



## 大螟人工饲养技术的初步研究<sup>\*</sup>

韩超<sup>1,2</sup> 彭于发<sup>2</sup> 侯茂林<sup>2</sup> 陈法军<sup>1</sup> 翟保平<sup>1</sup> 韩兰芝<sup>2\*\*</sup>

(1. 南京农业大学昆虫学系 南京 210095; 2. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物  
学国家重点实验室 北京 100193)

**摘 要** 利用大豆粉、玉米粉、麦胚和鲜茭白等成分配制了大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 的半合成人工饲料, 利用该饲料配方, 发展了大螟的长期、继代饲养技术, 即初孵—2 日龄幼虫在茭白上饲养, 3 日龄—化蛹在人工饲料上饲养。利用该方法连续饲养大螟 3 代, 幼虫的发育历期、蛹重、幼虫存活率、化蛹率、羽化率、卵孵化率和单雌产卵量等生活史参数与在天然饲料茭白上饲养的大螟相比, 二者没有任何显著差异。而且利用该方法饲养, 成本低、省工省力, 能显著减少病原菌的感染。这说明该饲养技术适于大螟种群的长期、继代饲养。

**关键词** 大螟, 人工饲料, 饲养技术

## A preliminary study on artificial rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens*

HAN Chao<sup>1,2</sup> PENG Yu-Fa<sup>2</sup> HOU Mao-Lin<sup>2</sup> CHEN Fa-Jun<sup>1</sup> ZHAI Bao-Ping<sup>1</sup> HAN Lan-Zhi<sup>2\*\*</sup>

(1. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. The State Key Laboratory  
for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy  
of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract** An artificial diet for rearing the pink stem borer, *Sesamia inferens* (Walker), was formulated with soybean powder, corn powder, wheat germ powder and freshwater bamboo as the major components. A rearing technique for the mass and repeated production of *S. inferens* was developed using freshwater bamboo (a natural food source) for young larvae (neonates to 2nd instar) and the artificial diet for older larvae (3rd instar and above). The performance of *S. inferens* reared on this fresh water bamboo/artificial diet regimen was evaluated over 3 consecutive generations by comparison with individuals fed only on freshwater bamboo for an entire generation. The fitness indicators of larval duration, pupal weight, larval survival rate, pupation rate, eclosion rate and number of eggs laid per female were similar between these two diet regimens. However, the fresh water bamboo/artificial diet combination reduced costs by saving a considerable amount of labor and time, and by significantly reducing the rate of insecticidal pathogen contaminations. The new diet and rearing technique are suitable for mass and repeated production of the pink stem borer.

**Key words** *Sesamia inferens*, artificial diet, rearing technique

大螟 *Sesamia inferens* (Walker), 属鳞翅目夜蛾科, 是水稻上的重要害虫之一, 也是茭白、玉米、荸荠和甘蔗等经济作物上的重要害虫。20 世纪 90 年代以来, 随杂交稻面积的推广, 以及大量高毒化学农药的误用和滥用, 大螟在局部地区危害逐年加重, 对当前的水稻生产造成严重威胁 (傅强和

黄世文, 2005; 黄诚华等, 2005)。为了改变单一使用化学农药防治的现状, 转基因抗虫水稻的应用成为防治螟虫的新策略。但田间调查发现, 转 Bt 基因水稻后期残存螟虫中, 大螟所占比例较高, 这给转基因抗虫水稻的可持续应用和大螟的抗性治理带来一定的问题 (高玉林等, 2006; 韩兰芝等,

<sup>\*</sup> 资助项目: 转基因生物新品种培育科技重大专项 (2009ZX08011-007B、2008ZX08011-001A) 和国家“973”计划项目 (2007CB109204)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者, E-mail: lzhan@ippcaas.cn

收稿日期: 2011-01-06, 接受日期: 2011-03-21

2009)。因此,大螟的研究受到广泛关注。在化学和生物农药制剂的筛选及标准化测定、转基因抗虫水稻的抗虫性测定和抗性机制研究中均需要大批量、发育一致的大螟幼虫供试。目前,大螟的饲养主要依靠水稻苗、茭白或玉米等天然饲料,由于天然饲料受生长季节限制且易腐烂变质,试虫容易感染病原菌,难以实现大螟的大规模、长期、继代饲养。因此研制大螟人工饲料及其关键饲养技术,实现试虫的大规模、长期、继代饲养已成为大螟防控技术研究的重要内容。

