

侧柏挥发油成分及抗肿瘤活性的研究

蒋继宏¹, 李晓储^{1,2}, 高雪芹¹, 高甜惠¹, 陈凤美¹, 冯友建¹, 黄利斌²

(1. 徐州师范大学江苏省药用植物生物技术重点实验室, 江苏 徐州 221000 2. 江苏省林业科学研究院 江苏 南京 211153)

摘要: 用 Alanar blue法对提取的侧柏叶、种皮及种子挥发油进行了抗人肺癌细胞实验, 结果表明侧柏叶、种皮和种子挥发油对肺癌细胞 NCH460有明显抑制率, 分别为 86.24%、47.80%和 97.73%。其中以叶挥发油和种子挥发油最高。采用气-质联用法对侧柏叶、种皮和种子挥发油的化学成分进行了研究, 其含有的挥发物质种类侧柏叶、种皮和种子分别为 83和 21个成分, 其挥发油成分也不尽相同, 侧柏叶含量最高的是 $\alpha, \alpha, 4, 8$ -四甲基-3, 7环癸二烯-1-甲醇和雪松醇分别占总挥发油的 27.213%和 26.193%, 种皮和种子挥发油中含量最高的都是雪松醇, 分别占总挥发油的 28.277%和 26.919%。其中, 对侧柏叶挥发油 4℃低温下重结晶得到的雪松醇进行了鉴定, 纯度达 97.06%, 对雪松醇抗人肺癌细胞实验结果是雪松醇对人肺癌细胞 NCH460半致死浓度为 $44.98 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

关键词: 侧柏; 挥发油; 雪松醇; 抗肿瘤活性

中图分类号: S791.38 R965 文献标识码: A

Volatile Constituents from *Platycladus orientalis* and Their Antitumor Activities

JIANG Jihong¹, LIXiao-chu^{1,2}, GAO Xue-qin¹, GAO Tian-hui¹,
CHEN Fengmei¹, FENG You-jian¹, HUANG Libin²

(1. Key Laboratory for Biotechnology on Medicinal Plants of Jiangsu Province, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221116 Jiangsu, China;

2. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153 Jiangsu, China)

Abstract The antitumor activities of volatile constituents from *Platycladus orientalis* against human lung cancer cell line NCH460 were determined by Alanar blue assay. The results showed that the inhibiting rates of volatile constituents from the leaves, seed and seed capsule of *P. orientalis* against human lung cancer cell line NCH460 were 86.24%, 97.73% and 47.80% respectively. And the volatile oil constituents in leaves and seed were the highest. The volatile constituents from the three organs were analyzed by GC-MS method. The varieties of volatile oil in the leaf, seed and seed capsule of *P. orientalis* were 83 and 21 respectively. The results showed that the leaves contained the highest contents of $\alpha, \alpha, 4, 8$ -tetranethy-1,3,7-cyclodecadiene-1-methanol and cedrol which took about 27.213% and 26.193% respectively. The contents of cedrol in seed and seed capsule were the highest, which were 28.277% and 26.919% of the total. The purity of cedrol re-crystallized under 4℃ from leaves of *P. orientalis* was as high as 97.06%. The IC₅₀ of cedrol against the lung cancer cell line NCH460 was $44.98 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Key words *Platycladus orientalis*; volatile constituents; cedrol; antitumor activities

收稿日期: 2005-10-12

基金项目: 国家“十五”科技攻关重大专项课题“中国城市森林网络体系‘点’的研究与示范”(2001BA516A15-07)和国家林业局科技项目“城镇绿化乔木树及生态功能性树种区试”(2002-17A)协作研究内容之一。江苏省药用植物生物技术重点实验室开放课题(编号 02AXL12)研究内容

作者简介: 蒋继宏(1962—),男,汉族,安徽滁州人,副教授,博士,主要从事药用植物生物技术方面的研究。

随着我国国民经济的迅速发展,城市化与现代化的推进,人们对环境保健的意识的日益增强,构建城市森林,发挥绿化植被的生态保健功能,改善人居环境,提高市民生活质量已成为广大市民的迫切需求^[1-2]。因此,积极选用具有分泌挥发性物质植物,构建生态保健型绿化模式,对改善城市空气质量,保障市民身心健康具有非常重要的意义^[3-5]。

