

# 自主合成的重齿小蠹聚集信息素的诱捕效果及其应用研究

陈国发<sup>1</sup>，赵玉民<sup>2</sup>，王艳军<sup>2</sup>，巴达玛<sup>2</sup>，牛景富<sup>3</sup>，周效明<sup>4</sup>，白永安<sup>4</sup>

(1. 国家林业局森林病虫害防治总站 沈阳 110034; 2. 内蒙古克什克腾旗森林病虫害防治检疫站 经棚 025350; 3. 内蒙古赤峰市森林病虫害防治检疫站 赤峰 024006; 4. 内蒙古白音敖包国家级自然保护区管理局 白音敖包 025375;)

**摘要：**利用林间生测技术，比较了自主合成的与从国外引进的重齿小蠹聚集信息素的诱捕效果的比较研究，并应用自主合成的信息素进行了发生期监测和大量诱杀防治的试验。结果表明，国内与国外信息素对重齿小蠹的诱捕效果没有显著差异；国内释放介质对重齿小蠹的诱捕效果比国外的更好。利用国内诱芯对重齿小蠹成虫发生动态进行监测，不仅明确了成虫扬飞的始、盛和末期以及成虫的持续期，而且有效地对重齿小蠹成虫进行防治。国内信息素诱捕器的诱杀防治效果显著，两块样地防治前和防治后小蠹总致死木数量平均下降了62.07%。国内诱芯可以取代国外引进的诱芯，并可应用于重齿小蠹的综合治理。

**关键词：**重齿小蠹；人工合成；聚集信息素；反-月桂烯醇；小蠹二烯醇

## Study on trapping effects of synthetic aggregation pheromone of the bark beetle, *Ips duplicatus* and its application

Chen Guofa<sup>1</sup> Wang Yanjun<sup>2</sup> Zhao Yumin<sup>2</sup> Liang Yan<sup>2</sup> Zhou Xiaoming<sup>3</sup> Bai Yong'an<sup>3</sup> Chen Fan<sup>4</sup> Wang Qinghe<sup>5</sup>

(1. General station of Forest Pest Control, State Forestry Administration Shenyang 110034; 2. Station of Forest Pest Control and Quarantine, Keshiketeng Qi, Inner Mongolia Jingpeng 025350; 3. Baiyinaobao National Nature Reserve, Inner Mongolia Baiyinaobao 025375; 4. Science and Technology Department, Liaoning Province Forestry Administration Shenyang 110804; 5. Shenyang Pharmacology University Shenyang 110016)

**Abstract:** Experiments were conducted to evaluate trapping effects of aggregation pheromone of the bark beetle, *Ips duplicatus* (Sahlb.) from domestic synthesis and imported with field biometrics, and apply domestic synthetic pheromone to monitoring and mass trapping. The

results showed the trapping effect of the domestic aggregation pheromone had no difference than that of the overseas aggregation pheromone to *Ips duplicatus*, while the trapping effect of the domestic dissolution medium was significantly higher than that of the overseas dissolution medium to *Ips duplicatus*. Dynamic Variation of population of adult *Ips dulicatus* was monitored by the bait with the domestic pheromone. The flight initiation, duration, termination and the peaks were ascertained. Mass-trapping technology using the domestic pheromone-bait can be applied to the integrated control of *Ips duplicatus*.

**Keywords:** *Ips duplicatus*; artificial synthesis; aggregation pheromone; E-myrcenol; Ipsdienol

重齿小蠹 [*Ips dulicatus* (Sahlberg)] 是欧洲和东北亚危害云杉 (*Picea* spp.) 的重要害虫。近来在中欧地区危害较为严重 (Lekander et al., 1977; Knizek et al., 1996; Holuša et al., 2008)。特别是自上世纪 50 年代以来, 在我国内蒙古白音敖包国家级自然保护区, 持续猖獗危害我国珍稀特有树种沙地云杉 [*Picea mongolia* (H. Q. Wu) W. D. Xu], 给治理带来了极大的挑战 (刘涛等, 1999; 萧刚柔, 1992; 徐文铎等, 1998)。

