

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.03.5

# 室内外评价在黄淮海夏玉米区释放玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟的可行性

袁 曦, 张宝鑫, 李敦松\*, 宋子伟

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

**摘要:** 为了评价在黄淮海夏玉米区释放米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 防治亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 的可行性, 本试验在室内组建了玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的实验种群生命表的基础上, 在河南省鹤壁市滑县测定了玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟的防治效果, 筛选出了具有较好防治效果的释放密度和释放方法。结果显示, 米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的净生殖力  $R_0$  为 9.8240, 单雌平均产雌率  $R_0'$  为 12.6256, 2013 年在河南省鹤壁市滑县释放玉米螟赤眼蜂能使亚洲玉米螟虫口密度减退 73.91%, 释放密度为  $2.25 \times 10^5$  头/hm<sup>2</sup>。2014 年在鹤壁市淇滨区钜桥镇采用传统的人工挂卡和新式的无人机释放玉米螟赤眼蜂, 亚洲玉米螟虫口密度减退 54.55%–68.16%。结果表明, 在黄淮海夏玉米区释放米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂防治玉米螟是可行的。

**关键词:** 玉米螟赤眼蜂; 亚洲玉米螟; 黄淮海夏玉米区; 生命表; 虫口减退率

中图分类号: Q968.1; S476

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 03-0482-06

## Laboratory and field evaluation of the possibilities for controlling the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), by releasing *Trichogramma ostrinae* Pang et Chen in Huang-Huai-Hai summer corn region

YUAN Xi, ZHANG Bao-Xin, LI Dun-Song\*, SONG Zi-Wei (Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to evaluate the possibilities for controlling the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), by releasing *Trichogramma ostrinae* Pang et Chen reared on *Corcyra cephaloniae* eggs in Huang-Huai-Hai summer corn region, life table of the experimental population of *T. ostrinae* on *O. furnacalis* eggs was constructed in laboratory. Then control efficacy of release *Trichogramma* for corn borers, was evaluated, and furthermore the densities and methods for *Trichogramma* releasing were assessed. Results showed that  $R_0$  and  $R_0'$  of *T. ostrinae* reared on *C. cephaloniae* eggs was 9.8240, 12.6256. In 2013, the decrease rate of *O. furnacalis* larva of summer corn in Huaxian county of Hebi was 73.91% by releasing *T. ostrinae*. In 2014, the decrease rates of *O. furnacalis* larvae were 54.55%–68.16% with release density of  $2.25 \times 10^5$  head/hm<sup>2</sup>, by using the traditional hanging up card by hand and new unmanned aerial vehicle release method in Juqiao town, Qibing district Hebi city. The results indicated that it is possible to release *T. ostrinae* reared on *C. cephaloniae* eggs to control *O. furnacalis* in Huang-Huai-Hai summer corn region.

基金项目: 广东省科技计划项目 (2015A020209058, 2016A020206003); 广东省科技计划项目 (广东省农作物病虫害绿色防控技术研究开发中心建设)

作者简介: 袁曦, 女, 1983 年生, 助理研究员, E-mail: xyuan@gdppri.cn

\* 通讯作者 Author of correspondence, E-mail: dsli@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2016-04-19; 接受日期 Accepted: 2016-05-15

**Key words:** *Trichogramma ostrinae*; *Ostrinia furnacalis*; Huang-Huai-Hai summer corn region; life table; decrease rate of larvae

玉米是我国三大主粮之一, 2014 年我国玉米播种面积达到 3707.6 万  $\text{hm}^2$ , 成为我国播种面积最大的粮食作物, 黄淮海夏玉米区产量和播种面积占全国比重分别为 36.31%、36.70%, 是我国玉米第二大玉米产地 (钟鑫等, 2016)。由于该区跨越的地域大, 种植结构复杂, 历年来玉米病虫害种类较多, 严重影响玉米产量和品质 (石洁等, 2005)。亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée), 是黄淮海地区玉米生产上的主要虫害, 近几年气候条件适宜, 普遍推广的免耕及秸秆还田等新耕作技术, 导致该地区玉米螟大发生, 造成很大损失 (刘宁等, 2008)。

