

植物挥发性物质对落叶松球果花蝇的驱避效果

严善春¹, 孙江华^{2*}, 迟德富¹, 张丹丹¹, 赵启凯³

(1. 东北林业大学森林资源与环境学院, 哈尔滨 150040; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 3. 大兴安岭森保总站, 加格达奇, 黑龙江 165000)

摘要:为研究外源植物挥发性物质对落叶松球果花蝇(*Strobilomyia* spp.)对寄主定位的干扰作用,在哈尔滨市和大兴安岭加格达奇兴安落叶松(*Larix gmelinii*)种子园,用松节油、樟脑、丁香油进行了室内生测和林间喷施试验。在室内,球果花蝇对1%松节油的反应率为94.23%,与1%丁香油、3%松节油、2%丁香油相比差异显著;对1%樟脑的反应率为87.92%。球果花蝇对2%丁香油的反应率最低,仅为16.30%。在室内及林间,1%松节油及1%樟脑对球果花蝇都表现为驱避作用。1%松节油及其对照对球果花蝇的驱避效果最好,平均每果虫数较清水对照的3.51分别降低了2.85和2.66,使球果被害率降低了57.0%和46.2%,种子被害率分别降低了24.7%和27.7%。其次是1%樟脑及其对照,每果虫数较清水对照降低了1.83和1.44个,球果被害率分别降低了9.0%和30.7%,种子被害率分别下降了12.2%和26.9%。1%丁香油对花蝇在室内表现为诱引作用,在林间表现为驱避作用。在喷施3种挥发性物质及其对照后,各个处理的球果挥发性物质主要成分的总量都较清水对照增加,各处理的 α -蒎烯相对含量较清水对照大幅度降低,降低幅度在13.56%~24.83%之间;各处理的 β -罗勒烯都有不同程度的增加。 β -蒎烯、3-蒎烯、月桂烯、水芹烯的相对含量在各处理中升降不一。

关键词:兴安落叶松;球果花蝇;植物挥发性物质;驱避;松节油;樟脑

The repellency effects of plant volatiles to *Strobilomyia* spp. damaging larch cones

YAN Shan-Chun¹, SUN Jiang-Hua², CHI De-Fu¹, ZHANG Dan-Dan^{1*}, ZHAO Qi-Kai³

(1. Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 3. Forest Pest Control Station of Jiagedaqi Forestry Bureau, Jiagedaqi 165000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 314~319.

Abstract: *Strobilomyia* spp. (Diptera: Anthomyiidae) are the most serious pests damaging larch cones and seeds in northeastern China. In order to better understand the effects of plant volatiles on larch cone flies, *Strobilomyia* spp., turpentine, camphor, and syringa balsam of various concentrations were evaluated both in the laboratory and field test as repellent for larch cone flies. The field test was carried out in the seed orchard of Dahurian larch, *Larix gmelinii*, located in Jiagedaqi, Daxing'an Mountain in northeastern China. The cone flies used for the laboratory test were collected in the same seed orchard.

基金项目:黑龙江省攻关资助项目(679919903)

收稿日期:2001-10-11; **修订日期:**2002-06-18

作者简介:严善春(1964~),女,黑龙江省伊春市人,博士,副教授。主要从事森林害虫综合治理、昆虫化学生态等领域的研究。E-mail: ysc_0128@hotmail.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: sanjh@panda. ioz. ac. cn

Foundation item: Key Science and Technology Research Project of Heilongjiang Province (No. 679919903)

Received date: 2001-10-11; **Accepted date:** 2002-06-18

Biography: YAN Shan-Chun, Doctor, Associate Professor. Main research field: Forest pest management and chemical ecology.

Larch cone flies showed active response to 1% turpentine, camphor and syringa balsam with mean response rates of 94.23%, 87.92% and 79.33% respectively. 1% turpentine and camphor demonstrated a significant repellency effect both in the laboratory and filed spraying test with the best result achieved by 1% turpentine compared to control spraying with water. Compared to the mean value of 3.51 larvae per cone by control spraying with water, the mean larva numbers per cone were reduced by 2.85 and 1.83 respectively by spraying 1% turpentine and camphor. The larch cone damage rates reduced by 57.0% and 9.0% respectively after spraying 1% turpentine and camphor, and 24.7% and 12.2% for seed damage. However, 1% syringa balsam showed attractiveness to larch cone flies in the laboratory, some repellency effect in field spraying test with the results that the mean larva numbers per cone reduced by 0.78, while the larch cone and seed damage rates were a little bit higher compared to control spraying with water. 3% turpentine and 2% syringa balsam showed no repellent or attractive effects to larch cone flies in the laboratory.