众所周知, 昆虫信息素已成为害虫综合治理的重要的有效措施。自上世纪 70 年代以来, 欧洲学者陆续鉴定并人工合成出重齿小蠹的聚集信息素反-月桂烯醇 (EM) 和小蠹二烯醇 (Id), 并成功地进行了林间生测试验和种群监测应用 (Bakke, 1975; Byers et al., 1990)。近年来, 作者等人与瑞典合作, 利用从国外引进的信息素诱芯对我国重齿小蠹种群进行了林间生测试验, 不仅明确了其信息素的组分、配比和剂量, 并开展了深入系统的应用技术研究, 而且成功地应用于种群监测和大量诱杀的生产防治, 取得了显著的治理成果, 为其在生产中推广应用奠定了坚实的基础 (陈国发等, 2009; 陈国发等, 2009; Chen et al., 2010; 陈国发等, 2011)。

为了进一步大面积推广应用重齿小蠹聚集信息素应用技术, 本文报道了国内自主合成信息素的诱捕效果以及其在种群监测和大量诱杀防治上的应用。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

本试验在内蒙古白音敖包国家级自然保护区进行。白音敖包国家级自然保护区位于赤峰市克什克腾旗境内, 地理坐标为东经  $117^{\circ} 06' \sim 117^{\circ} 16'$ , 北纬  $43^{\circ} 30' \sim 43^{\circ} 36'$ 。

保护区总面积为 13862hm<sup>2</sup>，其中核心面积为 2780 hm<sup>2</sup>，缓冲区面积为 3539 hm<sup>2</sup>，实验区面积为 7543 hm<sup>2</sup>。保护区气候属于大陆性温带草原气候，年平均温-1.4℃，年均降水量 400mm 左右，年蒸发量 1526.8mm。本地气候干燥，且不稳定，降水年变化率大。风力强，具有沙漠化的动力条件，是生态环境非常脆弱地区。

## 1.2 试验材料

各试验所用材料见表 1，国内自主人工合成的信息素和国内自主研发的释放介质（简称：国内信息素和国内释放介质）由沈阳药科大学提供，国外引进的信息素和释放介质（简称：国外信息素和国外释放介质）由美国斯特林国际公司张庆贺博士提供。

表 1 试验所需的信息素、释放介质和诱捕器

试验目的	信息素来源	信息素组分	信息素剂量	释放介质	诱捕器
国内与国外信息素诱捕效果比较	自主合成和国外引进	Id+EM	40 mg +20mg	自主研发	窗式诱捕器
国内与国外释放介质诱捕效果比较	自主合成	Id+EM	40 mg +20mg	自主研发和国外引进	窗式诱捕器
成虫发生期监测	自主合成	Id+EM	40 mg +20mg	自主研发	窗式诱捕器
成虫大量诱杀	自主合成	Id+EM	40 mg +20mg	自主研发	窗式诱捕器

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 国内信息素与国外信息素的诱捕效果比较

选择 1 块被害较重的沙地云杉林样地，距样地林缘 10m 的位置上，将含有不同来源的信息素诱芯的窗式诱捕器设置在 2m 高的诱捕器支架上，共设置 3 组，每组 2 个来源不同的信息素诱捕器，组内间距 20m，组组间距 40m。每天检查记录 1 次诱到的小蠹数量，并相互交换组内诱捕器的位置，以便减少诱捕器位置对诱捕效果的影响。共检查和轮换诱捕器位置 10 次以上。

### 1.3.2 国内释放介质与国外释放介质的诱捕效果比较

选择 1 块被害较重沙地云杉林样地，距样地林缘 10 米的位置上，将含有不同来源释放介质的信息素诱芯的窗式诱捕器设置在 2 米高的诱捕器支架上，共设置 3 组，每组 2 个诱捕器，一个为国内释放介质的诱芯，一个为引进的，组内间距 20m，组组间距 40m。每天检查记录 1 次诱到的小蠹数量，并相互交换组内诱捕器的位置，以便减少诱捕器位置对诱捕效果的影响。共检查和轮换诱捕器位置 10 次以上。

### 1.3.3 成虫发生期监测

成虫扬飞前，在保护区选择内 5 块样地，在每块样地的林缘 10m 处各设置 1 个高度为 2m 含有国内信息素诱芯的窗式诱捕器，两天检查记录一次，直至成虫期结束。在试验期内根据信息素诱芯的有效持续期适时更换诱芯。

