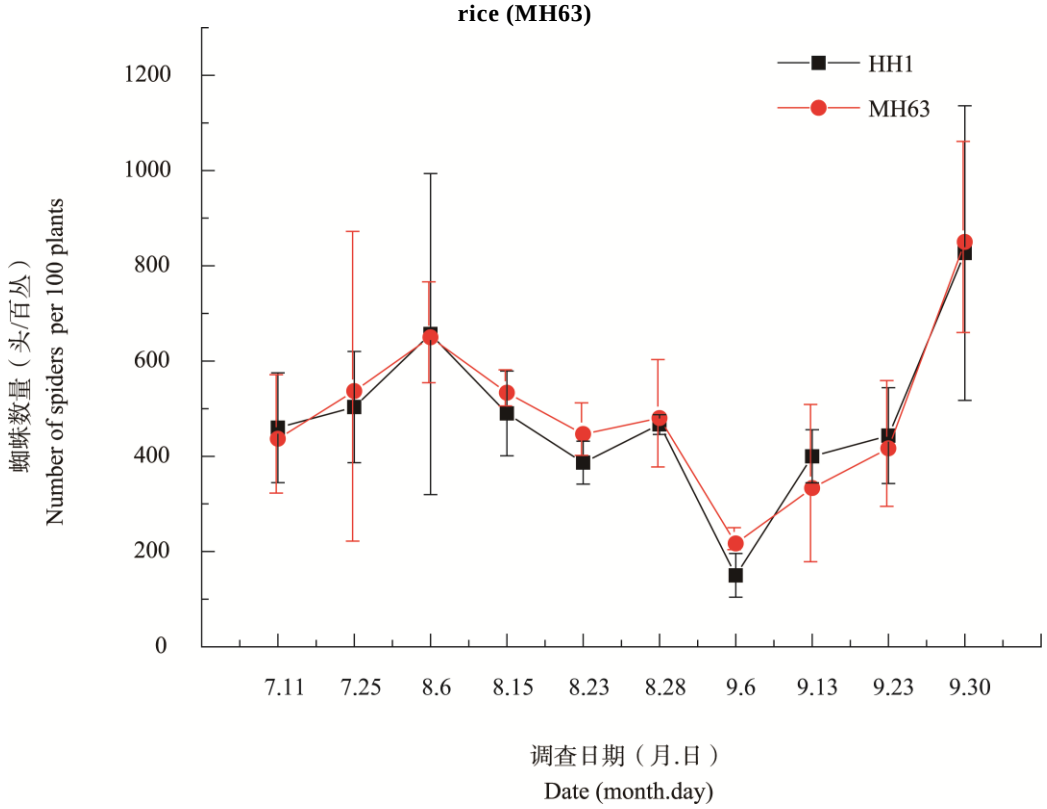


图 3 转 Bt 水稻 HH1 及其对照亲本 MH63 上褐飞虱种群发生动态

Fig. 3 Occurrence dynamics of *Nilaparvata lugens* (BPH) fed on transgenic Bt rice (HH1) and the parent line rice (MH63)



