

释放不同种类赤眼蜂对亚洲玉米螟的防治效果比较^{*}

王连霞^{1**} 李敦松² 罗宝君¹ 赵秀梅¹
郑旭¹ 袁明¹ 姜晓军¹ 何康来^{3***}

(1. 黑龙江省农业科学院, 齐齐哈尔分院, 齐齐哈尔 161006; 2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广州 510640;
3. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘 要 【目的】研究适宜黑龙江省第二积温带应用赤眼蜂 *Trichogramma* sp.防治亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)的蜂种及合理的放蜂时期。【方法】2016-2017年,在齐齐哈尔市玉米田人工释放玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae*、松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi* 和螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 防治亚洲玉米螟。于6月30日第1次释放蜂15 000头/hm²,8月5日第2次释放蜂30 000头/hm²。【结果】释放不同蜂种田的亚洲玉米螟卵块被寄生率间差异显著,以释放玉米螟赤眼蜂田的寄生率最高,平均为95.7%,比未放蜂对照田的自然寄生率提高了49.0%。其次为松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂,平均寄生率分别为75.0%和71.0%。两年试验结果表明释放3种不同赤眼蜂的玉米田平均被害株率、百株残存虫量和蛀孔数差异显著,综合防治效果以释放玉米螟赤眼蜂最高,为78.1%,其次是松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂,分别为66.2%和60.2%。【结论】玉米螟赤眼蜂是黑龙江省第二积温带防治玉米螟的适宜释放蜂种,第1次放蜂时间提早到6月30日左右。

关键词 赤眼蜂;亚洲玉米螟;适期释放;防治效果

The effectiveness of releasing different *Trichogramma* species to control the Asian corn borer

WANG Lian-Xia^{1**} LI Dun-Song² LUO Bao-Jun¹ ZHAO Xiu-Mei¹
ZHENG Xu¹ YUAN Ming¹ JIANG Xiao-Jun¹ HE Kang-Lai^{3***}

(1. Qiqihar Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China;
2. The Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;
3. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract [Objectives] To identify locally adapted *Trichogramma* species and determine the optimal date to release these to control the Asian corn borer (ACB), *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in the Second Accumulated Temperature Zone of Heilongjiang Province. [Methods] Multiple releases of *Trichogramma ostrinae*, *T. dendrolimi*, and *T. chilonis*, were carried out to control of ACB in corn fields in Qiqihar in 2016 and 2017. The release regime included a first release of 15 000 wasps per hectare on the 30th of June and a second release of 30 000 wasps per hectare on the 5th of August. [Results] There were significant differences in the rate of parasitism on ACB egg masses among the three *Trichogramma* species released. The highest average parasitism rate (95.7%), 49.0% higher than that in control fields, was achieved by releasing *T. ostrinae*. The second highest average parasitism rate (74.1%) was achieved by releasing *T. dendrolimi*. The lowest average parasitism rate (69.7%) was recorded following the release of *T. chilonis*. There were significant differences among the different *Trichogramma* species released in terms of percentage of damaged plants, number of larvae, and tunnels per hundred stalks at

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2017YFD0201802)

**第一作者 First author, E-mail: wlx0427@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: klhe@ippcaas.cn

收稿日期 Received: 2018-12-27; 接受日期 Accepted: 2019-02-28

harvest. The overall reductions in ACB abundance achieved by releasing *T. ostrinae*, *T. dendrolimi*, and *T. chilonis* were 78.1%, 66.2% and 60.2%, respectively. [Conclusion] *T. ostrinae* should be the first candidate for release to control ACB in this region. The optimal time for the first *Trichogramma* release should be the 30th of June.