### 1.3.4 大量诱杀

在成虫发生期，选择小蠹危害较重的林分为大量诱杀防治样地，样地共 3 块，面积各 20hm<sup>2</sup>，两块为防治样地，分别设置了 20 个大量诱杀的诱捕器，诱捕器设置在距林缘 10m，高度 2m 处；一块为对照样地。每周检查和记录一次诱到的小蠹数量，并根据信息素诱芯的有效持续期适时更换诱芯。在试验前和试验后分别调查小蠹致死树木的数量。

## 1.4 统计分析方法

应用 T 值检验的原理，比较两个平均数之间的差异显著性，差异显著性的水平为 0.05。在方差分析的过程中，为了满足正态、均方差的条件，数据用  $\log(X+1)$  进行转换。转换后的数据用统计分析软件 SPSS 13.0 进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 国内信息素与国外信息素的诱捕效果比较

国内信息素与国外信息素对重齿小蠹的诱捕效果比较研究表明，在释放介质相同的情况下，国内信息素与引进的信息素的诱虫效果相比基本相同，国内信息素共诱到小蠹 2667 头，平均 89.9 头/器/d，引进的信息素共诱到小蠹 2311 头，平均 77 头/器/天。进一步统计分析表明，二者的诱捕量差异不显著 ( $p>0.05$ )，表明国内信息素与引进的信息素的诱捕效果相同 (表 2)。

表 2 国内与国外的信息素以及国内与国外的释放介质诱虫效果的比较

信息素或释放介质	诱捕总量 (n=10)	Mean±SE*	占诱捕总量 (%)
国内信息素	2667	88.9a±103.54	53.58
国外信息素	2311	77.0a±131.01	46.42
Σ	4978		100
国内释放介质	7996	78.2a±181.27	72.15
国外释放介质	3087	23.9b±81.42	27.85
Σ	11083		100

注：\*同列数据中具有相同字母 (a,b) 表示差异不显著 ( $p>0.05$ )。

### 2.2 国内释放介质与国外释放介质的诱捕效果比较

从图 2 中可以看出, 含有相同信息素的国内释放介质与国外释放介质的诱虫效果不同, 国内释放介质共诱到小蠹 7996 头, 平均 78.2 头/器/d, 国外释放介质共诱到小蠹 3087 头, 平均 23.9 头/器/d, 可以看出国内释放介质诱捕效果明显好于国外的释放介质。进一步统计分析表明含有相同信息素的二者的诱捕量差异显著 ( $p < 0.05$ ), 说明国内的释放介质比国外的释放介质诱虫效果好 (表 2)。

### 2.3 成虫发生期监测

自 2011 年 5 月 20 日诱捕器设置后, 5 月 23 日未诱到小蠹, 从 5 月 25 日才开始诱到小蠹, 平均诱捕量为 13.8 头/器, 6 月 6 日、7 月 6 日和 7 月 24 日分别出现 3 个诱捕高峰, 9 月 16 日诱捕量平均为 0.2 头/器, 9 月 18 日以后未诱捕到小蠹。因此, 可以从图 3 中看出, 2011 年重齿小蠹扬飞的开始时间为 5 月 24 日左右, 扬飞的盛期为 6 月 6 日、7 月 6 日和 7 月 24 日, 扬飞的末期为 9 月 16 日, 成虫的持续期为 114d。

