

珍稀濒危植物单性木兰种皮的挥发性成分分析

黄品鲜¹, 周永红², 赖家业³, 李伟光², 刘雄民²

(1. 广西大学 科技处, 南宁 530004; 2. 广西大学 化学化工学院, 南宁 530004; 3. 广西大学 林学院, 南宁 530004)

摘要: 采用水蒸汽蒸馏法提取单性木兰种皮的挥发组分, 用 GC-MS 分别定性定量分析了提取的油层精油和溶解在水中的化学成分。结果表明, 挥发组分的提取率为 4.2%, 其中, 油层精油得率为 3.5%, 主要成分中萜烯类化合物多, 含量高, 其中罗勒烯 37.3%、D-柠檬烯 9.03%、对-伞花烯 8.10%、 β -月桂烯 7.79%、 β -反-罗勒烯 4.08%、对-孟-1-烯 4.00%、 α -侧柏烯 3.11%; 水层乙醚萃取率 0.7%, 其中 α -松油醇 6.13%、对-伞花烯 5.57%、D-柠檬烯 5.33%、6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮 4.44%、4-甲基-4-戊烯-2-酮 4.16%。

关键词: 单性木兰; 种皮; 挥发性成分; GC-MS

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)05-0691-05

Extraction and analysis of volatile constituents from testa of rare and endangered plant *Kmeria septentrionalis*

HUANG Pin-Xian¹, ZHOU Yong-Hong², LAI Jia-Ye³,
LI Wei-Guang², LIU Xiong-Min²

(1. Department of Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. College of Chemistry & Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China; 3. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: The volatile constituents of testa of *Kmeria septentrionalis* were extracted by the steam distillation. The chemical constituents of essential oil and compounds of dissolution in water have been analyzed by GC-MS. The results show that extractive yield of volatile chemicals is 4.2% (essential oil 3.5%, extractive substance from water 0.7%). The terpene compounds are rich and high content in the major constituents of essential oil. The compounds of essential oil are α -cimene(37.30%), D-Limonene(9.03%), p-Cymene(8.10%), β -Myrcene(7.79%), β -trans-Ocimene(4.08%), p-Menth-1-ene(4.00%), and α -Thujene(3.11%). The major constituents in dissolution of water with ether extraction are α -Terpineol(6.13%), p-Cymene(5.57%), D-Limonene(5.33%), 6-Methyl-3,5-heptadiene-2-one(4.44%), 4-Methyl-4-penten-2-one(4.16%).

Key words: *Kmeria septentrionalis*; testa; volatile chemicals; GC-MS

单性木兰(*Kmeria septentrionalis*)系木兰科(Magnoliaceae)木兰族(Magnolieae)单性木兰属(*Kmeria*)植物,是我国特有树种,主要分布在广西罗城、环江和贵州荔波的石灰岩山地,多数呈零散分布,成片分布仅见于环江境内,目前已被列为我国第二批国家珍稀濒危植物中的一级保护植物(赵天林,

1994,席以珍等,2000)。赖家业等(2007)对单性木兰传粉生态学进行了系统研究。

郝小燕等(2000)和程永现等(2001)从云南拟单性木兰(*Parakmeria yunnanensis*)叶中提取精油及其化学成分分析。陈炳华(2002)等开展了乐东拟单性木兰花部挥发油的化学成分及其抑菌活性研究,

收稿日期: 2008-08-19 修回日期: 2010-08-26

基金项目: 广西自然科学基金(桂科基 0832002)[Supported by Natural Science Foundation of Guangxi(0832002)]

作者简介: 黄品鲜(1961-),女,广西南宁市人,高级工程师,研究方向为林产化工和有机化学。

共鉴定了 57 种成分,其中 β -蒎烯 12.85%、D-柠檬烯 7.78%、石竹烯 4.89%。钟瑞敏等(2006)对 5 种木兰科芳香精油成分进行了鉴定。但有关对珍稀濒危植物单性木兰的芳香组分,特别是木兰种皮的挥发组分提取和化学成分分析尚未见文献报道。由于单性木兰种皮有非常愉快的香气,其香气圆滑、芳香气味持久。因此,作为香料具有潜在的应用前景。

