

不同栽培方式卷丹鳞茎挥发油 化学成分的 GC-MS 分析*

李红娟, 牛立新, 李章念, 张延龙

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 采用水蒸气蒸馏法对不同栽培方式的卷丹鳞茎挥发油进行提取, 并用气相色谱—质谱联用技术(GC-MS)对挥发油成分进行了分析。结果表明, 从遮荫栽培的卷丹鳞茎中分离出 40 种化合物, 并鉴定出了 35 种; 从露地栽培的卷丹鳞茎中分离出 30 种化合物, 鉴定出了 28 种; 从大棚栽培的卷丹鳞茎中分离出 36 种化合物, 鉴定出了 34 种。用气相色谱面积归一化法测定了各成分的相对百分含量, 其中在遮荫栽培的卷丹鳞茎中检测到 6 种脂肪酸, 占挥发油总量的 71.44%; 在露地栽培的卷丹鳞茎中检测到 5 种脂肪酸, 占总量的 16.94%; 在大棚栽培的卷丹鳞茎中检测到 6 种脂肪酸, 占总量的 52.87%。从挥发油种类及含量因素考虑, 卷丹最适宜的栽培方式为遮荫栽培。

[关键词] 食用百合; 鳞茎; 挥发油; 气相色谱-质谱法

[中图分类号] S644.101

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)03-0149-04

GC-MS analysis of the composition of the volatile oil from the bulbs of *L. lancifolium* Thunb. with different cultivated modes

LI Hong-juan, NI Li-xin, LI Zhang-nian, ZHANG Yan-long

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The volatile oil in the bulbs of *L. lancifolium* Thunb. was extracted by steam distillation. The chemical components of the volatile were analyzed by GC-MS. The results showed that forty compounds were found and thirty five compounds were identified from shading cultivars; thirty compounds were found and twenty-eight compounds were identified from open field cultivars; thirty-six compounds were found and thirty-four compounds were identified from protected cultivars. The relative contents of constituents were determined by area normalizing method. Six kinds of fatty acid were found from shading cultivars, the amount accounting for 71.44% in all the volatile oil; five kinds of fatty acid were found from open field cultivars, the amount accounting for 16.94% in all the volatile oil; six kinds of fatty acid were found from protected cultivars, the amount accounting for 52.87% in all the volatile oil. Considering from the variety and content of volatile oil, shading cultivars is the befitting cultivated mode.

Key words: *L. lancifolium* Thunb.; bulb; volatile oil; GC-MS

百合是我国卫生部首批颁布的药食兼用植物之一, 在我国分布十分广泛^[1]。鳞茎是百合的主要食用部位, 其肉质肥厚, 味甜清香, 略有苦味, 性平微寒,

具有润肺止咳, 清热提神及利尿等功效^[2-3]。李时珍在《本草纲目》中记有“百合之根以众成也, 或云专治百病, 故名亦通”; 医学家张仲景在《金匱要略方论》

* [收稿日期] 2006-05-09

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30571523)

[作者简介] 李红娟(1978-), 女, 陕西宝鸡人, 在读博士, 主要从事百合营养成分研究。

[通讯作者] 牛立新(1963-), 男, 陕西汉中人, 教授, 博士生导师, 主要从事百合种质资源研究。

中指出,百合是味良药;中医认为卷丹鳞茎性味甘、微苦平,具有润肺止咳、清心安神的功效,用于肺癆久咳、咳唾痰血、精神恍惚等症。

卷丹(*L. lancifolium* Thunb.)是我国特有的食用百合,属于三倍体品种,其耐旱性强,繁殖方式多,产量高,较耐阳光直射,适于在各类土壤条件下生长。卷丹含有的水解秋水仙碱及多种生物碱,对维持机体多种功能具有良好作用。其还含有独特的百合甙A和百合甙B,对细胞和组织系统功能有一定的补养作用^[4-5]。现代研究证明,与普通百合提取液相比,卷丹提取液能明显延长小鼠常压条件下耐缺氧的时间及亚硝酸中毒后的存活时间^[6]。国外从20世纪80年代开始对百合的化学成分进行研究,但对食用百合鳞茎挥发油化学成分的研究尚未见报道。挥发油作为评价卷丹质量的重要指标之一,具有祛痰、止咳、平喘等作用,且对慢性肺炎和急性支气管炎有显著疗效^[7]。目前卷丹的栽培方式主要以露地栽培、遮荫栽培和大棚栽培为主。本研究对同时栽培、同一地理环境、同一生长期3种栽培方式下的卷丹挥发油成分进行了比较分析,以期确定适宜的栽培方式,建立卷丹生产基地,实现百合GAP(中药材生产管理规范, Good Agricultural Practice)规范生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