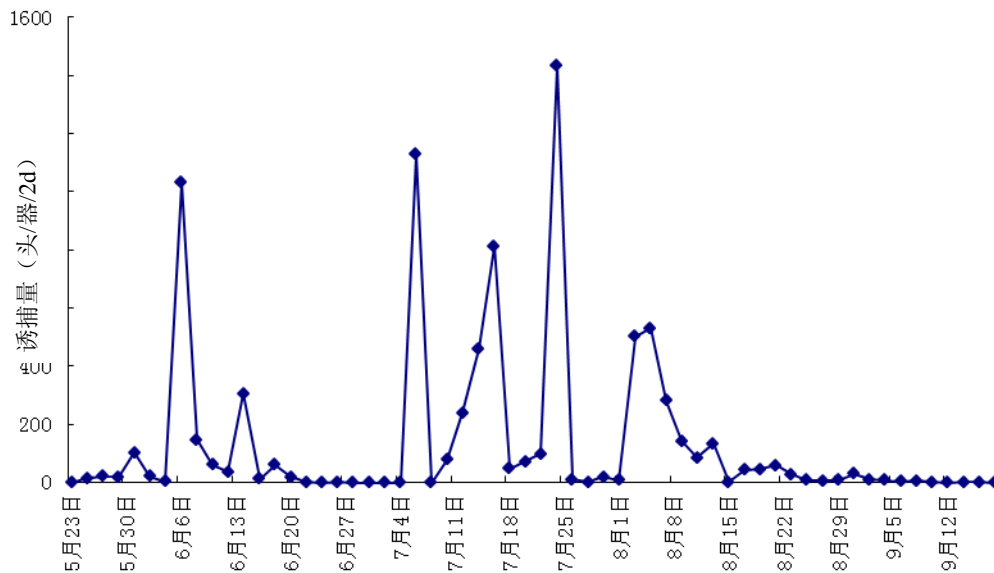


图 3 2011 年重齿小蠹成虫种群动态变化

Fig. 3 Dynamic Variation of population of adult *Ips dulicatus* in 2011

### 2.4 大量诱杀成虫

表 3 自主合成的信息素大量诱杀的效果

样地	诱捕器 (个)	防治面积 ( $\text{hm}^2$ )	诱捕总量 (头)	平均诱捕 量 (头) / 器	防治前 致死木 (株)	防治后 致死木 (株)	致死木 减退或增 加率 (%)
样地 1	20	20	54328	2716.4	18	6	66.67

样地 2	20	20	45142	2257.1	11	5	54.55
对照	0	20	0	0	7	12	71.43

大量诱杀的防治试验共选择了两块样地，面积各 20hm<sup>2</sup>，分别设置了 20 个大量诱杀的诱捕器。第一块样地的诱捕器共诱到小蠹 54328 头，平均诱到小蠹 2716.4 头/器，防治前的 2010 年小蠹致死木为 18 株，防治后的 2011 年为 6 株，小蠹致死木降低了 66.77%；第二块样地的诱捕器共诱到小蠹 45142 头，平均诱到小蠹 2257.1 头/器，防治前的 2010 年小蠹致死木为 11 株，防治后的 2011 年为 5 株，小蠹致死木降低了 54.55%。而对照样地 2010 年小蠹致死木为 7 株，2011 年的为 12 株，致死木增加了 71.43%。因此，可以看出大量诱杀防治小蠹的效果显著（表 3）。

### 3 结论与讨论

利用国内自主合成的信息素与从国外引进的以及国内自主研发的释放介质与从国外引进的比较研究显示，国内自主合成的信息素与从国外引进的诱捕效果相同，而国内研制的释放介质比从国外引进的诱捕效果好；应用自主合成的信息素在成虫发生期监测和大量诱杀上的效果明显和显著，因此，国内信息素和国内释放介质完全可以取代从国外引进的信息素和释放介质，并可在重齿小蠹的种群监测和大量诱杀的生产防治中应用；利用国内信息素对重齿小蠹的发生期监测表明，不仅明确了成虫发生的始期、盛期和末期以及成虫的持续期，而且为其他方法防治小蠹提供了科学依据；应用国内信息素大量诱杀防治重齿小蠹，效果显著，可以在生产防治中进行大面积推广。

在上世纪 90 年代前，国外尤其是欧洲在分析、鉴定和林间生测的基础上，已成功合成了重齿小蠹的信息素小蠹二烯醇和反-月桂烯醇<sup>[6,7]</sup>，并由捷克 Fytofarm 有限公司开发出了重齿小蠹的商品化的信息素诱芯，为其在生产防治中的应用创造了先决条件。前期，作者等人开展的我国重齿小蠹种群聚集信息素及其应用技术研究均为从国外引进的诱芯，不仅制约了相关研究的进展，而且极大妨碍了在我国重齿小蠹种群的综合治理中的应用。为了解决生产上的紧迫需求，作者等人与相关科研单位合作在国内自主合成了重齿小蠹聚集信息素小蠹二烯醇和反-月桂烯醇，并经林间试验证实了其有效性，为其在重齿小蠹的综合治理中的应用奠定了基础；另外，含有信息素的国内释放介质的诱捕效果好于从国外引进的，原因主要是国内释放介质的厚度小于从国外引进的，如果加厚到与国外释放介质同一厚度，其效果可能与引进的相同，因此，利用国内信息素和研制的释放介质制成诱芯将会极大促进在生产防治