许多植物都可产生挥发性物质,挥发物不是均一的化合物,它是由多种成分组成的混合物,植物产生的挥发物可能含有几十种乃至几百种化学成分^[6]。挥发物中有许多成分具有较强的生理活性。对人体健康而言,其中有些有益,而有些有害。随着人们环境意识的增强以及对身心健康的日益重视,关于挥发物与人体健康之间的关系越来越受到人们的关注,郑华等^[7]对活体珍珠梅(*Sorbaria kirilavii* (Regel) Maxim.) 释放的季节性及其对人体脑波影响进行了研究,但挥发物中一些成分到底有哪些生理活性,对人体健康究竟有哪些影响等,也很少报道。据研究,植物能散发多种含有杀菌素、抗生素等化学物质的气体,这些物质通过肺部及皮肤进入人体,能够抑制和杀死病原细菌和病毒,起到防病强身的作用^[6-7]。特别松柏类植物枝叶散发的气体对结核病等有防治作用^[6-8]。侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)为柏科(Cupressaceae)侧柏属(*Platycladus* Spach),中国特有树种,是城市绿化尤其是北方城市常用树种之一。侧柏耐干旱瘠薄,抗逆性强,又是干旱山区主要造林树种。据报道,侧柏叶气清香,味苦涩、微辛,具有凉血止血、清肺止咳功效,在临床上常用于治疗出血症、风湿痹痛、高血压、哮喘等。侧柏挥发油中的雪松醇含量很高,雪松醇是倍半萜类化合物,是木香型、檀香型等香精的重要组分,并且是一种良好的定香剂,雪松醇的一些衍生物也是重要的香料^[8-11]。但其抗肿瘤活性未见报道。因此,作者在研究扬州古运河生态环境林生态保健型绿化模式时,选择侧柏,对其挥发物质及抗肿瘤活性进行了研究,以便为城市森林生态保健型绿化模式树种选择及配置提供科学的依据。

1 材料和方法

1.1 材料

侧柏叶、种皮和种子,2005年8月采自江苏徐州市,阴干粉碎,备用。NCH460(人肺癌)细胞株购于ATCC公司;RPM11640培养基购自Gibco公

司;青霉素,链霉素,胎牛血清,胰蛋白酶,DMSO购自上海生工公司;A lam ar blue购自Sigma公司,96孔细胞培养板。

1.2 仪器

RE-52A型旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂);6890/5973NGC MS联用仪(美国安捷伦公司)。

1.3 方法

1.3.1 抗肿瘤活性测定

细胞培养: NCH460培养用RPM11640培养基,含 $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 青霉素和 $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 链霉素及10%已灭活的胎牛血清,pH值7.2,在 37°C ,5% CO_2 培养箱中培养。

制备待测液:称取提取物用DMSO或丙二醇溶解,制成浓度为 $10 \text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的储备液,0.22 μm 过滤除菌后放在 4°C 条件下待用。

细胞接种:将处于对数生长期的细胞用0.25%胰酶在培养瓶上消化下来, $1000 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,5min用细胞计数板计数,制成 2×10^4 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的细胞悬液。96孔板中每孔加100 μL ,对照孔加100 μL 不含细胞的培养基,放入细胞培养箱中过夜,使细胞贴壁。

加样:每孔补加培养基80 μL ,将待测液用培养基稀释10倍后每孔加20 μL ,待测液最终浓度为 $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,继续培养24h。

采用A lam ar blue方法^[15-16]:A lam ar blue贮存液用培养基以1:1比例稀释,每孔加50 μL ,每孔终体积为250 μL ,A lam ar blue为10%,5h后用M2荧光检测仪检测。将培养板放于530nm的激发波长和590nm的发射波长下,加入不含细胞的培养基的孔做空白值,加细胞液不加样品的孔做对照值。细胞培养孔的值减去空白值为实际值。按照公式计算细胞存活率:细胞存活率=(对照-样品)/对照 \times 100%。

1.3.2 挥发油的提取和GC-MS分析

样品制备:取100g阴干的侧柏叶、种皮和种子粉末置于1000mL圆底烧瓶中,加入400mL去离子水浸泡,用水蒸汽蒸馏6h,馏出液用乙醚连续萃取3次,侧柏叶挥发性化学成分的乙醚萃取液用旋转蒸发器除去乙醚,得到黄色透明液体,用无水硫酸钠干燥,称质量。保存于低温冰箱中,供GC-MS分析使用。