我国从上世纪五十年代就开始的赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 繁放治螟技术 (刘树生等, 1996), 在亚洲玉米螟综合防治中有重要的地位 (通化县三棵榆农业站, 1975; 文登县农业局, 1976; 生物防治通报编辑部, 1986; Wang *et al.*, 2014)。利用赤眼蜂防治玉米螟技术主要集中在北方春玉米区, 且释放的是松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi* Matsumura, 而玉米螟赤眼蜂 *T. ostrinae* Pang et Chen 是亚洲玉米螟卵的优势寄生蜂 (张荆等, 1990), 对亚洲玉米螟具有很好的控制效果 (周大荣等, 1997), 利用米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 卵繁育的玉米螟赤眼蜂在黄淮海夏玉米区防治亚洲玉米螟的应用尚未见报道, 因此本试验在室内编制实验种群生命表, 测定米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟的寄生效能的基础上, 在黄淮海夏玉米区开展了释放玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟的田间试验, 评价在该区利用米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟的可能性, 为田间防控提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及设备

#### 1.1.1 供试寄主与赤眼蜂

供试赤眼蜂: 玉米螟赤眼蜂采集于惠州市博罗县玉米地亚洲玉米螟卵块, 螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* Ishii 采集于珠海市甘蔗二点螟 *Chilo infuscatellus* Snellen、条螟 *Proceras venosatum* Walker 卵块。赤眼蜂种类在室内鉴定后, 用米蛾卵繁殖

多代用于试验。

供试亚洲玉米螟卵块: 由中国农业科学院植物保护研究所玉米害虫课题组提供, 由人工饲料饲养获得 (周大荣等, 1995)。亚洲玉米螟卵块产在蜡纸上, 每天上午 8 时取当日产的卵块, 置于单管 30 W 紫外灯下垂直 20 cm 处, 照射杀胚 50 min 备用。试验所用卵块均为 24 h 内收集的新鲜卵块。

供试中间寄主米蛾卵: 用麦麸作为纯饲料饲养米蛾, 每日收集米蛾卵, 除去杂物后用 40 目筛选器过筛, 获得清洁、正常的米蛾卵。然后单层铺于托盘上, 在单管 40 W 紫外灯下垂直 20 cm 处, 照射 20 min 备用。

#### 1.1.2 试验设备及材料

江南仪器厂 RXZ-288 智能气候箱, 奥林巴斯 SZX7 体视显微镜, 无色透明玻璃管 (1 mm × 8 mm), 棉塞, 毛笔等。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上实验种群生命表的编制方法

在温度 27℃, 相对湿度 70% - 80%, 光照每日 14 h 的恒温箱内, 将用米蛾卵繁殖的赤眼蜂种转到亚洲玉米螟上繁殖 2 代后, 在亚洲玉米螟卵块上编制实验种群生命表。参照黄寿山 (1996)、陈科伟 (2003) 的制作方法, 在米蛾卵内的赤眼蜂羽化高峰期, 接入过量的玉米螟卵块, 接蜂 2 h 后取出玉米螟卵块并吹净母本蜂。记录接种时间作为 X (试验种群生命表组建中雌性个体的年龄) 计算的起点, X 以 24 h 为单位。待寄生卵发育表皮变成黑色后, 选取约 100 粒卵单独放入玻璃管中, 按照时段观察羽化情况, 成蜂一旦羽化, 即时记录羽化时刻与数量, 并引出该时段羽化的雌、雄蜂, 每时段检查 1 次, 记录成蜂羽化、存活情况。

对每头雌蜂进行编号, 并接入过量 (约 100 粒/d) 玉米螟卵块。24 h 更换 1 次卵块, 并将更换下的卵卡放入相同试验条件下培养。本次生命表编制过程对赤眼蜂成虫不喂食水及营养物质。逐日观察并记录每头雌蜂逐日产出的子代数 (逐日产出的子代数是在子代羽化后的实际统计结果)、逐日产出雌性子代数 (逐日产出雌性子代数是在子代

