



李姝, 庄家祥, 杭德龙, 李子红, 欧阳承, 王杰, 朱晓明, 张帆. 不同释放密度和高度对稻螟赤眼蜂防控两种水稻螟虫效果的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 294–298.

不同释放密度和高度对稻螟赤眼蜂防控 两种水稻螟虫效果的影响

李 姝¹, 庄家祥², 杭德龙³, 李子红⁴, 欧阳承⁵, 王 杰¹, 朱晓明^{6*}, 张 帆^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 2. 福建省植保植检总站, 福州 350003;

3. 安徽省巢湖市植保站, 安徽巢湖 238000; 4. 贵州省植保植检站, 贵阳 550001; 5. 安徽省宁国市种植业局, 安徽宁国 242300;

6. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要: 稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* Ashmead 是二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 的优势卵寄生蜂。为优化稻螟赤眼蜂田间释放技术, 作者分别在安徽、福建和贵州进行了稻螟赤眼蜂不同释放高度和密度对防控两种水稻螟虫效果影响的田间试验。结果表明, 对于防控稻纵卷叶螟, 释放量一定时, 赤眼蜂在稻株顶部以上 5 cm 高度、8 点/0.07 hm² 释放密度的防治效果优于其他释放密度和高度的处理。而对于防控二化螟, 不同释放高度对赤眼蜂防治效果差异不显著。

关键词: 稻螟赤眼蜂; 二化螟; 稻纵卷叶螟; 释放高度; 释放密度; 防治效果

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 02-0294-05

Releasing density and height on control effect of *Trichogramma japonicum* on rice borers in paddy field

LI Shu¹, ZHUANG Jia-Xiang², HANG De-Long³, LI Zi-Hong⁴, OUYANG Cheng⁵, WANG Jie¹, ZHU Xiao-Ming^{6*}, ZHANG Fan^{1*} (1. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Fujian Station of Plant Protection and Quarantine, Fuzhou 350003, Fujian Province, China; 3. Plant Protection Station of Chaohu County, Chaohu 238000, Anhui Province, China; 4. Guizhou Station of Plant Protection and Quarantine, Guiyang 550001, China; 5. Ningguo City of Plantation Bureau, Ningguo 242300, Anhui Province, China; 6. National Agro-Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract: *Trichogramma japonicum* Ashmead is the dominant egg parasitoid species against the rice borers *Chilo suppressalis* (Walker) and *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée). To optimize the application technology of rice borers control by releasing *T. japonicum* in the field, we tested the effects of different releasing heights and densities on the control effect. Field experiments were conducted to investigate the damage rate of rice borers and control effect of parasitoid wasps in Anhui, Fujian and Guizhou. The results showed that the control effect of *T. japonica* on *C. medinalis* with releasing height at 5 cm above the top of

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项 (KJCX20200203); 国家重点研发计划“长江中下游水稻化肥农药减施增效技术集成研究与示范” (2016YFD0200800)

作者简介: 李姝, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为害虫生物防治, E-mail: lishu@ipepbaafs.cn

* 通讯作者 Author for correspondence: 朱晓明, 农艺师, 主要研究方向为农作物病虫害防治, E-mail: zhouxiaoming@agri.gov.cn; 张帆, 研究员, 主要研究方向为生物防治, E-mail: zlf6131@263.net

收稿日期 Received: 2019-03-10; 接受日期 Accepted: 2019-06-17

rice plant and density at 8 points per 0.07 hm^2 , was better than that of other treatments. However, *T. japonica* had no significant difference effects on *C. suppressalis* with different releasing heights.