雪松醇的制备和鉴定:对得到的侧柏挥发油置于冰箱 4°C 低温下,重结晶得到雪松醇,用气质谱联

用仪鉴定。

气相色谱条件: 6890型气相色谱仪(美国安捷伦公司), HP-5MS弹性石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 载气为高纯氦气, 柱流量 60 mL · min⁻¹, 气化室温度: 280 °C, 毛细管柱程序升温从 70 °C开始, 保持 2 min 以 10 °C · min⁻¹的速度升到 255 °C并保持 25 min 再以每分钟 10 °C的速度升到 270 °C并保持 5 min。

质谱条件: 5973N型质谱仪(美国安捷伦公司 Agilent), EI离子源(电子轰击源), 电离电压为 70 eV, 离子源温度为 230 °C, 相对分子质量扫描范围 30~550 AMU, 进样量 1.0 μL, 分流比 50:1, 扫描周期 1 s。

2 结果与分析

2.1 侧柏挥发油的抗肿瘤活性

抗肿瘤活性鉴定表明, 100 μg · mL⁻¹侧柏叶、种皮和种子挥发油对肺癌细胞 NC IH 460抑制率分别为 86.24%、47.80%和 97.73%。其中以叶挥发

油和种子挥发油为高。

2.2 侧柏挥发油的化学成分及比较

测定结果表明, 侧柏叶、种皮和种子挥发油的提取率分别为 1.75%、2.03%和 0.24%, 种皮挥发油的提取率最高。经 GCMS对 3种挥发油的化学成分进行分析, 得到其总离子流图(略), 侧柏叶、种皮和种子挥发油分别检测出 8、31和 21个成分, 对总离子流图中的各峰经质谱扫描后得到质谱图, 经计算机质谱数据库检索按各色谱峰的质谱裂片图并结合有关文献^[8, 10, 12, 13]。对基峰质荷比、相对丰度和保留时间等进行直观比较, 分别对各色谱峰加以确认, 鉴定侧柏植物挥发油组分中的化学成分, 按面积归一化法确定各组分相对含量, 分析比较结果见表 1。从表 1可看出侧柏中含有多种挥发成分, 侧柏叶、种皮和种子挥发油成分也不尽相同, 侧柏叶含量最高的是 α, α, 4, 8-四甲基-3, 7环癸二烯-1-甲醇和雪松醇分别占总挥发油的 27.213%和 26.193%, 种皮和种子挥发油中含量最高的都是雪松醇, 分别占总挥发油的 28.277%和 26.919%。

表 1 侧柏种子、种皮和叶的挥发油成分相对百分含量比较

保留时间 /min	化学成分	分子式	相对百分含量 /%		
			种子	种皮	叶
3.586	α-蒎烯 (1R)-α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	4.107	0.681	
3.867	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	2.020		
3.992	4(10)-萜烯 4(10)-Thujene	C ₁₀ H ₁₆	2.863		
4.116	β-月桂烯 β-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	1.700		
4.419	3-蒎烯 3-Carene	C ₁₀ H ₁₆		0.844	
4.632	D-柠檬烯 (1, 8-萜二烯) D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	4.231		
5.113	2-甲基-5-异丙基二氢 [3, 1, 0]己烷-2-醇 5-isopropyl-2-methylcyclohexanol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.803	
5.386	1, 4(8)-萜二烯 p-mentha-1, 4(8)-diene	C ₁₀ H ₁₆		0.893	
5.830	反-2-萜烯-1-醇 trans-terpenol-2-en-1-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.648	
5.895	α-龙脑烯醛 α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	1.354		
6.067	顺-2-萜烯-1-醇 cis-terpenol-2-en-1-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.422	
6.109	反-松香芹醇 trans-Pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	1.914		
6.150	(S)-马鞭草烯醇 (α-蒎烯-4-醇) (S)-Verbenol	C ₁₀ H ₁₆ O	7.581		
6.601	(R)-1-萜烯-4-醇 (R)-terpenol-1-en-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		3.988	16.354
6.601	α, α, 4-三甲苯基-苯甲醇 α, α, 4-trimethylbenzenemethanol	C ₁₀ H ₁₄ O	4.634		
6.761	(S)-1-萜烯-8-醇 (S)-terpenol-1-en-8-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.588	5.308
7.045	(S)-马鞭草烯酮 (α-蒎烯-4-酮) (S)-Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	5.224		
8.039	乙酸冰片酯 (1S, 2R, 4S)-Borneol acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	5.680	3.173	
8.712	1-萜烯-8-醇-乙酸酯 terpenol-1-en-8-ol acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂		5.843	
9.465	β-榄香烯 β-Elemene	C ₁₅ H ₂₄		1.422	
9.826	8(15)-雪松烯 8(15)-Cedrene	C ₁₅ H ₂₄		2.827	
9.897	β-石竹烯 β-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄		6.534	
10.052	罗汉柏烯 Thujpsene	C ₁₅ H ₂₄		1.931	
10.324	α-葎草烯 α-Humulene	C ₁₅ H ₂₄		5.098	
10.526	2, 6, 6, 9-四甲基-二环 [5. 4. 0]十一碳-1, 8-二烯 2, 6, 6, 9-tetramethylbicyclo[5. 4. 0]undecane	C ₁₅ H ₂₄		0.300	