本文采用水蒸汽蒸馏法提取单性木兰种皮的香组分,采用 GC/MS 仪器定性定量分析提取精油和溶解在水中的化学成分,比较它们的组分差异,旨在研究木兰的香料价值,从天然界中寻找新型香料,为推动珍稀濒危植物种植提供应用基础。

1 仪器和材料

1.1 仪器

日本岛津 GC-MS/QP5050A 型气相色谱-质谱联用仪。GC 条件:DB-1 弹性石英毛细管柱,30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m,载气为高纯氮气,柱前压 47 kPa 分流比 1:50,三阶程序升温:初始温度 60 $^{\circ}$ C,保持 1 min,以 2 $^{\circ}$ C/min 升到 80 $^{\circ}$ C,然后 3 $^{\circ}$ C/min 升到 150 $^{\circ}$ C,再以 6 $^{\circ}$ C/min 升到 250 $^{\circ}$ C 保持 5 min。MS 条件:EI 离子源,电子能量 70 eV,电子倍增器 1.5 kV,扫描质量范围 20-500,进样量 0.5 μ L。全扫描方式。

1.2 材料

单性木兰种子由广西大学赖家业教授于 2003 年 10 月采自广西环江县。剥取其种皮作为提取原料立即进行水蒸汽蒸馏。

2 实验与结果

2.1 香组分提取

取 100 g 单性木兰种皮放入水蒸汽蒸馏器,用水蒸汽蒸馏法提取 8 h,静止 12 h,分离出上层油层,得到精油 3.5 g,得率 3.5%,另收集 400 mL 馏出液,用 150 mL 乙醚萃取 3 次,合并萃取液用无水硫酸钠干燥,50 $^{\circ}$ C 水浴下浓缩得到产物 0.7 g,水层挥发成分得率 0.7%。

上述两样品分别进行 GC-MS 成分分析。

2.2 实验结果

油层总离子流图上共分离出 72 个色谱峰,鉴定了其中的 64 种化合物,占总含量的 94.42%,未鉴定成分为 5.58%。水层乙醚萃取物共分离出 51 个色谱峰,鉴定了其中的 47 种化合物,占总含量的 91.36%,未鉴定成分为 8.61%。采用峰面积归一化法得出各组分的相对含量,各色谱峰相应的质谱图检索采用 NIST 标准谱库进行检索,并逐个解析各峰相应的质谱图,定性定量结果如表 1,表 2 所示。

从表 1 看出,油层中单萜类化合物多,总含量达

表 1 单性木兰挥发油化学成分(油层)

Table 1 Chemical constituents of the essential oil of *Kmeria septentrionalis* Dandy (oil layer)

序号 No.	保留时间 Time(min)	化合物名称 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	含量(%) Content
1	1.411	Acetic acid ethyl ester(乙酸乙酯)	C ₄ H ₈ O ₂	86	1.01
2	1.552	3-Buten-2-one(3-丁烯-2-酮)	C ₄ H ₆ O	70	1.02
3	1.639	4,5-Dimethyl-1-hexene(4,5-二甲基-1-己烯)	C ₈ H ₁₆	112	0.19
4	2.275	2-Methyl-2-butenal(2-甲基-2-丁烯醛)	C ₅ H ₈ O	84	0.10
5	2.581	2-Pentenal(2-戊烯醛)*	C ₅ H ₈ O	84	0.13
6	2.854	2-Methyl-4-pentenal(2-甲基-4-戊烯醛)	C ₆ H ₁₀ O	98	0.12
7	3.249	3-Hexenal(3-己烯醛)	C ₆ H ₁₀ O	98	0.39
8	3.862	3-Ethyl-2,2-dimethyl-oxirane(3-乙基-2,2-二甲基-环氧乙烷)	C ₆ H ₁₂ O	100	0.20
9	5.242	5,5-Dimethyl-2[5H]-furanone(5,5-二甲基-2[5H]-呋喃酮)	C ₆ H ₈ O ₂	112	0.26
10	5.823	α -Pinene(α -蒎烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	0.50
11	6.200	Camphene(莰烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	0.24
12	6.933	6-Methyl-5-hepten-2-one(6-甲基-5-庚烯-2-酮)*	C ₈ H ₁₄ O	126	0.13
13	7.316	p-Menth-2-ene(对-孟-2-烯)	C ₁₀ H ₁₈	138	0.56
14	7.731	β -Myrcene(β -月桂烯)*	C ₁₀ H ₁₆	136	7.79
15	8.153	α -Thujene(α -侧柏烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	3.11
16	8.425	β -cis-Ocimene(β -顺-罗勒烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	0.40
17	8.775	p-Cymene(对-伞花烯)*	C ₁₀ H ₁₄	134	8.10
18	9.100	p-Menth-1-ene(对-孟-1-烯)*	C ₁₀ H ₁₈	138	4.00
19	9.308	D-Limonene(D-柠檬烯)*	C ₁₀ H ₁₆	136	9.03
20	9.592	β -trans-Ocimene(β -反-罗勒烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	4.08

