

· 中药农业 ·

紫苏叶挥发油组分和化学型影响因素
探究 II - 叶片不同成熟度魏长玲¹, 张琛武^{1,2}, 郭宝林^{1*}, 李卫萍¹, 高占祥³, 张芬²

(1 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193; 2 山西医科大学, 山西 太原 030001;

3 甘肃省正宁县现代农业示范园区, 甘肃 庆阳 745000)

[摘要] **目的:** 为探究3种不同化学型紫苏不同时期各成熟度叶片挥发油组分的差异, 确定分别适宜3种化学型紫苏的最佳采收方法。**方法:** 以普遍存在的PK型、PA型及稀有的PL型三种紫苏种质为研究对象。在紫苏生长的营养期、开花期、果熟期三个时期采收不同成熟度叶片样品, 对其挥发油进行提取(水蒸气蒸馏法)和GC-MS分析。**结果:** 从挥发油得率上看, 三种化学型表现非常不同, 开花期和果熟期, PA型嫩叶得率高, PK型则老熟叶最高, 而PL型为成熟叶最高; 营养期, 则是PA型成熟叶最高, PK和PL型嫩叶最高。主成分相对含量上, 各化学型的特征性成分紫苏醛、紫苏酮或紫苏烯相对含量在营养期和果熟期均为嫩叶中较低, 而开花期为老熟叶最低。**结论:** 综合挥发油得率和主要成分相对含量, PA型于花前期多次采收成熟叶为好; PK型在各个发育期的成熟叶或开花期后的老熟叶; PL型则在营养期采收成熟叶或老熟叶。

[关键词] 紫苏; 挥发油; 紫苏醛型; 紫苏酮型; 紫苏烯型; 叶成熟度; 相对含量变化

Research on Influencing Factors of Chemotype and Components of *Perilla frutescens* Leaf

Volatile Oil II: Different Leaf Maturity

WEI Changling¹, ZHANG Chenwu^{1,2}, GUO Baolin^{1*}, LI Weiping¹, GAO Zhanxiang³, ZHANG Feng²

(1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union

Medical College, Beijing 100193, China;

2. Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China;

3. Gansu Zhengning Modern Agricultural Demonstration Zone, Qingyang 745000, China)

[Abstract] **Objective:** To study the differences of essential oils component extracted from 3 different chemical-types *Perilla* leaves with different maturity at different stages, and confirm the harvest method suitable for every chemical-type of *Perilla frutescens*. **Methods:** This paper researched on PK, PA and PL chemotype germplasms of *P. frutescens*. The samples were the different maturity leaves collected in nutrition, flowering and frutescence periods. The volatile oil was extracted by steam distillation and analyzed by GC-MS. **Results:** From the view of volatile oil yield, three kinds of chemotype showed very different. In flowering and frutescence periods, the tender leaves of PA type had high yield, contrariwise the mature leaves of PK type and the old mature leaves of PL type had high yield. In nutrition period, PA type mature leaves had high yield, but PK type and PL type tender leaves had the highest. From the view of relative content of main component, perillaldehyde, perillaketone and perillene, characteristic constituents in three chemotypes, in nutrition and frutescence periods, the contents of tender leaves were the lowest, while the mature leaves were the lowest in flowering period. **Conclusion:** According to the volatile oil yield and relative content of main components, for PA type, mature leaves should be harvested in the early stage of flowering period; for the PK type mature leaves should be harvested in all period and old mature leaves in frutescence period; for the PL type mature leaves and old mature leaves should be harvested in the nutrition period.

[Keywords] *Perilla frutescens*; volatile oil; perillaldehyde chemotype (PA type); perillaketone chemotype (PK type); perillene chemotype (PL type); leaf maturity; change of relative content

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.2017.8.024

* [通信作者] 郭宝林, 研究员, 研究方向: 中药材资源鉴定、栽培和质量研究; Tel: (010)57833172, E-mail: guobaolin010@163.com

