

桑天牛对补充营养寄主的选择性及诱杀药剂筛选^{*}

唐燕平 丁玉洲^{**} 王同生 谢 菲 苏远达 张龙娃^{**}

(安徽农业大学 安徽省微生物防治重点实验室 合肥 230036)

摘 要 桑天牛 *Apriona germari* (Hope) 对补充营养植物的偏好性引起了诸多学者的广泛关注。利用天牛对寄主植物的选择性, 开发植物源引诱剂对于天牛的控制具有重要意义。作为植物源引诱剂开发的一个基础工作, 本研究选择 3 种主要寄主植物 (构树、桑树和杨树) 进行桑天牛成虫选择性及取食量的研究; 研究显示, 构树 (*Broussonetia parpyrifera* (L.) Vent)、桑树 (*Morus alba* L.) 和杨树 (*Populus × canadensis* Moench) 引诱桑天牛成虫补充营养频率存在显著差异 ($F = 118.9, P < 0.01$), 桑天牛成虫补充营养对于构树具有极明显的选择性; 桑天牛对 3 种植物取食量存在显著差异 ($F = 14.7, P < 0.01$), 桑天牛成虫补充营养时对构树具有明显的偏好性。上述研究为桑天牛成虫诱集捕杀及其引诱剂开发奠定理论基础。同时, 为了更好的指导生产实践, 本文对两种杀虫剂——虫线清乳油与绿色威雷 (触破式微胶囊剂) 毒杀桑天牛的效果进行了评价。试验采用林间罩笼方法, 测定了两种杀虫剂对桑天牛成虫效果。研究结果表明, 虫线清喷施后, 显著抑制了桑天牛的取食行为; 5 d 内桑天牛成虫全部死亡, 防治率为 100%; 绿色威雷喷雾防治桑天牛成虫杀虫作用迅速, 150 min 内成虫全部死亡, 防治效果达 100%。上述两种药剂可以作为桑天牛成虫诱集捕杀的候选药剂在生产实践中加以应用。

关键词 桑天牛, 取食频次, 取食量, 虫线清乳油, 绿色威雷, 防治效果

Preferences of *Apriona germari* for different plants and the effectiveness of two pesticides in controlling this pest

TANG Yan-Ping DING Yu-Zhou^{**} WANG Tong-Sheng XIE Fei SU Yuan-Da ZHANG Long-Wa^{**}

(Anhui Provincial Key Laboratory of Microbial Pest Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract The preference of *Apriona germari* (Hope) for various plants has been the subject of many studies. We investigated the feeding frequency and consumption rate of *A. germari* on three host plants, *Broussonetia parpyrifera* (L.) Vent, *Morus alba* L. and *Populus × canadensis* Moench, in the laboratory. The results show that both the feeding frequency and consumption rate of *A. germari* differed significantly on these three hosts; feeding frequency ($F = 18.9, P < 0.01$), consumption rate ($F = 14.7, P < 0.01$). The highest feeding frequency and consumption rate was recorded on *B. parpyrifera*. We also investigated the effectiveness of two pesticides, Chongxianqing (EC) and Luseweilei (contacted-breaking release microcapsules), in controlling *A. germari* in field experiments. We found that Chongxianqing had a significant effect on *A. germari*, achieving 100% mortality within 5 d. In addition, Chongxianqing had an obvious inhibitory effect on the feeding behavior of *A. germari*. Luseweilei was also highly toxic to *A. germari*, with all tested insects dying within 150 s. We conclude that Chongxianqing and Luseweilei can be used as part of a control strategy for *A. germari*.

