

# 樟子松球果象甲航空飞机防治实施技术与效果

曾健勇,林连男,王亚军,张曦文,张国财\*

(东北林业大学 林学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**为了有效控制红花尔基地区樟子松种实害虫为害,对红花尔基樟子松种实害虫种类进行了调查,明确了樟子松球果象甲为红花尔基地区主要种实害虫,占种实害虫危害率的72.0%;同时对樟子松球果象甲系统发育地位进行了分析,发现樟子松球果象甲 rRNA 28S 基因与本属(*Pissodes*)象鼻虫同源性最高,其次为 *Curculio* 象鼻虫。另外,2016 年在种实害虫发生情况监测的基础上,采取 3% 高效氯氟氰酯微囊悬浮剂对 140.4 km<sup>2</sup> 松林进行航空飞机防治,平均防治成本为 2.18 万元/km<sup>2</sup>,林间药效试验樟子松球果象甲校正死亡率为 97.14%,防治区内樟子松球果象甲死亡率>52.00%;球果被害率减退 25.32%,挽回种子损失 55 805.62 kg,取得良好的防治效果。

**关键词:**樟子松球果象甲;系统发育树;航空飞机防治;防治效果

**中图分类号:**S791.253      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2019)04-0166-05

Implementation Technology and Control Efficiency of Aerial Control of *Pissodes validirostris*

ZENG Jian-yong, LIN Lian-nan, WANG Ya-jun, ZHANG Xi-wen, ZHANG Guo-cai\*

(School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The species of the pests occurring in *Pinus sylvestris* var. *mongolica* in Honghuaerji area were investigated for the effective management. The results showed that *Pissodes validirostris* was the main pest, accounted for 72.0% of the seed pests. Meanwhile, the systematic status of the elephant armor was analyzed. It was found that rRNA 28S gene of *P. validirostris* had the highest homology with the genus *Pissodes*, and second homology with the genus *Curculio*. In addition, *P. validirostris* aerial control was carried out in *P. sylvestris* var. *mongolica* forest with an area of 140.4 km<sup>2</sup> in Honghuaerji by using 3% beta-cypermethrin microcapsule suspension in 2016 with an average cost of 21 800 yuan/km<sup>2</sup>, mortality rate was 97.14%, damaged cones was reduced by 25.32%, and 55 805.62 kg seeds were saved.

**Key words:** *Pissodes validirostris*; phylogenetic tree; aerial control; control efficiency

樟子松是 200 多万年前由于冰山作用从欧洲迁移到我国大兴安岭形成的欧洲赤松变种<sup>[1]</sup>,具有适应性强,生长快,材质好的特点<sup>[2]</sup>,是我国“三北”地区营造速生丰产林的首选品种<sup>[3-5]</sup>。红花尔基是闻名遐迩的樟子松故乡,也是我国唯一的樟子松天然林种源基地所在地<sup>[6]</sup>。但由于红花尔基地区树种单一,林型基本为樟子松纯林<sup>[7]</sup>,使得樟子松病虫害频发,种实害虫为害严重时甚至超过 80% 以上的球果

被害,造成严重的经济损失。已有记录的樟子松害虫有樟子松球果象甲、棘梢斑螟、松果梢斑螟、微红梢斑螟、松芽麦蛾、落叶松毛虫、松梢螟、松纵坑切梢小蠹虫和油松球果螟等<sup>[8-9]</sup>,其中樟子松球果象甲、梢斑螟类、种子小蜂、油松球果螟都可以为害樟子松球果,造成种子减产<sup>[10-11]</sup>。

化学防治是有害生物综合治理中不可或缺的一种防治措施,相比生物防治、营林技术措施等,化学

收稿日期:2018-05-22 修回日期:2018-07-11

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(2572017AA18);中央财政林业科技推广示范资金项目(JLT[2016]13);哈尔滨市应用技术研究开发与开发项目(2016RAXXJ035)。