在紫苏的整个生长发育过程中,营养生长期也是叶片的快速生长期,实际生产中无论食用还是药用苏叶大多在营养期或花前期采摘。但对于不同的挥发油化学型,紫苏不同发育时间的挥发油含量和挥发油的组成变化可能有所差异。紫苏叶挥发油除了化学型的差异外^[1],还可将每一种挥发油类型的组成成分区分为几个类别^[2]:1)特征性成分及相关成分,如紫苏醛型中所含特征性成分:紫苏醛(perilaldehyde)和D-柠檬烯(D-limonene),相关性成分:紫苏醇(perilla alcohol)等;2)倍半萜类成分,如石竹烯(caryophyllene)、葎草烯(humulene)等;3)其他同类化合物化学型的特征性成分,如紫苏醛型挥发油内同时存在的其他单萜类化学型的特征成分:紫苏酮(perillaketone)或紫苏烯(perillene)、香薷酮(elsholtzine)等;4)其他类别化学型的特征成分,对于紫苏醛、紫苏酮等单萜类化学型,所含有的芳香类化合物,如肉豆蔻醚(myristicin)、细辛脑(asarone)等。后两类化合物过去被认为是不会共存于某一特定化学型,如紫苏酮一般不存在于紫苏醛型挥发油中,但事实上随着紫苏的生长发育变化,这些成分常微量存在,有时或也大量存在,这些发现对于进一步研究不同化学型之间的转化及各成分之间的代谢具有重要的意义,可为后续的代谢、转化和分子育种提供一些依据。本研究组曾基于成熟叶片,研究了PA、PK、PL三种化学型的叶片在不同生长发育期成熟叶片中的挥发油成分变化情况^[2],而此次实验则着重于三个特定时期不同成熟度的叶片之间挥发油成分种类及相对含量的差异。

1 材料及方法

1.1 仪器和试剂

GC-MS(7890B-5977A)气相质谱联用仪器(Agilent 安捷伦公司);旋转蒸发器(EYELA N-1100 上海爱朗仪器有限公司);分析天平(FA2014N型,上海精密科学仪器有限公司);循环式真空泵(CA-1111 上海爱朗仪器有限公司);KQ-500E型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

石油醚(分析纯,北京化工厂);正己烷(色谱纯,fisher公司);无水乙醇(分析纯,北京化工厂)。

1.2 样品

3份不同挥发油化学型的紫苏种子来源,PK

型:甘肃庆阳,PA型和PL型:重庆,种植于中国医学科学院药用植物研究所栽培实验田。播种期5月8日,出苗期5月17日左右。三个生长时期采集成熟叶样品,1)营养生长期(简称营养期):营养生长旺盛时期,植株高度约达最终高度的2/3,PK型样品采集于7月23日,PA型和PL型样品采集于8月20日;2)开花期:花序上半数以上花开放,PK型样品采集于9月15日,PA型和PL型样品采集于10月8日;3)果熟期:果序上半数果实成熟,植株下部叶片开始发黄和脱落,PK型样品采集于10月8日,PA型和PL型样品采集于10月19日。不同成熟度叶片:1)嫩叶,取植株主茎第1-3节间刚展开的嫩叶,大小约为成熟叶大小的1/2;2)成熟叶,取植株中部生长茂盛的成熟叶片;3)老熟叶,为植株最下部成熟一周以上叶,边缘开始泛黄。取样时间均为早晨7点。每组样品为大约60个单株的混合样品,阴干,阴凉处存放。

1.3 研究方法

挥发油提取和GC-MS分析参见文献[3]。

2 结果和讨论

2.1 PA型叶片

PA型紫苏叶在营养期、开花期、果熟期不同成熟度叶片挥发油得率及GC-MS分析结果见表1。

2.1.1 挥发油得率的变化挥发油的积累最重要的特征是依赖于植物本身的发育阶段以及其有关的器官、组织和细胞,从基生叶到最后的成熟过程中,挥发油的合成和积累也在变化^[9]。PA型在不同的生长时期老熟叶挥发油得率均明显低于嫩叶,营养期成熟叶挥发油得率最高(0.93%)。营养期表现为:成熟叶(0.93%)>嫩叶(0.50%)>老熟叶(0.36%),成熟叶挥发油得率明显较其他部位高,可见该紫苏叶迅速生长期,挥发油随着紫苏叶的成熟迅速合成并积累。开花期表现为:嫩叶(0.84%)>成熟叶(0.32%)>老熟叶(0.20%),嫩叶挥发油得率明显高于其他部位,挥发油随着紫苏叶的趋于成熟表现出积累逐渐减少的趋势;果熟期表现为:嫩叶(0.44%)>老熟叶(0.30%)>成熟叶(0.22%),挥发油得率变化较缓和,成熟叶较嫩叶稍低,老熟叶挥发油积累有所回升。

