

# 茴香不同器官精油含量及其成分比较

何金明<sup>1,2</sup> 肖艳辉<sup>2</sup> 郭园<sup>3</sup> 王羽梅<sup>2\*</sup> 卓丽环<sup>1</sup> 张振明<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>东北林业大学园林学院, 黑龙江哈尔滨 150040; <sup>2</sup>韶关学院英东生物工程学院, 广东韶关 512005; <sup>3</sup>内蒙古民族大学职业技术学院, 内蒙古通辽 028043)

**摘要:** 使用同时蒸馏萃取法, 对内蒙古小茴香不同器官风干样进行分析, 根、茎、叶、花序梗、花序和果实精油含量分别为 4.9、9.3、12.0、12.9、28.8、31.5 mL/kg DM。茴香精油含量与全氮含量、蛋白氮含量达到极显著正相关, 相关系数分别为 0.92 和 0.95; 精油含量与全碳含量、C/N 显著呈负相关, 相关系数分别为 -0.83 和 -0.82。根的精油主要成分是其所特有的葑萝芹菜脑, 茎的精油主要成分是柠檬烯、反式茴香脑, 叶、花序梗、花序和果实的精油主要成分为反式茴香脑、柠檬烯。同时比较了不同器官精油中单萜类化合物、含氧化合物、反式茴香脑和柠檬烯的变化趋势。

**关键词:** 茴香; 精油; 碳; 氮

中图分类号: S 636.3 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 03-0555-06

## The Comparison of Essential Oil Contents and Components in Various Organs of Fennel

He Jinnming<sup>1,2</sup>, Xiao Yanhui<sup>2</sup>, Guo Yuan<sup>3</sup>, Wang Yumei<sup>2\*</sup>, Zhuo Lihuan<sup>1</sup>, and Zhang Zhenming<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Gardens, Northeast Forest University, Harbin, Heilongjiang 150040, China; <sup>2</sup>College of Yingdong Bioengineering, Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512005, China; <sup>3</sup>College of Professional Technical Education, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Neimenggu 028043, China)

**Abstract:** The essential oil contents of Inner Mongolia fennel, obtained by simultaneous distillation and extraction, were 4.9, 9.3, 12.0, 12.9, 28.8, 31.5 mL/kg DM in root, stem, leaf, peduncle, anthotaxy and fruit respectively. The essential oil contents were significantly correlated to the contents of full nitrogen ( $r=0.92$ ) and protein nitrogen ( $r=0.95$ ). A significant negative correlation between the essential oil contents and the full carbon contents ( $r=-0.83$ ), and the essential oil contents and C/N ratio ( $r=-0.82$ ) were observed respectively. The major component of essential oil in root was dillapiole which existed only in root, the major components of essential oil in stem were limonene and (E)-anethole, and the major components of essential oil in leaf, peduncle, anthotaxy and fruit were (E)-anethole and limonene. Meanwhile, the changing trends of monoterpenes compounds, oxygenated compounds, (E)-anethole and limonene in essential oils from different organs were compared.

**Key words:** Fennel; Essential oil; Carbon; Nitrogen

茴香 (*Foeniculum vulgare* Mill.) 原产地地中海地区, 经丝绸之路传入我国。我国历史上茴香被记载为草、食用调料、中药、菜和香料<sup>[1]</sup>, 是一种具有悠久历史、用途广泛的芳香植物。茴香全株各器官均含有精油, 其中种子含量最高<sup>[2~4]</sup>。关于茴香精油含量及成分的分析国内外均有少量研究报道, 其中大部分是以果实为研究材料<sup>[5~9]</sup>。茴香不同器官精油成分的分析与比较在国内外也有个别研究报道<sup>[2~4, 10, 11]</sup>, 但是缺乏系统研究。

收稿日期: 2005-09-26; 修回日期: 2006-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30370151)

\*通讯作者 Author for correspondence

作者曾对影响茴香精油含量和质量的因素进行了综述<sup>[12]</sup>，并就蒸馏因子对茴香精油含量与成分的影响进行了研究<sup>[13]</sup>。作者以内蒙古小茴香为材料，对其不同器官精油含量及其成分进行比较研究，以期为探究小茴香精油形成规律提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及来源