Key words *Apriona germari*, feeding frequency, consumption rate, Chongxianqing, Luseweilei

我国处于世界杨树的中心分布区域, 杨树的栽植面积居世界之首。随着杨树栽植面积的日益扩大, 杨树害虫问题正成为杨树生产上的主要矛盾。以天牛为主的蛀干害虫几乎连年严重发生, 发生面广, 威胁着造林成果的巩固和经济效益, 生态效益的发挥 (蔡平和祝树德, 2003; 李孟楼,

2010)。随着杨树面积的迅速扩大, 杨树天牛的发生和危害问题将日趋突出。在安徽等地危害最大的是桑天牛 *Apriona germari* (Hope), 仅 2011 年安徽省桑天牛发生面积就达 6.5 万 hm^2 。桑天牛以幼虫钻蛀杨树枝、干韧皮部和木质部, 轻则造成树势衰弱, 重则整株甚至成片枯死 (高瑞桐等, 1994;

^{*} 资助项目: 国家林业公益性行业专项 (201204506); 合肥市科技计划项目 (合科[2007]15 号)。

^{**} E-mail: dyz510@ahau.edu.cn; zhanglw@ahau.edu.cn

收稿日期: 2012-03-29, 接受日期: 2013-02-06

高秀美等,2001)。

对于天牛类害虫的防治一直是世界林业害虫中的一个难题。目前防治方法主要是针对幼虫而开展的,主要是采取杀虫毒签插入虫孔、棉团蘸药塞入虫孔、注射器将药液注入虫孔等,并均需用泥团封口(Kogan,1998;孙孝龙和许平,2007)。这些方法对于3年生以下低矮的幼树较易实施,但对于当前普遍处于4年生以上高大的杨树植株,此方法难以有效实施。采用树干基部打孔注药防治的方法也有试验报道,并能取得很好的效果(方国飞等,2009;王同生,2009)。

国内对桑天牛研究结果均证实,桑天牛成虫羽化后,均需取食桑、构等桑科植物作为补充营养,才能正常交配、产卵繁殖后代,否则不能正常繁殖后代。汪永俊等(1986)观察桑天牛在桑树上补充营养后,再迁飞到杨树林或果树上产卵。根据这一特点,很多专家提出,在杨树种植区,有目的地设置引诱植物,引诱桑天牛成虫并对引诱植物进行集中防治,是值得进行研究和应用的有效手段。高瑞桐和郑世锴(1998)以桑树为诱饵树诱杀桑天牛,桑天牛有虫株率由原来的11.4%~20.6%下降到1%以下。但是,对于通过诱集措施集中诱杀的方法在实际操作中的可行性也受到了质疑(张仲信和谷昭威,1994)。作为一种替代措施,利用天牛对寄主植物的选择性,积极开发引诱剂(植物源)以替代设置引诱植物不失为一种省工而有效的措施。作为植物源引诱剂开发的一个基础工作,进一步确认桑天牛对主要补充营养植物的偏好性是非常必要的。为此,本研究选择3种主要寄主植物(构树、桑树和杨树)进行桑天牛成虫选择性与取食量的研究;同时,本文也对两种林业部门推荐使用杀虫剂——16%虫线清乳油与8%绿色威雷(触破式微胶囊剂),毒杀桑天牛的效果进行了评价,以便为生产应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验区位于合肥市大杨镇杨树林,地处合肥市西北郊。试验地土壤以黄棕壤为主,土层较厚,质地粘重,土壤酸碱适中,适宜多种林木生长。

1.2 材料

1.2.1 供试昆虫 新羽化桑天牛成虫采集自安

徽农业大学教育科研示范基地(合肥市庐阳区大杨镇)杨树林。分雌雄分别置于养虫笼中,在温度25℃,湿度为27%±2%,光照周期L:D=12:12的条件下饲养;供试前保持12 h不取食。

1.2.2 供试引诱植物 选择主要桑科植物构树(*Broussonetia parpyrifera* (L.) Vent)、桑树(*Morus alba* L.)和杨树(*Populus × canadensis* Moench)作为供试引诱植物,各取其60 cm长、1~2年生的枝条1段,作为试验样枝。