Key words *Trichogramma*; *Ostrinia furnacalis*; mass release; control efficacy

赤眼蜂 *Trichogramma* sp. 是当前世界各国生物防治中应用面积最大, 最有效的天敌昆虫 (包建中和陈修浩, 1989)。与幼虫期或其它虫态的寄生天敌相比, 作为卵寄生的赤眼蜂能将害虫杀死于孵化为害前, 因此在害虫治理中有较大的优势。我国已明确寄生亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (以下简称玉米螟) 卵的赤眼蜂有 12 种 (Wang *et al.*, 2014), 而生产上防治玉米螟应用的赤眼蜂种类主要有玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae*、松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi* 和螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 等 (刘树生等, 1996; Wang *et al.*, 2014)。赤眼蜂种类的分布有明显的地域适应性 (钱永庆等, 1984; 张荆等, 1990a)。由于受生产成本和生产条件的限制, 各地应用的蜂种有很大差异。而使用不同种类的赤眼蜂防治玉米螟的效果也存在差异 (冯建国等, 1999; 许建军等, 2001; 张帆等, 2004)。

齐齐哈尔地处黑龙江省第二积温带, 玉米是当地主要粮食作物。玉米螟是当地危害玉米的主要害虫, 百株虫量常达到 120 头以上, 被害株率超过 70% (赵秀梅, 2011; 王培等, 2012)。随着气候变暖, 玉米等寄主作物播期提前及生育期延长等 (王玉莹等, 2012) 因素影响, 玉米螟的发生由原来的 1 代区变为不完全 2 代甚至完全 2 代区 (王文强等, 2015; 王连霞, 2016)。本研究探索了适合当地环境的优势蜂种及合理的放蜂时期, 以促进和提高生产上应用赤眼蜂防治玉米螟的效果。

1 材料与方法

1.1 赤眼蜂种类及蜂卡

试验所用松毛虫赤眼蜂为黑龙江省农科院齐齐哈尔分院使用柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵作为寄主繁育生产, 螟黄赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂为广

东省农业科学院植物保护研究所米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵为寄主繁育生产。松毛虫赤眼蜂蜂卡为 3 000 头蜂/卡, 玉米螟赤眼蜂和螟黄赤眼蜂蜂卡均为 1 000 头蜂/卡。

1.2 田间放蜂防治

放蜂试验分别于 2016 和 2017 年在黑龙江省齐齐哈尔市富拉尔基区玉米田进行。所种植的玉米品种为先玉 335, 除释放赤眼蜂防治外其它按当地常规栽培方式进行管理。

试验设人工释放 3 种赤眼蜂处理, 即释放玉米螟赤眼蜂、松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂, 并设不放蜂处理为空白对照, 共 4 个处理, 每个处理重复 3 次, 每个处理每个重复面积 $\geq 0.67 \text{ hm}^2$ 。处理间间隔 100 m 以上。

防治 1 代玉米螟放蜂前首先进行越冬代玉米螟的化蛹和羽化进度调查, 当化蛹率达到 15% 时, 向后推算 10 d 放蜂。防治 1 代玉米螟实际放蜂时间为 6 月 30 日, 第 1 次放蜂 15 000 头/ hm^2 , 防治 2 代玉米螟于 8 月 5 日放蜂, 放蜂 30 000 头/ hm^2 。

1.3 寄生率与玉米被害调查

防治一代玉米螟田间最后一次放蜂 3 d 后, 对试验各处理区进行田间玉米螟卵被寄生率调查。每个处理每次重复随机采集 50 块玉米螟卵带回室内, 放置在温度为 25-30℃, 70%RH 于培养皿内发育 2-3 d 后, 检查记录被寄生卵数。由于天气等原因, 2 年 2 代放蜂后均未能及时调查寄生率。

9 月下旬玉米收获前, 在试验各处理区剖秆调查玉米植株被害情况, 记录被害株数、蛀孔数、存活幼虫数等。每个处理的 3 次重复区均按照棋盘式 5 点取样, 每点调查 20 株。

1.4 数据统计分析

根据各区调查卵块数和寄生卵块数,计算赤眼蜂寄生率。根据被害株数、存活幼虫数、蛀孔数等计算被害株率,百株蛀孔数,防治效果等(全国农业技术推广服务中心,2007)。不同放蜂处理间寄生率、被害株率、百株存活幼虫数及蛀孔数和防治效果的差异显著性采用方差分析法,平均数比较采用 Duncan's 新复极差法,百分数分析时进行反正弦转换。统计计算采用 SAS 程序的 Two-way ANOVA 实现。