蜂羽化后的实际统计结果) 作为繁殖力估计。在全部雌蜂产卵数均已统计结束后, 将各雌蜂在相同 X 期间内的产出子代数合计, 作为种群在该 X 期内的繁殖量。

### 1.2.2 生命表特征参数的计算

生命表参数的计算参照 Birch (1948)。

X: 代表性年龄

$L_x$ : 任一雌性个体可能存活到代表性年龄 x 的概率 (年龄 0 时的概率为 1)

$m_x$ : 年龄 x 时, 存活雌性个体的平均产雌概率

$P_{\phi}$ : 雌性比率

净生殖力  $R_0 = \sum L_x \cdot m_x$

内禀增长率  $r_m = \ln R_0 / T$

周限增长率  $\lambda = e^{r_m}$

世代的平均历期  $T = \sum x \cdot L_x \cdot m_x / \sum L_x \cdot m_x$

单雌平均产雌数  $R_0' = R_0 / P_{\phi}$

### 1.2.3 赤眼蜂在黄淮海地区对玉米螟防治效果的调查方法

2013 年 8 月 16 日、23 日, 在河南省鹤壁市滑县玉米大面积种植区域选取 3 个区域, 分别进行玉米螟赤眼蜂和螟黄赤眼蜂防治亚洲玉米螟虫的田间试验。对照区为距离放蜂区 2 km 的不放蜂玉米地, 2 个放蜂区和对照区面积均 6.67 hm<sup>2</sup>, 田间管理等其他条件均相同。

赤眼蜂释放方法主要有人工淹没式和无人机释放 (李敦松等, 2013) 等方法, 本次采用淹没式方法释放玉米螟赤眼蜂和螟黄赤眼蜂, 赤眼蜂以放蜂卡方式人工挂卡到夏玉米田间, 每个放蜂卡内赤眼蜂数量均视为相同, 内载有约 1000 头赤眼蜂, 每个放蜂区每次释放 500 个放蜂卡, 平均  $7.5 \times 10^4$  头 / hm<sup>2</sup>, 2013 年 8 月 16 日、23 日分别释放 1 次, 共释放 2 次。

释放赤眼蜂工作完毕 1 个月后, 在玉米成熟期调查赤眼蜂防治亚洲玉米螟的效果。在每个释放赤眼蜂区和对照区的中心地带, 以五点取样法确定 5 个调查点, 每个调查点连续调查 20 株玉米, 每个放蜂区共调查 100 株玉米。调查时纵向剖开玉米植株观察亚洲玉米螟的为害状, 记录穗下茎秆、穗上茎秆、穗柄和果穗等部位的亚洲玉米螟、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 和桃柱螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 幼虫数量, 因为棉铃虫和桃柱螟已成为黄淮海夏玉米区穗期的重要害虫 (Wang et al., 2014), 同一部位 3 种螟虫

数量之和视为玉米螟虫的数量, 统计虫口密度和受害穗数, 并计算虫口减退率。

### 1.2.4 玉米螟赤眼蜂释放密度和释放方法对亚洲玉米螟防治效果影响的调查方法

2014 年 8 月 17 日、19 日, 在河南省鹤壁市淇滨区钜桥镇刘寨村玉米大面积种植区域, 进行玉米螟赤眼蜂释放密度和释放方法对玉米螟防治效果影响的田间试验。选取 4 个区域, 每个区域约 6.67 hm<sup>2</sup>, 设置为低、高密度人工挂卡放蜂区、无人机放蜂区和对照区。对照区为距离放蜂区 2 km 的不放蜂玉米地, 4 个区域其他田间管理等其他条件均相同。低密度释放区通过人工挂卡方法, 每次均匀释放 1500 个放蜂卡, 平均  $2.25 \times 10^5$  头 / hm<sup>2</sup>。高密度释放区通过人工挂卡方法, 每次均匀释放 3000 个放蜂卡, 平均  $4.5 \times 10^5$  头 / hm<sup>2</sup>。每个放蜂卡内赤眼蜂数量均视为相同, 内载有约 1000 头赤眼蜂。无人机是由中国农业科学院植物保护研究所提供的智能无人直升机, 飞控手在地面遥控飞机作业释放赤眼蜂, 具体方法参考李敦松 (2013), 释放密度平均  $2.25 \times 10^5$  头 / hm<sup>2</sup>。以上 3 个放蜂区于 2014 年 8 月 17 日、19 日分别释放 1 次, 共释放 2 次。