卷丹种球取自陕西汉中。2005-03,以3种不同栽培方式栽种于西北农林科技大学园艺学院园艺场,试验地土壤为壤土,土质肥沃,排水便利。第1种栽培方式为露地栽培;第2种栽培方式为遮荫栽培,5月中旬时,在卷丹植株上方1.5m处加盖遮阳网;第3种栽培方式为大棚栽培。2005-08下旬采收不同栽培方式的卷丹。3种栽培方式均采用百合常规管理。

1.2 试剂与仪器

试剂:二氯甲烷(分析纯),无水硫酸钠(分析纯),去离子水;

仪器:Thermo Finnigan TRACE DSQ 气质联用仪, RtxR-5MS 15m×0.25mm×0.25μm 色谱柱,小型植物组织匀浆机,水蒸汽蒸馏装置。

1.3 卷丹鳞茎挥发油的提取

将刚采收的新鲜卷丹剥瓣去泥清洗干净,准确称取200g后,用小型植物组织匀浆机搅碎,装入1000mL圆底烧瓶中,再加入400mL去离子水,连

入水蒸气蒸馏装置中。通入水蒸气3h,控制温度以控制馏速,保持馏出物3~4滴/s,直至无油状物馏出为止。馏出液用二氯甲烷萃取3次,萃取液以无水硫酸钠干燥,然后密封低温遮光保存。所得挥发油呈淡黄色,有微刺激性气味。露地、遮荫及大棚3种栽培方式下卷丹鳞茎挥发油得率分别为0.42%, 0.48%和0.55%。

1.4 卷丹鳞茎挥发油的GC-MS分析

对3种不同栽培方式卷丹鳞茎挥发油进行GC-MS分析,气相色谱条件为:进样口温度260℃,柱温箱起始温度60℃,保留时间2.5min,以6℃/min升至240℃,保留15min;载气为He,恒流1mL/min;分流比80:1。质谱条件:电离方式EI,电离电压70eV,离子源温度200℃,连接杆温度260℃。

根据GC-MS分析结果可得总离子流色谱图,利用计算机谱库(NIST02版本)对各色谱峰进行检索,根据文献[8-9]及质谱裂解规律确定各组分的化学结构,并采用峰面积归一化法计算挥发油中各组分的相对含量(峰面积百分数)。

2 结果与分析

2.1 卷丹鳞茎挥发油成分分析

露地栽培、大棚栽培及遮荫栽培方式下挥发油得率分别为0.42%, 0.48%和0.55%。3种栽培方式下卷丹鳞茎挥发油成分及其相对含量见表1。由表1可知,从露地栽培的卷丹鳞茎挥发油中分离出了30种化合物,鉴定出28种,占总挥发油含量的99.56%;从大棚栽培的卷丹鳞茎中分离出36种化合物,鉴定出34种,占总挥发油含量的99.41%;从遮荫栽培的卷丹鳞茎挥发油中分离出了40种化合物,鉴定出35种,占总挥发油含量的98.94%。在检出的挥发油成分中,3种栽培方式下均大量存在的主要成分是:1,3-二甲基苯、1-乙基-3-甲苯、棕榈酸、十八烷二烯酸、乙苯,这些成分分别占3种栽培方式总挥发油含量的69.12%, 78.64%和78.97%。

庚烷、己醛、乙苯、1,3-二基甲苯、丙基苯、1-乙基-3-甲苯、1,2,4-三甲基苯、对乙基甲苯、4,5-二甲基壬烷、辛酸、2,3-二氢苯并呋喃、4-乙基十一烷、3-癸烷、十一烷、1-氯代十八烷、香草醛、十四烷、正十五烷、2,4-二-三-丁苯、二甲基癸酸、棕榈酸、油酸、硬脂酸这23种物质为3种栽培方式所共有,分别占3种栽培方式挥发油总含量的86.07%, 58.24%和41.64%。