续表 1

序号 No.	保留时间 Time(min)	化合物名称 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	含量(%) Content
21	10.575	α -Ocimene(罗勒烯) *	C ₁₀ H ₁₆	136	37.30
22	10.704	γ -Terpinene(γ -松油烯)	C ₁₀ H ₁₆	136	0.37
23	11.235	α -Pinene oxide(氧化- α -蒎烯)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.27
24	11.350	3,7-Dimethyl-2,6-octadienal(3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.06
25	11.604	未鉴定			0.09
26	11.874	2-Decenal(2-癸烯醛)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.74
27	12.145	Dihydromyrtanal(氢化桃金娘烯醛)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.65
28	12.307	β -Linalool(β -芳樟醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.55
29	12.467	[E]-3-Carene-2-ol([E]-3-萜烯-2-醇)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.07
30	12.775	Fenchol(葑醇)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.08
31	13.096	未鉴定			0.24
32	13.209	cis-1-Methyl-4-[1-methylethyl]-2-cyclohexen-1-ol(顺-1-甲基-4-[1-甲基乙基]-2-环己烯-1-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.32
33	13.645	Butanoic acid 3-hexenyl ester(丁酸-3-己烯酯) *	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	1.60
34	14.023	trans-1-Methyl-4-[1-methylethyl]-2-cyclohexen-1-ol(反-1-甲基-4-[1-甲基乙基]-2-环己烯-1-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.18
35	14.160	Myrtenol(桃金娘烯醇)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.34
36	14.360	未鉴定			0.34
37	15.209	Borneol(龙脑) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.20
38	15.479	Cypton(隐酮) *	C ₉ H ₁₄ O	138	0.23
39	15.871	Terpinen-4-ol(松油醇-4) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.45
40	16.325	3,3,6-Trimethyl-1,5-heptadien-4-ol(3,3,6-三甲基-1,5-庚二烯-4-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.53
41	16.503	α -Terpineol(α -松油醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.95
42	17.125	Isotujol(异侧柏醇)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.16
43	17.419	Carvyl acetate(乙酸香芹酯)	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	194	0.56
44	17.872	Ascaricum(驱蛔素) *	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168	0.47
45	18.333	未鉴定			0.17
46	18.483	Thymol methyl ether(百里香酚甲醚) *	C ₁₁ H ₁₆ O	164	0.16
47	18.697	未鉴定			1.00
48	20.017	未鉴定			0.62
49	20.192	Methyl citronellate(香茅酸甲酯) *	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	184	0.11
50	20.396	未鉴定			0.47
51	21.286	Bornyl acetate(乙酸龙脑酯) *	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	0.39
52	22.927	4-Decenoic acid methyl ester(4-癸烯酸甲酯)	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168	0.09
53	23.710	Limonene dioxide(蒎烯二氧化物)	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168	0.30
54	24.627	Benzenepropyl acetate(乙酸苯丙酯) *	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178	0.32
55	25.434	未鉴定			0.55
56	25.595	Benzyl pentanoate(戊酸苄酯) *	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	192	0.93
57	26.009	未鉴定			2.27
58	28.733	α -Guaiene(α -愈创木烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.11
59	29.589	β -Farnesene(β -金合欢烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	1.22
60	30.250	α -Gurjunene(α -古芸烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.05
61	30.402	α -Murolene(α -依兰油烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.17
62	31.750	β -Bisabolene(β -没药烯) *	C ₁₅ H ₂₄	204	0.59
63	32.193	δ -Cadinene(δ -杜松烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.42
64	32.384	4-Methyl-pentanoic phenylmethyl ester(4-甲基-戊酸苄酯) *	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	206	0.64
65	35.876	Valencene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.20
66	36.399	tau-Cadinol(tau-杜松醇)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.16
67	36.800	α -Cadinol(α -杜松醇)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.11
68	37.138	α -Farnesene(α -金合欢烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.26
69	39.275	2-Methyl-2-phenyl-undecane(2-甲基-2-苯基-十一烷) *	C ₁₈ H ₃₀	246	0.30
70	41.915	Benzyl salicylate(水杨酸苄酯) *	C ₁₄ H ₁₂ O ₃	228	0.12
71	43.786	Hexadecanoic acid methyl ester(棕榈酸甲酯) *	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.11
72	47.076	9-Octadecenoic acid methyl ester(油酸甲酯) *	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0.07
合 计					100.02