对亚洲玉米螟的防治效果调查方法同 1.2.3。

### 1.3 数据分析

所有数据用 Excel 2010 统计, 用软件 SPSS 17.0 进行分析。采用 SPSS 单因素 Duncan 氏新复极差分析处理间与对照的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的实验种群生命表

由于亚洲玉米螟卵重叠排列, 寄生卵粒数量很难统计, 因此用子代羽化后成虫的数量作为繁殖力的估计。

由表 1 可知, 玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的净生殖力  $R_0 = 9.8240$ , 世代的平均历期  $T = 9.0749$ , 内禀增长率  $r_m = 0.2518$ , 周限增长率  $\lambda = 1.2863$ , 每雌产仔数 = 28.6429, 雌性比率  $P_{\phi} = 0.7781$ , 雌蜂寿命 = 10.4505 d, 单雌平均产雌率  $R_0' = R_0 / P_{\phi} = 12.6256$ , 单雌平均产雌率  $R_0'$  较高, 说明室内玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟的寄生效能较高。

表 1 不喂食水及营养物质条件下玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的生殖力

Table 1 Fertility of *Trichogramma ostrinae* on *Ostrinia furnacalis* eggs without food , water and nutrition

X	存活的雌蜂数	L <sub>x</sub>	逐日产雌头数	m <sub>x</sub>	L <sub>x</sub> m <sub>x</sub>	XL <sub>x</sub> m <sub>x</sub>
	Survived amount of female <i>Trichogramma</i>		Daily reproduction of female <i>Trichogramma</i>			
1	91					
...						
8	91	1	0		0	
9	90	0.989	827	9.1889	9.0878	81.7902
10	35	0.3846	67	1.9143	0.7362	7.362
11	7	0.0769	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0

2.2 两种赤眼蜂田间防治亚洲玉米螟及其他螟虫效果比较

表 2 显示，在释放玉米螟赤眼蜂的区域，螟虫所致的受害穗率与虫口密度、亚洲玉米螟所致的受害穗率与虫口密度均与对照有显著性差异，其中亚洲玉米螟及螟虫的虫口密度与对照有极显著差异。亚洲玉米螟的虫口减退率达 73.91%，螟虫的虫口减退率达 68.66%，说明释放玉米螟赤眼

蜂能显著降低亚洲玉米螟及其他螟虫的虫口密度和受害穗率。在释放螟黄赤眼蜂的区域，亚洲玉米螟及螟虫的虫口密度显著少于对照组，但受害穗率差异不显著，说明释放螟黄赤眼蜂能显著降低亚洲玉米螟及其它螟虫的虫口密度，两者虫口减退率分别达 46.20%、40.30%，但释放螟黄赤眼蜂并不能降低受害穗率。释放的两种赤眼蜂相比，受害穗率和虫口密度等指标均差异不显著。