表 1 3 种栽培方式下卷丹鳞茎挥发油成分的 GC-MS 分析结果

Table 1 GC-MS analysis result of volatile component from the bulbs of *L. lancifolium* Thunb with 3 cultivation methods

保留 时间/min Retention time	化合物名称 Name of component	分子式 Molecular formula	相对含量/% Relative content		
			露地栽培 Open field cultivars	大棚栽培 Protected cultivars	遮荫栽培 Shading cultivars
1.39	庚烷 Heptane	C ₇ H ₁₆	0.18	0.13	0.09
1.51	3-羟基-2-丁酮 3-Hydroxy-2-butanone	C ₄ H ₈ O ₂	-	-	0.95
2.63	己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	0.23	0.21	0.2
2.96	1,3-丁二醇 1,3-Butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	-	0.1	0.17
3.096	乙苯 Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	12.34	12.23	3.18
4.18	1,3-二甲苯 1,3-Dimethyl benzene	C ₈ H ₁₀	36.94	8.17	10.06
6.5	丙基苯 Propylbenzene	C ₉ H ₁₂	1.16	0.77	0.39
6.77	1-乙基-3-甲苯 1-Ethyl-3-methyl benzene	C ₉ H ₁₂	14.67	15.13	4.52
6.97	1,2,4-三甲基苯 1,2,4-Trimethyl benzene	C ₉ H ₁₂	2.47	0.43	0.77
7.3	对乙基甲苯 p-Ethyl toluene	C ₉ H ₁₂	0.88	0.66	0.25
9.68	4,5-二甲基壬烷 4,5-Dimethylnonane	C ₁₁ H ₂₄	0.49	0.17	0.2
13.66	薄荷醇 p-Menth-1-en-8-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	-	0.09	0.14
13.82	辛酸 Octanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.1	0.1	0.14
15.1	2,3-二氢苯并呋喃 2,3-Dihydrobenzofuran	C ₈ H ₈ O	0.54	0.12	0.63
15.57	4-乙基十一烷 4-Ethylundecane	C ₁₃ H ₂₈	0.31	0.17	0.15
15.98	3-癸烷 Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	0.7	0.13	0.27
16.55	未知化合物 No detected		0.23	-	-
17.2	十一烷 Undecane	C ₁₁ H ₂₄	0.27	0.13	0.15
18.2	2,3,5,8-四甲基己烷 2,3,5,8-Tetramethyl decane	C ₁₄ H ₃₀	0.21	0.08	-
19.93	未知化合物 No detected		-	-	0.07
19.12	1-氯代十八烷 1-Octadecyl chloride	C ₁₈ H ₃₇ Cl	0.79	0.47	0.29
19.42	香草醛 Vanillin lactoside	C ₂₀ H ₂₈ O ₁₃	1.24	0.95	0.17
19.63	十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	0.28	0.11	0.12
21.4	2,6,10-三甲基十四烷 2,6,10-Trimethyltetradecane	C ₁₇ H ₃₆	-	0.14	0.37
21.54	正十五烷 Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	0.53	0.65	0.2
21.77	9-氧代壬酸 9-Oxononanoic acid	C ₉ H ₁₆ O ₃	-	0.21	0.44
22.09	2,4-二-三-丁苯 2,4-Di-ter-butyl phenol	C ₁₄ H ₂₂ O	3.11	2.45	0.54
22.46	未知化合物 No detected		-	-	0.15
22.9	未知化合物 No detected		-	-	0.15
23.4	11-磺胺癸酸 11-Sulfanylundecanoic acid	C ₁₁ H ₂₂ O ₂ S	-	0.11	0.13
23.84	十六烷 Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	-	0.23	0.45
25.62	2,4,6-三氯-3-甲氧基-5-甲苯 2,4,6-Trichloro-3-methoxy-5-methylphenol	C ₈ H ₇ Cl ₃ O ₂	-	-	1.03
26.04	未知化合物 No detected		-	0.48	0.33
26.07	十九烷 Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	0.92	-	-
26.21	二甲基癸酸 2-Methyloctadecane	C ₁₉ H ₄₀	1.14	1.28	0.47
26.39	未知化合物 No detected		0.21	0.11	-
28.14	辛烷 Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	3.12	-	-
31.2	桂酸-8(20),14-二烯-13-醇 Labda-8(20),14-dien-13-olide	C ₂₀ H ₃₄ O	-	1.12	1.03
31.4	邻苯二甲酸异丁酯 Phthalic acid, butyl isobutyl ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.84	-	-
31.57	棕榈酸 Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	5.17	10.08	10.66
32.54	棕榈酸异丙酯 Isopropyl palmitate	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	0.17	0.29
32.99	未知化合物 No detected		-	-	0.36
34.81	Stearolic acid (暂无中文名称)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	8.4	5.89	-
35.05	十八烷二烯酸 9,12-Octadecadienoic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	33.03	50.55
35.15	油酸 Oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.08	2.23	5.81
35.4	硬脂酸 Stearic acid	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1.45	1.47	2.38
35.97	9-氧代-10,12-十八烷基二烯酸 9-Oxo-10,12-octadecadienoic acid	C ₁₈ H ₃₀ O ₃	-	-	1.75