2 结果与分析

2.1 放蜂田玉米螟卵块被寄生率

释放不同种赤眼蜂处理的玉米螟卵块被寄生率间存在显著差异 ($F_{3,16}=83.21, P<0.0001$)。其中以释放玉米螟赤眼蜂田块的寄生率显著高于释放其它蜂种和对照田,两年平均寄生率为 95.7%,比对照寄生率提高了 49.0%。其次是释放松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂,两年平均寄生率分别比对照田提高了 28.3%和 24.3%,但二者之间差异不显著(图 1)。两年放蜂试验,玉米螟卵被寄生率年度间差异不显著 ($F_{1,16}=0.03, P=0.86$),不同蜂种年度间寄生率亦差异不显著 ($F_{3,16}=0.23, P=0.88$)。

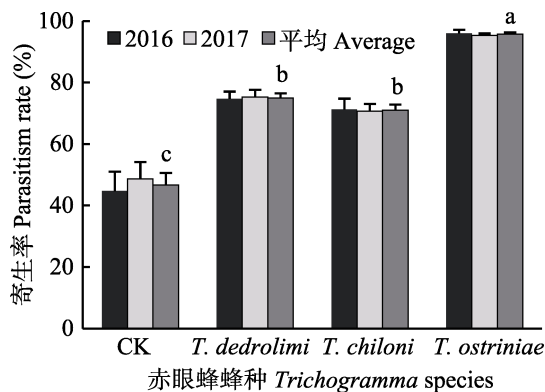


图 1 不同放蜂田玉米螟卵被寄生率

Fig. 1 Parasitism rates on *Ostrinia furnacalis* in corn fields with release of *Trichogramma* species

2.2 释放赤眼蜂防治玉米螟的效果

秋季剖秆调查结果表明,不同放蜂田的平均

玉米被害株率、百株活虫数及蛀孔数之间差异显著(被害株率: $F_{3,16}=215.54, P<0.0001$; 百株活虫数: $F_{3,16}=182.78, P<0.0001$; 百株蛀孔数: $F_{3,16}=245.45, P<0.0001$)。放蜂田被害株率、百株蛀孔数和百株幼虫数均显著低于不放蜂对照田。以释放玉米螟赤眼蜂田的各项参数最低,其次是释放松毛虫赤眼蜂田,而释放螟黄赤眼蜂田的各项参数则相对较高(图 2: A-C)。

两年放蜂试验,平均玉米被害株率、百株活虫数及蛀孔数年度间差异不显著(被害株率: $F_{1,16}=1.25, P=0.28$; 百株活虫数: $F_{1,16}=1.86, P=0.19$; 百株蛀孔数: $F_{1,16}=2.45, P=0.14$),不同蜂种年度间寄生率亦差异不显著(被害株率: $F_{3,16}=0.75, P=0.54$; 百株活虫数: $F_{3,16}=1.21, P=0.34$; 百株蛀孔数: $F_{3,16}=1.14, P=0.36$)。

释放不同种赤眼蜂的防治效果间差异显著 ($F_{2,12}=19.03, P=0.0002$)。其中释放玉米螟赤眼蜂的防治效果显著高于松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂(图 2: D)。两年释放赤眼蜂的防治效果年度间差异不显著 ($F_{1,12}=0.03, P=0.86$)。不同蜂种的防治效果年度间亦差异不显著 ($F_{2,12}=0.39, P=0.68$)。

3 讨论

释放赤眼蜂防治玉米螟是我国玉米生产中实际施用面积最大的生物防治技术(Wang et al., 2014)。虽然松毛虫赤眼蜂、螟黄赤眼蜂、广赤眼蜂 *Trichogramma evanescens*、玉米螟赤眼蜂等在不同地区的生产实践中曾分别用于防治玉米螟(张荆等, 1990b; 冯建国等, 1999; 许建军等, 2001; 杨长城等, 2011), 松毛虫赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂一直为生产上广泛应用的蜂种,特别是松毛虫赤眼蜂在我国东北地区常年大面积人工释放防治玉米螟(李国强, 1986; 王承伦等, 1982; 张荆等, 1990c; 张帆和孙彤, 1992; 丛斌等, 2000)。据报道,黄淮海夏玉米区玉米螟卵寄生蜂主要是玉米螟赤眼蜂,20 世纪 80 年代东北春玉米区的黑龙江 97%以上是松毛虫赤眼蜂,在吉林省和辽宁省分别寄生 1 代和 2 代玉米螟卵的松毛虫赤眼蜂种群数量处于上升趋势。