表 2 赤眼蜂对玉米螟虫的防治效果

Table 2 Control efficacy of release *Trichogramma* for corn borers

	亚洲玉米螟 <i>O. furnacalis</i>			其他螟虫 The other corn borers		
	受害穗率	虫口密度	虫口减退率 ( % )	受害穗率	虫口密度	虫口减退率 ( % )
	Percentage	( 虫口数 / 株 )	The reduce	Percentage of	( 虫口数 / 株 )	The reduce
	of injured ear	Population density	rate of borers	injured ear	Population density	rate of borers
		( number of borers			( Number of borers	
		per corn )			per corn )	
玉米螟赤眼蜂 <i>T. ostrinae</i>	0.29 ± 0.0640 a	0.48 ± 0.1384 a	73.91	0.44 ± 0.0828	0.63 ± 0.1546 a	68.66
螟黄赤眼蜂 <i>T. chilonis</i>	0.49 ± 0.0914 ab	0.99 ± 0.2130 a	46.20	0.70 ± 0.0822 ab	1.20 ± 0.2127 a	40.30
对照区 CK	0.64 ± 0.0615 b	1.84 ± 0.1908 b	—	0.78 ± 0.1056 b	2.01 ± 0.2878 b	—

注：表中数据为平均值 ± 标准误。数据后标有不同小写字母表示同列数据在 0.05 水平上差异显著 ( Duncan 氏新复极差分析 )。Note: Data in table is mean ± SE. Data followed by different small letters in the same column are significantly different at the 0.05 level ( Duncan's new multiple range method ) .

2.3 玉米螟赤眼蜂释放密度对亚洲玉米螟防治效果的影响

与对照区相比，高密度放蜂区虫口减退率为

68.18%，螟害株率减少 47.06%；低密度放蜂区虫口减退率达 54.55%，螟害株率减少 54.90%，说明低密度 ( 2.25 × 10<sup>5</sup> 头 / hm<sup>2</sup> ) 释放玉米螟赤眼

蜂能达到虫口减退率 54.55% 的良好防治效果。无人  
人机释放区虫口减退率为 59.10%，螟害株率减少 39.22%，说明人工挂卡和无人机等方法释放玉米  
螟赤眼蜂，均能显著降低亚洲玉米螟的为害。

表 3 释放密度和释放方法对玉米螟赤眼蜂田间防治效果的影响

Table 3 Control efficacy for Asian corn borer by releasing different densities and methods of *Trichogramma ostriniae*

螟害株减退率 The reduce rate of injured plants		受害穗/百株 No. injured ears per 100 plants	螟害株/百株 No. injured plants per 100 plants	蛀孔数/百株 No. holes per 100 plants	虫口密度 (虫口数/百株) Population density (No. borers per 100 plant)	虫口减 退率 (%) The reduce rate of borers
人工挂卡区 Area of Hanging up card by hand	高密度区 High density area	10	27	23	14	47.06
	低密度区 Low density area	15	23	19	20	54.90
无人机释放区 Unmanned aerial vehicle release area		19	31	20	18	39.22
对照区 CK		29	51	45	44	—

### 3 结论与讨论

亚洲玉米螟是我国玉米的主要害虫，轻度发生年份，玉米的被害株率为 30% 以上，减产 10%；重度发生年份，玉米的被害株率可达 50%，减产 30% 以上，严重降低了玉米产量，影响玉米的等级（叶志华，1993；王振营等，2000）。赤眼蜂实验种群生命表的编制，可以作为室内评估“种与目标害虫”和“蜂种与中间寄主”的组合适合度和寄生效能的重要方法，可供“育蜂治虫”实践参考（黄寿山等，1996）。玉米螟赤眼蜂在亚洲玉米螟卵上的净生殖力  $R_0$  为 9.8240，每雌产仔数为 28.6429，雌性比率  $P_f$  为 0.7781，单雌平均产雌率  $R_0/P_f$  为 12.6256，各指标均较高，说明室内玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟有较高的寄生效能，具有田间应用的潜力。

玉米螟赤眼蜂是亚洲玉米螟卵的优势寄生蜂，释放玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟的效果很好（王承伦等，1982；贾彦华等，2010），长期以来玉米螟赤眼蜂局限于不能利用柞蚕卵规模化繁殖，利用小卵繁殖因成本过高未被大面积应用（Wang *et al.*，2014）。近年来随着米蛾卵工厂化生产技术的突破，玉米螟赤眼蜂可以利用米蛾规模化生产，使大面积应用于防治亚洲玉米螟成为可能（史光中等，1982；陈红印等，2000）。连续两年在黄淮