注: - . 未检测到。Note: - . not detected

十九烷、辛烷、邻苯二甲酸异丁酯这3种化合物在露地栽培方式的卷丹鳞茎挥发油中含量分别为0.92%、3.12%和0.84%; 3-羟基-2-丁酮、2,4,6-三氯-3-甲氧基-5-甲苯、9-氧代-10,12-十八烷基二烯

酸 3 种物质只在遮荫栽培的卷丹鳞茎中检测出, 其含量分别为 0.95%, 1.03% 和 1.75%; 1,3-丁二醇、薄荷醇、2,6,10-三甲基十四烷、9-氧代壬酸、11-磺胺癸酸、十六烷、桂酸-8(20)-1,4-二烯-13-醇、棕榈酸异丙酯、十八烷二烯酸共 9 种物质为大棚、遮荫栽培的卷丹鳞茎所共有, 而露地栽培方式下不含这些物质; 2,3,5,8-四甲基己烷、Stearolic acid (暂无中文名称) 为露地、大棚栽培方式所共有, 在遮荫栽培方式中未检测出。

表 2 3 种栽培方式下卷丹鳞茎挥发油种类及含量

栽培方式 Cultivation method	烷烃类 Alkane		苯类 Benzene		醇类 Alcohol		有机酸类 Organic acid		酯和脂肪酸 Fat and fat acid		其他类 Others	
	种类 Kinds	比例/% Rate	种类 Kinds	比例/% Rate	种类 Kinds	比例/% Rate	种类 Kinds	比例/% Rate	种类 Kinds	比例/% Rate	种类 Kinds	比例/% Rate
露地栽培 Open field cultivars	11	7.80	7	71.57	0	0	2	1.24	5	16.94	5	2.45
大棚栽培 Protected cultivars	11	2.41	7	39.84	3	1.31	4	1.7	6	52.87	5	1.87
遮荫栽培 Shading cultivars	10	2.29	8	20.74	3	1.34	4	1.18	6	71.44	9	3.01

酯及脂肪酸类物质是卷丹鳞茎的主要药用成分, 在遮荫栽培的卷丹鳞茎中检测到 1 种酯及 5 种脂肪酸: 酯为棕榈酸异丙酯, 脂肪酸为棕榈酸、9-氧代-10,12-十八烷基二烯酸、十八烷二烯酸、油酸和硬脂酸, 其总量占挥发油总量的 71.44%; 在露地栽培的卷丹鳞茎中检测到 1 种酯及 4 种脂肪酸: 酯为邻苯二甲酸异丁酯, 脂肪酸为棕榈酸、stearolic acid、油酸和硬脂酸, 其总量占挥发油总量的 16.94%; 从大棚栽培的卷丹鳞茎中检测到 1 种酯及 5 种脂肪酸: 酯为棕榈酸异丙酯, 脂肪酸为棕榈酸、stearolic acid、十八烷二烯酸、油酸和硬脂酸, 其总量占挥发油总量的 52.87%。