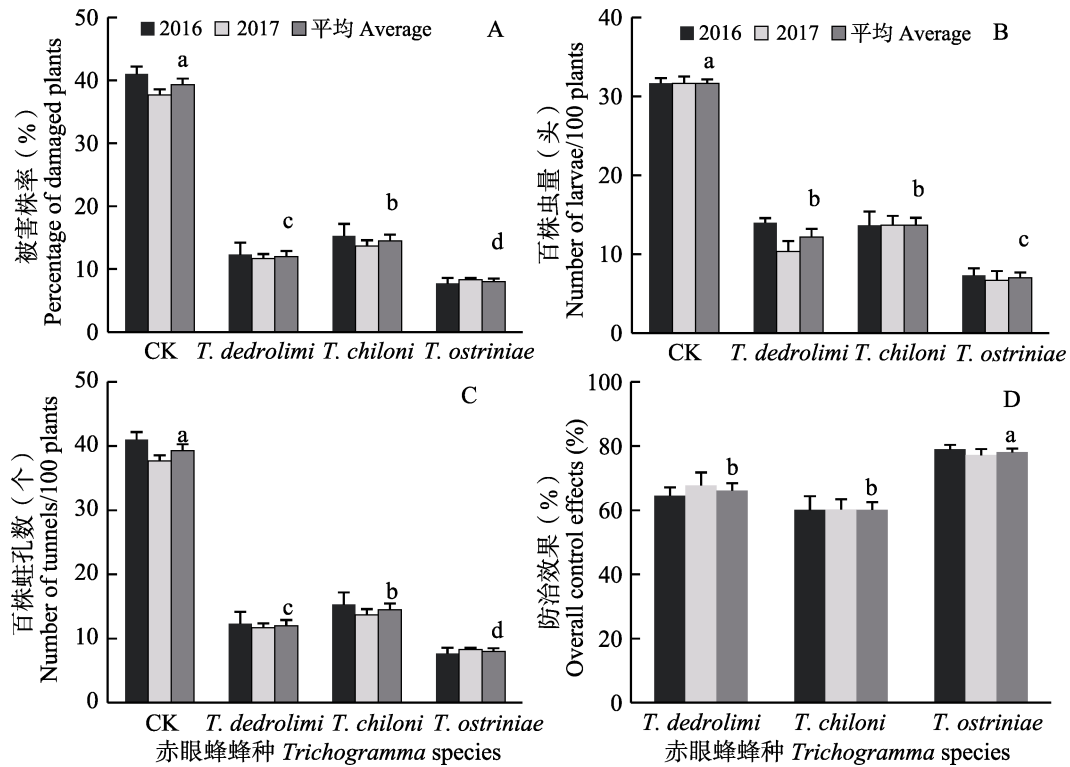


图2 放蜂田玉米被害率、百株残存虫量和防治效果

Fig. 2 Maize plant damages and population densities of *Ostrinia furnacalis* in the fields of releasing *Trichogramma* species