Key words: *Trichogramma japonicum*; *Chilo suppressalis*; *Cnaphalocrocis medinalis*; releasing height; releasing density; control efficiency

赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 属膜翅目 Hymenoptera 赤眼蜂科 Trichogrammatidae, 作为最重要的一类卵寄生蜂已被广泛应用于农林害虫的生物防治(向玉勇和张帆, 2011)。种群筛选、规模化繁殖、有效分布和田间释放是赤眼蜂大规模应用的关键因素(Smith, 1996)。近年来, 我国赤眼蜂规模化扩繁技术的研究已取得显著成效, 成功研制出了柞蚕卵、米蛾卵等繁殖赤眼蜂的技术与工艺流程(向玉勇和张帆, 2011)。陈洪凡等(2010)测定了稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* 在二化螟 *Chilo suppressalis* 卵和台湾稻螟 *Chilatraea auricilia* 卵上的生命表参数, 证实了稻螟赤眼蜂对两种螟虫卵的寄生能力, 可有效控害。近年来各地开展了稻螟赤眼蜂防控水稻二化螟和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 的防控试验, 明确稻螟赤眼蜂是控制水稻二化螟、稻纵卷叶螟的优势蜂种(黄志农等, 2012; 杜文梅等, 2016; Tian *et al.*, 2017; 李姝等, 2018)。稻螟赤眼蜂具有良好的飞行能力, 是稻田释放赤眼蜂的首选, 在日温 $19 \sim 27^\circ\text{C}$ 、微风的有效扩散距离为 8 m (田俊策等, 2017)。赤眼蜂释放点距离作物顶端的距离(简称释放高度)会对赤眼蜂的生存与活动产生影响, 进而影响其控害效果。因此, 精准高效的赤眼蜂释放策略, 需要对赤眼蜂释放关键参数的研究。

为进一步优化田间释放稻螟赤眼蜂防控水稻螟虫的应用技术, 本文探索了不同释放高度和密度对赤眼蜂防控水稻螟虫效果的影响, 以期制定田间应用规范和提高其防治效果提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试赤眼蜂

试验所用稻螟赤眼蜂蜂卡(每张蜂卡约有米蛾卵 2 000 粒, 寄生率 $\geq 85\%$, 羽化率 $\geq 95\%$, 雌蜂率 $\geq 60\%$, 蜂畸形率 $\leq 8\%$), 室内繁育已扩繁 10 代以上, 为北京市农林科学院提供。

1.2 试验设计

1.2.1 不同释放密度对稻纵卷叶螟控害效果影响

试验设在福建省南平市顺昌县溪兰村水稻田,

2014 年每 0.07 hm^2 设置 5 点、8 点放蜂 2 个处理, 2015 年设置 3 点、5 点、8 点 3 个处理, 每处理 3 次重复。每次 10 000 头/ 0.07 hm^2 , 共放 3 次, 每个小区面积 1 hm^2 。

2015 年同时在安徽省宁国市中溪镇狮桥村开展试验。放蜂田每 0.07 hm^2 设置 3 点、5 点、8 点放蜂, 每次 10 000 头/ 0.07 hm^2 , 共放 3 次, 每小区面积 0.14 hm^2 。

各处理田都在同一区域, 除螟虫防治外, 各地试验区水稻品种、栽培方式、肥水管理条件、长势基本一致。

放蜂方法: 在稻纵卷叶螟成虫始盛期开始放蜂, 连续放蜂 3 次, 间隔 5 d。按试验处理密度设置放蜂点。在放蜂点插 1 根 1.5 m 高的竹竿, 将分好的蜂卡固定在一次性纸杯内侧底部, 杯口向下, 悬挂在竹竿上, 杯口距离水稻叶片顶部 10 cm 。

1.2.2 不同释放高度对二化螟和稻纵卷叶螟控害效果的影响

2013 年在贵州省都匀市试验防治稻纵卷叶螟, 2014 年在安徽省桐城市孔城镇桐梓村试验防治二化螟。共设置: 赤眼蜂的蜂卡距稻株顶部以上 5 cm 、稻株叶冠内并距顶端 10 cm 、稻株顶部以上 20 cm 3 个处理, 每小区面积 0.35 hm^2 , 3 次重复。各处理田都在同一区域, 除螟虫防治外, 各地试验区水稻品种、栽培方式、肥水管理条件、长势基本一致。