海夏玉米区释放玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟，可以使亚洲玉米螟虫口密度减退 73.91%，并降低了棉铃虫和桃蛀螟的为害。释放密度  $2.25 \times 10^5$  头/hm<sup>2</sup> 即能将虫口密度减退 54.55%，加大释放密度能在一定程度上提高防治效果。传统的人工挂卡和新型的无人机机释放方式，均能将虫口密度减退 54.55% 以上，因此在黄淮海夏玉米区释放米蛾卵繁育的玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟是可行的，可以示范推广。

鸣谢：本文是在国家玉米产业技术体系岗位专家——河北省农林科学院植物保护研究所石洁研究员、中国农业科学院植物保护研究所王振营研究员及两个研究团队成员的支持和指导下完成的，特此感谢！

### 参考文献 (References)

- Chen HY, Wang SY, Chen CF. Quality control technology of *Trichogramma ostriniae* with rice moth eggs for reproduction [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2000, 22 (4): 145–150. [陈红印, 王树英, 陈长风. 以米蛾卵为寄主繁殖玉米螟赤眼蜂的质量控制技术 [J]. *昆虫天敌*, 2000, 22 (4): 145–150]
- Chen KW. Research on the Ecological Control of *Trichogramma* to *Plutella xylostella* Linnaeu [D]. Doctor Thesis of South China Agricultural University, 2003. [陈科伟. 赤眼蜂对小菜蛾生态控制的基础研究 [D]. 华南农业大学博士论文, 2003]
- Editorial department of Chinese Journal Biological Control. Releasing *Trichogramma* to control sugarcane borer and corn borer in Taiwan