以内蒙古小茴香为试材，于2004年5月1日播种，2004年9月1日收获，播种地点为我国小茴香传统产区内蒙古自治区托克托县。7月20日~9月10日每隔10 d取样1次，其中叶为7月20日和8月1日混合样，根、茎为8月1日样，花序为8月1日和8月10日的混合样，花序梗为8月10日至9月10日的混合样，果实（成熟）为9月10日样。将采集的新鲜样品荫干后供分析用。

### 1.2 精油的提取与定量

精油采用同时蒸馏萃取法提取。具体为：取过10目筛的风干样品粉30 g于1 000 mL烧瓶，加450 mL水，蒸馏3 h。在蒸馏时利用装有10 mL正己烷（色谱纯）的接受管（最小刻度为0.02 mL）萃取，用正己烷溶液体积增加的量计算精油的提取量。蒸馏结束回收正己烷溶液，无水硫酸钠除去水分后，定容至11 mL。同时将风干样品烘干至恒重，计算样品的干物率，用mL/kg DM表示精油含量。每一样品蒸馏3次，取平均值。精油的正己烷溶液用棕色精油瓶封装，于4℃下保存。

### 1.3 精油成分分析

取茴香精油的正己烷溶液10 μL稀释至5 mL，进行GC/MS分析。GC/MS联用仪为美国热电公司（Thermo Finnigan）生产，型号为Trace GC - 2000/DSQ。GC条件：色谱柱为DB5石英毛细管柱，30 m×0.25 mm×0.25 μm；载气为高纯氦（99.999%）；柱流量1 mL/min，不分流；柱前压100 kPa；进样口温度220℃；进样量1 μL；柱温40℃保持1 min，以10℃/min升高到200℃，保持3 min。MS条件：电离方式为EI，电子能量70 eV；接口温度210℃，离子源温度200℃；流量扫描范围50~350 m/z，溶剂延迟4.0 min；发射电流100 μA。

精油成分定性是在参考前人工作<sup>[4, 14, 15]</sup>的基础上，计算成分的保留系数<sup>[15]</sup>，与文献<sup>[19]</sup>比较同时结合NIST（2002）标准谱库进行鉴定。精油成分的定量分析是用反式茴香脑（E-anethole）标准品（质谱纯）作外标，分析茴香精油成分的绝对含量。

### 1.4 其它生理指标的测定方法

可溶性糖含量用蒽酮比色法测定<sup>[16]</sup>，全氮与蛋白氮用微量凯氏定氮法测定<sup>[17]</sup>，全碳用K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>容量法测定<sup>[18]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 茴香不同器官的精油、碳和氮含量的比较

茴香不同器官的精油含量在4.9~31.5 mL/kg DM之间，变化幅度较大，由低到高的顺序是根、茎、叶、花序梗、花序和果实，最高者为最低者的6.4倍。均值差异显著性分析表明，在0.01水平下，除叶和花序梗间精油含量差异不显著外，其它各器官间精油含量差异均显著（表1）。

茴香不同器官全氮含量在0.80%~3.25%之间，差异较大，从低到高的顺序是根、茎、花序梗、叶、果实和花序；全碳含量在14.83%~20.93%之间，从低到高的顺序是果实、花序、叶、花序梗、茎和根；蛋白氮含量在0.35%~2.55%之间，从低到高的顺序是根、茎、花序梗、叶、花序和果实；可溶性糖含量以根为最高，为17.45 μg/g，其他器官在1.95~7.06 μg/g之间，茴香地上部各器官的可溶性糖含量变化趋势与其精油含量的变化趋势完全一致；C/N的比值在4.84~27.23之间，变化幅度较大，变化趋势与全碳含量变化趋势相似，与全氮含量变化趋势相反，从高到低的顺序是根、茎、

花序梗、叶、果实和花序（表 1）。

表 1 不同器官精油含量与碳、氮含量

Table 1 The essential oil contents and carbon and nitrogen contents in various organs