放蜂方法: 在二化螟、稻纵卷叶螟成虫始盛期开始放蜂, 每次 10 000 头/ 0.07 hm^2 , 连续放蜂 3 次, 间隔 5 d。每 0.07 hm^2 设 5 个放蜂点。在放蜂点插 1 根 1.5 m 高的竹竿, 将分好的蜂卡固定在一次性纸杯内侧底部, 杯口向下, 悬挂在竹竿上。杯口距离水稻叶片顶部距离按试验处理。

1.3 效果评价

1.3.1 稻纵卷叶螟寄生率调查

放蜂当日, 各处理在田间按 5 点取样法标记当天产下的稻纵卷叶螟卵粒 50 粒, 于放蜂后 3 d 采回室内, 培养 3 d 后或在未寄生卵开始孵化时观察统计被寄生卵粒数, 计算校正寄生率。一般在采回室内后的第 2 ~ 3 天, 被寄生卵全部变成黑

色, 未寄生卵粒通常不变黑色或孵出幼虫。

寄生率(%) = 被寄生卵粒数/调查总卵粒数 × 100

校正寄生率(%) = (放蜂田寄生率 - 对照田寄生率) / (1 - 对照田寄生率) × 100

1.3.2 水稻受害率调查

二化螟或稻纵卷叶螟危害稳定后, 分别在各处理放蜂田, 采用双行平行跳跃式 10 点取样, 每点查 10 丛水稻, 10 点共查 100 丛, 调查和记录水稻总株数、二化螟害数(枯心数或白穗数)、稻纵卷叶螟害数(卷叶数或虫苞数), 分别计算受害率和防治效果。

受害率(%) = 防治区螟害数/对照区螟害数 × 100

防治效果(%) = (对照区受害率 - 防治区受害率) / 对照区受害率 × 100

1.4 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS 18.0 进行统计和分析。应用 One-Way ANOVA Duncan's 新复极差法 ($P < 0.05$) 检验不同处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同释放密度对赤眼蜂防控稻纵卷叶螟效果的影响

福建省南平市顺昌县在 2014 年的试验结果(表 1) 显示, 稻螟赤眼蜂的释放密度 5 点/0.07 hm²、8 点/0.07 hm² 防治稻纵卷叶螟的效果分别为 54.88%、59.47%, 二者之间没有显著差异。而 2015 年试验结果可见不同释放密度处理间的差异显著, 3 点/0.07 hm²、5 点/0.07 hm²、8 点/0.07 hm² 的防治效果分别为 46.12%、69.44% 和 80.27%, 以 8 点/0.07 hm² 最好。安徽省宁国市中溪镇 2015 年各处理的防治效果都能达 70% 以上, 不同赤眼蜂释放密度间处理间无显著差异(表 1)。

以上两地两年的试验结果均有释放密度越大, 防治效果越好的趋势, 但在不同地点及不同年份各处理间差异显著性不同。

表 1 不同释放密度稻螟赤眼蜂防治稻纵卷叶螟的效果调查
Table 1 Control effect of *Trichogramma japonicum* from different releasing densities on *Cnaphalocrocis medinalis* in paddy field

处理 Treatment	福建省南平市 (2014 年) Fujian Province in 2014		福建省南平市 (2015 年) Fujian Province in 2015		安徽省宁国市 (2015 年) Anhui Province in 2015	
	受害率 (%)	防治效果 (%)	受害率 (%)	防治效果 (%)	受害率 (%)	防治效果 (%)
	Injury rate	Control effect	Injury rate	Control effect	Injury rate	Control effect
3 点/0.07 hm ² 放蜂 Wasps released from 3 points per 0.07 hm ²	—	—	5.20 ± 0.97 ab	46.12 ± 11.09 b	3.89 ± 0.23 a	72.59 ± 1.62 a
5 点/0.07 hm ² 放蜂 Wasps released from 5 points per 0.07 hm ²	5.90 ± 1.55	54.88 ± 11.84	2.95 ± 0.57 bc	69.44 ± 5.95 ab	3.48 ± 0.19 a	75.44 ± 1.34 a
8 点/0.07 hm ² 放蜂 Wasps released from 8 points per 0.07 hm ²	5.30 ± 1.02	59.47 ± 7.80	1.90 ± 0.45 c	80.27 ± 4.65 a	3.15 ± 0.14 a	77.78 ± 1.01 a

