

云斑天牛的风险分析及其防控对策

李建庆^{1,2,3}, 杨忠岐^{3*}, 梅增霞², 张雅林¹

(1. 西北农林科技大学植物保护学院, 陕西 杨凌 712100; 2 滨州学院, 山东 滨州 256603

3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091)

关键词: 云斑天牛; 风险分析; 防控对策

中图分类号: S763

文献标识码: A

Pest Risk Analysis and Control Countermeasure of *Batocera horsfieldi*

LI Jian-qing^{1,2,3}, YANG Zhong-qi^{3*}, MEI Zeng-xia², ZHANG Ya-lin¹

(1 College of Plant Protection, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China

2 Binzhou University, Binzhou 256603, Shandong, China; 3 Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection,

CAF Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract *Batocera horsfieldi*, a forestry pest, was an important stem-borer in China. The Pest Risk Analysis (PRA) of *B. horsfieldi* was evaluated in order to providing more information to prevent the further spreading and integrated control of this pest. According to the methods of international PRA, the risk level of *B. horsfieldi* was estimated by qualitative and quantitative analysis and its control countermeasure was given. The results of qualitative analysis showed that *B. horsfieldi* had lots of hosts and its wide distribution, high adaptability and the difficulty of eradication made the pest damages forestry production seriously. According to the quantitative analysis, the PRA value of the pest was 2.04, showing that it was one of the high perilous forestry pests in China. Quarantine and various control measures must be strengthened to prevent the spreading and damage of *B. horsfieldi*. Suggestions were given that *B. horsfieldi* would be controlled sustainably by releasing *Dastarcus helophoroides*, a natural enemy of *B. horsfieldi*, in damaged forests.

Key words *Batocera horsfieldi*; Pest Risk Analysis; control countermeasure

有害生物风险分析 (Pest Risk Analysis, 简写 PRA), 主要包括有害生物风险评价 (Pest Risk Assessment) 和有害生物风险管理 (Pest Risk Management) 两部分^[1-2]。对有害生物进行风险评价, 据此采取有效的早期预警和防范措施, 可降低有害生物传播风险, 对有害生物的可持续控制有重要指导意义。目前已对松褐天牛 (*Monochamus alternatus* (Hope))、锈色粒肩天牛 (*Apriona swainsoni* (Hope))、光肩星天牛 (*Anoplophora glabripennis*

(Motsch)) 等进行过风险分析^[3-6], 而对农林生产造成严重危害的云斑天牛尚未进行 PRA 分析。

云斑天牛 (*Batocera horsfieldi* (Hope)) 又称云斑白条天牛, 隶属于鞘翅目 (Coleoptera) 天牛科 (Cerambycidae), 是我国重大的林木蛀干害虫, 主要以幼虫在寄主树干内钻蛀危害, 树干内的蛀道常常纵横交错, 在短期内造成整株树木死亡或风折, 木材完全失去利用价值, 树木的生态价值也损失殆尽。自 20 世纪 90 年代以来, 随杨树 (*Populus* spp.) 在我国南方的大面

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: “十一五”科技支撑计划项目 (2006BAD08A12)

作者简介: 李建庆 (1977-), 男, 山东博兴人, 讲师, 在读博士生, 主要从事害虫生物防治研究。

* 通讯作者。

积种植, 云斑天牛种群数量也随之很快上升, 危害逐渐加剧, 成为我国华中、华南地区 (湖南、湖北、浙江、江苏、安徽等省) 杨树的主要蛀干害虫, 严重影响着林业生态环境建设和杨树产业的发展^[7]。近年来, 在我国北方核桃 (*Juglans regia* L.) 主产区 (陕西、河南、河北、山西等省) 的核桃树也严重受害, 造成大量核桃树死亡或濒临死亡, 甚至新栽植的 5~6 年生的核桃树都被危害。另外, 随着气候变暖, 云斑天牛向我国北方扩散迁移, 分布范围不断扩大, 还在逐渐适应和危害新的寄主, 如在山东省的黄河三角洲地区, 大量栽植了耐盐碱的白蜡 (*Fraxinus* spp.), 用于防护林和城市园林绿化, 但遭到云斑天牛的严重危害, 成为该地区白蜡的最主要害虫。为了防范云斑天牛在我国境内的进一步扩散蔓延, 参照国际有害生物危险性分析方法, 对云斑天牛的危险性进行了定性和定量分析评价, 以指导云斑天牛的综合防治工作, 实现有效而持续控制云斑天牛的危害。