器官 Organ	精油含量 Content of essential oil (mL/kg DM)	全氮含量 Content of full nitrogen (%)	全碳含量 Content of full carbon (%)	蛋白氮含量 Content of proteinic nitrogen (%)	可溶性糖含量 Content of solubility sugar (μg/g)	碳/氮比 C/N ratio
根 Root	4.9 ±0.4E	0.80 ±0.05D	20.93 ±1.76A	0.35 ±0E	17.45 ±0.80A	27.23 ±2.99A
茎 Stem	9.3 ±1.0D	1.01 ±0.05D	19.10 ±0.78AB	0.42 ±0E	1.95 ±0.18D	19.28 ±1.01B
叶 Leaf	12.0 ±0.6C	2.34 ±0.05B	15.60 ±0.78C	1.15 ±0.05C	2.76 ±0.32CD	6.76 ±0.53D
花序梗 Peduncle	12.9 ±0.4C	1.36 ±0.15C	17.63 ±1.81BC	0.73 ±0.05D	3.39 ±0.12C	13.17 ±0.323C
花序 Anthoxaxy	28.8 ±0.8B	3.25 ±0.05A	15.33 ±0.8C	1.73 ±0.07B	3.34 ±0.02C	4.84 ±0.27D
果实 Fruit	31.5 ±0.4A	3.17 ±0.03A	14.83 ±1.02C	2.55 ±0.05A	7.06 ±0.29B	4.86 ±0.17D

注：同栏数字后不同大写字母表示 Duncan's 检测差异达 0.01 显著水平。

Note: The different capital letters followed the diversity at 0.01 significance level of Duncan's test

## 2.2 茴香精油含量与碳、氮含量的相关分析

将茴香不同器官所有精油含量与相应的所有碳、氮含量等指标进行相关分析，结果表明，茴香精油含量与全氮含量、蛋白氮含量呈极显著正相关，相关系数分别为 0.92 和 0.95；与全碳含量、C/N 比呈显著负相关关系，相关系数分别为 -0.83 和 -0.82。茴香全氮含量与全碳含量、C/N 比呈极显著负相关，相关系数分别为 -0.94 和 -0.93；全氮含量与蛋白氮含量为极显著正相关，相关系数为 0.93。茴香全碳含量与 C/N 比呈极显著正相关，相关系数为 0.99，与蛋白氮含量呈显著负相关关系，相关系数为 -0.87；C/N 比与蛋白氮含量呈显著负相关，相关系数为 -0.84；可溶性糖含量与精油含量以及其它指标之间相关性均不显著（表 2）。

表 2 茴香精油含量与碳、氮含量的相关分析

Table 2 The correlation analysis between the essential oil contents and carbon and nitrogen contents in fennel

指标 Physiological index	精油含量 Content of essential oil	全氮含量 Content of full nitrogen	全碳含量 Content of full carbon	碳/氮比 C/N ratio	蛋白氮含量 Content of proteinic nitrogen	可溶性糖含量 Content of solubility sugar
精油含量 Content of essential oil	1					
全氮含量 Content of full nitrogen	0.92 **	1				
全碳含量 Content of full carbon	-0.83 *	-0.94 **	1			
碳/氮比 C/N Ratio	-0.82 *	-0.93 **	0.99 **	1		
蛋白氮含量 Content of proteinic nitrogen	0.95 **	0.93 **	-0.87 *	-0.84 *	1	
可溶性糖含量 Content of solubility sugar	-0.30	-0.35	0.58	0.62	-0.21	1

\* 相关显著水平 0.05；\*\* 相关显著水平 0.01。

\* Correlation at the 5%；\*\* Correlation at the 1%.