注: 表中数据为 3 个重复的平均值 ± 标准误, 同列数据后不同小写字母表示经单因素方差分析 (One-way ANOVA) 差异显著 ($P < 0.05$)。下同。Note: Data in the table were means ± SE; different lowercase letters in the same column indicated significant different between treatments (One-way ANOVA, $P < 0.05$). The notes in the following tables were same with table 1.

2.2 不同释放高度对赤眼蜂防控二化螟和稻纵卷叶螟效果的影响

2013 年贵州省都匀市试验(表 2) 结果表明, 稻螟赤眼蜂 3 种释放高度防治稻纵卷叶螟的防治

效果存在显著差异。以植株顶部以上 5 cm 高度释放赤眼蜂防治效果的最好, 达到 50.87%, 且与其他释放高度存在显著差异(受害率: $F = 708.961$, $P < 0.05$; 防治效果: $F = 136.679$, $P < 0.05$); 其

次是 10 cm 处理时防治效果 (44.94%), 稻株顶部以上 20 cm 处理时防治效果最差 (37.53%)。2014 年安徽省桐城市试验结果显示, 3 种释放高度的稻螟赤眼蜂防治二化螟的防治效果差异不显著, 但仍有稻株顶部以上 5 cm > 稻株叶冠内并距顶端 10 cm > 稻株顶部以上 20 cm 的趋势。

稻螟赤眼蜂不同释放高度对稻纵卷叶螟的卵寄生率存在显著差异 (表 3), 3 次放蜂结果都显示, 稻株顶部以上 5 cm 释放赤眼蜂的寄生率显著高于其他两种释放高度, 且其他两种释放高度之间无显著差异。可见距离水稻顶端越近, 寄生效果越好。

表 2 不同释放高度稻螟赤眼蜂防治水稻螟虫的效果调查
Table 2 Control effect of *Trichogramma japonicum* from different releasing heights on rice borers in paddy field

处理 Treatment	防治稻纵卷叶螟 (贵州省都匀市, 2013 年) Against <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> (Guizhou Province in 2013)		防治二化螟 (安徽省桐城市, 2014 年) Against <i>Chilo suppressalis</i> ; <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> (Anhui Province in 2014)	
	受害率 (%)	防治效果 (%)	受害率 (%)	防治效果 (%)
	Injury rate	Control effect	Injury rate	Control effect
稻株顶部以上 5 cm Wasps released from 5 cm above the top of rice	14.59 ± 0.26 c	50.87 ± 0.88 a	0.26 ± 0.02 a	67.62 ± 2.60 a
稻株叶冠内并距顶端 10 cm Wasps released from 10 cm lower the top of rice	16.35 ± 0.06 b	44.94 ± 0.21 b	0.28 ± 0.01 a	64.70 ± 0.64 a
稻株顶部以上 20 cm Wasps released from 20 cm above the top of rice	18.55 ± 0.39 a	37.53 ± 1.32 c	0.31 ± 0.02 a	60.65 ± 3.05 a

表 3 不同释放高度稻螟赤眼蜂对稻纵卷叶螟的卵寄生率 (贵州省都匀市 2013)
Table 3 Egg parasitism rates of *Trichogramma japonicum* from different releasing heights on *Cnaphalocrocis medinalis* in Duyun City, Guizhou Province in 2013