在辽宁省,松毛虫赤眼蜂寄生率由20世纪70年代的20%左右逐渐上升到80年代的49%,玉米螟赤眼蜂种群有逐渐下降趋势(张荆等,1990a)。而北京地区寄生玉米螟卵块的90%为玉米螟赤眼蜂(张芝利等,1979)。因此,对于人工释放松毛虫赤眼蜂防治玉米螟的效果学术上有不同看法(Wang, 1988; Zhang, 1988; Hassan *et al.*, 1991; 张光美等, 1995)。在适宜的条件下应用松毛虫赤眼蜂防治玉米螟可有效控制危害(Liu *et al.*, 1998);选择嗜好寄生玉米螟的松毛虫赤眼蜂可提高田间防治效果(张帆等, 2004)。张荆等(1990a)指出,螟黄赤眼蜂不是玉米螟的优势蜂种,在田间螟黄赤眼蜂的寄生率低于玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂。然而,有报道相同放蜂量下螟黄赤眼蜂的防治效果显著高于松毛虫赤眼蜂(许建军等, 2001)。本研究结果显示,玉米螟赤眼蜂的寄生率和防治效果显著高于松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂,而松毛虫赤眼蜂与螟黄赤眼蜂之间差异不显著。说明玉米螟赤眼蜂是

防治玉米螟的最适宜蜂种。

影响赤眼蜂防治效果的另一重要因素是放蜂方法,包括放蜂设备和技术,放蜂量以及放蜂时期。由于玉米螟成虫发生期往往长达1个月(周大荣和何康来, 1995),东北地区甚至可到2个月(张海燕等, 2013)。因此研究适合玉米螟发生特点的放蜂方法对于防治效果至关重要。如应用发育进度不同的松毛虫赤眼蜂卡防治玉米螟可提高寄生率10%左右(张帆等, 1993)。早期低量释放松毛虫赤眼蜂防治玉米螟可取得明显的防效(申效诚等, 1991)。在玉米螟发蛾早期接种式释放玉米螟赤眼蜂,可显著提高防治效果(周大荣等, 1997)。齐齐哈尔市位于黑龙江省西北部的嫩江平原,属黑龙江省第二积温带,历史记载为玉米螟一代发生区(顾成玉等, 1993)。一般来说,在黑龙江齐齐哈尔释放赤眼蜂防治亚洲玉米螟采用2-3次放蜂,第1次放蜂在7月5-10日(张帆等, 1993; 赵秀梅等, 2010)。近年来,随着全球气候变暖和种植结构发生调

整,北方地区玉米螟发生有提早趋势(何康来等, 2002),大庆地区田间始见卵可早到6月21日(张海燕等, 2013),而实际田间落卵要更早。此外,据我们近年田间调查发现,到8月下旬齐齐哈尔田间仍有落卵,显然是2代玉米螟卵。因此提前和延后放蜂对于提高防效应有潜力。本研究结果表明放蜂量45 000头/hm²,首次放蜂日提前到6月30日,第2次放蜂在8月5日,能有效提高赤眼蜂防治1代、2代玉米螟的效果。田间玉米螟卵被寄生率最高可达98.4%,平均防治效果最高可达90.6%。而以往传统方式放蜂的平均寄生率为70%-85%和平均防效为65.8%(赵秀梅等, 2010)。说明在齐齐哈尔适当提前放蜂和多次放蜂以及适当延后最后一次放蜂时间能显著提高人工释放赤眼蜂防治玉米螟的效果。

参考文献 (References)