1 定性分析

1.1 国内分布状况 (P1)

云斑天牛在我国主要分布在湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江、台湾、广东、广西、贵州、四川、云南、山东、河南、河北、陕西等 16 个省 (自治区)^[8]。自 1995 年以来先后记载了云斑天牛在重庆、福建、甘肃和山西的危害记录^[9-13]。可见, 在国内云斑天牛仍处于不断扩散传播过程中, 其发生地已扩散至 20 个省 (市、自治区)。广袤的西北 (仅甘南小部地区有分布) 和东北地区尚无分布, 北方省份多分布于该省南部, 云斑天牛在国内分布接近国土面积的 20%。

1.2 潜在的经济危害性 (P2)

云斑天牛在我国 2 年发生 1 代, 跨 3 个年度, 以幼虫和成虫在蛀道内和蛹室中越冬, 主要以幼虫在树干木质部取食钻蛀危害, 形成大量蛀道, 严重时造成树木死亡或风折。对 3~4 年生的幼树, 云斑天牛仅在树干基部危害, 蛀空木质部, 造成危害部位以上乃至整株枯死; 而对比较高大的树木, 也危害主干中上部, 随单株虫口密度的增大, 危害部位逐渐上移, 甚至侧枝也受危害, 严重时也可致整株树木死亡。据作者调查, 由于南方江汉平原地区的速生杨树、北方地区的核桃和黄河三角洲的白蜡栽植较为集中, 在这些地方, 云斑天牛对这三种树木已经形成嗜食性, 并已造成大量树木死亡, 个别防治不及时林区 (路段) 受害率达 100%, 死亡率达 50% 以上。

云斑天牛危害多种杨树, 在湖北潜江市部分村屯四旁绿化杨树林, 云斑天牛虫害株率 74.2%, 平均虫口密度 243 头·株⁻¹^[14]; 在重庆酉阳县被害杨树的虫口密度可达 30 多头·株⁻¹^[15]。云斑天牛主要危害核桃的主干和大枝, 在山东章丘市南部核桃产区危害率达 79%, 致死率达 17%^[16]; 在河北灵寿、平山等县 10 年生以上核桃树被害株率达 30%~50%^[17]; 大渡河上游的四川丹巴等县核桃树有虫株数达 30%~50%, 整株死亡率达 23%^[18]。云斑天牛在山东东营市对白蜡的危害株率已达 40%, 单株有虫数可达 28 头^[19]; 在山东胶南红石崖林区的白蜡沿海防护林有虫株率达 45%^[20]。

由于云斑天牛未得到及时有效的控制, 据作者在 2007 年调查, 其危害日趋严重, 在岳阳望城的杨树林危害率达 83.5%, 虫口密度达 96 头·株⁻¹, 单株最高虫口数可达 58 头 (胸径 11.5 cm); 在大冶金牛平均胸径仅 7.3 cm 的杨树林危害率达 79.8%, 虫孔密度达 24 头·株⁻¹; 在左权下武村的十几年生的核桃树危害率达 76.2%, 虫孔密度达 67 头·株⁻¹, 单株成虫羽化孔数可高达 96 个; 东营新村的白蜡树全部被害, 有虫率达 100%, 虫孔密度为 49 头·株⁻¹, 整株死亡率达 12.5%。

在我国江汉平原地区, 云斑天牛原本主要危害旱柳 (*Salix matsudana* Koidz)、构树 (*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent.)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera* C. DC.) 等乡土树种, 但随着引进的速生丰产杨树的大面积种植, 云斑天牛随之危害这些杨树, 逐步取代桑天牛 (*Apriona gemari* (Hope)), 成为危害杨树最严重的害虫。据湖北潜江市调查, 1983 年以前杨树上仅发现桑天牛危害而无云斑天牛, 1992 年云斑天牛在有虫株率上升到 58%^[7]。在甘肃两当县, 由于云斑天牛的严重危害, 当地杨树被大量砍伐, 但云斑天牛转而危害苹果树 (*Malus domestica* Boekh.), 造成 80% 的苹果园受到不同程度的危害, 其中 10% 的果园有虫株率达 100%^[11]。在黄河三角洲地区云斑天牛逐渐入侵并嗜食, 已成为白蜡的主要害虫。云斑天牛还在不断入侵新的寄主, 2000 年在石家庄河北林业学校的校园内一株 16 年生火炬树 (*Rhus typhina* L.) 被危害致死^[21]。以上事例表明, 云斑天牛是一种危险性蛀干害虫, 分布范围不断扩大, 潜在的寄主树种不断增多, 若不采取有效防范措施, 在其原分布区已由害虫而上升为主要害虫, 也已经和可能进一步入侵异地, 逐渐适应新的环境, 逐步适应新的寄主树种, 进而