1.2.3 供试药剂 16%虫线清乳油,(有效成分:啮硫磷和丁硫威),广东省珠海市绿宇生化技术研究所。8%绿色威雷(触破式微胶囊剂;有效成分:氯氰菊酯),重庆中邦药业(集团)有限公司。两种药剂均由安徽省林业有害生物防治检疫局提供。

1.3 方法

1.3.1 寄主植物取食选择性试验

(1)桑天牛成虫取食引诱植物频次测定 在室内大养虫笼(长60 cm×宽50 cm×高90 cm)内进行。取养虫笼6个(6个重复)分别编号和标记。在每个大养虫笼内分别放入引诱植物枝条9根,植物枝条按不同引诱植物单根交替分开平放。然后于每个笼内放入桑天牛成虫雌雄1对,任其自由选择引诱样枝取食。按规定时间检查,共检查7 d,每天检查4次,检查时间依次为8:00、11:00、15:00、20:00,记录桑天牛成虫选择取食各引诱植物的次数。桑天牛成虫选择取食评价标准为:桑天牛成虫着落于相应的植物枝条;同时,并表现出连续取食行为,则计为1次选择。若观察时,桑天牛没有对任何植物枝条做出选择,则选择次数计为0。

(2)桑天牛成虫取食引诱植物面积测定 按试验设计进行,方法同引诱频次测定。每天逐号检查测量1次,共检查测量6 d(6次),每次检查测量后立即更换新鲜枝条,逐号分别记下各种引诱植物的取食面积。取食面积的计算方法,首先用硫酸纸记录下引诱植物枝条的取食痕迹,然后用坐标纸(1 mm方格)统计取食面积(mm²)。

1.3.2 喷药防治试验

(1)虫线清喷雾防治试验 选取构树试验样株10株(即10个重复),每样株选取样枝10枝,在样枝上量取110 cm长、1~2年生枝条一段试验样枝;分别编号、标记。对试验样枝喷洒16%虫线

清乳油 300 倍液,喷药 30 min 后各接桑天牛雌雄成虫一对,随即用不锈钢窗纱罩住,以防成虫逃逸。记录注药日期、时间。喷药后按规定时间及次数进行检查,每日检查一次。于 2009 年 7 月 4 日进行喷雾试验,共检查 5 次(5 日)。分别检查死虫数及活虫数,记入表中。

(2) 虫线清处理对桑天牛取食的抑制作用
在喷雾防治试验结束后,分别统计桑天牛成虫在受药枝条上的取食量;并与对照株进行比较,以评价虫线清处理对桑天牛取食的抑制作用。具体取食量统计方法同 1.2.1(2)。

(3) 绿色威雷喷雾防治试验 绿色威雷处理方法与虫线清相同。使用时,用水稀释 300 倍,对植物枝条进行喷雾处理。根据该药剂特点,效果检查按喷喷雾处理后每 30 min 检查 1 次,共检查 6 次,依次为喷药后 30、60、90、120、150、180 min,分别检查死虫数及活虫数,记入表中。

(4) 对照处理 选取对照株 10 株(即 10 个重复),与喷药防治试验同步进行。样枝选取、接虫、网罩方法同喷药防治试验。药剂试验株喷药同时,对照株喷洒清水。效果检查与药剂试验效果检查同步进行。

1.3.3 计算公式

(1) 死亡率 (%) = $\frac{\text{死亡数}}{\text{总虫数(死虫 + 活虫)}} \times 100;$

(2) 虫口减退率 (%) = $\frac{\text{防前活虫数} - \text{防后活虫数}}{\text{防前活虫数}} \times 100;$

(3) 校正死亡率 (%) = $\frac{\text{对照组生存率} - \text{处理组生存率}}{\text{对照组生存率}} \times 100;$

(4) 校正虫口减退率 (%) = $\frac{\text{处理组虫口减退率} - \text{对照组虫口减退率}}{1 - \text{对照组虫口减退率}} \times 100。$