- Bao JZ, Chen XH, 1989. Research and Application of *Trichogramma* in China. Beijing: Academic Books Publishing House. 1-180. [包建中, 陈修浩, 1989. 中国赤眼蜂的研究与应用. 北京: 学术书刊出版社. 1-180.]
- China Agricultural Technology Promotion Service Center, 2007. China Plant Protection Handbook: Maize Pest Control. Beijing: China Agriculture Press. 1-89. [全国农业技术推广服务中心, 2007. 中国植保手册: 玉米病虫害防治分册, 北京: 中国农业出版社. 1-89.]
- Cong B, Yang CC, Yang SX, Li YQ, Wen H, Liu W, Yi YQ, Fu B, Chen G, 2000. Establishment, development and perspective of integrated pest management (IPM) of maize disease and pest insects in Liaoning Province. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 31(5): 413-417. [丛斌, 杨长城, 杨思咸, 李玉清, 文华, 刘伟, 羿远启, 傅波, 陈岗, 2000. 辽宁省春玉米区主要病虫害综合防治技术体系的建立、发展与展望. 沈阳农业大学学报, 31(5): 413-417.]
- Feng JG, Tao X, Zhang AS, Yu Y, Zhang CW, Cui YY, 1999. Studies on using *Trichogramma* spp. reared on artificial host egg to control corn pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 15(3): 97-99. [冯建国, 陶训, 张安盛, 于毅, 张成伟, 崔元英, 1999. 人工卵赤眼蜂对玉米害虫的控害效果. 中国生物防治, 15(3): 97-99.]
- Gu CY, Liang YC, Zhang GZ, Jiang XJ, 1993. Study on modelling for population forecasting of the Asian corn borer. *Heilongjiang Agricultural Science*, 6(2): 14-16. [顾成玉, 梁艳春, 张广芝, 姜晓军, 1993. 玉米螟发生量微机预测模式的研究. 黑龙江农业科学, 6(2): 14-16.]
- Hassan SA, Guo MF, 1991. Selection of effective strains of egg parasites of the genus *Trichogramma* (Hem., Trichogrammatidae) to control the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. *J. Appl. Entomol.*, 111: 335-341.
- He KL, Wang ZY, Wen LP, Bai SX, 2002. On the damage and control tactics of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in sweet corn field. *Acta Phytophylacica Sinica*, 29(3): 199-204. [何康来, 周大荣, 王振营, 文丽萍, 白树熊, 2002. 甜玉米玉米螟的发生危害与防治措施. 植物保护学报, 29(3): 199-204.]
- Li GQ, 1986. Summary of the experience of using *Trichogramma* to control corn borer in Beijing. *Natural Enemies of Insects*, 8(4): 238-241. [李国强, 1986. 北京市利用赤眼蜂防治玉米螟经验小结. 昆虫天敌, 8(4): 238-241.]
- Liu SS, Shi ZH, 1996. Recent developments in research and utilization of *Trichogramma* spp. *Chinese Journal of Biological Control*, 12(2): 78-84. [刘树生, 施祖华, 1996. 赤眼蜂研究和应用进展. 中国生物防治, 12(2): 78-84.]
- Liu SS, Zhang GM, Zhang F, 1998. Factors influencing parasitism of *Trichogramma dendrolimi* on eggs of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Biocontrol*, 43(3): 273-287.
- Qian YQ, Cao RL, Li GZ, 1984. Biology of *Trichogramma ostrinae* and evaluation of its effectiveness in controlling corn. *Acta Entomologica Sinica*, 27(3): 287-293. [钱永庆, 曹瑞麟, 李国柱, 1984. 玉米螟赤眼蜂的生物学特性及其利用. 昆虫学报, 27(3): 287-293.]
- Shen XC, Wang WX, Kong J, Zhang GF, Dai KJ, Wang AC, Guo YY, 1991. Inoculative release of *Trichogramma dendrolimi* reared with artificial host eggs for controlling corn borer *Ostrinia furnacalis* (Lep.: Pyralidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 7(3): 141. [申效诚, 王文夕, 孔建, 张桂芬, 戴开甲, 王安超, 郭玉英, 1991. 早期低量释放用人工卵繁殖的赤眼蜂防治玉米螟. 生物防治通报, 7(3): 141.]
- Wang CL, 1988. Biological control of *Ostrinia furnacalis* with *Trichogramma* spp. in China// Voegelé J, Waage J, Lenteren J (eds.). *Trichogramma and Other Egg Parasites*. Paris: INTA. 609-611.
- Wang CL, Wang HX, Gui CM, Lu H, Yin YH, Jin GC, 1982. Study on the utilization of *Trichogramma ostrinae*. *Natural Enemies of Insects*, 4(3): 1-4. [王承纶, 王辉先, 桂承明, 路红, 尹英华, 金国琛, 1982. 玉米螟赤眼蜂利用研究. 昆虫天敌, 4(3): 1-4.]
- Wang LX, 2016. Effect of climate change on Qiqihar maize borer. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (1): 67-70. [王连霞, 2016. 气候变化对齐齐哈尔市玉米螟发生的影响. 黑龙江农业科学, (1): 67-70.]
- Wang P, He KL, Wang ZY, Wang YL, 2012. Evaluating transgenic *cry1Ac* maize for resistance to *Ostrinia furnacalis* (Guenée). *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(5): 395-400. [王培, 何康来, 王振营, 王应伦, 2012. 转 *cry1Ac* 玉米对亚洲玉米螟的抗性评价. 植物保护学报, 39(5): 395-400.]
- Wang WQ, Xie HC, Zhang TT, Bai SX, He KL, Wang ZY, 2015. Population dynamics and host plant sources of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) in northeastern China. *Journal of Plant Protection*, 42(6): 965-969.