演变成嗜食性,将对我国的造林绿化和以林业为主的生态环境建设造成重大威胁。同时云斑天牛 2 年发生 1 代的生活习性即大部分时间在树干内隐蔽危害,一旦发现,往往为时已晚,灾害难以挽回,因此,云斑天牛在我国具有相当大的潜在经济危险性。

1.3 寄主植物的经济重要性 (P3)

云斑天牛的寄主植物有滇杨 (*Populus yunnanensis* Dode)、欧美杨 (*P. × euramericana* (Dode) Guineir)、青杨 (*P. cathayana* Rehd)、响叶杨 (*P. adenopoda* Marin)、大关杨 (*P. × dakuanensis* Hsu)、小叶杨 (*P. simonii* Carr)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera* C. DC.)、核桃、山核桃 (*Carya cathayensis* Sarg)、白蜡、桑树 (*Morus alba* L.)、榆树 (*Ulmus pumila* L.)、柳树 (*Salix* spp.)、桦树 (*Betula platyphylla* Suk.)、漆树 (*Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkl.)、梓树 (*Catalpa ovata* Don)、桉树 (*Eucalyptus* spp.)、榕树 (*Ficus microcarpa* L.f.)、女贞 (*Ligustrum lucidum* Ait.)、悬铃木 (*Platanus acerfolia* (Ait.) Willd.)、无花果 (*Ficus carica* Linn.)、乌桕 (*Sapium sebiferum* (Linn.) Roxb.)、麻栎 (*Quercus acutissima* Caruth.)、栓皮栎 (*Quercus variabilis* Bl.)、苹果 (*Malus domestica* Boekh.)、梨 (*Pyrus sorotina* Rehder)、枇杷 (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)、油橄榄 (*Olea europaea* L.)、木麻黄 (*Casuarina* spp.)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、山毛榉 (*Fagus* spp.)、苦槠 (*Millettia pachycarpa* Benth.)、木荷 (*Schinus superba* Gardn. et Champ.)、银杏 (*Ginkgo biloba* L.)、臭椿 (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle)、云南松 (*Pinus yunnanensis* Franch.)、泡桐 (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsli.)、油桐 (*Vernicia fordii* (Hemsli) Airy-Shaw)、板栗 (*Castanea mollissima* Bl.) 和火炬树 (*Rhus typhina* L.)^[8-10, 21], 其中许多树种具有非常重要的经济价值。

据调查,受云斑天牛危害比较重的主要是江汉平原地区的杨树、北方地区的核桃和黄河三角洲地区的白蜡。杨树是我国重要的速生丰产用材树种和北方城市园林绿化树种。近年来,黑杨派 (Sect *Aigeiros* Duby) 南方型杨树在我国南方的江汉平原地区的湖区滩地大量种植。目前全国杨树人工林面积为 700 多万 hm^2 (含 3 年生以下幼龄树), 约占我国人工林总面积的 19%。其中用材林面积为 309 万 hm^2 , 约占杨树人工林面积的 40%^[22]。杨树种植已

成为当地农民的重要致富途径。特别是在南方湖区滩地大量种植杨树“血防林”, 破坏了钉螺的生境, 降低了血吸虫病的发生^[23]。核桃是一种经济价值很高的木本油料树种, 果仁营养丰富, 不饱和脂肪酸含量高, 其中亚油酸占 65% 以上, 是很好的滋补品, 可促进儿童智力发育, 预防老年心血管病^[24]; 核桃树的木材质地坚硬, 纹理美观, 是制造精密仪器和高级家具的好材料; 而且核桃抗旱耐瘠, 是广大贫困山区农民脱贫致富的重要经济树种。白蜡树体端正, 枝叶繁茂, 为京津地区主要的园林绿化树种^[25]。