1.4 数据统计与分析

为满足正态分布和方差齐性,桑天牛取食选择频次、取食面积数据经过 log (x + 1) 转换。转换数据进行方差分析和 t-测验比较处理间的差异显著性,方差分析均采用 Ryan-Einot-Gabriel-Welsch 多重比较,所有数据分析均使用 Windows SPSS

11.0 (SPSS Inc. 2001) 统计软件计算。

2 结果与分析

2.1 桑天牛成虫对不同寄主植物的取食频次

桑天牛成虫对 3 种寄主植物(构树、桑树、杨树)取食频次统计结果见图 1。方差分析表明,桑天牛成虫对不同寄主植物取食频次存在明显不同 ($F = 118.9, P < 0.01$);桑天牛对构树选择性最高,其次是桑树,对杨树的选择性最低(取食频次仅为构树的 6%)。上述研究表明,桑天牛成虫对于构树具有极明显的取食选择性(图 1)。

2.2 桑天牛成虫对不同寄主植物取食面积

桑天牛成虫对 3 种寄主植物(构树、桑树、杨树)取食面积统计结果见图 2。方差分析结果表明,桑天牛对 3 种植物取食量存在显著差异 ($F = 14.7, P < 0.01$)。其中,对构树的取食面积高达 15 192 mm²,而对桑树和杨树的取食面积仅为 4 430 mm² 和 699 mm²。上述结果表明,构树对于吸引桑天牛成虫补充营养具有极明显优势,桑天牛成虫明显喜欢构树作为补充营养植物。

2.3 虫线清对桑天牛成虫的杀虫效果与取食抑制

2.3.1 虫线清对桑天牛成虫的杀虫效果 虫线清喷雾处理后,第 3 天成虫死亡个体最多,虫口减退率为 55.6%。5 d 内所有供试天牛全部死亡,与对照(死亡率为 0)相比,成虫死亡率、校正死亡率、虫口减退率、校正虫口减退率均为 100%,即 5 d 内防治效果达 100%(表 1)。

2.3.2 虫线清对桑天牛成虫取食的抑制作用
本试验结果显示,桑天牛成虫需经过一段时间的取食才导致死亡,而非一次取食即死亡,但取食量与对照相比却大为减少 ($t = -21.8, P < 0.01$)。桑天牛成虫在受药枝条上致死补充营养量平均为 701 mm²,不足正常平均补充营养量(50 310 mm²) 的百分之一。上述结果表明,虫线清的施用对桑天牛成虫取食具有显著抑制。另外,试验中作者也发现,取食受药枝条的桑天牛成虫多为静止不动,即使触动虫体,爬行也极为缓慢(图 3)。