处理 Treatment	第 1 次 After 1 st release		第 2 次 After 2 nd release		第 3 次 After 3 rd release	
	卵寄生 率 (%)	校正寄生 率 (%)	卵寄生 率 (%)	校正寄生 率 (%)	卵寄生 率 (%)	校正寄生 率 (%)
	Parasitism rate of host eggs	Corrected parasitism rate	Parasitism rate of host eggs	Corrected parasitism rate	Parasitism rate of host eggs	Corrected parasitism rate
稻株顶部以上 5 cm Wasps released from 5 cm above the top of rice	37.33 ± 1.44 a	33.33 ± 1.53 a	42.00 ± 2.49 a	36.96 ± 2.71 a	38.67 ± 2.88 a	28.68 ± 3.35 a
稻株叶冠内并距顶端 5 ~ 10 cm Wasps released from 5 ~ 10 cm lower the top of rice	28.67 ± 1.44 b	24.11 ± 1.53 b	32.67 ± 2.38 b	26.81 ± 2.58 b	34.67 ± 2.37 ab	24.03 ± 2.76 ab
稻株顶部以上 20 cm Wasps released from 20 cm above the top of rice	24.67 ± 1.44 b	19.86 ± 1.53 b	28.00 ± 1.63 b	21.74 ± 1.77 b	26.67 ± 2.88 b	14.73 ± 3.35 b

3 结论与讨论

天敌寻找效应与天敌本身密度密切相关, 在

一定空间内天敌数量增加, 相互干扰作用加强, 会导致天敌的寻找效应降低 (冯宏祖等, 2013)。研究发现, 许多赤眼蜂自身密度对寄主的寄生作用存在明显干扰作用 (黄寿山等, 1996; 冯宏祖

等, 2013; 温玄烨等, 2015)。但由于稻螟赤眼蜂的田间有效扩散距离为 8 m (田俊策等, 2017), 因此放蜂密度不能过低, 否则可能会影响防效。

有研究表明在同等放蜂量的情况下, 随着放蜂点的增加, 稻螟赤眼蜂对稻纵卷叶螟的防治效果也相应提高 (杭德龙, 2017; 王蓉等, 2017)。本试验中, 放蜂密度 8 点/0.07 hm² 的控害效果优于 3 点/0.07 hm² 和 5 点/0.07 hm², 这与前人研究结果一致。考虑到应用成本等问题, 建议应用中选择 5 点/0.07 hm² 的释放密度为宜。但试验中出现了在同一地点的不同年份和同一年份不同地点, 放蜂密度处理间的差异显著性表现不同, 这可能与试验当时的田间小气候和植株生长状况以及供试赤眼蜂本身质量有关, 还需要进行进一步试验研究。

赤眼蜂释放点距离作物顶端的距离 (简称释放高度) 会对赤眼蜂的生存与活动产生影响, 进而影响其控害效果。有报道指出, 蜂卡置于稻株叶冠内并距顶端 5 cm 的防治效果优于 10 cm 和 20 cm (杭德龙, 2017; 王蓉等, 2017)。本研究从赤眼蜂寄生率和控害效果两方面的评价效果均显示出释放高度 5 cm 处理显著高于 10 cm 和 20 cm 处理, 这可能是距离植株越近, 则温湿度越适宜赤眼蜂羽化与活动, 且更利于搜索寄主产卵寄生, 提高其控害能力。但是否距离更近或在植株中间甚至水田中释放效果更好? 还应该进行更多的研究和试验调查, 为制定赤眼蜂田间高效控害应用提供技术支持。

参考文献 (References)