表 1 PA 型不同成熟度叶挥发油组成及得率

(%)

编号	营养期			开花期			果熟期		
	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶
1-辛烯-3-醇	0.77	—	—	—	—	—	—	—	—
D-柠檬烯	9.57	12.55	10.54	4.87	9.32	10.44	3.87	7.92	0.51
芳樟醇	1.73	2.33	1.86	1.52	1.94	1.85	1.68	2.42	1.16
反式-二氢紫苏醇	1.41	2.36	2.35	—	1.87	2.44	3.48	3.84	4.71
紫苏醛	48.06	50.62	51.88	54.71	54.37	48.33	44.30	50.84	48.15
紫苏醇	—	—	—	—	—	0.90	1.15	1.14	1.29
丁香油酚	—	—	—	—	—	—	1.14	—	0.85
石竹烯	18.13	16.91	17.86	18.30	17.77	20.75	16.77	16.50	19.91
萹草烯	1.57	1.52	1.62	1.51	1.53	1.78	1.73	1.75	2.14
大根香叶烯 D	1.25	0.94	0.79	1.92	1.01	0.83	2.22	1.28	1.47
α -佛手柑油烯	12.19	8.97	8.59	12.80	10.05	9.98	13.18	9.67	12.68
γ -榄香素	1.13	0.88	—	1.63	1.09	0.76	1.60	1.04	1.34
α -法尼烯	—	—	—	—	—	—	1.19	—	0.78
肉豆蔻醚	3.51	1.77	2.99	2.74	—	—	5.07	1.65	2.08
反式-橙花叔醇	—	—	—	—	—	—	—	—	0.44
匙叶桉油烯醇	—	—	—	—	—	—	—	—	0.52
石竹烯氧化物	0.68	1.15	1.89	—	1.05	1.94	1.44	1.95	1.97
挥发油得率%	0.50	0.93	0.36	0.84	0.32	0.20	0.44	0.22	0.30

注：—表示：峰面积(%)小于0.01

2.1.2 挥发油组成和相对含量变化 PA 型紫苏叶特征成分为紫苏醛、D-柠檬烯，紫苏醛在营养期随着叶片趋于成熟相对含量逐渐升高，嫩叶最低(48.06%)，老熟叶最高(51.88%)；开花期随着叶片趋于成熟相对含量降低，嫩叶最高(54.71%)，老熟叶最低(48.33%)；果熟期成熟叶相对含量最高(50.84%)，嫩叶最低(44.30%)。D-柠檬烯在各时期均为成熟叶相对含量最高，营养期和开花期嫩叶最低，随叶片的逐渐成熟呈升高趋势，而在果熟期降低明显，老熟叶中最低(0.51%)。

其他该化学型中常见的单萜类成分中反式紫苏醇(trans-Shisool)相对含量随着叶片趋于成熟各时期均表现出升高的趋势；紫苏醇在开花期和果熟期的老熟叶中检出，各部分叶中相对含量稳定(0.90%~1.29%)；芳樟醇在各时期成熟叶相对含量最高。

倍半萜类成分石竹烯各成熟度叶均检出，相对含量在成熟叶中最低(16.50%~17.77%)，老熟叶中有所回升(17.86%~20.75%)； α -佛手柑油烯(α -bergamotene)各成熟度叶均检出，相对含量在营养期

和开花期嫩叶中最高(12.19%、12.80%)，在老熟叶中最低(8.59%、9.98%)，果熟期相对含量下降明显，嫩叶中最低(3.48%)，老熟叶略有回升(4.71%)；萹草烯成分各成熟度叶均检出，相对含量稳定(1.51%~2.14%)；大根香叶烯 D(germacrene D)成分各成熟度叶均检出，相对含量稳定(0.79%~2.22%)； α -法尼烯(α -farnesene)成分仅在果熟期嫩叶(1.19%)和老熟叶(0.78%)中检出。