2.4 绿色威雷喷雾防治桑天牛成虫效果

本试验结果表明,应用绿色威雷 300 倍液喷洒补充营养植物枝条(构树 1~2 年生嫩枝条),发挥杀虫作用极快,30 min 内即死亡 45%(表 2)。

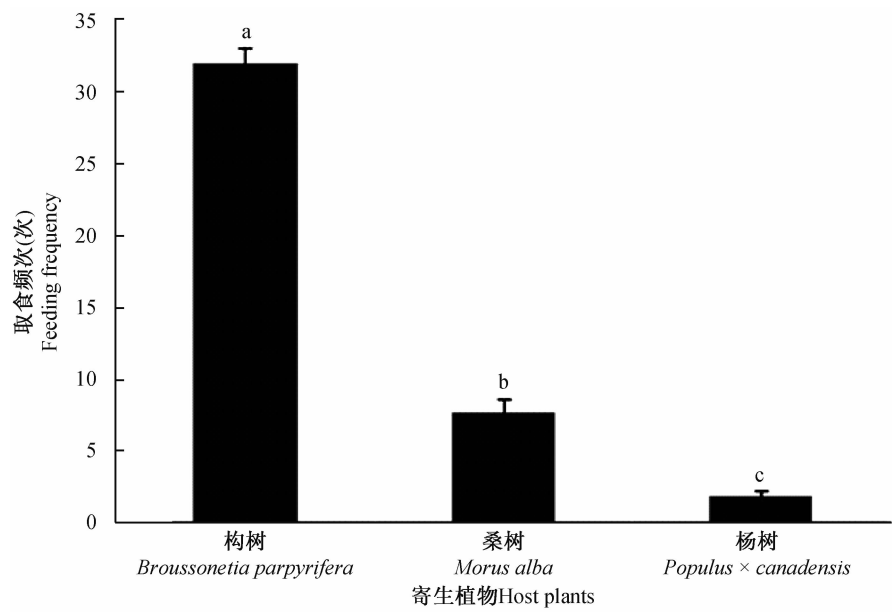


图 1 桑天牛成虫对不同寄主植物的取食频次

Fig. 1 Feeding frequency of *Apriona germari* to three host plants

柱上标有不同字母表示处理间存在显著差异 ($\alpha = 0.05$), 方差分析采用 Ryan-Einot-Gabriel-Welsch -range 多重比较。图 2 同。

Histograms with the different letters indicate significantly different at 0.05 level by ANOVA followed by Ryan-Einot-Gabriel-Welsh (REGW) range test. The same with Fig. 2.

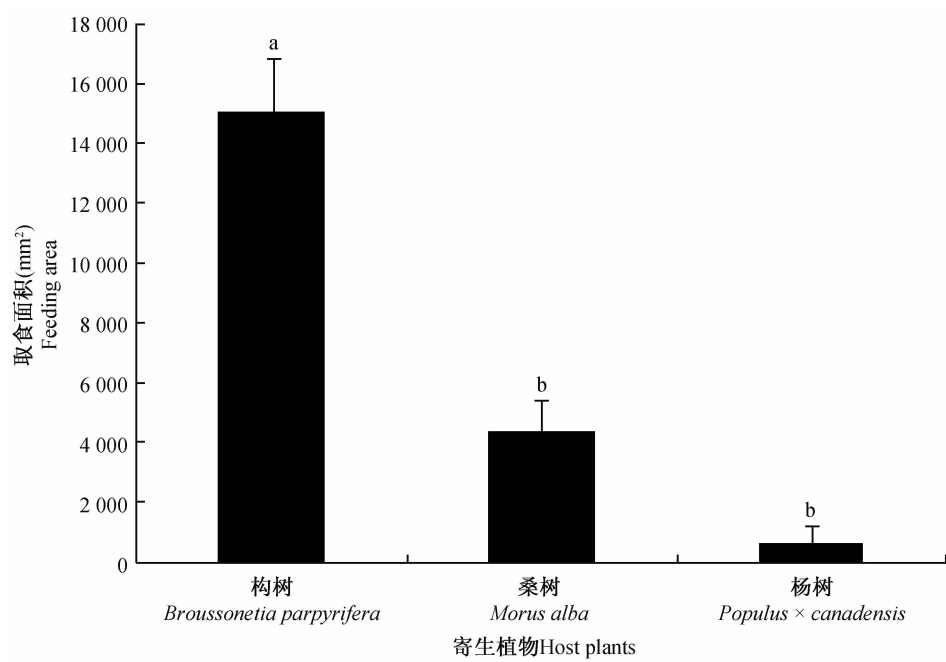


图 2 桑天牛对不同寄主植物取食面积差异

Fig. 2 Consumption rate of *Apriona germari* to three host plants

表 1 虫线清防治桑天牛效果

Table 1 The control effect of 16% Chongxianqing to *Apriona germari* adults

时间(d)	死亡率(%)	校正死亡率(%)	虫口减退率(%)	校正虫口减退率(%)
Time(d)	Mortality	Corrected mortality	Decline rate of pest	Corrected decline rate of pest
1	30	30	30.0	30.0
2	55	55	35.7	35.7
3	80	80	55.6	55.6
4	90	90	50.0	50.0
5	100	100	100.0	100.0