For larch cone volatiles, α -pinene, β -pinene, β -ocimene, laurene, 3-carene and β -phenllandrene are the main components, of which the relative contents changed after the spraying treatments with the results that the relative contents of α -pinene decreased by 13.56% to 24.83% compared to the control spraying with water while the relative contents of β -ocimene increased, depending on different spraying treatments. β -pinene, laurene, 3-carene and β -phenllandrene contents increased or decreased depending on spraying treatments. The total relative contents of the 6 main components increased after spraying 1% turpentine, camphor and syringa balsam compared to the control spraying with water.

Key words: dahurian larch; *Larix gmelinii*; cone flies; *Strobilomyia* spp.; volatile; repellent; turpentine; camphor

文章编号:1000-0933(2003)02-0314-06 中图分类号:Q968.1,S763.41 文献标识码:A

植物的嗅觉刺激对植食性昆虫选择寄主起着关键性作用^[1]。植物挥发性物质离开植物组织表面传向四周,植食性害虫的嗅觉器官在协调进化过程中逐渐能识别这些挥发性物质,进而使这些挥发性物质在害虫对寄主识别过程中起着重要作用^[2]。一些针叶树的球果被害率与其单萜类含量有关,在某些情况下单萜类起着驱避作用^[3]。

植物在遭受植食性昆虫攻击后,所释放的挥发物中各组分相对含量发生明显变化,在大多数植物中,植食性昆虫的为害往往导致某些类萜化合物释放量的增加,驱避其他植食性昆虫的取食。兴安落叶松(*Larix gmelinii*)的球果在被花蝇(*Strobilomyia* spp.)危害后其6种主要挥发性物质相对含量增加^[4]。在害虫管理中,人们期望借助某些措施能够改变植物本身的挥发性物质含量,从而达到驱避或抑制某种害虫危害的目的。Dormont等在法国阿尔卑斯山区用瑞士松(*Pinus cembra*)球果的油脂浸提物喷洒山地松(*P. uncinata*)球果后,使专化性球果害虫的危害率明显降低,被处理球果的挥发性物质明显不同于未处理球果^[5]。

在落叶松球果内的6种花蝇(*Strobilomyia* spp.)对落叶松球果危害严重,是落叶松种子生产的重要害虫。本研究旨在通过外源植物挥发性物质来干扰球果花蝇对寄主的定位作用,从而降低其对球果的危害。1999年,选用丁香油、松节油、樟脑等植物挥发性物质对球果花蝇进行室内生测实验,并在大兴安岭加格达奇兴安落叶松(*Larix gmelinii*)种子园内喷施,进行林间驱避防治试验。分析了喷施这几种挥发性物质前后落叶松球果的受害程度以及落叶松球果挥发性物质的变化。

1 试验方法

1.1 挥发性物质对落叶松球果花蝇行为影响的室内生测实验

(1)供试昆虫 1998年6月,在大兴安岭加格达奇落叶松种子园内把受害球果采回室内,喷水使老熟幼虫脱果化蛹,将蛹装入带有林地枯落物的容器中,埋入室外土中越冬。1999年4月初,从土中挖出越冬蛹

带回室内,待花蝇羽化后进行生测实验。越冬蛹从4月12日开始羽化,用3%蜂蜜水补充营养2d后挑选健康的花蝇进行生测,每次测试虫数视羽化情况而定。测试时间在花蝇最为活跃的10:00~14:00,温度在15~18℃左右。

(2) 仪器 四臂嗅觉仪,丁红建等于1996年设计^[6],其工作原理是:将选定的挥发性物质滴在滤纸条上,分别放在两个方向相对的诱集瓶内,其余两诱集瓶内放入相应的对照滤纸条。由真空泵抽气,将经过空气过滤器过滤的干净空气以恒定的流速吸入诱集瓶,在诱集瓶内气味物质与干净空气混合形成带有不同气味的空气流,空气流通过四个臂进入到中央活动室混合后,由顶端出气口流出。在测试前,将生理指标一致的测试昆虫——球果花蝇成虫由出气口放入中央活动室,当气路开通时,测试昆虫在中央活动室与带有信息物质的气流相遇,而后逆风飞行进入特定的臂内,再沿着气味的浓度梯度进入只能进不能出的诱集瓶内。测试一定时间后,检查各诱集瓶内的测试昆虫数量,分析各试剂对测试昆虫的驱避或诱引作用。