- [王文强, 解海翠, 张天涛, 白树雄, 何康来, 王振营, 2015. 我国东北地区亚洲玉米螟种群发生动态与寄主植物来源. 植物保护学报, 42(6): 965–969.]
- Wang YY, Zhang ZB, Yang YF, Wang M, Zhao JR, Yang GH, 2012. Growth period and yield of early-maturing spring maize in northeast China from 2002–2009. *Scientia Agricultural Sinica*, 45(24): 4959–4966. [王玉莹, 张正斌, 杨引福, 王敏, 赵久然, 杨国航, 2012. 2002–2009 年东北早熟春玉米生育期及产量变化. 中国农业科学, 45(24): 4959–4966.]
- Wang ZY, He KL, Zhang F, Lu X, Babendreier D, 2014. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control*, 68: 136–144.
- Xu JJ, Guo WC, He J, Tu EX, 2001. Preliminary report on the technology research of using *Trichogramma* to control corn borer in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 38(6): 315–317. [许建军, 郭文超, 何疆, 吐尔逊, 2001. 新疆利用赤眼蜂防治玉米螟田间应用技术研究初报. 新疆农业科学, 38(6): 315–317.]
- Yang CC, Wang CS, Zheng YN, Fu B, Na CY, Su XM, 2011. Sustained effects of *Trichogramma dendrolimi* on *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Maize Sciences*, 19(1): 139–142. [杨长成, 王传士, 郑雅楠, 付波, 那成勇, 苏晓萌, 2011. 赤眼蜂防治玉米螟的持续效果分析. 玉米科学, 19(1): 139–142.]
- Zhang F, Li YH, Sun T, Sun GZ, Cui JA, Ning SM, Wang SH, 1993. Control effect on Asian corn borer by using long-period effective egg-cards of *Trichogramma*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 5(4): 11–15. [张帆, 李跃华, 孙彤, 孙光芝, 崔敬爱, 宁世民, 王少华, 1993. 施放赤眼蜂长效蜂卡防治玉米螟效果试验. 吉林农业大学学报, 5(4): 11–15.]
- Zhang F, Sun GZ, Li C, Meng ZJ, Li ZY, 2004. Field parasitizing on the different *Trichogramma* species and strains to egg of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* in field. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(4): 279–280. [张帆, 孙光芝, 李赤, 孟昭君, 李忠友, 2004. 高效寄生亚洲玉米螟赤眼蜂种及品系田间防治效果. 中国生物防治, 20(4): 279–280.]
- Zhang F, Sun T, 1992. Study on large-scale application of *Trichogramma* to control Asian corn borer. *Agriculture and Technology*, (6): 81–84. [张帆, 孙彤, 1992. 大面积应用赤眼蜂防治玉米螟的研究. 农业与技术, (6): 81–84.]
- Zhang GM, Liu SS, Yang JW, Zhang F, Sun T, 1995. On the restrictive factors of parasitism of *Trichogramma dendrolimi* on the eggs of Asian corn borer. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(3): 205–210. [张光美, 刘树生, 杨坚伟, 张帆, 孙彤, 1995. 影响松毛虫赤眼蜂寄生亚洲玉米螟的因子观察. 植物保护学报, 22(3): 205–210.]
- Zhang HY, Wang LY, Yang KJ, Zhao CJ, Zhao Y, Hu XW, Li XN, 2013. The occurrence of *Ostrinia furnacalis* in the Heilongjiang Midwest. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (7): 52–54. [张海燕, 王丽燕, 杨克军, 赵长江, 赵莹, 胡雪微, 李欣诺, 2013. 黑龙江省中西部亚洲玉米螟的发生规律. 黑龙江农业科学, (7): 52–54.]