卷丹鳞茎挥发油成分中除了含有含量较高、种类较多的烷烃类、苯类、醇类、有机酸类和脂肪酸类化合物以外, 还含有酮、醛、呋喃类化合物。

3 讨 论

百合提取物具有抗癌作用, 对控制白血病, 抑制肿瘤细胞生长等有明显功效^[5]。一般认为, 在人体内起抗癌作用的主要是不饱和脂肪酸, 特别是油酸^[10-12], 油酸还具有预防和治疗高血压、冠心病、动脉粥样硬化等心血管疾病的功效, 因此有“东方第一油”、“东方橄榄油”的美誉^[13-14]。本试验从食用百合鳞茎挥发油提取液中首次发现了油酸, 其中从遮荫栽培的卷丹鳞茎挥发油中检测到的油酸相对含量为

2.2 卷丹鳞茎挥发油种类分析

在卷丹鳞茎挥发油种类中, 以烷烃类、苯类、酯及脂肪酸类居多, 数量也大, 3 种栽培方式下的有机物种类相差不大, 但在具体数量上存在显著差异(表 2)。在露地栽培方式下, 卷丹鳞茎挥发油中含量最多的依次为苯类及酯和脂肪酸类, 二者总和占挥发油总量的 88.51%; 而在大棚和遮荫栽培方式下, 含量最多的依次为酯和脂肪酸类及苯类, 二者总和分别占挥发油总量的 92.71% 和 92.18%。

5.81%, 分别较大棚和露地栽培高出 3.58% 和 4.73%。同时, 首次在大棚及遮荫栽培的卷丹鳞茎挥发油中检测到的棕榈酸异丙酯, 是一种低粘度亲油类的非离子型表面活性剂, 其常用作调湿剂、渗透剂、香料、色料的溶剂, 在制品成型时, 还起到增粘剂、增塑剂及遮光剂的作用; 此外, 其还具有良好的护肤、润肤、美白及极佳的保水润湿性能, 可大量用于化妆品中。但在露地栽培的卷丹中没有检测到该物质。薄荷醇具有钙粒子拮抗剂的作用, 因此具有止痛、麻醉、抗菌、抗痉挛及抗病毒作用, 并有健胃利胆的功效, 其在遮荫及大棚栽培中的相对含量分别为 0.14% 和 0.09%, 而露地栽培中未检测出。可见遮荫栽培的功能性成分种类及含量均高于露地及大棚栽培方式。

总体来看, 卷丹鳞茎的挥发油种类在 3 种栽培方式中差异不大, 但在数量上有显著差异, 与露地栽培相比, 大棚、遮荫栽培中卷丹鳞茎苯类物质显著减少, 脂肪酸类物质含量大幅度增加, 而且这些脂肪酸类物质大多具有药用价值, 属于功能性成分, 这可能与光照、温度、湿度等因素引起有机物的生成、转化有关, 其具体机理尚待进一步研究。

[参考文献]

[1] 李八方. 功能食品与保健食品[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1997.

(下转第 158 页)

也表现不同步性,处于单核靠边期的花蕾,80%以上的小孢子处于单核靠边期,20%的小孢子处于单核中期。这一结果说明辣椒同一花蕾小孢子发育存在一定程度的渐续性。

3 结论与讨论

本试验结果表明,不同辣椒品种的小孢子处于单核靠边期时,花蕾纵径 4 253~ 5 074 mm,花蕾横径 4 191~ 5 367 mm,花瓣与花萼等长或稍长,花药长度在 2 020~ 2 565 mm,花药宽度在 0 982~ 1 417 mm。其中辣椒小孢子处于单核靠边期时的花蕾纵径和花蕾横径数值与Dudu等^[8]的结论有所不同,这可能与试验材料的基因型有关。

本研究中辣椒小孢子各发育时期与花蕾外部形态特征关系密切。因此,可以根据花器外部形态特征在田间取材接种,实现对最佳发育时期的花药或游离小孢子进行培养。本实验室依据该试验结果进行花药培养或游离辣椒小孢子培养的结果表明,可以直接根据花蕾的形态、大小、花药色泽、大小来判断辣椒小孢子发育时期,无须制片镜检,具有方便、快捷、准确的特点。