20 世纪 60 年代以来,国内外已相继开展大螟的人工饲养技术研究。Chatterji 等(1969)发明了麦胚半合成人工饲料。用该饲料饲养大螟 3 代,每代约有 60% 的幼虫存活,完成一个世代发育约需 115 d。随后,Qureshi 等(1971)发明了稻茎粉半合成人工饲料。用稻茎粉饲料饲养的大螟世代历期为 42 ~ 67 d,蛹重 0.1369 g,大约有 50% 的个体从初孵幼虫发育到成虫,成虫单雌产卵量 194 ~ 700 粒,幼虫期 25 ~ 40 d,蛹期 8 ~ 11 d,卵孵化率为 60.3%。Siddiqui 等(1983)研制了玉米粉 + 绿豆粉 + 玉米叶干粉等半合成人工饲料,并于 1993 年又对该饲料配方及饲养方法进行了优化(Senthilkumar and Siddiqui, 1993)。用该优化配方饲料饲养的大螟世代历期为 40.8 d,蛹重 0.1369 g,约有 60% 的幼虫存活,单雌产卵量约 322.3 粒,卵孵化率为 60.3%。刘卓荣(2007)利用正交试验设计的方法研究了饲料中不同营养成分对大螟生长、发育和繁殖的影响。先后通过 5 批次正交试验,对 144 个饲料进行筛选,初步获得

了优化的大螟人工饲料配方。饲养结果表明,该饲料饲养效果虽有明显改善,幼虫化蛹率可达 40.9%,但与茭白等天然寄主相比,还有待进一步优化。

综上所述,上述研究确实在某种程度上解决了研究工作中对大螟标准虫源需求的难题,但仍不能实现试虫的高质量、大批量、周年、继代饲养。基于此,作者在前人研究的基础上对人工饲料配方继续进行优化,根据大螟在天然寄主上的取食、存活和发育情况,研制出了幼虫低龄期在天然寄主茭白上饲养,高龄幼虫在人工饲料上饲养的继代饲养技术,用该方法连续饲养大螟 3 代,并取得较好的饲养效果,现将研究结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

供试大螟采集自江苏省农科院水稻试验田,在室内用茭白饲养至化蛹,成虫羽化后转移至移栽有分蘖期水稻苗的交配笼中,待其产卵,并饲以 10% 的蜂蜜水供其取食。产卵后,将产有卵的叶鞘剪下,浸入 10% 的甲醛溶液中消毒,然后将带卵的叶鞘置于铺有湿滤纸的玻璃培养皿(直径 9 cm)内进行保湿并待其孵化,幼虫孵化后供试。幼虫的饲养条件保持在  $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,光周期 L:D=16:8, RH 60% ~ 70%,成虫交配产卵时相对湿度应保持在 85% ~ 90%,温度及光照条件同幼虫。

### 1.2 大螟人工饲料各组分含量

人工饲料和复合维生素 B 各成分含量见表 1,2,本文以配制 1 000 g 人工饲料为例。

表 1 大螟人工饲料各组分含量

Table 1 The composition of artificial diet for rearing of *Sesamia inferens*

| 饲料组分 Components        | 重量 Quantity (g) | 饲料组分 Components                  | 重量 Quantity (g) |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| 组分 A Part A            |                 | 组分 C Part C                      |                 |
| 大豆粉 Soybean powder     | 30              | 威式盐 Wesson's salt                | 1.3             |
| 玉米粉 Corn powder        | 15              | 复合维生素 B Vitamin B                | 0.5             |
| 鲜茭白 Fresh water bamboo | 140             | 维生素 E Vitamin E                  | 0.5             |
| 麦胚粉 Wheat germ powder  | 8               | 蜂蜜 Honey                         | 10              |
| 蔗糖 Sucrose             | 25              | 98.18% 的稻酮 98.18% Rice ketone    | 0.5             |
| 干酪素 Casein             | 13              | 山梨酸 Sorbic acid                  | 1.3             |
| 酵母 Yeast powder        | 20              | 尼泊金甲酯 Methyl parahydroxybenzoate | 1.3             |
| 蒸馏水 Distilled water    | 350             | 40% 的甲醛 (mL) 40% Formaldehyde    | 0.7             |
| 组分 B Part B            |                 | 氯化胆碱 Choline chloride            | 0.3             |
| 琼脂 Agar powder         | 16              | 胆固醇 Cholesterol                  | 0.25            |
| 蒸馏水 Distilled water    | 300             | 抗坏血酸 (Vc) Ascorbic acid          | 3.5             |
|                        |                 | 蒸馏水 Distilled water              | 63.35           |