- Zhang J, Wang JL, Cong B, Yang CH, 1990a. A faunal study of *Trichogramma* [Hym.: Trichogrammatidae] species on *Ostrinia furnacalis* [Lep.: Pyralidae] in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 6(2): 49–53. [张荆, 王金玲, 丛斌, 杨长城, 1990a. 我国亚洲玉米螟赤眼蜂种类及优势种的调查研究. 生物防治通报, 6(2): 49–53.]
- Zhang J, Wang JL, Yang CH, Xu BM, 1990b. Field experiments on the releasing rate of application of *Trichogramma dendrolimi* [Hym.: Trichogrammatidae] for controlling Asian corn borer in Liaoning. *Chinese Journal of Biological Control*, 6(3): 107–109. [张荆, 王金玲, 杨长成, 张凤, 许广民, 1990b. 应用赤眼蜂防治玉米螟的放蜂量试验. 生物防治通报, 6(3): 107–109.]
- Zhang J, Wang JL, Yang CH, Zhang F, Xu BM, Zhao DS, Li TH, Zhao XG, Wang G, 1990c. The effect of long-term releasing of *Trichogramma* on controlling *Ostrinia* in large area. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 21(4): 285–290. [张荆, 王金玲, 杨长成, 张凤, 许宝民, 赵德山, 李铁汉, 赵希贵, 王贵, 1990c. 长期利用赤眼蜂大面积防治玉米螟的效果评价. 沈阳农业大学学报, 21(4): 285–290.]
- Zhang ZL, 1988. *Trichogramma* sp. parasiting the eggs of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* and its efficacy in Beijing suburbs. In: *Trichogramma and other egg parasites*. // Voegele J, Waage J, Lenteren J (eds.). *Trichogramma and Other Egg Parasites*. Paris: INTA. 629–632.
- Zhang ZL, Huang RS, Zhu Y, Wang SQ, Kang ZJ, Pan YC, Yin YH, Zhang WS, Yun XQ, Sun AH, 1979. Preliminary report on the control of Asian corn borer using release of *Trichogramma ostrinae*. *Entomological Knowledge*, 16(5): 207–210. [张芝利, 黄融生, 朱墉, 王素琴, 康总江, 潘永成, 尹英华, 张文山, 恽秀芹, 孙爱华, 1979. 利用玉米螟赤眼蜂防治玉米螟的研究初报. 昆虫知识, 16(5): 207–210.]
- Zhao XM, 2011. Occurrence of corn borer and its green control technology in Heilongjiang Province. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (9): 159–160. [赵秀梅, 2011. 黑龙江省玉米螟发生情况与绿色防控技术. 黑龙江农业科学, (9): 159–160.]
- Zhao XM, Zhang SQ, Li WY, Shen FY, 2010. Evaluation of field control effect of *Trichogramma*. *Crops*, (2): 93–94. [赵秀梅, 张树权, 李维艳, 沈凤云, 2010. 赤眼蜂防治玉米螟田间防效测定与评估. 作物杂志, (2): 93–94.]
- Zhou DR, He KL, 1995. Asian Corn Borer and Its Integrated Management. Beijing: Golden Shield Press. 1–102. [周大荣, 何康来主编, 1995. 玉米螟综合防治技术. 北京: 金盾出版社. 1–102.]
- Zhou DR, Song YY, Wang ZY, He KL, Wen LP, Gao YX, Zheng L, Zhang GY, 1997. Study on the preference habitat of *Trichogramma ostrinae*: III. The attraction and augmentation function of summer corn interplanted with creeping type mungbean for the parasitoid and its application in Asian corn borer control at ear stage of corn. *Chinese Journal of Biological Control*, 13(3): 97–100. [周大荣, 宋彦英, 王振营, 何康来, 文丽萍, 高云霞, 郑礼, 张广义, 1997. 玉米螟赤眼蜂适生境的研究与利用 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. 中国生物防治, 13(3): 97–100.]