* 为与表 2 相同成分。The same compounds with table 2

表 2 水层乙醚萃取物的化学成分
Table 2 Extractive chemical constituents from water layer

序号 No.	保留时间 Time(min)	化合物名称 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	含量(%) Content
1	2.599	2-Pentenal(2-戊烯醛) *	C ₅ H ₈ O	84	1.48
2	2.862	2-Methyl-3-penten-1-ol(3-甲基-3-戊烯-1-醇)	C ₆ H ₁₂ O	100	2.93
3	3.035	3-Methoxy-1,2-propanediol(3-甲氧基-1,2-丙二醇)	C ₄ H ₁₀ O ₃	106	0.63
4	3.264	4-Methyl-4-penten-2-one(4-甲基-4-戊烯-2-酮)	C ₆ H ₁₀ O	98	4.16
5	5.827	Benzaldehyde(苯甲醛)	C ₇ H ₆ O	106	1.07
6	5.933	1,6-Heptadien-4-ol(1,6-庚二烯-4-醇)	C ₇ H ₁₂ O	112	0.69
7	6.972	6-Methyl-5-hepten-2-one(6-甲基-5-庚烯-2-酮) *	C ₈ H ₁₄ O	126	0.52
8	7.667	β-Myrcene(β-月桂烯) *	C ₁₀ H ₁₆	136	2.00
9	8.779	p-Cymene(对-伞花烯) *	C ₁₀ H ₁₄	134	5.57
10	8.969	p-Menth-1-ene(对-孟-1-烯) *	C ₁₀ H ₁₈	138	1.90
11	9.171	D-Limonene(D-柠檬烯) *	C ₁₀ H ₁₆	136	5.33
12	10.005	α-Ocimene(罗勒烯) *	C ₁₀ H ₁₆	136	0.76
13	10.888	cis-Linalool oxide(顺-氧化芳樟醇)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	0.66
14	11.586	trans-Linalool oxide(反-氧化芳樟醇)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	0.82
15	11.877	6-Methyl-3,5-heptadiene-2-one(6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮)	C ₈ H ₁₂ O	124	4.44
16	11.992	2-Decenal(2-癸烯醛)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.86
17	12.091	2-Pinen-4-one(2-蒎烯-4-酮)	C ₁₀ H ₁₄ O	150	1.46
18	12.302	β-Linalool(β-芳樟醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.24
19	13.230	cis-1-Methyl-4-[1-methylethyl]-2-cyclohexen-1-ol(顺-1-甲基-4-[1-甲基乙基]-2-环己烯-1-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.14
20	13.635	Butanoic acid 3-hexenyl ester(丁酸-3-己烯酯) *	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	2.11
21	14.053	trans-1-Methyl-4-[1-methylethyl]-2-cyclohexen-1-ol(反-1-甲基-4-[1-甲基乙基]-2-环己烯-1-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.88
22	15.257	Borneol(龙脑) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.33
23	15.544	Cypton(隐酮) *	C ₉ H ₁₄ O	138	2.88
24	15.926	Terpinen-4-ol(松油醇-4) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.46
25	16.367	3,3,6-Trimethyl-1,5-heptadien-4-ol(3,3,6-三甲基-1,5-庚二烯-4-醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.29
26	16.543	α-Terpineol(α-松油醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	6.13
27	16.898	2,6-Dimethyl-1,6-heptadien-4-ol acetate(乙酸-2,6-二甲基-1,6-庚二烯-4-酯)	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	182	2.80
28	17.169	Isotujol(异侧柏醇) *	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.29
29	17.441	p-Menth-6-en-2-ol(对-孟-6-烯-2-醇)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.30
30	17.913	Ascaricum(驱蛔素) *	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168	1.61
31	18.546	D-Carvone(D-香芹酮) *	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.61
32	18.705	Thymol methyl ether(百里香酚甲醚) *	C ₁₁ H ₁₆ O	164	3.0
33	19.061	未鉴定			2.08
34	19.382	未鉴定			1.58
35	20.034	Methyl citronellate(香茅酸甲酯) *	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	184	2.41
36	20.446	未鉴定			3.16
37	21.337	Bomylacetate(乙酸龙脑酯)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	3.80
38	24.679	Benzenepropyl acetate(乙酸苯丙酯) *	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178	1.02
39	25.622	Benzyl pentanoate(戊酸苄酯) *	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	192	2.27
40	27.840	未鉴定			1.79
41	28.121	3-Methyl-4-undecene(3-甲基-4-十一烯)	C ₁₂ H ₂₄	168	1.58
42	29.443	β-Caryophyllene(β-石竹烯)	C ₁₅ H ₂₄	204	0.81
43	31.207	β-Bisabolene(β-没药烯) *	C ₁₅ H ₂₄	204	1.21
44	31.673	4-Methyl-pentanoic phenylmethyl ester(4-甲基-戊酸苄酯) *	C ₁₃ H ₁₈ O ₂	206	2.28
45	36.896	2-Methyl-2-phenyl-undecane(2-甲基-2-苯基-十一烷) *	C ₁₈ H ₃₀	246	0.96
46	36.985	Benzyl benzoate(苯甲酸苄酯)	C ₁₄ H ₁₂ O ₂	212	0.38
47	39.209	Benzyl salicylate(水杨酸苄酯) *	C ₁₄ H ₁₂ O ₃	228	0.67
48	40.834	Hexadecanoic acid methyl ester(棕榈酸甲酯) *	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.35
49	41.483	Hexadecanoic acid(棕榈酸)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	1.28
50	43.847	9-Octadecenoic acid methyl ester(油酸甲酯) *	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0.57
51	44.438	9-Octadecenoic acid(油酸)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0.42
合计					99.97