表 2 复合维生素 B 各组分含量  
Table 2 The detailed composition of vitamin B in the artificial diet

| 成份<br>Ingredients                                      | 每 1 千克饲料含量 (mg)<br>Quantity in 1 000 g artificial diet (mg) |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 烟酰胺 (V <sub>BPP</sub> ) Nicotinamide                   | 152                                                         |
| 盐酸硫胺素 (V <sub>B1</sub> ) Thiamine hydrochloride        | 38                                                          |
| 核黄素 (V <sub>B2</sub> ) Riboflavin                      | 76                                                          |
| 盐酸吡哆醇 (V <sub>B6</sub> ) Pyridoxine hydrochloride      | 38                                                          |
| 氰钴胺素 (V <sub>B12</sub> ) Cyanocobalamin                | 1                                                           |
| 叶酸 (V <sub>B10</sub> ) Folic acid                      | 38                                                          |
| 泛酸钙 (V <sub>B5</sub> ) D-Pantothenic acid calcium salt | 152                                                         |
| 生物素 (V <sub>B7</sub> ) D-(+)-Biotin                    | 4                                                           |
| 合计                                                     | 500                                                         |

### 1.3 大螟人工饲料的配制方法

大螟人工饲料的配制方法按以下步骤进行。(1)根据表 1 和表 2 中人工饲料各成分的含量,分别称取各种饲料成分,放入各自编号的容器中;(2)将新鲜的茭白切碎,并加入 350 mL 水,放入搅拌机中进行研磨、匀浆,匀浆后,将其倒入盛有大豆粉、玉米粉、麦胚粉、酵母粉、干酪素和蔗糖的灭菌桶中,将上述 6 种组分充分搅拌均匀后,置于手提式高压蒸汽灭菌锅中,于 125 ℃ 下灭菌 30 min,灭菌完毕后,取出待用作为 A 组分;(3)称好的琼脂中加入 313.35 mL 水,加热并煮至沸腾,待完全溶解后,将其倒入 A 组分中,用力搅拌均匀,并冷却至 60 ℃ 左右备用,作为 B 组分;(4)将称好的抗坏血酸、胆固醇、氯化胆碱、威氏盐、复合维生素 B、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯和维生素 E 放入烧杯中,用 50 mL 温开水溶解,然后将其倒入 B 组分中,再分别依次加入蜂蜜、40% 的甲醛和 98.18% 的稻酮,搅拌直至完全均匀;(5)将搅拌好的饲料倒入保鲜盒中,完全冷却凝固后存放于 4 ℃ 冰箱中备用。

### 1.4 大螟人工饲养方法

大螟的大规模、长期、继代饲养方法按以下步骤进行。(1)初孵—2 龄幼虫:从市场上购买新鲜的茭白,洗净,并置于室温下控干水分。待幼虫初孵后,用壁纸刀在每个茭白上划一条很深的缝隙,将在水稻叶鞘内孵化的幼虫连同叶鞘一同放入茭