作者简介:曾健勇,男,博士在读,研究方向:森林保护学。E-mail:zengjianyong123@163.com

\*通信作者:张国财,男,教授,博士生导师,研究方向:森林保护学。E-mail:zhang640308@126.com

防治可以在短时间内有效地遏制害虫的发生发展,将为害水平控制在经济允许水平以下<sup>[12]</sup>。航空飞机防治是林业领域用于大面积防治的 2 种常用施药手段。刘爱华<sup>[13]</sup>等采用罗宾逊 R44 直升机超低量喷洒 2%噻虫啉微胶囊悬浮剂对苹果小吉丁虫进行防治,防治后虫口密度退率 57.68%。张军生<sup>[14]</sup>等采用 M-18B 型飞机,选用阿维菌素油剂和苦参碱液剂防治兴安落叶松鞘蛾,防治效果可达 95%以上。福建三明市先后采用海燕轻型飞机、A-1B 超轻型飞机及蜜蜂 3 号轻型飞机对,选用白僵菌、溴氰菊酯等药剂对马尾松毛虫和刚竹毒蛾等进行防治,害虫死亡率可达 40.8%~90.3%<sup>[15]</sup>。

近年来,红花尔基樟子松种实害虫为害日益严重,严重影响樟子松球果产量和质量,制约了红花尔基林业局的经济建设与发展。为了有效控制樟子松种实害虫为害面积,降低为害程度,改善红花尔基地区樟子松林生态环境、减少经济损失、保障樟子松种源供应,对红花尔基林业局樟子松球种实害虫发生情况进行监测,并根据监测结果对樟子松球果象甲进行航空飞机防治。

## 1 材料与方法

### 1.1 种实害虫种类调查

2013 年在红花尔基林业局下辖的红花尔基、辉河、宝根图、头道桥、巴日图及诺干诺尔等 6 个林场进行樟子松种实害虫专项调查。设立调查样地 39 块,每块样地按对角线法选取样株 5 株,采集全部 2 年生球果进行球果解剖检验,统计球果被害率及各种实害虫为害比例。球果被单一害虫为害,直接计入该种害虫为害率;若同一球果被 2 种及以上种实害虫为害,计入为害球果数多的种类。

### 1.2 系统发育树构建

参考李婧<sup>[16-17]</sup>等的方法,从 NCBI 网站检索樟子松球果象甲 rRNA 28S 基因序列(登记号 KT799822),经 BLAST 比对后采用邻接法构建系统发育树,对樟子松球果象甲系统发育地位作分析。

### 1.3 为害情况监测

采取流动监测的方法,每年 7 月下旬开展樟子松种实害虫专项调查。按 1.1 中样地设置方法设置样地并选取样株,采集全部 2 年生球果带回室内进行解剖检验,统计球果被害率。

### 1.4 樟子松球果象甲防治

从 2016 年 5 月 1 日起,每天到防治区调查樟子松球果象甲出蛰情况,同时收集每日气象数据,按有效积温法预测樟子松球果象甲发生期进行预测<sup>[15]</sup>。确定防治时间后,调用 2 架 A2C 轻型飞机,采用 3%

高效氯氰菊酯微囊悬浮剂对辉河林场和红花尔基林场 41 个林班共计 140.4 km<sup>2</sup> 樟子松球果象甲发生区进行航空飞机防治。药剂按农药:水:尿素:盐=20:20:1:1 的比例进行稀释。每日 3:00—4:00 能见度>1 500 m 以上开始作业,风速>5 m/s 后停止作业。

### 1.5 飞机作业质量监测

作业实施过程中采用氧化镁玻片法对雾滴喷洒质量进行抽检,及时调整作业参数。结合 GPS 航迹与 Google 地球分析樟子松密集分布区的漏喷情况,对漏喷区域进行补充防治。在飞机防治过程中,沿飞机作业航迹垂直方向,每隔 6 m 设置一直壁敞口容器,每容器内放置樟子松球果象甲 30 头,同时设置对照组。24 h 后统计樟子松球果象甲死亡率。