## 2.3 茴香不同器官精油成分的比较

茴香不同器官精油成分数量差异较大，根只检测出 4 种成分；茎、叶成分稍多，分别为 11 和 9 种；花序梗、花序和果实成分较多，分别为 17、21 和 19 种。茴香不同器官精油共同具有的成分有 3 种，为反式茴香脑、对聚伞花素和柠檬烯。莳萝芹菜脑是根特有成分。

不同器官精油主要成分不同，根的主要成分是莳萝芹菜脑，然后依次是反式茴香脑、柠檬烯和对聚伞花素；茎的主要成分是柠檬烯，然后是反式茴香脑，其它成分则较少；叶、花序梗、花序和果实精油的主要成分为反式茴香脑、柠檬烯，叶精油中其它成分极少，花序梗精油中较多的成分还有反式葑酮乙酸酯、对聚伞花素和爱草脑，花序精油中较多的成分还有 - 焙品烯、爱草脑、水芹烯、对聚伞花素、 - 薰烯，果实精油中较多的成分还有葛缕醇、 - 焙品烯、小茴香酮、 - 薰烯、对聚伞花素（表 3）。

表 3 茴香不同器官精油成分及绝对含量

Table 3 The essential oils components and absolute contents in various organs ( $\mu\text{g/g DM}$ )

化合物名称 Compounds	K <sup>f</sup>	K <sup>b</sup>	果实 Fruit	花序 Anthotaxy	花序梗 Peduncle	叶 Leaf	茎 Stem	根 Root
侧柏烯 -Thujene	923	922	7.35	0.06	-	-	-	-
蒎烯 -Pinene	927	930	188.72	305.29	0.65	0.24	14.57	-
香桧烯 Sabinene	974	969	86.75	69.41	-	-	-	-
蒎烯 -Pinene	977	975	30.99	0.14	-	-	-	-
月桂烯 Myrcene	989	983	43.08	0.47	0.39	0.32	-	-
水芹烯 -Phellandrene	1 003	1 003	40.63	337.95	0.28	0.3	-	-
对聚伞花素 p-Cymene	1 025	1 021	174.23	319.57	119.71	0.56	18.69	10.42
柠檬烯 Limonene	1 030	1 027	1 630.69	9 859.34	2 059.07	870.46	848.45	12.60
罗勒烯 Ocimene	1 037	1 041	-	0.06	0.06	-	-	-
萜品烯 -Terpinene	1 059	1 056	624.39	964.87	0.54	-	-	-
单萜化合物 Monoterpene compounds	-	-	2 826.84	11 857.15	2 180.70	871.88	881.71	23.02
小茴香酮 Fenchone	1 095	1 089	555.42	0.66	34.34	-	-	-
萜品-2-醇 Trans-pinan-2-ol	1 121	1 119	-	0.06	0.17	-	-	-
反式氧化柠檬烯 Trans-Limonene oxide	1 138	1 136	-	0.17	0.17	0.4	20.86	-
爱草脑 Estragole	1 199	1 198	-	413.50	113.41	-	14.33	-
葛缕醇 Carveol	-	1 223	1 086.94	0.2	0.45	-	20.94	-
反式葑酮乙酸酯 trans-Fenchyl acetate	1 138	1 232	22.40	0.96	167.21	0.39	68.96	-
葛缕酮 Carvone	1 243	1 244	-	0.12	0.34	0.17	27.82	-
顺式茴香脑 (Z)-Anethole	1 252	1 251	33.13	0.08	0.15	-	-	-
茴香醛 p-Anis aldehyde	1 270	1 254	-	-	68.74	-	-	-
反式茴香脑 (E)-Anethole	1 310	1 307	26 000.90	13 041.79	2 995.31	2 023.75	488.01	31.85
古巴烯 Copaene	1 375	1 386	-	0.06	-	-	-	-
吉玛烯 D Germacrene D	1 478	1 492	12.27	0.22	-	-	9.05	-
莳萝芹菜脑 Dill Apiole	1 621	1 628	-	-	-	-	-	404.81
含氧化合物 Oxygenated compounds	-	-	27 698.79	13 457.54	3 380.28	2 024.71	640.915	436.70

注: K<sup>f</sup> 为文献 [19] 中给出的保留系数; K<sup>b</sup> 为本试验中测算的保留系数; - : 为未检测出。

Note: K<sup>f</sup>, Kovats index (Van-den Dool and Kratz, 1963)<sup>[19]</sup>; K<sup>b</sup>, Kovats index determined authors; -, Not detected