续表

保留时间 /min	化学成分	分子式	相对百分含量 /%		
			种子	种皮	叶
10 650	β -蒎澄茄烯 β -Cubebene	$C_{15}H_{24}$		3 115	
10 805	γ -榄香烯 γ -Elemene	$C_{15}H_{24}$		1 198	
11 424	$\alpha, \alpha, 4, 8$ -四甲基-3, 7-环癸二烯-1-甲醇 $\alpha, \alpha, 4, 8$ -tetramethyl-3, 7-cyclodecadiene-1-methanol	$C_{15}H_{26}O$	3 409		27. 213
11 421	榄香醇 Elemol	$C_{15}H_{26}O$	9 754		
11 916	环氧化- β -石竹烯 β -Caryophyllene epoxide	$C_{15}H_{24}O$	3 027	0 657	
11 973	4, 7, 11, 11-四甲基-二环[5. 4. 0]十一碳-1-烯-4-醇 4, 7, 11, 11-tetramethylbicyclo[5. 4. 0]undecan-1-ene-4-ol	$C_{15}H_{26}O$		0 486	
12 032	2, 6, 8, 8-四甲基-三环[5. 2. 2. 0(1, 6)]十一碳-2-醇 2, 6, 8, 8-tetramethyltricyclo[5. 2. 2. 0(1, 6)]undecan-2-ol	$C_{15}H_{26}O$	2 045	3 184	
12 168	雪松醇 Cedrol	$C_{15}H_{26}O$	26 919	28 277	26 193
12 221	1, 5, 5, 8-四甲基-12-氧杂二环[9. 1. 0]十二-3, 7-二烯 1, 5, 5, 8-tetramethyl-12-oxabicyclo[9. 1. 0]dodeca-3, 7-diene	$C_{15}H_{24}O$	2 004		
12 441	杜松-1, 4-二烯 Cadinar-1, 4-diene	$C_{15}H_{24}$			3. 942
12 444	γ -桉叶油醇 γ -Eudesmol	$C_{15}H_{26}O$	2 574	2 073	
12 488	6, 6, 9-三甲基-2-亚甲基-二环[5. 4. 0]十一碳-8-烯 2-methylene-6, 6, 9-trimethylbicyclo[5. 4. 0]undecan-8-ene	$C_{15}H_{24}$		0 875	
12 684	α -杜松醇 α -Cadinol	$C_{15}H_{26}O$	6 104		
12 690	α -桉叶油醇 α -Eudesmol	$C_{15}H_{26}O$		1 669	11. 275
13 959	雪松醇乙酸酯 Cedryl acetate	$C_{17}H_{28}O_2$		0 666	
14 119	$\alpha, \alpha, 6, 8$ -四甲基-三环[4. 4. 0. 0(2, 7)]癸-8-烯-3-甲醇 $\alpha, \alpha, 6, 8$ -tetramethyltricyclo[4. 4. 0. 0(2, 7)]dec-8-ene-3-methanol	$C_{15}H_{24}O$	2 035		
14 119	顺-1-氯-1, 2-二甲基硅环己烷 cis-1-chloro-1, 2-dimethylsilacyclohexane	$C_7H_{15}ClSi$			5. 472
14 469	β -桉叶油醇 β -Eudesmol	$C_{15}H_{26}O$			4. 243
14 504	对甲苯甲酸-2-乙基己酯 2-ethylhexyl 4-methylbenzoate	$C_{16}H_{24}O_2$	2 807		
17 617	硬尾醇 Sclareol	$C_{20}H_{36}O_2$	1 422		
17 682	海松-7, 15-二烯-3-酮 Pinara-7, 15-dien-3-one	$C_{20}H_{30}O$		6 042	
17 961	海松-7, 15-二烯-3-醇 Pinara-7, 15-dien-3-ol	$C_{20}H_{32}O$		9 564	
18 145	海松-8(14), 15-二烯-18-醛 Pinara-8(14), 15-dien-18-al	$C_{20}H_{30}O$		1 518	
19 182	14-异丙基罗汉松-8, 11, 13-三烯-13-醇 14-isopropylpodocarpa-8, 11, 13-trien-13-ol	$C_{20}H_{30}O$		1 270	