### 1.6 防治效果调查

航空飞机防治作业结束 3 d 后,分别在防治区和对照区设置样地,按飞机作业方向垂直方向选取样株,以震落法捕集樟子松球果象甲,统计樟子松球果象甲死亡率。同年 9 月在防治区和对照区设置标准地,分层采集不同冠层位置的球果进行解剖检验,统计球果被害减退率以及挽回种子损失。计算方法如下:

$$\text{球果被害减退率} = \frac{\text{对照区球果被害率} - \text{防治区球果被害率}}{\text{对照区球果被害率}} \quad (1)$$

$$\text{球果产量} = \text{平均球果单株产量} \times \text{每亩平均株数} \times \text{防治面积} \quad (2)$$

$$\text{挽回种子损失} = \text{防治区球果产量} \times \text{出籽率} \times \text{球果被害减退率} \quad (3)$$

## 2 结果与分析

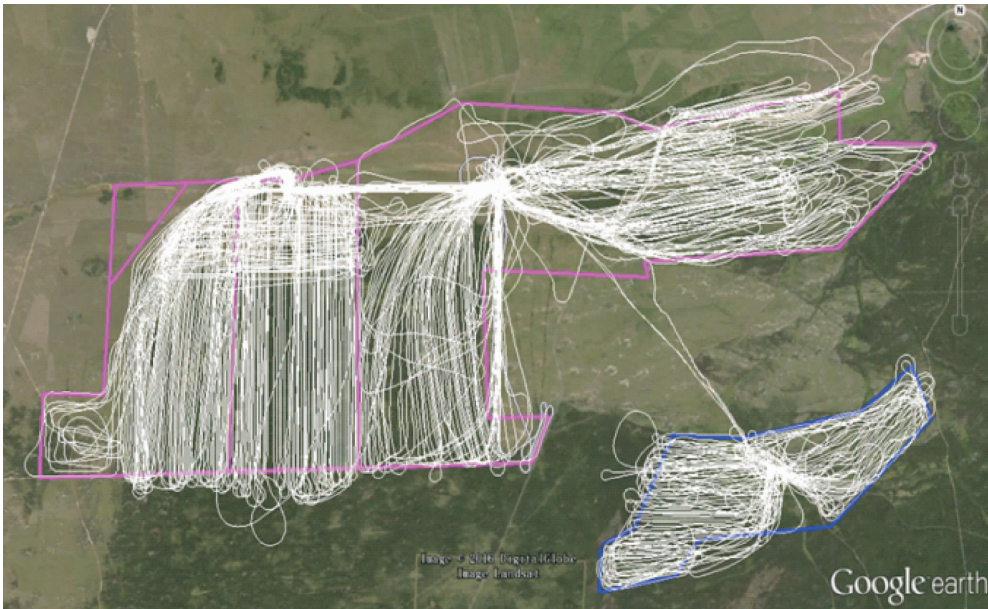
### 2.1 种实害虫种类

红花尔基辖区樟子松种实害虫有樟子松球果象甲(*Pissodes validirostris*)、棘梢斑螟(*Dioryctria mutata*)、红松实小卷蛾(*Petrova resinella*)及种子小蜂(*Eurytoma* sp.)。其中樟子松球果象甲危害最为严重,占种实害虫危害的 72.0%,是造成樟子松种子减产最主要的种实害虫(表 1)。

### 2.2 樟子松球果象甲种间系统发育树分析

樟子松球果象甲 rRNA 28S 基因与本属(*Pissodes*)象鼻虫同源性高达 95%以上;与 *Curculio dentipes*、*C. robustus*、*C. convexus*、*C. kojimai*、*C. styracis* 等 28 个已有 rRNA 28S 基因序列记录 *Curculio* 昆虫基因同源性为 90%~93%。樟子松球果象甲 rRNA 28S 基因与本属(*Pissodes*)象鼻虫同源性最高,其次为 *Curculio* 象鼻虫。