按照分子结构, 精油成分可分为两大类, 即含氧化合物和单萜类化合物, 其中含氧化合物包括小茴香酮、萜品-2-醇、反式氧化柠檬烯、爱草脑、葛缕醇、反式葑酮乙酸酯、顺式茴香脑、茴香醛、反式茴香脑、莳萝芹菜脑; 单萜类化合物包括 侧柏烯、蒎烯、香桧烯、蒎烯、月桂烯、水芹烯、对聚伞花素、柠檬烯、罗勒烯、萜品烯。茴香不同器官精油中含氧化合物含量变化与精油含量变化一致, 从低到高的顺序是根、茎、叶、花序梗、花序和果实, 含量由  $436.7 \mu\text{g/g DM}$  增至  $27 698.79 \mu\text{g/g DM}$ 。单萜类化合物含量变化与之稍有不同, 从低到高的顺序是根、茎、叶、花序梗、果和实花序, 含量由  $23.02 \mu\text{g/g DM}$  增至  $2 826.84 \mu\text{g/g DM}$ , 花序含量最高 (表 3, 图 1)。

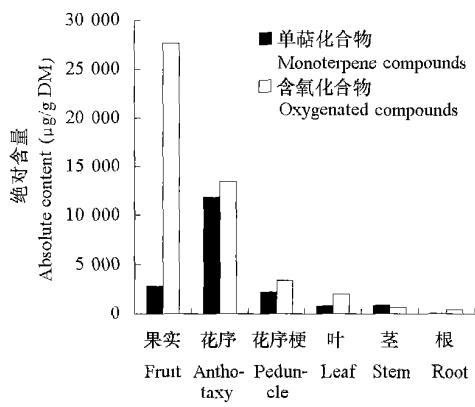


图 1 茴香不同器官精油中两类成分含量变化

Fig. 1 The changes of contents of monoterpene compounds and oxygenated compounds in essential oils from various organs

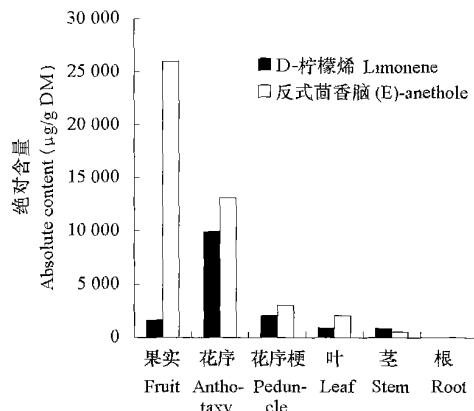


图 2 茴香不同器官精油主要成分变化

Fig. 2 The changes of contents of major components in essential oils from various organs

除根外，不同器官精油的主要成分反式茴香脑和柠檬烯的变化趋势与含氧化合物和单萜类化合物的变化趋势一致（表3）。在花向果实发育的过程中，精油成分表现出单萜类化合物含量的下降（由11 857.15 μg/g DM降至2 826.84 μg/g DM）和含氧化合物的含量的增高（由13 457.54 μg/g DM增至27 698.79 μg/g DM），直接反映在柠檬烯含量的降低（由9 859.34 μg/g DM降至1 630.69 μg/g DM）和反式茴香脑含量的增高（由13 041.79 μg/g DM增至26 000.90 μg/g DM）上（表3，图1，图2）。

### 3 讨论

前人对茴香不同器官间精油含量的比较研究表明，精油含量以果实中为最高，其次是花、花序梗，再次是叶、根、茎，其中二级花序梗高于一级花序梗，叶片高于叶柄<sup>[2,3]</sup>。本研究中茴香不同器官精油含量由小到大的顺序是根、茎、叶、花序梗、花序和果实，与前人的结果相似。在精油成分的种类上，本文比Paupardin等<sup>[2]</sup>和Akgül等<sup>[3]</sup>报道的少，其原因可能是取样的方式不同，试材是风干样，而他们所用的试材是鲜样，对新鲜根、茎、叶的精油含量分析与他们的结果相一致，说明有些精油成分在风干过程中容易挥发，特别是根中的精油比其它器官更容易挥发损失。