2.3 侧柏挥发油中雪松醇的分离鉴定

由侧柏挥发油中分离纯化出雪松醇, 进行气质谱鉴定, 其结果表明, 侧柏挥发油中分离纯化的雪松醇纯度很高, 分离纯化的雪松醇含量高达 97. 06%。

2.4 侧柏挥发油中雪松醇的抗肿瘤活性测定及分析

对分离纯化鉴定的雪松醇进行抗肿瘤活性鉴定, 结果见表 2。从表 2 看可计算出 $IC_{50} = 44.98 \mu g \cdot mL^{-1}$, 即 $44.98 \mu g \cdot mL^{-1}$ 的雪松醇能抑制 50% 的 NCH460(人肺癌)细胞死亡。当雪松醇含量达 $50 \mu g \cdot mL^{-1}$ 时, 60. 83% 的肺癌细胞受抑制。表明雪松醇有较强的抗肺癌细胞活性。但这似乎和前面的抗肿瘤活性结果相矛盾, 侧柏叶、种皮和种子挥发油成分中雪松醇含量依次为 26. 193%、28. 277% 和 26. 919%, 但抗肿瘤活性却依次为 86. 24%、47. 80%

和 97. 73%, 分析其原因可能是侧柏叶和种子挥发油成分中还有其它成分具有较高的抗肿瘤活性或和雪松醇具有协同抗肿瘤活性。

表 2 不同浓度雪松醇对 NCH460 (肺癌)细胞的抑制率

雪松醇 / ($\mu g \cdot mL^{-1}$)	抑制率 /%	标准偏差
20	10. 92	0. 057
30	18. 06	0. 059
40	41. 21	0. 08
50	60. 83	0. 009
60	62. 69	0. 046

3 结论与讨论

(1) 研究结果表明, 用 Alamar blue 法提取的侧

柏叶、种皮及种子挥发油对肺癌细胞 NCH460 有明显抑制率。叶为 86.24%, 种子为 97.73%, 种皮为 47.8%。

(2) 对侧柏供试叶、种子挥发油化学成分测定表明, 叶为 8 个成分, 种皮 31 个成分, 种子 21 个成分。侧柏叶含量最高的是 2,2-四甲基-3,7-环癸二烯-1-甲醇和雪松醇, 分别占总挥发油含量的 27%, 21.3% 和 26.19%。种皮和种子挥发油含量最高的都是雪松醇, 分别占总挥发物油的 28.28% 和 26.92%。但仅从 3 种材料挥发油雪松醇含量来看, 种子含量最低, 但其对肺癌细胞 NCH460 的抑制率最高, 这有可能是种子挥发油中的其它成分对雪松醇抗肺癌细胞有增效作用, 也可能种皮挥发油中的其它成分对雪松醇抗肺癌细胞有减效作用。

(3) 采用 4℃ 下重结晶提取的雪松醇纯度达 97.66%, 进行抗人肺癌细胞试验对肺癌细胞 NCI-H460 半致死浓度为 $44.98 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。研究结果为城市森林建设选择侧柏作为生态保健树种提供了科学依据。至于雪松醇对人体细胞健康的其它影响, 以及抑制肺癌细胞的机理及生物治疗效果尚待继续测定研究和进行临床试验验证。