注:粉色框代表辉河林场防治区(一),蓝色框代表红花尔基林场防治区(一);白线代表飞行航迹,白线横纵密集交汇处表示飞机补防区域。

图 2 樟子松球果象甲航空飞机防治 GPS 作业航迹

Fig. 2 GPS track map of aircraft in the control of *P. validirostris*

表 2 航空飞机防治作业质量监测

监测指标		监测数值	防治要求
雾滴直径	数量平均直径/ $\mu\text{m}$	131.02	150~250
	质量平均直径/ $\mu\text{m}$	178.75	
	雾滴大小均匀度/ $\mu\text{m}$	0.76	
雾滴密度	最低密度/(滴 $\cdot\text{cm}^{-2}$ )	4	>10
	最高密度/(滴 $\cdot\text{cm}^{-2}$ )	19	
	平均密度/(滴 $\cdot\text{cm}^{-2}$ )	12.76	
	密度分布变异率/%	22	
用药量/( $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$ )		136.86	>50
回收率/%		87.82	
药效试验死亡率/%		97.14	

期),防治区内樟子松球果象甲死亡率 52.00%,取得良好的防治效果(表 3)。

2.6 樟子松球果象甲防治成本

2016 年对红花尔基林场和辉河林场 140.4 km<sup>2</sup> 樟子松球果象甲发生区进行航空飞机防治,总计投入资金 305.37 万元,耗时 19 d,出动防治工作人员 15 人,平均防治成本 2.18 万元/km<sup>2</sup>(表 4)。

3 结论

樟子松球果象甲是红花尔基地区主要的樟子松种实害虫,占种实害虫危害率的72.0%。系列比对

表 3 樟子松种实害虫飞机防治效果调查

Table 3 Control efficiency of aerial control of *P. validirostris*

冠层部位		球果数量 /个	球果单重 /g	被害数 /个	被害率 /%	药效试验 死亡率/%	挽回种子 损失/kg
防治区	上	50	14.68	4	8.00	52.00	55 805.62
	中	50	14.28	4	8.00		
	下	28	13.21	4	14.29		
	总	640	14.2	62	9.69		
对照区	上	68	11.26	24	35.29	—	—
	中	63	10.63	22	34.92		
	下	28	10.00	10	35.71		
	总	797	10.36	279	35.01		

表 4 樟子松球果象甲航空飞机防治成本

Table 4 Costs of aerial control of *P. validirostris*

防治方法	防治面积 /km <sup>2</sup>	防治人员	防治时间 /d	总投入成本 /万元	防治成本 /(万元 $\cdot\text{km}^{-2}$ )
航空飞机防治	140.4	15	19	305.4	2.18



发现樟子松球果象甲 rRNA 28S 基因与本属(*Pissodes*)象鼻虫同源性最高,其次为 *Curculio* 象鼻虫。在樟子松种实害虫监测的基础上,2016 年对红花尔基 140.4 km<sup>2</sup> 樟子松林进行航空飞机防治,平均防治成本 2.18 万元/km<sup>2</sup>,球果被害减退率 25.32%,挽回种子损失 55 805.62 kg,取得良好的防治效果。

参考文献:

[1] 赵直,黄艳红,文庆玉,等.我国樟子松研究概况[J].新农业,2017(13):28-30.

[2] YIN D,DENG X,CHET I,*et al.* Physiological responses of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seedlings to the interaction Between *Suillus luteus* and *Trichoderma virens*[J]. Current Microbiology,2014,69(3):334-342.

[3] 金春生,任佳美.樟子松母树林的营建技术[J].现代园艺,2018(4):38.

[4] 庞建松,陈金丰,付军臣,等.樟子松主要病害及其防治[J].中国农业信息,2017(23):91-92.