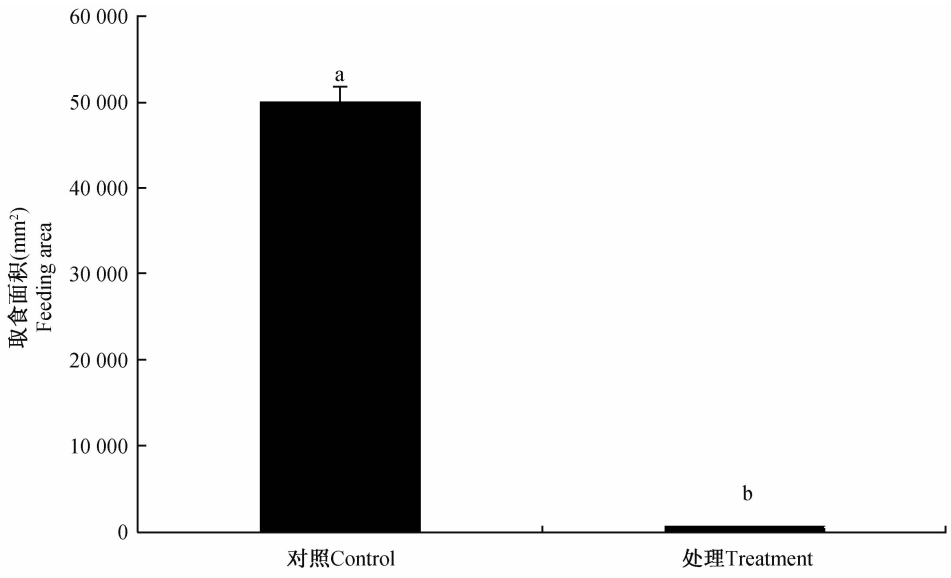


图 3 虫线清对桑天牛成虫取食的抑制作用

Fig.3 Inhibition effect of Chongxianqing on the consumption rate of *Apriona germari* adults

柱上标有不同字母表示处理间存在显著差异($\alpha=0.05$),采用配对 *t*-检验进行比较。

Histograms with different letters indicate significantly different at 0.05 level by Paired-samples *t*-test.

表 2 绿色威雷防治桑天牛效果

Table 2 The control effect of Luseweilei to *Apriona germari* adults

时间(min)	死亡率(%)	校正死亡率(%)	虫口减退率(%)	校正虫口减退率(%)
Time(min)	Mortality	Corrected mortality	Decline rate of pest	Corrected decline rate of pest
30	45	45	45	45
60	65	65	65	65
90	75	75	75	75
120	90	90	90	90
150	100	100	100	100
180	100	100	100	100

根据该药剂杀虫作用快的特点,药效检查的时间梯度设计为每隔 30 min 检查 1 次,共 6 次。

检查结果(表 2)显示,与对照(死亡率为 0)相比,施药后成虫死亡率、校正死亡率、虫口减退率、校

正虫口退减率均为 100%,即在 150 min 内,防治效果达 100%。

3 结论与讨论

前期研究报道认为,桑天牛成虫取食补充营养的最佳树种是桑树和构树(贺春玲等,2005)。本研究进一步证实了前期研究结果。与此同时,作者也发现桑天牛补充营养时明显偏好于取食构树,其选择频次与取食量均显著高于桑树和杨树,这与林间调查发现构树上桑天牛成虫最多相一致。高瑞桐和郑世锴(1998)也有类似报道,桑天牛取食树种次序为:构树>桑树>杨树;构树是天牛补充营养的最佳寄主。调查发现,桑天牛成虫补充营养时主要取食构树当年生嫩枝条树皮,少量取食 2 年生(上一年)枝条树皮,大枝条不取食。防治时只需对构树 1~2 年生枝条喷药即可,用药量很少,防治成本很低。另外,构树通常低矮,甚至很多呈灌木的形式出现,防治实施容易进行。天牛的防治通常比较困难,抓住天牛成虫期的防治,可以有效改变传统上注重于蛀入树木枝干木质部内的幼虫防治的被动、低效局面。在实践中,于杨树林的林缘和林内每隔一定距离,有目的点状配置构树作为诱饵树,可取得理想的诱杀效果。