* 为与表 1 相同成分。 The same compounds with table 1.

到 83%, 其中, 罗勒烯 37.3%、苧烯 9.03%、对-伞花烯 8.10%、 β -月桂烯 7.79%、 β -反-罗勒烯 4.08%、对-孟-1-烯 4.00%。倍半萜类含量约为 3.29%, 其中 β -金合欢烯为 1.22%。从表 2 看出, 水中乙醚萃取物的含氧化合物种类较多, 其中 α -松油醇 6.13%、对-伞花烯 5.57%、D-苧烯 5.33%、6-甲基-3, 5-庚二烯-2-酮 4.44%、4-甲基-4-戊烯-2-酮 4.16%。比较表 1 和表 2 发现, 油层和水层乙醚萃取物被鉴定为相同成分有 29 个, 被鉴定相同成分中的相对含量为: 油层 76.9%, 水层仅为 67.84%。

3 讨论

珍稀濒危植物单性木兰种皮的挥发组分在水中有一定溶解度, 实验结果表明, 从水中回收挥发组分达到 20% (0.7/3.5), 因此, 用水蒸汽蒸馏法提取植物香料时应关注水溶性芳香组分。

值得关注的是含量高达 37.3% 的罗勒烯, 该化合物在其它木兰精油中没有被发现, 非常有利于进行组分分离。另外苧烯、对-伞花烯、 β -月桂烯的含量都超过了 7%。而罗勒烯和月桂烯都是合成名贵香料芳樟醇、香叶醇、橙花醇、紫罗兰酮的原料, 因此, 木兰种皮精油的在香料领域有潜在的应用前景。