白的缝隙内。接完虫后,将接虫的茭白置于铺有滤纸的已灭菌的 1 000 mL 烧杯内饲养。每烧杯内放 3~4 段 (10 cm 左右) 新鲜茭白,接虫数大约 100 头左右。为防幼虫逃逸,烧杯口要用黑布封住。然后将接虫的烧杯置于有下光源的养虫架上饲养。养虫室内的环境条件保持在温度 (27 ± 1) ℃,相对湿度 60%~70%,光照时间 L:D=16:8;大约 5~6 d 后,幼虫发育到 2 龄末或 3 龄初,大部分茭白已开始腐烂,这时候需要将幼虫转移至人工饲料上;(2)3 龄幼虫—化蛹:将所述人工饲料切成条状,放入消毒后的平底玻璃管中 (直径 2.5 cm,高 7.0 cm),然后每管放入 3 龄幼虫 1~2 头 (不能超过 2 头),并在管口塞上消毒的棉塞,将其置于有下光源的养虫架上饲养,直至化蛹,室内饲养条件同步骤 (1);(3)蛹—成虫:将大螟蛹从玻璃管中检出,辨别雌雄后,分别放入带盖的塑料盒中,置于养虫室内饲养,直至成虫羽化,室内饲养条件同步骤 (1);(4)成虫—卵:将羽化后的成虫配对放入移栽有分蘖期水稻苗的产卵笼中进行交配、产卵,并饲以 10% 的蜂蜜水补充营养,每隔 2~3 d 检查成虫的产卵情况并及时更换新鲜的水稻苗。产卵笼置于养虫室内的交配室中,交配室的环境条件为:温度 (27 ± 1) ℃,相对湿度 85%~90%,光照时间 L:D=16:8;(5)卵—初孵幼虫:将产有大螟卵的叶鞘取下,放入培养皿中,将带卵的培养皿放入干燥器内的陶瓷架上,干燥器内的陶瓷架下方放有 40% 的甲醛,将干燥器上方的盖子盖好,进行熏蒸消毒,熏蒸 40 min,将盛有卵的培养皿取出,并放在通风的地方通风 1 h 后,将带有卵的叶鞘放入铺有湿滤纸的玻璃培养皿 (直径 9 cm) 中,并在上面再盖一层湿滤纸用于保湿,然后置于步骤 (1) 中相同环境条件下的养虫室内直至孵化。幼虫孵化后,继续按上述步骤 (1)、(2)、(3)、(4)、(5) 循环操作继代饲养,直至饲养结束。饲养过程中需注意:必须严格保持养虫室内、养虫架及各种饲养器具及工具的消毒,做到无菌操作,严防昆虫病原菌的传播与蔓延。

### 1.5 茭白 + 人工饲料连续 3 代的饲养效果观察

以 1.1 的虫源为供试虫源,按照 1.2 和 1.3 的方法配制人工饲料,按照 1.4 的方法对供试虫源进行继代饲养,连续饲养 3 代,同时以整个世代在茭白上饲养为对照。每处理 4 次重复,每次重复

的供试幼虫为 200 头,每代饲养过程中均记录幼虫的发育历期、存活率、化蛹率、羽化率、蛹重、产卵量及卵孵化率。

1.6 数据处理与分析

采用 Excel 对数据进行初步分析,采用 SAS 6.12 软件对所得数据进行方差分析和显著性测验。

2 结果与分析

大螟继代饲养效果见表 3。用茭白 + 人工饲料的方法连续饲养大螟 3 代,其平均幼虫历期为 24.8 d,平均蛹重达 114.1 mg,平均幼虫存活率为

76.6%,平均化蛹率为 87.7%,羽化率为 91.3%,卵孵化率为 88.8%,单雌产卵量为 101.9 粒。连续饲养 3 代的结果表明,采用茭白 + 人工饲料的方法饲养与用天然饲料茭白相比,大螟的各种生活史参数,如幼虫历期、蛹重、幼虫存活率、化蛹率、羽化率、卵孵化率和单雌产卵量没有任何显著差异。这说明该人工饲料与天然饲料茭白的饲养效果相当。而且使用茭白 + 人工饲料的方法饲养,成本低、省工省力,且能显著减少病原菌对大螟幼虫的感染,从而实现试虫的大批量、长期、继代饲养。

表 3 用茭白 + 人工饲料和茭白连续饲养大螟 3 代的效果比对 (mean ± SE)