云斑天牛潜在的寄主树种广泛, 目前, 已发现其新危害的寄主火炬树的事例, 可见云斑天牛有继续传播的趋势, 因此寄主植物不能成为云斑天牛扩散蔓延的限制性因素。

1.4 传播扩散的可能性 (P4)

云斑天牛的自然扩散主要发生在成虫期, 成虫具有相对较强的飞行能力, 单次平均飞行距离可达 168 m^[14]。云斑天牛为完成补充营养, 需在取食寄主和产卵寄主之间穿梭飞行, 从而完成自然扩散, 其扩散方向明显偏向补充营养寄主植物多的方位。苗木和木材运输是云斑天牛人为传播的重要途径, 云斑天牛一生的多数时间生活在木质部, 由于受树干严密保护, 即便在运输中也有较高的存活率, 人为外运未经检疫部门处理的带虫原木和绿化树种, 很容易将云斑天牛传入异地。

云斑天牛在越南、印度、日本和朝鲜等亚洲国家也有分布^[8], 在我国的适生分布范围广, 涵盖了我国的大部分区域, 随着气候变暖, 目前因此尚未发生云斑天牛的区域被入侵的风险极大。

1.5 危险性的管理难度 (P5)

云斑天牛一个世代中 90% 以上的时间在树干中隐蔽生活, 只有成虫阶段在树干外补充营养、交配和产卵。幼虫蛀道向上延伸较深, 并以虫粪木屑堵塞孔口, 目前常用的“喷、插、熏”等化学防治措施效果不佳。另外, 虫道施药防治幼虫, 一般多在外观受害状明显, 排粪孔较大时进行, 此时幼虫多已进入老龄期, 即使杀灭幼虫, 木材已受到损害。云斑天牛的卵及初孵幼虫期是其个体发育中的抗性薄弱时期, 但其历期短暂, 初孵幼虫 1~2 天后就蛀入木质部, 而且成虫产卵时间很不一致, 人工防治需在幼虫蛀入前逐株逐个对产卵刻槽进行锤击或施药防治, 在整个产卵期要重复数次, 难于大面积实施。因此云斑天牛一旦传入某地并且定殖后, 将很难根除。

2 云斑天牛风险的定量分析

有害生物评判标准^[6, 26-27], 将云斑天牛的上述定性指标作为评判指标赋分(见表 1)。

根据有害生物危险性评价指标体系, 借鉴其他

表 1 云斑天牛风险性评判指标赋分

序号	评判指标	评判标准	算法	权重	赋分
1	国内分布状况 (P 1)	国内无分布, P1= 3 国内分布面积占 0% ~ 20%, P1= 2 国内分布面积占 20% ~ 50%, P1= 1 国内分布面积大于 50%, P1= 0	迭加	等权	P 1= 2
2 1	潜在的经济危害性 (P 21)	被害株死亡率 20% 以上, P21= 3 被害株死亡率 20% ~ 5%, P21= 2 被害株死亡率 5% ~ 1%, P21= 1 被害株死亡率 1% 以下, P21= 0	迭加	0.6	P 21= 2
2 2	是否为其它检疫性生物的传播媒介 (P 22)	可传带 3种以上检疫性有害生物, P22= 3 可传带 2种检疫性有害生物, P22= 2 可传带 1种检疫性有害生物, P22= 1 不传带其他检疫性有害生物, P22= 0	迭加	0.2	P 22= 0
2 3	国外重视程度 (P 23)	有 20个国家将其作为检疫对象, P23= 3 有 19~ 10个国家将其作为检疫对象, P23= 2 有 9~ 1个国家将其作为检疫对象, P23= 1 没有国家将其作为检疫对象, P23= 0	迭加	0.2	P 23= 0
3 1	受害寄主植物种类 (P 31)	寄主植物 10种以上, P31= 3 寄主植物 9~ 5种, P31= 2 寄主植物 4~ 1种, P31= 1 无寄主植物, P31= 0	替代	等权	P 31= 3
3 2	受害寄主植物种植面积 (P 32)	种植总面积 350万 hm ² 以上, P32= 3 种植总面积 350万 ~ 150万 hm ² 以上, P32= 2 种植总面积 150万 hm ² 以下, P32= 1 没有种植, P32= 0	替代	等权	P 32= 3
3 3	受害寄主的特殊经济价值 (P 33)	根据其经济价值, 由专家进行判断定级, P33= 3 2 1 0	替代	等权	P 33= 2
4 1	截获难易程度 (P 41)	经常被截获, P41= 3 偶尔被截获, P41= 2 从未被截获, P41= 1	连乘	等权	P 41= 2
4 2	运输中有害生物的存活率 (P 42)	存活率 40% 以上, P42= 3 存活率 40% ~ 10%, P42= 2 存活率 10% ~ 0, P42= 1 存活率 0 P42= 0	连乘	等权	P 42= 3
4 3	国外分布状况 (P 43)	50% 以上的国家有分布, P43= 3 50% ~ 25% 的国家有分布, P43= 2 25% ~ 0的国家有分布, P43= 1	连乘	等权	P 43= 1
4 4	国内适生范围 (P 44)	国内 50% 以上地域能够适生, P44= 3 国内 50% ~ 25% 的地域能够适生, P44= 2 国内 25% ~ 0的地域能够适生, P44= 1 国内没有适生的地域, P44= 0	连乘	等权	P 44= 3
4 5	传播能力 (P 45)	自然传播, P45= 3 由活动能力很强的介体传播, P45= 2 土传或活动能力很弱的介体传播, P45= 1	连乘	等权	P 45= 3
5 1	检疫鉴定的难度 (P 51)	现有鉴定方法可靠性低, 费时, P51= 3 现有鉴定方法非常可靠, 简便快速, P51= 0 介于二者之间, P51= 2 1	连乘	等权	P 51= 2
5 2	除害处理的难度 (P 52)	现有方法不能杀死有害生物, P52= 3 除害率在 50% 以下, P52= 2 除害率在 50% ~ 100% 之间, P52= 1 除害率为 100%, P52= 0	连乘	等权	P 52= 1
5 3	根除的难度 (P 53)	效果差, 成本高, 难度大 P53= 3 效果好, 成本低, 简便易行, P53= 0 介于二者之间, P53= 2	连乘	等权	P 53= 3