(3) 计算方法 驱避率=(对照诱集瓶中虫数/测试总虫数)×100%

诱集率=(处理诱集瓶中虫数/测试总虫数)×100%

反应率=(对照诱集瓶中虫数+处理诱集瓶中虫数)/测试总虫数×100%

(4) 试剂 将丁香油、松节油、樟脑根据实验要求按下列比例配制成为一定浓度,同时配制各自的对照液。因花蝇羽化量的限制,对樟脑仅做了一个浓度的测定:

① 1%丁香油 0.5ml 丁香油+0.1ml Tx-10+0.3ml 吐温-80+49.1ml 水

对照 0.1ml Tx-10+0.3ml 吐温-80+49.1ml 水

Tx-10 烷基酚聚氧乙烯醚,表面活性剂,使有机溶剂与水混合。

② 1%松节油 0.5ml 松节油+0.2ml 吐温-80+49.3ml 水

对照 0.2ml 吐温-80+49.3ml 水

3%松节油 1.5ml 松节油+1ml 吐温-80+47.5ml 水

对照 1ml 吐温-80+47.5ml 水

③ 樟脑乙醇溶液 3.5g 樟脑+35ml 乙醇

1%樟脑 5ml 樟脑乙醇溶液+45ml 水;

对照 5ml 乙醇+45ml 水

1.2 挥发性物质林间喷施试验

危害落叶松球果的花蝇于5月份寻找寄主产卵危害,在此期间寄主气味的变化将影响其对寄主的定位作用。1999年5月,根据室内生测的结果,选择1%丁香油、1%樟脑、1%松节油及各自对照,在大兴安岭加格达奇落叶松种子园内进行喷施试验。为研究各种挥发性物质及其对照液对落叶松球果挥发性物质的影响,同时设清水处理作为对照。各种挥发物的配制同室内生测。随机选择9株结实多的样树,在每一样树上选择结实多的枝条,喷施各挥发性物质及其对照、清水,用手动喷雾器喷至球果、枝叶湿润但不滴水为度。每种处理3个重复,每个重复喷施2个枝条,其中一个枝条的球果用于驱避防治效果分析,另一个枝条的球果用于气味物质的收集与驱避机理分析。第1次喷施4d后重复喷施一次。1999年6月,在花蝇幼虫脱果前将各处理及对照球果采回,解剖检查球果被害情况,记录球果被害率、种子被害率及每果内的幼虫数,分析驱避效果。

驱避效果=(清水处理球果内的虫数-各处理球果内的虫数)/清水处理球果内的虫数×100%

1.3 挥发性物质对落叶松球果气味成分相对含量的影响及驱避机理分析

1999年5月中旬,将1%的丁香油、樟脑、松节油及各自对照在第2次林间喷施后的第4天(此时为花蝇产卵盛期),把各处理的部分球果采下,装入聚乙烯塑料袋,带回室内进行抽气吸附,收集球果挥发性物质。之后,解剖球果,查看产卵情况。

用顶部空间法收集球果气味物质。在样品管中装待测球果6g,吸附管中装天津试剂二厂生产的40~60目GDX-101吸附剂1.5g。用流量为0.25L/s的真空泵抽气1h后,取下吸附剂管,两端用密封胶带封好,低温保存带回实验室。用索氏提取装置在50℃水浴条件下,将吸附剂用二氯甲烷洗脱30min,将洗脱液转

移到 10ml 离心管内,吹氮气低温蒸发浓缩至 0.2ml,在 QMass 910 气质联用仪上分析。色谱条件:DB-5 毛细管柱 25m 长,直径 0.25mm,柱温 60℃,恒温 3.5min 后,以 5℃/min 升至 150℃,恒温 12min,注射口 200℃,进样 0.3 μ l,质谱轰击电压 70eV。