- Province [J]. *Chinese Journal Biological Control*, 1986, 1: 40.
- [本刊编辑部. 台湾省利用赤眼蜂防治蔗螟和玉米螟 [J]. 生物防治通报, 1986, 1: 40]
- Jia YH, Chen XS, Lu ZY, *et al.* Control efficiency of three bio-control technology on pests in summer corn field [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2010, 14 (8): 121-123. [贾彦华, 陈秀双, 路子云, 等. 3 种生物防治技术对夏玉米害虫的防治效果 [J]. 河北农业科学, 2010, 14 (8): 121-123]
- Huang SS, Dai ZY, Wu DZ. Programming and application of the experimental population life table of *Trichogramma* [J]. *Journal of Plant Protection*, 1996, 23 (3): 209-212. [黄寿山, 戴志一, 吴达璋. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用 [J]. 植物保护学报, 1996, 23 (3): 209-212]
- Li DS, Yuan X, Zhang BX, *et al.* Report of using unmanned aerial vehicle to release *Trichogramma* [J]. *Chinese Journal Biological Control*, 2013, 29 (3): 455-458. [李敦松, 袁曦, 张宝鑫, 等. 利用无人机释放赤眼蜂研究 [J]. 中国生物防治学报, 2013, 29 (3): 455-458]
- Liu N, Wei M, Yang XH, *et al.* The occurrence trend and countermeasure of prevention and control of plant diseases and insect pests of summer maize in Huang-Huai-Hai area [J]. *Agricultural Science and Technology Communication*, 2008, 5: 82-84. [刘宁, 魏敏, 杨学红, 等. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势及防控对策 [J]. 农业科技通讯, 2008, 5: 82-84]
- Liu SS, Shi ZH. Progress in research and application of *Trichogramma* [J]. *Chinese Journal Biological Control*, 1996, 12 (2): 78-84. [刘树生, 施祖华. 赤眼蜂研究和应用进展 [J]. 中国生物防治, 1996, 12 (2): 78-84]
- Shi GZ, Zhou YN, Zhao JS. Study on breeding and utilization technology of rice moth [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1982, 4 (4): 1-8. [史光中, 周运宁, 赵俊生. 米蛾饲养及利用技术的研究 [J]. 昆虫天敌, 1982, 4 (4): 1-8]
- Shi J, Wang ZY, He KL. Analysis of the occurrence tendency of diseases and insect pests of summer maize in Huang-Huai-Hai area [J]. *Plant Protection*, 2005, 31 (5): 63-65. [石洁, 王振营, 何康来. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析 [J]. 植物保护, 2005, 31 (5): 63-65]
- Tonghua Prefectural Sankeyu Agriculture Bureau. Using *Trichogramma* to control corn borer [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1975, 18 (1): 10-12. [通化县三棵榆农业站. 利用赤眼蜂防治玉米螟 [J]. 昆虫学报, 1975, 18 (1): 10-12]
- Wang ZY, Lu X, He KL, *et al.* Review of history, presents situation and prospect of the Asian maize borer research in China [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31 (5): 402-412. [王振营, 鲁新, 何康来, 等. 我国研究亚洲玉米螟历史、现状与展望 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31 (5): 402-412]
- Wang CL, Wang HX, Gui CM, *et al.* Study on utilization of *Trichogramma ostrinae* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1982, 4 (3): 1-4. [王承伦, 王辉先, 桂承明, 等. 玉米螟赤眼蜂利用的研究 [J]. 昆虫天敌, 1982, 4 (3): 1-4]
- Wang ZY, He KL, Zhang F, *et al.* Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China [J]. *Biological Control*, 2014, 68 (1): 136-144
- Wendeng Prefectural Agriculture Bureau. Experiment of releasing *Trichogramma* to control corn borer in Wendeng County in 1975 [J]. *Shandong Agricultural Science*, 1976, 3: 33-35. [文登县农业局. 文登县 1975 年开展赤眼蜂防治玉米螟试验总结 [J]. 山东农业科学, 1976, 3: 33-35]
- Ye ZH. Major natural hazards and disaster in China and mitigation strategies. In: The State Science and Technology Commission of National Major Natural Disaster Research Group, eds. Major Agricultural Biological Disaster and Countermeasures in China [C]. Beijing: Science Press, 1993: 92-97. [叶志华. 中国重大自然灾害及减灾对策. 见: 国家科委全国重大自然灾害综合研究组主编. 中国重大农业生物灾害及减灾对策 [C]. 北京: 科学出版社, 1993: 92-97]
- Zhang J, Wang JL, Cong B, *et al.* A faunal study of *Trichogramma* (Hym: Trichogrammatidae) species of *Ostrinia furnacalis* (Lep.: Pyralidae) in China [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1990, 6 (2): 49-53. [张荆, 王金玲, 丛斌, 等. 我国亚洲玉米螟赤眼蜂种类及优势种的调查研究 [J]. 生物防治通报, 1990, 6 (2): 49-53]
- Zhou DR, Song YY, Wang ZY, *et al.* Study on the preference habitat of *Trichogramma ostrinae* III. The attraction and augmentation function of summer corn integrated with creeping type mungbean for the parasitoid and its application in Asian corn borer control at ear stage of corn [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1997, 13 (3): 97-100. [周大荣, 宋彦英, 王振营, 等. 玉米螟赤眼蜂适宜生境的研究与利用 III. 夏玉米间作匍匐型绿豆对赤眼蜂的增诱作用及其在穗期玉米螟防治中的利用 [J]. 中国生物防治, 1997, 13 (3): 97-100]
- Zhou DR, Ye ZH, Wang ZY. Artificial rearing technique for Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), and its applications in pest management research. In: Selected Research Paper of State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests [C]. 1995: 246-251. [周大荣, 叶志华, 王振营. 亚洲玉米螟人工饲养技术及其在害虫治理研究中的应用. 见: 植物病虫害生物学国家重点实验室研究论文选 [C]. 1995: 246-251]
- Zhong X, Zhang ZM, Wang C, *et al.* Technology efficiency and technical progress in Chinese core advantage area - based on the provincial panel data 2001-2013 [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2016, 24 (1): 166-172. [钟鑫, 张忠明, 王琛, 等. 中国玉米核心优势区技术效率及技术进步模式研究—基于 2000-2013 年的省级面板数据 [J]. 玉米科学, 2016, 24 (1): 166-172]