在正常情况下,四分体时期的辣椒小孢子组成四面体。因为减数第一次分裂后不立即形成细胞壁,在形成四分体的同时产生细胞壁分隔 4 个细胞,四分体的 4 个细胞排列成四面体^[12]。显微制片时,如果用力可使小孢子呈对称形排列在同一平面上。在试验中还发现,采用不同的染色剂观察辣椒小孢子发育时期,其效果是不一样的。同一时期采用不同的染色剂鉴定,效果也不同。醋酸洋红对于四分体时期的观察效果很好,而其他时期的观察效果较醋酸铁矾水合三氯乙醛苏木精效果差。这主要是由于醋酸洋红使核染成红色,细胞质染成浅红色,区别不太明

显,而醋酸铁矾水合三氯乙醛苏木精使核染成深蓝色或黑色,细胞质染成灰色,区分度明显易辨。

【参考文献】

- [1] Chuong P V, Deslauriers C, Kott L S, et al Effects of donor genotype and bud sampling on microspore culture of *B. rassaica napus*[J]. Can J Bot, 1988, 66: 1653-1657.
- [2] Kasperbauer M J, Wilson H M. Haploid plant production and use[C]//Durbin R D. Nicotiana procedures for experimental use Washington, DC: USDA Technol Bul, 1979: 33-39
- [3] Summers W L, Jaramillo J, Bailey T. Microspore developmental stage and anther length influence the induction of tomato anther callus[J]. Hort Sci, 1992, 27: 838-840
- [4] Tomasi P, Dierig D A, Backhaus R A, et al Floral bud and mean petal length as morphological predictors of microspore cytological stage in *L. esquerella* [J]. Hort Sci, 1999, 34: 1269-1270
- [5] 孙爱新, 赵 颀, 吕国华, 等. 瓜尔豆小孢子发育时期与花器形态相关性研究[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2004, 22 (4): 103-106
- [6] 谢从华, 柳 俊. 植物细胞工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004
- [7] Wilcox M C, Reed S M, Burns J A, et al Effect of microspore stage and media on anther culture of peanut (*A. rachis hypogaea* L.) [J]. Plant Cell Tissue Organ Culture, 1991, 24: 25-28
- [8] Dudu Ö Ç, Rukiye T. The effect of cold treatment and charcoal on the in vitro androgenesis of pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. Turk J Bot, 2002, 26: 131-139
- [9] Gupta H S, Borthakur D N. Improved rate of callus induction from rice anther culture following microscopic staging of microspores in iron alum-haematoxylin[J]. Theor Appl Genet, 1987, 74: 95-99
- [10] Pechan P M, Keller W A. Identification of potentially embryogenic microspores in *B. rassaica napus*[J]. Physiol Plant, 1988, 74: 377-384
- [11] 李懋学, 张敦方. 植物染色体研究技术[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991.
- [12] 曹惠娟. 植物学[M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1992

(上接第 152 页)

- [2] 龙雅宜, 张金政, 张兰年. 百合——球根花卉之王[M]. 北京: 金盾出版社, 1999
- [3] 郭志刚, 张 伟. 花卉生产技术原理及其应用丛书: 球根类[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [4] 金新华. 药食兼用百合[J]. 营养与保健, 2004(4): 37.
- [5] Jayaraj A F, Wilson R, Muraleedharan G N. Constituents in easter lily flowers with medicinal activity[J]. Life Sciences, 2004, 76: 671-683
- [6] 邵晓慧, 卢连华. 两种百合耐缺氧作用的比较研究[J]. 山东中医药大学学报, 2000, 24(5): 387-388
- [7] 高锦明. 植物化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 248-252
- [8] 丛浦珠. 质谱学在天然有机化学中的应用[M]. 北京: 科学出版

社, 1987: 595-650

- [9] 汪正范, 杨树民, 吴侔天, 等. 色谱联用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 63-120
- [10] 但 春, 付铁军. 丁香挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 分析测试学报, 2004, 23: 87-88
- [11] 吕金顺, 刘 岚. 臭椿籽挥发油的化学成分分析[J]. 分析测试学报, 2003, 22(3): 39-41
- [12] 傅长根, 周 鹏. 植物油领域的新军——茶油[M]. 食品科技, 2004, 3(3): 42-44
- [13] 赖建辉. 茶油益寿[M]. 中国食品, 2000(5): 23-26
- [14] 李卫民, 孟宪纾, 高 英. 中药百合的本草考证[J]. 中国中药杂志, 1990(10): 31-35