2 结果分析

2.1 植物挥发性物质对落叶松球果花蝇作用的室内生测

在生测过程中,花蝇常较活泼,有飞舞、盘旋、蹬后足、蹬翅、搓触角和振翅等动作,并进入各诱集瓶,抽气 25min 停止,2h 后观察记录最终结果(见表 1)。

从表 1 可以看到,球果花蝇对 1%松节油的反应率最高,为 94.23%,其次是 1%樟脑,反应率为 87.92%。球果花蝇对 2%丁香油的反应率最低,仅为 16.30%,说明球果花蝇对 2%丁香油的嗅觉刺激不敏感,没有明显定向行为。当诱集率或驱避率高于 50%时,某种气味物质可能对昆虫有诱引或驱避作用。1%松节油对球果花蝇的驱避作用最好,平均驱避率为 68.63%,其次是樟脑,平均驱避率为 56.57;1%丁香油对花蝇表现为诱引作用,平均诱集率为 61.06%。3%松节油的诱集率和驱避率都没有超过 50%,对球果花蝇没有明显的定向作用。

表 1 植物挥发性物质的室内生测结果

Table 1 The response of Cone flies to plant volatiles in laboratory

处 理 Treatment	平均反应率 (%)Mean response	平均诱集率 (%)Mean attractiveness	平均驱避率 (%)Mean repellency
1%丁香油①	79.33b	61.06	18.29c
2%丁香油②	22.36c	13.07	9.30c
1%松节油③	94.23a	25.61	68.63a
3%松节油④	72.07b	27.59	44.46b
1%樟脑⑤	87.92a	31.34	56.57a

① Syringa balsam; ② Syringa balsam; ③ Turpentine; ④ Turpentine; ⑤Camphor

将表 1 的反应率和驱避率进行数据转换后,经 Bartlett 检验,满足方差齐性要求。对反应率和驱避率进行差异显著性检验,二者均差异极显著($n=10$, $F_{0.05}=3$; $n=10$, $F_{0.01}=6$)。经多重比较分析,花蝇对 1%松节油的反应率与 1%丁香油、3%松节油、2%丁香油的差异显著,与 1%樟脑的差异不显著。花蝇对 1%樟脑的反应率与 1%丁香油、3%松节油的差异不显著,与 2%丁香油的差异显著。1%松节油对花蝇的驱避率与 3%松节油、1%丁香油及 2%丁香油相比差异显著,与 1%樟脑差异不显著。

2.2 植物挥发性物质的林间喷施驱避试验

室内生测只是初步检验单纯的外源挥发性物质对于球果花蝇的影响,当把这些外源性挥发性物质喷施在正在生长的落叶松球果上时,二者相互作用所散发出的气味对花蝇行为的影响很有可能发生变化。为了弄清林间喷施挥发性物质对球果花蝇的作用,在室内生测的基础上,选择了 1%丁香油、1%樟脑和 1%松节油进行林间喷施驱避试验。

表 2 挥发性物质林间喷施的驱避效果

Table 2 The repellent effects of spraying plant volatiles on cone flies in orchard

处 理 Treatment	总采果数 Total cones collected	球果被害率 Cone damage rate	总种子数 Total seeds collected	种子被害率 Seed damage rate	虫数/果 Larva num. / cone num.	驱避效果 Repellency (%)
1%松节油 Turpentine	62	27.4	1720	18.6	0.66	81.20a
1%松节油对照 Turpentine control	68	38.2	2252	15.6	0.85	75.78a
1%樟脑 Camphor	65	75.4	3460	31.1	1.68	52.14b
1%樟脑对照 Camphor control	41	53.7	1868	16.4	2.07	41.03b
1%丁香油 Syringa balsam	41	97.6	2626	47.0	2.73	22.22c
1%丁香油对照 Syringa balsam control	35	91.4	2160	28.6	1.74	50.43b
清水 Water	96	84.4	5218	43.3	3.51	

3 种挥发性物质及其对照对球果花蝇表现出不同程度的驱避作用,平均每果虫数与清水对照的 3.51 相比都有所降低(见表 2),1%松节油及其对照对球果花蝇的驱避效果最好,平均每果虫数较清水对照降低了 2.85 个和 2.66 个,驱避效果分别达到 81.20%和 75.78%,使球果被害率降低了 57.0%和 46.2%,种子