- Chen HF, Huang SS, Zhang YZ, et al. Control efficacy of *Trichogramma japonicum* against *Chilo suppressalis* and *Chilareae auricilia* [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21 (3): 743–748. [陈洪凡, 黄寿山, 张玉烛, 等. 稻螟赤眼蜂对二化螟和台湾稻螟的控制潜能评价 [J]. 应用生态学报, 2010, 21 (3): 743–748]
- Du WM, Lin Y, Zang LS, et al. Interspecific interference of *Trichogramma japonicum* with other two *Trichogramma* species on eggs of the rice stripped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (3): 488–493. [杜文梅, 林英, 臧连生, 等. 稻螟赤眼蜂与二种赤眼蜂对水稻二化螟卵寄生竞争作用 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (3): 488–493]
- Feng HZ, Wang L, Guo WC, et al. Functional response of *Trichogramma* on eggs of *Cydia pomonella* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2013, 29 (2): 307–311. [冯宏祖, 王兰, 郭文超, 等. 赤眼蜂对苹果蠹蛾卵功能反应的研究 [J]. 中国生物防治学报, 2013, 29 (2): 307–311]
- Hang DL. Evaluation of control effect of different releasing ways of *Trichogramma* on *Chilo suppressalis* and *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2017, 23 (24): 64–66. [杭德龙. 赤眼蜂不同放蜂方法对水稻二化螟及稻纵卷叶螟的控制效果试验 [J]. 安徽农学通报, 2017, 23 (24): 64–66]
- Huang SS, Dai ZY, Wu DZ. Studies on the interference efficiency of *Trichogramma ostrinia* Pang et Chen to itself density [J]. *Entomological Knowledge*, 1996, 33 (2): 108–110. [黄寿山, 戴志一, 吴达章. 玉米螟赤眼蜂自身密度的干扰效应研究 [J]. 应用昆虫学报, 1996, 33 (2): 108–110]
- Huang ZL, Zhang YZ, Zhu GQ, et al. Evaluation of control effect of *Trichogramma japonicum* against *Cnaphalocrocis medinalis* and *Chilo suppressalis* [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2012, 24 (5): 37–40. [黄志农, 张玉烛, 朱国奇, 等. 稻螟赤眼蜂防治稻纵卷叶螟和二化螟的效果评价 [J]. 江西农业学报, 2012, 24 (5): 37–40]
- Li S, Zheng HB, Chen LL, et al. Comparisons of three *Trichogramma* species for controlling *Chilo suppressalis* in paddy field [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2018, 34 (3): 336–341. [李姝, 郑和斌, 陈立玲, 等. 三种赤眼蜂对水稻二化螟田间控害效果比较 [J]. 中国生物防治学报, 2018, 34 (3): 336–341]
- Smith SM. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use [J]. *Annual Review of Entomology*, 1996, 41 (41): 375–406.
- Tian JC, Wang ZC, Wang GR, et al. Assessment of the flight ability of four *Trichogramma* species and the dispersal of *T. japonicum* in rice field [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2017, 33 (1): 26–31. [田俊策, 王子辰, 王国荣, 等. 四种赤眼蜂的飞行能力和稻螟赤眼蜂的田间扩散能力评价 [J]. 中国生物防治学报, 2017, 33 (1): 26–31]
- Tian JC, Wang ZC, Wang GR, et al. The effects of temperature and host age on the fecundity of four *Trichogramma* species, egg parasitoids of the *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2017, 110 (3): 949–953.
- Wang R, Xiao WP, Shao CY, et al. Research on artificial release of *Trichogramma japonicum* to control *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. *China Plant Protection*, 2017, 37 (11): 46–48. [王蓉, 肖卫平, 邵昌余, 等. 人工释放稻螟赤眼蜂防治稻纵卷叶螟应用技术研究 [J]. 中国植保导刊, 2017, 37 (11): 46–48]
- Wen XY, Song LW, Xu J, et al. Parasitic activity of three indigenous *Trichogramma* species to different density eggs of *Leguminivora glycinivorella* and their intraspecific interferences on parasitism [J]. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42 (4): 626–631. [温玄烨, 宋丽威, 许晶, 等. 三种赤眼蜂对不同密度大豆食心虫卵的寄生反应及其自身密度的干扰效应 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (4): 626–631]
- Xiang YY, Zhang F. Review of application research on *Trichogramma westwood* in biological control in China [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2011, 40 (12): 20–24. [向玉勇, 张帆. 赤眼蜂在我国生物防治中的应用研究进展 [J]. 河南农业科学, 2011, 40 (12): 20–24]