[5] 贾艳梅,张继平,刘世岐.樟子松营养袋苗猝倒病的防治技术研究[J].西北林学院学报,2012,27(5):124-128.

JIA Y M,ZHANG J P,LIU S Q. Control of damping-off disease of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seedlings[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(5):124-128. (in Chinese)

[6] 郑洪生.樟子松故乡——红花尔基[J].防护林科技,2016(10):128.

[7] 刘灵,胡艳波,王千雪,等.沙地樟子松天然纯林的结构特征[J].林业科学研究,2016,29(5):623-629.

LIU L,HU Y B,WANG Q X,*et al.* Structure characters of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* natural forest on sandy land[J]. Forest Research. 2016,29(5):623-629. (in Chinese)

[8] 师金华,张仁,罗洪斌.呼伦贝尔沙地樟子松常见病虫害及防治措施[J].内蒙古林业调查设计,2017,40(5):72-73.

[9] 张宝珠,佟爱武,葛士林,等.樟子松种实害虫及其无公害防治技术[J].中国农业信息,2012(22):42-43.

[10] 李成德.森林昆虫学[M].北京:中国林业出版社,2004.

[11] HOFFMANN J H,MORAN V C,WILGEN B W V. Prospects for the biological control of invasive *Pinus* species (Pinaceae) in South Africa[J]. African Entomology, 2015, 19

(2):393-401.

[12] JIN T,LIN Y,JIN Q,*et al.* Sublethal effect of avermectin and acetamiprid on the mortality of different life stages of *Bron-tispa longissima* (Gestro) (Coleoptera:Hispidae) and its lar-vae parasitoid *Asecodes hispinarum* Boucek (Hymenoptera:Eulophidae)[J]. Crop Protection,2014,58:55-60.

[13] 刘爱华,张新平,岳朝阳,等.飞机超低量喷雾防治天山野果林苹果小吉丁防效研究[J].新疆农业科学,2016,53(11):2083-2089.

LIU A H,ZHANG X P,YUE C Y,*et al.* Preliminary explora-tion of the control effect of aerially spraying to control *Agri-lus mali* Matsumura with ultra-low volume in wild fruit for-ests[J]. Xinjiang Agricultural Sciences,2016,53 (11):2083-2089. (in Chinese)

[14] 张军生,徐鹤忠,韩志坚,等.飞机超低量喷洒生物农药防治兴安落叶松鞘蛾的效果[J].东北林业大学学报,2011,39(1):92-94.

ZHANG J S,XU H Z,HAN Z J,*et al.* Effect of biological pesticides on *Coleophora dahurica* by aerial spraying with ul-tra-low volume[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2011,39(1):92-94. (in Chinese)

[15] 张再福.(超)轻型飞机防治森林病虫害技术研究[J].林业科学,2000,36(3):81-86.

ZHANG Z F. Studies on the operation in control of forest in-sect pests and diseases by (super) light plane[J]. Scientia Sil-vae Sinicae,2000,36(3):81-86. (in Chinese)

[16] 李婧,张俊杰,王寅亮,等.荔枝椿平腹小蜂触角味觉受体基因的鉴定与表达分析[J].吉林农业大学学报,2017,39(3):292-298.

LI J,ZHANG J J,WANG Y L,*et al.* Identification and ex-pression analysis of antennal gustatory receptor genes of *Anastatus japonicus*[J]. Journal of Jilin Agricultural Univer-sity,2017,39(3):292-298. (in Chinese)

[17] 李发虎,贾建国,樊永军.一种外生菌根真菌的鉴定及系统进化分析[J].西北林学院学报. 2017,32(3):162-164,197.

LI F H,JIA J G,FAN Y J. Species identification and analysis of phylogenetic position for an ectomycorrhizal fungus[J]. 2017,32(3):162-164,197. (in Chinese)

[18] 侯德海,王永胜.樟子松球果象甲天敌曲姬蜂生物学及生态学特性的研究[J].内蒙古林业调查设计,2010,33(2):75-76.