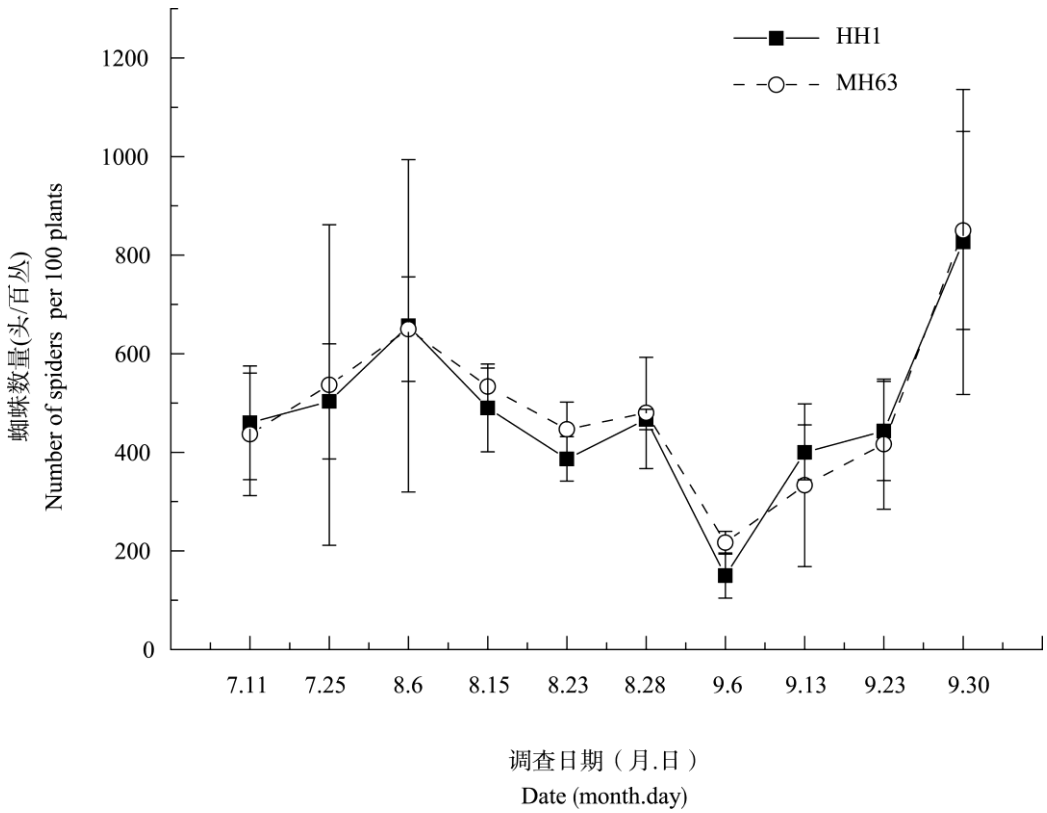


图 4　转 **Bt** 水稻 **HH1** 及其对照亲本 **MH63** 上蜘蛛种群发生动态

Fig. 4　Occurrence dynamics of spiders of transgenic Bt rice (HH1) and the parent line rice (MH63)

1 个小高峰，然后开始迅速下降，在 8 月 23 日时降到 1 个小谷底， 8 月 28 日短暂回升， 9 月 6 日由于受 9 月 2 日所有田块均施用的化学农药的影响而降到最低谷，此后又一路回升，于 9 月 30 日出现第 2 个高峰。在水稻的整个生育期内，各时期的蜘蛛混合种群数量差异均未达到显著水平。

2.4　对稻田蜘蛛种群动态的影响

转 Bt 水稻 HH1 及其对照亲本上的褐飞虱天敌黑肩绿盲蝽种群动态的影响见图 5。由图 5 可以看出，黑肩绿盲蝽在转 Bt 水稻 HH1 上的种群动态与在亲本水稻 MH63 上的大体一致。在 9 月 6 日之前的 7 次调查当中，除 8 月 23 日 HH1 上的黑肩绿盲蝽虫量要高于 MH63 上的虫量外，其他 6 次 HH1 上的虫量均低于 MH63 上的虫量。在 9 月 6 日以后，HH1 上的虫量又都要高于 MH63 上的。但整个水稻生长期间 2 种水稻材料上的黑肩绿盲蝽数量差异均不显著。