按有害生物风险性定量分析计算公式, 分别进行各项评判指标 (P_i) 和风险性 R 值的计算:

$$P_1 = 2$$

$$P_2 = (0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23}) = 1.2$$

$$P_3 = \max(P_{31}, P_{32}, P_{33}) = 3$$

$$P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \times P_{42} \times P_{43} \times P_{45}} = 2.46$$

$$P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53}) / 3 = 2$$

将 P 值代入有害生物风险性定量分析计算公式求出云斑天牛的风险性 R 值为:

$$R = \sqrt[5]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5} = 2.04$$

根据以上分析, 参照我国其他有害生物的风险性综合评价标准^[28-29], 将风险程度分为 4 级: $R = 3.00 \sim 2.50$ 为特别危险; $R = 2.49 \sim 2.00$ 为高度危险; $R = 1.99 \sim 1.50$ 为中度危险; $R = 1.49 \sim 1.00$ 为危险。云斑天牛的风险性 R 值为 2.04 在我国属于高度危险性林业有害生物。

3 结论和讨论

对云斑天牛风险性的定性分析结果表明, 该害虫的寄主范围比较广, 存活率高, 适生范围较大, 对林业生产危害严重, 传入后扩散快, 根除困难; 定量分析确定云斑天牛在我国风险性 R 值为 2.04 属高度危险性林业有害生物。云斑天牛有明显的扩散蔓延趋势, 对我国的林业构成了较大的潜在风险, 必须采取相关措施, 控制其危害, 并防止进一步传播和蔓延。

有害生物风险性分析是一项复杂的系统工程, 其信息的不完全、不分明和不确定性, 给定性和定量分析工作带来了许多困难。因此, 不同的研究人员对同一有害生物做出的风险性 R 值可能存在一定差异, 如, 宋玉双^[27]分析的红脂大小蠹 (*Dendroctonus valens* LeConte) 的 R 值 2.0 而刘海军^[6]计算的 R 值为 2.46。加之, 云斑天牛的许多相关研究还不够深入, 因此, 目前关于云斑天牛 PRA 的分析结果只是初步的, 随着云斑天牛研究的深入以后会作出更为准确的 PRA 分析。