茴香不同器官精油主要成分不同。前人的研究结果表明，苦茴香叶、茎、花梗中精油的主要化学成分均为反式茴香脑（29.70%~54.22%）、蒎烯（13.30%~25.58%）和水芹烯（10.72%~13.20%）；花、果实精油第1主成分均为反式茴香脑（61.08%~64.71%），但第2主成分花为蒎烯（11.27%），果实为小茴香酮（13.85%）<sup>[4]</sup>；苦茴香和甜茴香根部精油的主要成分是莳萝芹菜脑（分别为82%和80%）<sup>[5]</sup>。作者的研究显示，内蒙古小茴香根的主要成分也是莳萝芹菜脑，占精油含量的88.06%，与文献报道相符；叶、茎、花梗、花序、果实的精油主要成分是反式茴香脑，分别占精油含量的31.86%~85.14%，与Paupardin等<sup>[2]</sup>的报道一致。但是，作者所测得的叶、茎、花梗、花序、果实精油的第2主要成分均为柠檬烯，而文献中认为在叶、茎、花梗、花序精油中第2主要成分是蒎烯，果实精油第2主要成分是小茴香酮，与我们的结果不同。造成这种差异的原因可能是品种不同或精油的提取方法不同，也有可能是生长环境的不同所致，有待于今后进一步研究。

比较营养器官与生殖器官的精油含量、含氧化合物的含量、单萜类化合物含量3个指标，生殖器官（果实、花序、花序梗）均高于营养器官（根、茎、叶），二者是否为库源关系，还有待进一步的研究。

作者的研究表明，在花向果实发育的过程中，精油成分表现出单萜类化合物含量的下降和含氧化合物的含量的增高，具体反映在柠檬烯含量的降低和反式茴香脑含量的增高上，这与Paupardin等<sup>[2]</sup>的报道相似。在此过程中是否存在单萜类化合物向含氧化合物转化的反应，有待进一步研究。

关于氮与精油含量关系的研究报道很少，所得结果也不尽一致。如Franz等和Meawad等对甘菊（*Chamomilla recutita* L.）的研究结果表明，在一定范围内增加氮的施用量可以增加精油的含量<sup>[20,21]</sup>但是，Baranauskienė的研究结果却影响不大<sup>[22]</sup>。

相关分析表明，精油含量与全氮、蛋白氮含量呈极显著正相关关系，而与全碳含量、C/N比呈显著负相关关系。植物不同器官的结构特点和内部生理特性有着明显的差异，精油又是多种成分的混合物，其合成途径尚不明了，碳、氮含量及其代谢与精油形成有着怎样的内在联系，有待今后进一步研究。

### 参考文献：

- 1 国家中药管理局中华草本编委会主编. 中华草本(下册). 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 1382~1387  
Editorial Committee of Chinese Herbage of State Chinese Traditional Medicine Run Public Authority. Chinese herbage (Second). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1998. 1382~1387 (in Chinese)
- 2 Paupardin C, Leddet C, Gautheret R. Histo-chemical investigation on fennel. Physiological connection between terpen's nature and histologi-