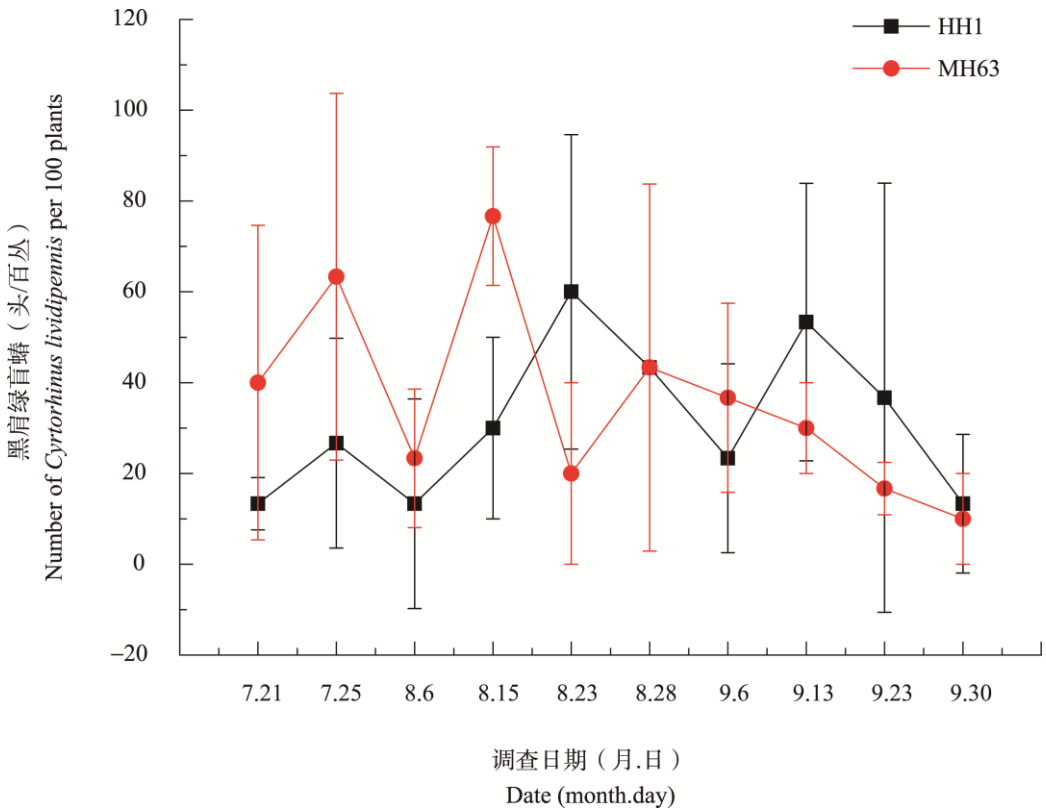
3　讨论

转 Bt 水稻对非靶标生物的影响一直是研究的热点。傅强等（2003）发现转基因水稻品种 MSA 和 MSB 对褐飞虱的生长发育以及寄主选择无明显影响，但对白背飞虱羽化成虫鲜重以及短翅率存在明显不利影响，其寄主选择也趋向转 Bt 基因水稻。刘志诚等（2002）报道转 Bt 稻田中非靶标害虫飞虱和叶蝉类的优势度及发生量在绝大多数时期和非转 Bt 水稻上的无显著差异，但同时认为非靶标害虫优势度高于靶标害虫优势度，从而导致整体群落参数、各功能团优势度与非 Bt 的无显著差异。隋贺等（2011）从发生规律及致害力差异的角度研究表明，转 Bt 水稻及对照亲本上白背飞虱若虫、成虫及整个种群的发生动态差异不显著，且转 Bt 水稻对长翅型和短翅型成虫的种群发生影响也不显著；在白背飞虱发生高峰期，转 Bt 水稻上若虫及短翅型成虫发生量均明显高于对照亲本。本文田间试验结果发现，转 Bt 水稻 HH1 上褐飞虱混合种群的数量通常与亲本对照 MH63 没有显著差异，但在少数调查时间发现 Bt 水稻上褐飞虱数量高于 MH63。这表明转 Bt 基因水稻对刺吸类害虫褐飞虱没有负面影响，而且在一定程度上还有利于稻飞虱的生存和繁殖。这与先前的研究报道基本一致（唐健等，2000；崔旭红等，2002；焦晓国等，2006）。