中的大规模推广。

成虫发生期的监测显示成虫的季节飞行活动有 3 个高峰期, 6 月初的第一个高峰是越冬成虫的繁殖攻击和补充营养的扩散飞行期; 7 月初的第二个高峰是第一代成虫的扩散飞行期; 7 月下旬的第三个高峰和 8 月上旬的小高峰可能分别是第一代成虫再次补充营养或部分第二代成虫羽化后的扬飞补充营养。2007 年至 2010 年对成虫发生期的监测也显示出同样地规律, 只是各高峰期的时间在各年份不同, 这主要是因为各年份成虫发生期的月平均气温或有效积温不同所造成的<sup>[11]</sup>。另外, 据 50 年前的报道, 我国内蒙古重齿小蠹种群每年发生一代, 并伴随部分姊妹代<sup>[5]</sup>, 但是通过 2007 年至 2011 年的监测表明, 成虫在 7 月下旬或 8 月上旬的大量飞行活动令作者等人怀疑一年仅发生一代的理论, 可能至少存在部分成虫是第二代的可能性, 这可能是由于在内蒙古重齿小蠹的发生区近 30 年来夏季气温的明显提高以及全球气温变暖的原因。有关内蒙古重齿小蠹种群是否存在第二代应进行进一步的观察和研究。

利用含有国内信息素的诱捕器大量诱杀防治重齿小蠹, 效果显著。2007~2009 年连续 3 年利用含有国外信息素的诱捕器大量诱杀该虫也显示了同样地效果, 小蠹致死木平均降低了 77.58%, 而对照样地的小蠹致死木却增加了 14%<sup>[11]</sup>。因此, 应利用含有国内信息素的诱捕器对重齿小蠹进行大量诱杀防治, 开展大规模的推广应用, 将有效遏制白音敖包沙地云杉林重齿小蠹猖獗危害的趋势, 从而切实保护沙地云杉的正常生长发育及沙地云杉林生态系统的安全, 乃至为我国三北防护林体系建设、控制我国北方国土荒漠化、改善人类生存环境将发挥巨大作用。

#### 参考文献:

- Lekander, B., Bejer-Pedersen, B., Kangas, E. & Bakke, A. The distribution of bark beetles in the Nordic countries[J]. Acta Entomologica Fennica, 1977, 32: 1-37.
- Knizek M and Zahradnik P. Mass outbreak of *Ips duplicatus* Sahlberg (Coleoptera:Scolytidae) [M], 1996, p.527, in J. Doe(ed). XXth International Congrress of Emtomology , Firenze, Italy. Atti Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, Italy.
- Holuša J., Grodzki W.. Occurrence of *Ips duplicatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) on pines (*Pinus* sp.) in the Czech Republic and southern Poland-Short Communication [J]. Journal of Forest Science, 2008, 54(5): 234-236.
- 刘涛, 刘广田, 段佩山. 白音敖包沙地云杉林衰退原因及恢复发展对策[J]. 内蒙古林业科技, 1999(4): 26-28.
- 萧刚柔. 中国森林昆虫(第 2 版) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992, 620-622.
- 徐文铎, 刘广田. 沙地云杉林生态系统研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998, 275-283.
- Bakke A. Aggregation pheromone in the bark beetle, *Ips duplicatus* (Sahlberg) [J]. Norw. J. Entomol., 1975, 22:67-69.
- Byers J A, Schlyter F, Birgersson G and Francke W. E-myrcenol in *Ips duplicatus*: An aggregation pheromone

component new for bark beetles[J]. *Experientia*, 1990, 46:1209-1211.

陈国发, 张庆贺, 王艳军, 等. 沙地云杉重齿小蠹聚集信息素的试验分析[J]. *东北林业大学学报*, 2009, 37(7): 96~98.

陈国发, 王艳军, 陈玉成, 等. 重齿小蠹信息素诱捕器设置技术研究[J]. *内蒙古农业大学学报*, 2009, 30(4): 284-288.

Chen G., Zhang Q.-H., Wang Y. et al. Catching *Ips duplicatus* (Sahlberg) (Coleoptera: Scolytidae) with pheromone-baited traps: optimal trap type, colour, height and distance to infestation[J]. *Pest Manag. Sci.* 2010, 66: 213~219.

陈国发, 王艳军, 巴达玛, 等. 沙地重齿小蠹聚集信息素诱捕器应用技术研究[J]. *辽宁林业科技*, 2011, (3): 15-17, 60.