高瑞桐和郑世锴(1998)研究证实,桑天牛对构树的偏好性与植物体内糖类物质含量存在相关性。众所周知,昆虫对寄主植物的选择与其嗅觉识别功能密切相关。本研究表明桑天牛在选择寄主时,明显趋向于构树。由此,作者可以推测构树存在某种对桑天牛具有吸引作用的特异性成分。在后续研究中,需要进一步对构树、桑树和杨树植物挥发性气味成分进行分析,以期从中寻找构树的特异性化学成分,为最终获得高活性的桑天牛引诱剂奠定基础。

作为桑天牛诱杀策略的一个组成部分,筛选高效安全的化学杀虫剂是十分重要的。本实验中所选择的两种杀虫剂均具有各自优势。其中,绿色威雷,又称“地雷”型微胶囊剂,为微毒,无药害,对人畜安全,在环境中低残留,更主要的是其作用靶标针对性强。当桑天牛成虫在喷洒微胶囊剂的枝条上补充营养时,因踩触而使微胶囊立即破裂,

释放出的高效原药即刻黏附在虫体上,起快速毒杀作用,而未被踩触的微胶囊能完好的保存下来,从而避免了浪费和环境污染。而虫线清是一种新的杀虫剂,具有很强的渗透性和内吸性,兼具胃毒和触杀作用,可渗透在树皮内而保持较长时间的持续杀虫效果。本文选择虫线清和绿色威雷作为候选药剂,均取得了良好的防治效果。这两类药剂具有各自优势,虫线清可吸收于树皮内,绿色威雷以微胶囊的形式出现。在防治实践中,将这两种药剂与引诱植物相配合,可以有效的杀灭桑天牛。

参考文献 (References)

- Kogan M, 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Annu. Rev. Entomol.*, 43: 243–270.
- 蔡平, 祝树德, 2003. 园林植物昆虫学. 北京:中国农业出版社. 338–349.
- 方国飞, 苏远达, 丁玉洲, 高乾奉, 顾玉霞, 许皖豫, 2009. 氯胺磷注干防治杨树桑天牛试验研究. *安徽农业大学学报*, 36: 634–638.
- 高瑞桐, 刘传银, 卢永农, 徐邦新, 邓儒继, 1994. 桑天牛喜以构树、桑树为补充营养的原因及其应用的初步研究. *林业科学*, 30(4): 376–380.
- 高瑞桐, 郑世锴, 1998. 利用成虫取食习性防治 3 种杨树天牛. *北京林业大学学报*, 20(1): 43–48.
- 高秀美, 冯冠华, 曹长余, 2001. 桑天牛发生规律与综合防治研究. *中国农学通报*, 17(2): 75–76.
- 贺春玲, 叶玉彩, 陈鲜霞, 王建华, 2005. 桑天牛防治方法研究进展. *陕西林业科技*, (3): 36–40.
- 李孟楼, 2010. 森林昆虫学通论. 北京:中国林业出版社. 320–322.
- 孙孝龙, 许平, 2007. 桑天牛发生规律与防治对策. *中国蚕业*, 28(1): 24–26.
- 汪永俊, 张纪林, 秦旦仁, 李国钊, 葛令轩, 周正荣, 1986. 桑天牛的发生与补充营养关系的初步研究. *江苏林业科技*, (1): 32–34.
- 王同生, 2009. 特异性杀虫剂等防治杨树主要害虫试验研究. 硕士学位论文. 合肥:安徽农业大学.
- 张仲信, 谷昭威, 1994. 对在杨树林内植桑诱杀桑天牛的商榷. *森林病虫通讯*, (1): 34.