- cal structure of secretory apparatus Journal Japanese Botany, 1990, 65 (2): 1 ~ 12
- 3 Akgül A, Bayrak A. Comparative volatile oil composition of various parts from Turkish bitter fennel (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*). Food Chemistry, 1988, 30 (12): 319 ~ 324
- 4 赵淑平, 丛浦珠, 权丽辉. 小茴香挥发油的成分. 植物学报, 1991, 33 (1): 82 ~ 84  
Zhao S P, Cong P Z, Quan L H. Chemical studies on the essential oils of *Foeniculum vulgare*. Acta Botanica Sinica, 1991, 33 (1): 82 ~ 84 (in Chinese)
- 5 吴玖涵, 聂凌云, 刘云, 张雷, 魏立平. 气相色谱—质谱法分析不同产地小茴香药材挥发油成分. 药物分析杂志, 2001, 21 (6): 415 ~ 418  
Wu M H, Nie L Y, Liu Y, Zhang L, Wei L P. Study on chemical components of essential oil in fruits fennel from ten different areas by GC - MS Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2001, 21 (6): 415 ~ 418 (in Chinese)
- 6 Mariotti M, Piccaglia R. The influence of distillation condition on the essential oil composition of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. Journal Essential Oil Research, 1992, 4: 569 ~ 576
- 7 Guillen M D, Manzanos M J. A contribution to study Spanish wild grown fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) as a source of flavor compounds. Chemistry Mikrobiol Technologic Lebensm., 1994, 16: 141 ~ 145
- 8 Paupardin C, Leddet C, Gautheret R. Histo-chemical investigation on fennel. Physiological connection between tepe's nature and histological structure of secretory apparatus (1). Journal Japanese Botany, 1990, 65 (2): 1 ~ 12
- 9 Arslan N, Bayrak A, Akgül A. The yield and components of essential oil in fennels of different origin (*Foeniculum vulgare* Mill) grown in Ankara conditions. Herbal Hungarica, 1989, 28 (3): 27 ~ 31
- 10 Akgül A, Bayrak A. Volatile oil composition of Turkish bitter fennel. Food Chemistry, 1988, 30: 319 ~ 323
- 11 Kraus A, Hammerschmidt F J. An investigation of fennel oils. Dragoco Report, 1980 (1): 3 ~ 12
- 12 何金明, 王羽梅, 卓丽环, 郭园. 茴香 (*Foeniculum vulgare* Mill) 精油含量和质量影响因素的研究进展. 园艺学报, 2005, 32 (2): 348 ~ 351  
He J M, Wang Y M, Zhuo L H, Guo Y. Study on the factors effecting essential oil content and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (2): 348 ~ 351 (in Chinese)
- 13 郭园, 王羽梅, 云兴福, 何金明. 不同蒸馏参数对内蒙古小茴香精油含量和成分的影响. 韶关学院学报 (自然科学版), 2005, 26 (3): 83 ~ 85  
Guo Y, Wang Y M, Yun X F, He J M. The influence of distillation conditions on yield and composition of fennel essential oil. Journal of Shaoguan University, 2005, 26 (3): 83 ~ 85 (in Chinese)
- 14 赵淑平, 丛浦珠, 权丽辉. 小茴香挥发油的质量研究. 中药材, 1989, 12 (9): 31 ~ 32  
Zhao S P, Cong P Z, Quan L H. The quality study of fennel essential oil. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 1989, 12 (9): 31 ~ 32 (in Chinese)
- 15 N Minica-Dukic, S Kujundzic, M Sokovic, M Couladis. Essential oil composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* Mill obtained by different distillation conditions. Phytotherapy Research, 2003 (17): 368 ~ 371
- 16 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000. 172 ~ 174  
Li H S. Plant physiology and biochemistry of experimental theory and technology. Beijing: Higher Education Press, 2000. 172 ~ 174 (in Chinese)
- 17 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生学会. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999. 133 ~ 134  
Institute of Plant Physiology Shanghai Institutes for Chinese Academy of Science, Plant Physiology Academy of Shanghai. Modern plant physiology experiment of directory. Beijing: Science Press, 1999. 133 ~ 134 (in Chinese)
- 18 中国土壤学会农业专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 272 ~ 273  
Agricultural Committee of Soil Science Society of China. Routine analysis of soil agricultural chemistry. Beijing: Science Press, 1983. 272 ~ 273 (in Chinese)
- 19 Van den Dool, Kratz D P. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas - liquid partition chromatography. Journal Chromatogr, 1963 (11): 463 ~ 471
- 20 Franz C, C Kirsch. Growth and flower-bud-formation of *Matricaria chamomilla* L. in dependence on varied nitrogen and potassium nutrition (in German). Hort Sci, 1974 (21): 11 ~ 19
- 21 Meawad A A, Awad A E, Afify A. The combined effect of N-fertilization and some growth regulators on camomile plants. Acta Hort, 1984 (144): 123 ~ 133
- 22 Baranauskienė R. New crops potential of queen island-grown geranium (*Pelargonium* hybrid) for essential oil. Agric. Food Chem., 2003, 51 (26): 7751 ~ 7758