被害率分别降低了 24.7% 和 27.7%。其次是 1% 樟脑及其对照, 每果虫数较清水对照降低了 1.83 和 1.44 个, 驱避效果分别为 52.14% 和 41.03%, 球果被害率分别降低了 9% 和 30.7%, 种子被害率分别下降了 12.2% 和 26.9%。1% 丁香油及其对照对花蝇的作用, 从球果被害率看比清水对照高, 表现为诱引作用, 而其平均每果的虫数却比清水对照低, 表现为驱避作用, 说明 1% 丁香油及其对照对球果花蝇的行为有诱引和驱避双重作用, 可能是在喷施初期对花蝇有诱引作用, 随后又起到疏散虫口的作用。

2.3 植物挥发性物质林间驱避球果花蝇的机理分析

喷施松节油、樟脑、丁香油这 3 种挥发性物质及其对照后, 落叶松球果挥发性物质主要组分的相对含量发生了明显变化(图 1, 图 2)。各个处理的球果挥发性物质主要组分的总量都较清水对照增加, 1% 松节油、1% 樟脑及 1% 樟脑对照分别增加了 10.35%、8.06%、9.63%。各处理的 α -蒎烯相对含量较清水对照大幅度降低, 降低幅度在 13.56%~24.83% 之间, 各处理的 β -罗勒烯相对含量较对照各有所增加。1% 丁香油及其对照的 β -蒎烯相对含量较清水对照明显增加, 其他各处理变化不大。3-蒎烯的相对含量除 1% 丁香油对照外, 都较清水对照有所增加。月桂烯的相对含量除 1% 樟脑外, 都较清水有所增加。水芹烯在 1% 松节油中略有降低, 在其他各处理中都有不同程度的增加(图 1)。

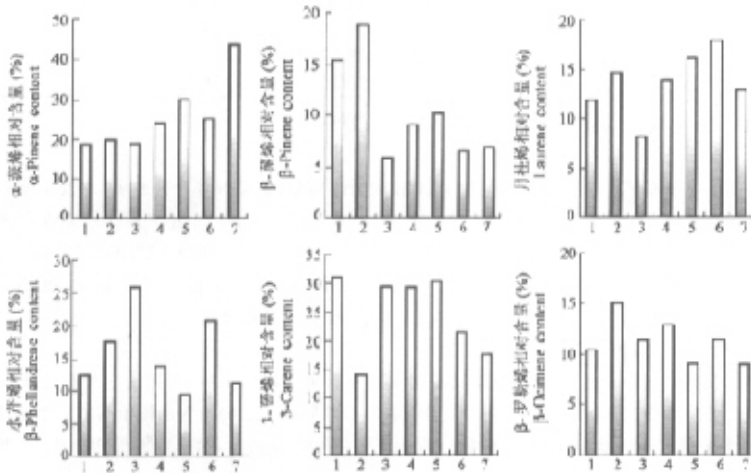


图 1 用挥发性物质处理后落叶松球果挥发性物质中 6 种主要组分相对含量的变化

Fig. 1 The content changes of the 6 main components in larch cone volatiles after spraying turpentine, camphor and syringa balsam

1 1% 丁香油 Syringa balsam; 2 1% 丁香油对照 Syringa balsam control; 3 1% 樟脑 Camphor; 4 1% 樟脑对照 Camphor control; 5 1% 松节油 Turpentine; 6 1% 松节油对照 Turpentine control; 7 清水 Water

在被花蝇危害的落叶松球果挥发性物质中, α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、水芹烯、3-蒎烯、 β -罗勒烯这 6 种主要组分总的相对含量明显高于未受害球果^[4]。而在喷施松节油、樟脑、丁香油这 3 种外源挥发性物质后, 落叶松球果挥发性物质中的这 6 种主要组分的总量都有所增加(图 2), 使球果呈现出被害球果的状态, 从而驱赶花蝇去寻找未受害的球果, 干扰花蝇对寄主的定位作用, 达到驱避效果。

3 结论与问题讨论

3.1 在室内生测实验中, 球果花蝇对 1% 松节油的反应率最高, 与 1% 丁香油、3% 松节油、2% 丁香油相比差异显著, 对 1% 樟脑的反应率次之(表 1)。对 2% 丁香油的反应率最低, 仅为 16.30%, 可能是因为球果花蝇对 2% 丁香油的嗅觉刺激不敏感, 或者是因为其浓度超过了球果花蝇的嗅觉感受浓度阈值, 不能诱使花蝇产生定向行为。