许多研究表明，转 Bt 基因作物对天敌直接影响较小，但由于转 Bt 稻田鳞翅目害虫减少，稻田生态系统中的一些天敌因为食物种类和数量的减少而减少，而另一些以刺吸性害虫为食的天敌则可能因为刺吸性害虫的猖撅而增多（刘志诚等，2002）。蜘蛛作为稻田生态系统中一类重要天敌，能对害虫起很好的控制作用，而黑肩绿盲蝽也是水稻种植区稻飞虱和叶蝉类害虫卵和低龄若虫的重要捕食性天敌，本文调查结果表明，转 Bt 基因 HH1 稻田蜘蛛混合种群的发生趋势完全一样，数量差异不显著；而黑肩绿盲蝽在 2 种类型田块中种群动态虽然略有不同，但数量上也无显著差异，这说明转 Bt 水稻种植对这 2 类重要的捕食性天敌没有明显的负面作用。

虽然从群落参数的时间动态分析，转基因水稻 HH1 对褐飞虱、蜘蛛和黑肩绿盲蝽的种群动态有一定程度的影响，其中对黑肩绿盲蝽的影响的时间与强度稍有差异，但整个水稻生育期的试验结果显示，与亲本对照水稻 MH63 相比，转基因抗虫水稻 HH1 对上述 3 种非靶标昆虫均无显著差异。不过，在进行转 Bt 基因水稻非靶标害

虫治理过程中，利用天敌来防控稻飞虱类刺吸性害虫，在稻飞虱发生程度较轻时能很好达到防控目的，但当稻飞虱超过防治指标时，单纯的依靠天敌来控制害虫的种群密度就显得有点力不从心。我们在连续 2 年的田间调查时发现，尽管 HH1 田二化螟和稻纵卷叶螟等靶标害虫得到了很好的控制，但当褐飞虱成为优势害虫后在水稻生长后期经常会大发生，影响转基因水稻生产。因此，在转基因水稻田害虫治理过程中，有必要在保护蜘蛛、黑肩绿盲蝽等天敌的同时，配合喷施一些对稻飞虱高效而对天敌低毒的生物农药或化学农药，并在田埂种植芝麻大豆等作物当作天敌昆虫的庇护所，最大程度利用和发挥天敌的控害功能。