(4) 作者采用普通水蒸气蒸馏, 溶剂萃取法提取挥发油, 收率相对较低, 收率的高低与实验条件和操作方法有关。而且有可能化合物组分减少了很多。侧柏挥发油中雪松醇含量很高。雪松醇是倍半萜类化合物, 是木香型、檀香型等香精的重要组分, 并且是一种良好的定香剂, 雪松醇的一些衍生物也是重要的香料^[6]。对侧柏叶、种皮及种子的挥发油化学成分和相对百分含量的分析及评价, 将对开发及综合利用山区的侧柏叶资源提供科学依据。

(5) α -蒎烯、 β -蒎烯都有较强的抗炎作用, 祛痰、抗真菌^[5,17], 广东的名牌药三九胃泰就是以其为主要成分。柠檬烯镇咳、祛痰、抗菌、对肺炎双球菌、甲型链球菌、卡他双球菌、金黄色葡萄球菌有很强的抑制作用^[6]。很多植物都含有 α -桉叶油醇, α -桉叶油醇挥发油的主要有效成分之一, 具有解热、抗菌、消炎作用, 其水合物用作祛痰镇咳药^[6]。侧柏也含有 α -桉叶油醇、 α -蒎烯和 β -石竹烯, 因此, 侧柏可作为

城市森林建设的优良生态保健树种。

(6) 目前, 作者对侧柏挥发油的抗肿瘤研究只在细胞水平上, 还需作动物实验, 查明抑癌物质, 才能进一步用于人体进行医学实验。

参考文献:

- [1] 彭镇华, 林网化与水网化——中国城市森林建设理念 [J]. 中国城市林业, 2003, 1(2): 4~12
- [2] 彭镇华, 王成. 论城市森林的评价指标 [J]. 中国城市林业, 2003, 1(3): 4~9
- [3] 李晓储, 何小弟, 黄利斌, 等. 扬州古运河生态环境林建设绿化模式 [J]. 中国城市林业, 2003, 1(1): 30~33
- [4] 李晓储, 赵御龙, 黄利斌, 等. 扬州古运河生态环境林生态保健型绿化模式的构建研究 [J]. 江苏林业科技, 2002, 29(5): 1~5
- [5] 李晓储, 裴建文, 赵御龙, 等. 扬州古运河生态环境林观光休闲型绿化模式营建研究 [J]. 江苏林业科技, 2001, 28(4): 4~6, 39
- [6] 孙启祥, 彭镇华, 张齐生. 自然状态下杉木木材挥发物成分及其对人体身心健康的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(2): 158~163
- [7] 郑华, 金幼菊, 周金星, 等. 活体珍珠梅释放的季节性及其对人体脑波影响的初探 [J]. 林业科学研究, 2003, 16(3): 328~334
- [8] 蒋继宏, 李晓储, 陈凤美, 等. 芳香型植物挥发油抑菌活性的研究 [J]. 江苏林业科技, 2004, 31(2): 6~12
- [9] 李智立, 刘淑莹. 侧柏果实挥发油化学成分的研究 [J]. 中国药理学杂志, 1997, 32(3): 138~139
- [10] 韩若霜, 田有亮, 郭连生. 侧柏等 4 树种在不同水分亏缺下恢复吸水能力的研究 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2005, 26(2): 48~50
- [11] 王鸿梅. 柏枝节挥发油化学成分的测定分析 [J]. 中草药, 2004, 35(8): 863
- [12] 郑紫云, 长清江. 抗污染观赏花卉树木 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995, 7
- [13] Heller S R, Moline G W. An EPA/NHM Mass Spectral Data Base [M]. Washington: US Government Printing Office, 1976
- [14] McAferty FW, Stauffer D B. The Wiley/NBS Registry of Spectral Data Base [M]. New-York: John Wiley & Sons Inc, 1989
- [15] Pagé R, Pagé M, Noël C. A new fluorimetric assay for cytotoxicity measurements in vitro [J]. International Journal of Oncology, 1993, 3: 473~476
- [16] Hamil R, Rotsheln Y, Rabadi L, et al. Comparison of alamar blue and MTT assays for high throughput screening [J]. Toxicology in vitro, 2004, 18: 703~710
- [17] Lorente I, Ocete M A, Zarzuelo A. Bioactivity of the essential oil of *Bupkum frutescens* [J]. J Nat Prod, 1989, 52(2): 267~272