1%松节油和樟脑对球果花蝇表现为驱避作用,1%丁香油对花蝇表现为诱引作用,3%松节油对球果花蝇没有明显的定向作用。

3.2 在林间喷施试验中,松节油、樟脑对花蝇的作用与室内生测结果一致,对照对球果花蝇表现出不同程度的驱避作用,降低了平均每果的虫口数。1%松节油及其对照对球果花蝇的驱避效果最好,使球果被害率降低了57.0%和46.2%,种子被害率分别降低了24.7%和27.7%。其次是1%樟脑及其对照,使球果被害率分别降低了9.0%和30.7%,种子被害率分别下降了12.2%和26.9%(表2)。

1%丁香油及其对照对球果花蝇的行为有诱引和驱避双重作用,可能是在喷施初期对花蝇有诱引作用,使球果被害率高于清水处理,随后又起到疏散虫口的作用,使平均每果的虫数低于清水处理。1%丁香油在林间对花蝇的作用与室内生测结果不尽一致,说明外源的挥发性物质在喷施到活体植物上后,与活体植物的挥发性物质一起共同作用于昆虫,其对昆虫的作用会发生改变。

3.3 在林间喷施松节油、樟脑、丁香油及其对照后,各个处理的球果挥发性物质中主要组分的相对含量发生很大变化,6种主要组分的总量都较清水处理增加。球果挥发性物质发生变化的原因可能为,喷施外源植物挥发性物质后使球果表面的微生化环境发生变化,进而诱导球果内挥发性物质的合成、释放速率变化。

3.4 本研究结果说明喷施外源植物挥发性物质可以改变球果挥发性物质,干扰花蝇对寄主的定位及选择过程,从而达到抑制花蝇危害球果的目的。

在试验中所选择的植物挥发性物质能有效驱避球果花蝇的危害,且对人、畜无毒无害,不污染环境,不会破坏自然系统的生态平衡。这是世界害虫综合制理追求的目标,用这种方法控制害虫危害在生产中将有广阔的应用前景。

References

- [1] Bernays E A and Chapman R F. Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. London; Chapman and Hall, 1994.
- [2] Sun J H, Roques A, Yan Sh Ch. Behavioral manipulation methods and forest pest management. *World Forestry Research*, 2000, 13(2): 24~29.
- [3] Rappaport N G, Jenkins M J, Roques A. Cone and foliage volatiles from Douglas-fir and European larch: Relationship to attack by cone and seed insects. In: DeBarr G L, Turgeon J J, Roques A, et al. eds. Proceedings of 4th International Conference, IUFRO Cone and Seed Insects Working Party, USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Athens, Georgia, 1997.
- [4] Yan S C, Hu Y Y, Sun J H, et al. Larch cone volatile profile and its damage by cone fly (*Strobilomyia* spp.) in northeastern China. *Scientia Silvae Sinicae*, 1999, 35(3): 58~62.
- [5] Dormont L. Efficiency of spraying mountain pine cones with oleoresin of swiss stone pine cones to prevent insect attack. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(10): 2261~2274.
- [6] Ding H J, Guo Y Y and Wu C H. Modification and design of an olfactometer for studying insect olfactory response. *Entomological Knowledge*, 1996, 33(4): 241~243.

参考文献

- [2] 孙江华, Roques A, 严善春. 害虫行为调节与森林害虫管理. *世界林业研究*, 2000, 13(2): 24~29.
- [4] 严善春, 胡隐月, 孙江华, 等. 落叶松挥发物质与球果花蝇危害的关系. *林业科学*, 1999, 35(3): 58~62.
- [6] 丁红建, 郭予元, 吴彰宏. 用于昆虫嗅觉行为研究的四臂嗅觉仪的设计、制作和应用. *昆虫知识*, 1996, 33(4): 241~243.

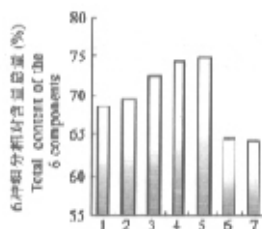


图2 用挥发性物质处理后落叶松球果挥发性物质中6种主要组分相对含量总量的变化(1~7见图1)

Fig. 2 The total content changes of the 6 main components in larch cone volatiles after spraying turpentine, camphor and syringa balsam (See fig. 1 for a description of the figures)