4 管理对策

4.1 加强监测和检疫工作

严格执行检疫制度, 对苗木、木材的外调运强化检疫力度, 并及时清除虫害木。对伐除的虫害木采取劈剥、粉碎或烧毁等措施进行严格处理, 或用磷化铝密闭处理。

4.2 化学防治

对成虫期天牛可在树干喷药, “绿色威雷”触破式微胶囊剂, 在天牛踩触时立即破裂, 是防治天牛成虫较为理想的农药。对已侵入树干的幼虫主要是磷化铝片剂和磷化锌毒签等堵孔, 注射器推注农药等, 毒签插入或药液注入后用潮湿的泥土封堵蛀孔, 从而将蛀道中的幼虫、蛹或成虫熏蒸致死^[30]。对卵和初孵幼虫, 可用溴氰菊酯柴油等点涂刻槽^[31], 可杀死卵和未蛀入木质部的幼虫。

4.3 物理防治

利用白天云斑天牛在补充营养和晚间到虫源地杨树干上活动期间, 可捕捉到大量正在交尾、刻槽或寻找配偶的成虫。锤击砸卵, 用卵石或铁锤敲击刻槽可砸死卵^[32]。

4.4 生物防治

由于云斑天牛主要以幼虫在树干内部蛀食危害的特点, 因此以化学防治为主的防治技术很难达到有效和持续控制危害目标。生物防治是控制云斑天牛的根本性措施, 但我国长期以来一直没有找到很好的生物防治技术。由于云斑天牛的天敌较少, 生物防治技术运用的还不多, 线虫制剂在云斑天牛生物防治中应用相对较多, 用 DD-136 线虫接种于云斑天牛老熟幼虫坑道, 室内接种 10 天后 100% 死亡, 野外防效为 57.9%^[33]。川硬皮肿腿蜂 (*Scleroderma sichuanensis* Xiao) 可寄生云斑天牛幼虫, 对云斑天牛具有一定的持续防治效果, 但对 3 龄以上较大个体的幼虫则不能寄生^[34]。

花绒寄甲 (*Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)) 是目前所发现的控制大型天牛的最主要的天敌, 它可以主动搜索云斑天牛幼虫并成功寄生。中国林科院生物防治课题组通过利用替代寄主和人工饲料, 成功地繁育出大量花绒寄甲成虫, 并能诱使成虫常年产卵, 每头雌虫的产卵量比其在自然界增加了 80 多倍, 能够按需按量人工繁殖生产, 而且研究出了通过释放卵和成虫两种防治方法, 尤其是卵的防治技术, 可显著降低成本。据作者在湖南、湖北等地利用花绒寄甲进行在杨树林间防治云斑天牛的初步防治效果显示, 部分样地的云斑天牛的虫口减退率可高达 96%, 表明利用花绒寄甲大面积防治云斑天牛是可行的, 效果十分显著。每头云斑天牛幼虫上可寄生 1 头至 70 余头花绒寄甲, 因而释放后的繁殖量大。花绒寄甲发育时间短, 其幼虫仅需 7 天左右就可将 1 头云斑天牛幼虫寄生和取食殆尽, 完成 1 代

的时间较短, 仅为 30~40 天。因此 1 年可以发生多代, 而其寄主云斑天牛 2 年发生 1 代, 跨 3 个年度完成一个世代, 世代重叠现象严重, 大龄幼虫在林间常年存在, 保证了花绒寄甲能够不断寄生繁殖, 从而保持其较高的种群数量, 达到对云斑天牛长期而有效的控制效果。因此, 以利用天敌花绒寄甲为主的生物防治云斑天牛技术前景十分广阔。建议加大花绒寄甲生物防治云斑天牛的力度和推广面积, 最终实现云斑天牛的可持续控制。

参考文献:

- [1] 陈洪俊, 范晓虹, 李尉民. 我国有害生物风险分析 (PRA) 的历史与现状 [J]. 植物检疫, 2002, 16(1): 28-32
- [2] PPC Guidelines on Pest Risk Analysis, Pest Risk Assessment Scheme [J]. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 1997, 27: 281-305
- [3] 陈鹏, 刘宏屏, 赵涛, 等. 云南省松墨天牛危险性分析评估 [J]. 中国森林病虫, 2005, 24(4): 14-16
- [4] 闫卫明, 柴洲洋, 葛红霞. 黄斑星天牛危险性分析和风险性管理 [J]. 甘肃科技, 2005, 21(1): 170-171
- [5] 王艳平. 中西部地区光肩天牛风险分析 [D]. 北京: 北京林业大学, 2006
- [6] 刘海军, 骆有庆, 温俊宝, 等. 北京地区红脂大小蠹、美国白蛾和锈色粒肩天牛风险评价 [J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(2): 81-87
- [7] 陈京元, 罗治建. 江汉平原杨树天牛的危害特点与防治对策 [J]. 林业科技开发, 2001, 16(6): 46-48
- [8] 肖刚柔. 中国森林昆虫 [M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1992
- [9] 吴开明, 张建强, 代方银, 等. 云斑天牛危害桑树及生物学特性研究 [J]. 蚕业科学, 1995, 21(3): 53-54
- [10] 黄锋. 云斑天牛 *Batocera horsfieldi* 生物学特性及其防治研究 [J]. 武夷科学, 1998, 14(12): 132-135
- [11] 张振刚. 云斑天牛在苹果树上的发生及防治 [J]. 中国果树, 1998(2): 54
- [12] 徐或. 成县核桃主要病虫害及其防治 [J]. 甘肃农业, 2006(11): 376
- [13] 陈宝强. 云斑天牛在核桃树上的发生规律及无公害防治 [J]. 山西林业科技, 2005(2): 38, 封四
- [14] 钱范俊, 杜夕生, 梅爱华, 等. 云斑天牛成虫在杨树林带中扩散特性研究 [J]. 南京林业大学学报, 1994, 18(1): 21-25
- [15] 胡斌. 云斑天牛在酉阳县杨树上的发生及防治 [J]. 植物医生, 2005, 18(3): 24-25
- [16] 王贞文, 宋呈祥, 王韶林. 无公害防治云斑天牛幼虫试验初报 [J]. 山东林业科技, 2001(增刊): 47
- [17] 焦荣斌. 核桃云斑天牛的发生规律及综合防治 [J]. 河北农业科技, 2003(5): 21
- [18] 刘旭, 肖筠, 姚革, 等. 大渡河上游核桃害虫种类调查及主要害虫生物学特性研究 [J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(2): 119-121
- [19] 刁志斌, 丁福波. 云斑天牛在白蜡树上的发生与防治研究 [J]. 华东昆虫学报, 2004, 13(2): 49-52
- [20] 林巧娥, 吕南楠, 别立臻, 等. 灭幼膏防治云斑天牛试验初报 [J]. 山东林业科技, 1998(4): 34-35
- [21] 王大洲, 康月兰, 张雨莉. 云斑天牛的一新危害寄主——火炬树 [J]. 河北林业科技, 2000(5): 25
- [22] 中国杨树委员会. 国家报告 [R]. 北京: 第 23 届国际杨树会议, 2008-10
- [23] 汤玉喜, 吴敏, 吴立勋. 滩地林业血防工程抑螺效应及其成因研究 [J]. 湿地科学与管理, 2006, 2(4): 8-13
- [24] 孙龙生. 核桃的经济价值 [J]. 新农业, 2007(1): 50
- [25] 董必慧. 盐城沿海湿地美国白蜡树引种造林试验 [J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 22-23
- [26] 蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 等. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究 [J]. 植物检疫, 1995, 9(4): 208-211
- [27] 宋玉双, 杨安龙, 何嫩江. 森林有害生物红脂大小蠹的危险性分析 [J]. 森林病虫通讯, 2000(6): 34-37
- [28] 雷桂林, 段兆尧, 冯志伟, 等. 华山松木蠹象的危险性分析 [J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 62-63
- [29] 郑华, 赵宇翔. 外来有害生物红火蚁风险分析及防控对策 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(4): 479-483
- [30] 李东鸿. 熏杀毒签防治云斑天牛试验 [J]. 陕西农业科学, 1993(1): 26
- [31] 钱范俊, 杜夕生, 杨天军. 菊酯油剂点涂产卵刻槽防治云斑天牛 [J]. 林业科技开发, 1994(4): 34
- [32] 江忠寿, 彭海花, 熊光灿. 杨树云斑天牛种群动态及综合治理研究 [J]. 四川林业科技, 1999, 20(3): 32-35
- [33] 孙巧云, 赵自成. 云斑天牛初步研究 [J]. 江苏林业科技, 1991(2): 22-25
- [34] 肖银波, 周建华, 肖玉贵, 等. 川硬皮肿腿蜂防治云斑天牛试验初报 [J]. 四川林业科技, 2003, 24(4): 37-41