Table 3 Comparative performance of *Sesamia inferens* reared on fresh water bamboo plus artificial diet and fresh water bamboo in three successive generations (mean ± SE)

| 适合度指标<br>Fitness parameter                   | 代次<br>Generation | 茭白 + 人工饲料<br>Fresh water bamboo plus artificial diet | 鲜茭白<br>Fresh water bamboo |
|----------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|
| 幼虫历期(d)<br>Larval stage (d)                  | F1               | 24.8 ± 1.1 a                                         | 24.5 ± 1.1 a              |
|                                              | F2               | 25.3 ± 0.7 a                                         | 24.3 ± 0.6 a              |
|                                              | F3               | 24.4 ± 0.5 a                                         | 24.4 ± 0.5 a              |
| 蛹重 (mg)<br>Pupal weight (mg)                 | F1               | 103.7 ± 1.8 a                                        | 105.2 ± 2.1 a             |
|                                              | F2               | 121.1 ± 3.1b                                         | 137.9 ± 5.2 a             |
|                                              | F3               | 117.6 ± 2.3 a                                        | 121.1 ± 3.7 a             |
| 幼虫存活率 (%)<br>Larvae survival rate (%)        | F1               | 76.7 ± 1.7 a                                         | 78.0 ± 1.8 a              |
|                                              | F2               | 75.6 ± 2.2 a                                         | 79.5 ± 1.0 a              |
|                                              | F3               | 77.8 ± 2.0 a                                         | 83.3 ± 5.0 a              |
| 化蛹率 (%)<br>Pupation rate (%)                 | F1               | 82.5 ± 2.4 a                                         | 85.0 ± 2.6 a              |
|                                              | F2               | 88.9 ± 1.3 a                                         | 87.7 ± 3.11 a             |
|                                              | F3               | 91.5 ± 2.2 a                                         | 88.0 ± 0.6 a              |
| 羽化率 (%)<br>Eclosion rate (%)                 | F1               | 90.9 ± 1.9 a                                         | 91.3 ± 2.5 a              |
|                                              | F2               | 90.8 ± 1.3 a                                         | 88.8 ± 3.1 a              |
|                                              | F3               | 92.0 ± 2.0 a                                         | 90.3 ± 1.3 a              |
| 卵孵化率 (%)<br>Egg hatching rate (%)            | F1               | 91.2 ± 2.6 a                                         | 89.7 ± 2.7 a              |
|                                              | F2               | 89.1 ± 1.8 a                                         | 91.4 ± 2.5 a              |
|                                              | F3               | 86.2 ± 2.6 a                                         | 91.9 ± 1.1 a              |
| 成虫产卵量(粒/♀)<br>Adult oviposition (No./female) | F1               | 95.3 ± 21.2 a                                        | 104.3 ± 11.8 a            |
|                                              | F2               | 107.4 ± 13.1 a                                       | 115.6 ± 12.0 a            |
|                                              | F3               | 101.1 ± 10.9 a                                       | 109.7 ± 14.6 a            |

注:同一行数据后有相同字母表示经 Student's *t*-test 检验后,二者差异不显著 ( $P \geq 0.05$ )。

Data in the same row followed by the same letters indicate no significant difference (LSD test,  $P \geq 0.05$ ).

3 讨论

以前所报道的大螟人工饲料配方存在的主要问题是:(1)成分过于单一,不能满足大螟完成整

个世代发育所需的营养物质。幼虫取食饲料后发育迟缓,有的幼虫历期竟达 115 d;(2)饲料中缺乏大螟生长、发育和繁殖所需要的关键营养因子。有的饲料配方虽然很复杂,配制环节也很繁琐,但

没有找到适合大螟生长、发育和繁殖所需要的关键营养因子,致使大螟的饲养效果仍然很低;(3)幼虫和卵的存活率偏低如用报道中饲料饲喂大螟,第1代幼虫的存活率基本保持在60%以上,但3代以后,其存活率显著下降,有的仅为3%~40%。以前所报道饲料的一个共同点为卵的存活率均偏低,第1代饲养卵的存活率仅有60%左右,随着饲养代次的增加,存活率更低。因此,提高幼虫和卵的存活率是解决大螟饲养的关键环节。而本研究所研制的人工饲料配方中不但含有天然寄主茭白,而且还加入了天然寄主水稻的提取物稻酮,能满足大螟生长发育过程中所需的叶因子,不仅可为整个世代或跨世代幼虫的生长、发育提高营养物质,而且在一定程度上能显著提高幼虫存活率、化蛹率和羽化率。该饲料中还增加了蔗糖、蜂蜜的含量,饲料的口感好,大螟幼虫喜欢取食。