溶解于水的乙醚萃取物的含氧化合物种类较多, 而且成分的含量比油层含量增加原因是: 含氧化合物如醇、醛、酸等容易与水形成氢键, 在水中的溶解度增加, 因此用水蒸汽蒸馏法提取时, 溶解在水相中。如苯甲醛在水中有较高溶解度, 在油层中未检测到, 而在水中乙醚萃取物具有较高含量。又如 α -松油醇, 在精油层的含量仅为 0.95%, 而在乙醚萃

取物中的含量达到 6.13%。从化学成分和种类来看, 油层和水层的差别较大, 水层没有含量超过 7% 组分。

参考文献:

- Chen BH(陈炳华), Wang MC(王明兹), Liu JQ(刘剑秋). 2002. Chemical constituents of the volatile oil of *Parakmeria lotungensis* flower and its antibacterial activities *in vitro* (乐东拟单性木兰花部挥发油的化学成分及其抑菌活性)[J]. *Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 20(3): 229—232
- Cheng YX(程永现), Zhou J(周俊), Tan NH(谭宁华). 2001. The chemical constituents of *Parrkmeria yunnanensis* (云南拟单性木兰的化学成分)[J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 23(3): 352—356
- Hao XY(郝小燕), Yu Z(余珍), Tian CG(田成国). 2000. A study of chemical constituents of the the essential oil of *Parrkmeria yunnanensis* (云南拟单性木兰精油化学成分的研究)[J]. *J Guizhou Norm Univ: Nat Sci Edi* (贵州师范大学学报·自然科学版), 18(2): 17—18
- Lai JY(赖家业), Pan CL(潘春柳), Qin WG(覃文更), et al. 2007. Pollination ecology of rare and endangered species *Kmeria septentrionalis* (珍稀濒危植物单性木兰传粉生态学研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), 27(5): 736—740
- Xi YZ(席以珍), Zhang YL(张玉龙). 2000. A study of polle wall ultrastructure of *Kmeria septentrionalis* Dandy (单性木兰花粉壁超微结构的研究)[J]. *Bull Bot Res* (木本植物研究), 20(4): 386—368
- Zhao TL(赵天林). 1994. Discovery of large areas and endangered species *Kmeria septentrionalis* Dandy in Huanjiang of Guangxi (广西环江县首次发现大面积珍稀濒危植物——单性木兰林)[J]. *Guihaia* (广西植物), 14(2): 121
- Zhong RM(钟瑞敏), Zeng QX(曾庆孝), Zhang ZM(张振明), et al. 2006. Application of GC-MS combined with kovats retention indices to identify the composition of five Magnoliaceae species in the essential oils (气质联用结合保留指数对比在五种木兰科芳香精油成分鉴定中的应用)[J]. *J Instrumental Analysis* (分析测试学报), 25(5): 16—20

(上接第 712 页 Continue from page 712)

- Study on quality standard for Shuanghuo Zhitong Tincture (双活止痛酊质量标准研究)[J]. *Chin Trad Pat Med* (中成药), 25(8): 619—622
- Radek Marek, Jaromir Tousek, Jiri Dostal, et al. 1999. ^1H and ^{13}C NMR study of quaternary benzo[c]phenanthridine alkaloids [J]. *Magn Reson Chem*, 37: 781—787
- Song XK(宋晓凯), Wu LJ(吴立军), Tu PF(屠鹏飞). 2002. Studies on bioactive constituents in bark of *Tsoongiodendron odorm* (观光木树皮的生物活性成分研究)[J]. *Chin Trad*

Herb Drugs (中草药), 33(8): 676—678

- Wang HS(王恒山), Ou SY(欧尚瑶), Pan YM(潘英明), et al. 2006. Essential oil from the hydrodistillation *Zanthoxylum nitidum* var. *fastuosum* (毛两面针挥发油化学成分)[J]. *Guihaia* (广西植物), 26(1): 105—106
- Zhang SR(张守尧), Yao YF(姚育发), Liu CF(刘楚峰). 2001. Determination of nitidine in different parts of *Zanthoxylum nitidum* (不同部位两面针药材中两面针碱的含量测定)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), 24(9): 649—650