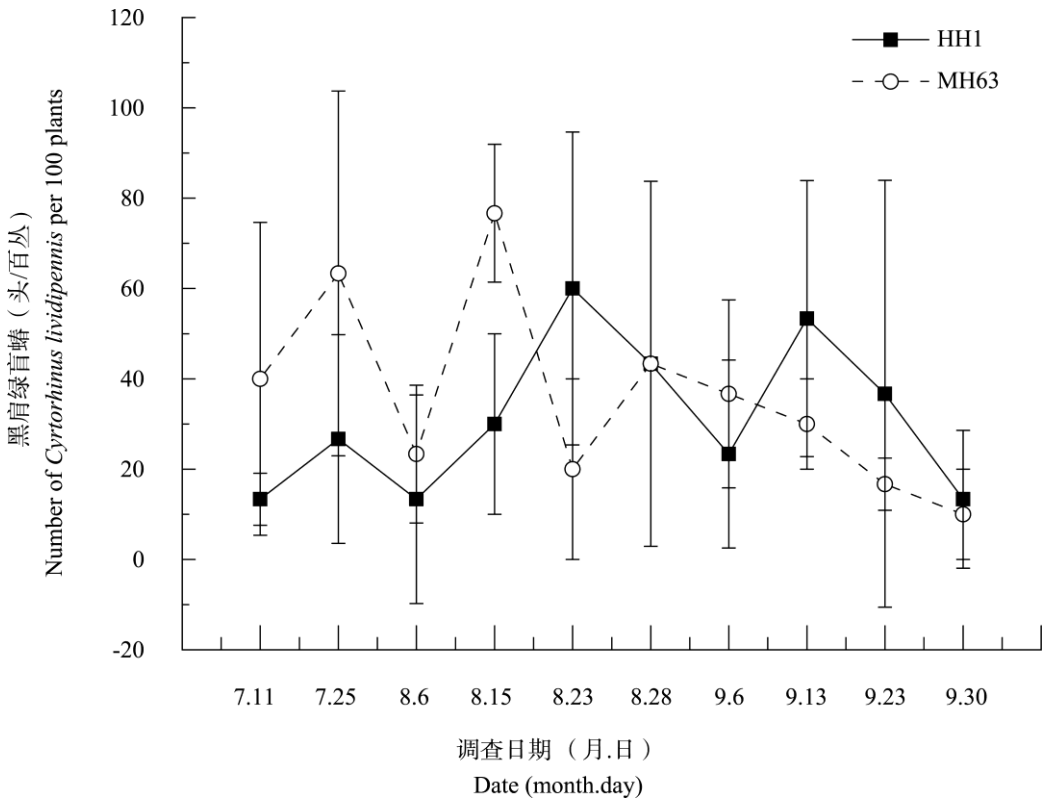


图 5　转 Bt 水稻 HH1 及其对照亲本 MH63 上黑肩绿盲蝽种群发生动态

Fig. 5　Occurrence dynamics of *Cyrtorhinus lividipennis* of transgenic Bt (HH1) and the parent line rice (MH63)

参考文献 (References)

Toriyama K, ArimotoaY, Uchimiyaa U, Hinata K, 1988 . Transgenic rice plants after direct gene transfer into protoplasts. *Nature Biotechnology*, 6(9): 1072–1074 .

Zhang HM, Yang H, Rech EL, 1988 . Transgenie rice Plants Produced by electroporation-mediated Plasmid uptake into protoplasts. *Plant Cell Reports*, 7(6): 379–384 .

Zhang W, Wu R, 1988 . Efficient regeneration of transgenic plants from rice protoplasts and correctly regulated expression of the foreign gene in the plants. *Theoretical and Applied Geneties*, 76(6): 835–840 .

傅强, 王峰, 李东虎, 姚青, 赖凤香, 张志涛, 2003. 转基因抗虫水稻 MSA 和 MSB 对非靶标害虫褐飞虱和白背飞虱的影响. 昆虫学报, 46(6): 697–704. [FU Q, WANG F, LI DH, YAO Q, LAI FX, ZHANG ZT, 2003. Effects of insect-resistant transgenic rice lines MSA and MSB on non-target pests *Nilaparvata lugens* and *Sogatella fucifera*. *Acta Entomologica Sinica*, 46(6): 697–704.]

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 .]

崔旭红, 焦晓国, 张国安, 涂巨民, 徐才国, 2002. 转 Bt 基因水稻对稻飞虱及蜘蛛种群数量的影响. 华中农业大学学报, 21(4): 356–358. [CUI XH, JIAO XG, ZHANG GA, TU JM, XU CG, 2002. Effect of Bt transgenic rice to leafhoppers and spiders in field. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 21(4): 356–358.]

刘光杰, 付志红, 沈君辉, 张亚辉, 2002. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究. 中国水稻科学, 16(1): 52–56. [LIU GJ, FU ZH, SHEN JH, ZHANG YF, 2002. Comparative study on evaluation methods for resistance to rice planthoppers (Homoptera: Delphacidae) in rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 16(1): 52-56.]

刘志诚, 叶恭银, 胡萃, Swapan KD, 2002 . 转 Bt 基因水稻对主要非靶标害虫和蜘蛛优势种田间种群动态的影响 . 植物保护学报, 9(2): 138–144. [LIU ZC, YE GY, HU C, SWAPAN KD, 2002. Effects of Bt transgenic rice on population dynamics of main non-target insect pests and dominant spider species in rice paddies. *Journal of Plant Protection*, 9(2): 138-144]

隋贺, 李志毅, 徐艳博, 韩超, 韩兰芝, 陈法军, 2011. 广西兴安转 Bt 水稻大田两迁害虫发生动态. 应用生态学报, 22(11): 3021–3025. [SUI H, LI ZY, XU YB, HAN C, HAN LZ, CHEN FJ, 2011. Occurrence dynamics of migratory pest insects *Cnaphalocrocis medinalis* and *Sogatella furcifera* in transgenic Bt rice field in Xing'an County of Guangxi Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(11): 3021–3025.]

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.]

王艳青, 2006 . 近年来中国水稻病虫害发生及趋势分析. 中国农学通报, 22(2): 343–347. [WANG YQ, 2006. Analysis on the occurrence and development of rice diseases and insects in China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22(2): 343–347.]