另外,该饲料的原材料均为常见的营养物质,来源充足,易于获取;饲料制作工艺简便,成本较低(1.0元/100g),储藏方便,保质期较长(2个月以上);采用茭白+人工饲料的方法饲养,幼虫一个世代只需更换一次饲料,即从茭白转移到人工饲料上一直饲养至化蛹,中间无需更换饲料。该饲养方法工作量小,大大节省了人力、物力。因此,用该饲料饲养,成本低、比较经济、合算,实用性强。由于茭白易腐烂、变质,大螟整个世代在茭白上饲养很容易受病原菌感染,一旦感染,整个种群就会全军覆没,因此继代饲养存在很大困难。而天然寄主转人工饲料饲养缩短了大螟在茭白上的时间,也就减少了大螟感染病原菌的机会,使大螟的继代饲养成为现实。而且完全用天然饲料饲养大螟需要大量稻茎和茭白,而由于生长季节变化,无法提供大批量天然寄主,致使饲养量受限,而天然寄主茭白转人工饲料饲养,只需少量茭白就可完成世代发育,大大减少了茭白的使用量。因此,后期人工饲料饲养克服了以往因季节变化,尤其是冬季和早春季节天然饲料短缺导致大螟无法全年饲养的难题,可实现标准虫源的大批量、长期饲养。

虽然大螟的人工饲养已取得巨大进展,但不否认仍存在诸多问题:(1)初孵幼虫的存活率仍需提高;(2)饲养过程中仍需用到天然饲料茭白,饲料来源在一定程度上仍受季节限制;(3)从茭白转移到人工饲料上,试虫需要一定的时间来适应

寄主的转换,这可能会对幼虫的生长造成一定影响。本研究仅进行了3代继代饲养,那么进行多代饲养后,饲养效果又如何?是否会出现种群退化的现象?试验过程中发现,如果整个世代均在人工饲料上饲养,初孵幼虫存活率偏低,大约只有50%。那么如何实现整个幼虫期均在人工饲料上饲养,且保持高的存活率?这些问题仍需我们进一步研究。将来进一步的研究应集中在如何优化人工饲料配方,提高初孵幼虫的存活率,使整个幼虫期均能在人工饲料上完成,真正实现大螟的大批量、长期、继代饲养。

## 参考文献 (References)

- Chatterji SM, Sharma GC, Siddiqui KH, Panwar VPS, Young WR, 1969. Laboratory rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens* Walker, on artificial diets. *Indian J. Ent.*, 31(1):75—77.
- Qureshi ZA, Anwar M, Ashraf M, Chatha NU, Arif MD, 1971. Rearing, biology and sterilization of the pink rice borer, *Sesamia inferens* Walker// Fuyaka M (ed.). Symposium on Rice Insects. Japan: Ministry of Agriculture and Forestry. Tropical Agriculture Research Center. 75—79.
- Senthilkumar P, Siddiqui KH, 1993. Compounding artificial diets for rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens* (Walker). *J. Ent. Res.*, 17(2):81—90.
- Siddiqui KH, Sarup P, Matwaha KK, 1983. Formulation of artificial diets for mass rearing of the pink borer, *Sesamia inferens* (Walker), in the laboratory. *J. Ent. Res.*, 7(2):154—160.
- 傅强, 黄世文, 2005. 水稻病虫害诊断与防治原色图谱. 北京:金盾出版社. 80.
- 高玉林, 傅强, 王锋, 赖凤香, 罗举, 彭于发, 张志涛, 2006. 转 *cry1Ac* 和 *CpTI* 双基因抗虫水稻对二化螟和大螟的致死效应及田间螟虫构成的影响. *中国水稻科学*, 20(5):543—548.
- 韩兰芝, 侯茂林, 吴孔明, 彭于发, 王锋, 2009. 转 *cry1Ac* + *CpTI* 基因水稻对大螟的致死和亚致死效应. *中国农业科学*, 42(2):523—531.
- 黄诚华, 姚洪渭, 叶恭银, 蒋学辉, 胡萃, 程家安, 2005. 浙江省二化螟不同种群和大螟对三唑磷的敏感性研究. *农药学报*, 7(4):323—328.
- 刘卓荣, 2007. 大螟天然庇护所及人工饲料的研究. 硕士学位论文. 北京:中国农业科学院研究生院.