芳香类成分丁香酚(eugenol)在果熟期的嫩叶(1.14%)和老熟叶(0.85%)中检出；榄香烯(elemene)除营养期老熟叶外其余均检出，相对含量稳定(0.88%~1.63%)；肉豆蔻醚在营养期和果熟期各成熟度叶均检出(1.65%~5.07%)，在嫩叶中相对含量高于成熟叶，在开花期仅嫩叶检出(2.74%)。

2.2 PK 型叶片

PK 型紫苏叶在营养期、开花期、果熟期不同成熟度叶片挥发油得率及 GC-MS 分析结果见表 2。

表 2 PK 型不同成熟度叶挥发油组成及得率

(%)

编号	营养期			开花期			果熟期		
	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶
1-辛烯-3-醇	—	—	—	—	0.36	0.29	0.63	0.78	0.29
芳樟醇	0.53	—	—	1.45	0.48	—	1.63	0.82	0.51
未知物 1	2.05	4.79	5.43	1.50	2.10	2.30	2.98	3.18	3.80
紫苏酮	41.56	48.04	55.56	62.18	61.71	58.19	67.27	68.18	65.16
2-(1-丁-3-烯基)双 环[2,2,1]庚烷	7.30	3.00	—	1.97	2.64	2.66	1.85	2.22	2.97
白苏烯酮	26.99	37.32	34.66	18.47	22.21	27.13	13.59	15.13	20.20
石竹烯	3.23	3.59	4.35	8.58	6.08	5.42	7.76	6.50	4.20
萜草烯	—	—	—	0.69	0.52	0.52	—	—	0.38
α -法尼烯	4.18	1.78	9.15	4.29	3.11	2.37	4.29	2.20	1.65
石竹烯氧化物	1.29	1.49	0.86	0.87	0.79	1.12	—	0.99	0.85
挥发油得率%	0.84	0.54	0.26	0.28	0.44	0.48	0.32	0.08	0.54

注：—表示：峰面积(%)小于0.01

2.2.1 挥发油得率的变化 PK 型紫苏叶挥发油得率在营养期随着叶片的趋于成熟而降低：嫩叶最高(0.84%)，老熟叶最低(0.26%)；在开花期和果熟期随着叶片趋于成熟挥发油得率升高：老熟叶最高(0.48%、0.54%)，嫩叶挥发油得率最低(0.28%、0.32%)。

2.2.2 挥发油组成和相对含量变化 PK 型紫苏叶挥发油特征成分为紫苏酮，紫苏酮在营养期随着叶片成熟度的增加相对含量呈升高趋势，嫩叶中最低(41.56%)，老熟叶中最高(55.56%)；开花期和果熟期呈降低趋势，老熟叶相对含量均最低；白苏烯酮(Ergomaketone)成分随着叶片成熟度的增加相对含量呈升高趋势：在嫩叶中最低(13.59%~26.99%)，营养期在成熟叶中最高(37.32%)，而到了开花期和果熟期老熟叶中最高(27.13%、20.20%)。

倍半萜类成分石竹烯在营养期随着叶片成熟略有升高：嫩叶中最低(3.23%)，成熟叶中最高(4.35%)，而到了开花期和果熟期呈降低趋势，在嫩叶中相对含量最高(8.58%、7.76%)，老熟叶中最低(5.42%、4.20%)； α -法尼烯成分在营养期随着叶片的成熟相对含量呈明显升高趋势：成熟叶中最低(1.78%)，老熟叶中最高(9.15%)，而到了开花期和果熟期相对含量呈降低趋势：嫩叶中最高(4.29%、4.29%)，老熟叶中最低(2.37%、1.65%)；萜草烯成分在开花期和果熟期老熟叶中检

出，相对含量较低(0.38%~0.69%)，2-(1-丁-3-烯基)双环[2,2,1]庚烷除营养期老熟叶外其余各成熟度均检出，营养期随着叶片趋于成熟，相对含量呈下降趋势，开花期和果熟期略有升高趋势。

2.3 PL 型叶片

PL 型紫苏叶在营养期、开花期、果熟期不同成熟度叶片挥发油得率及 GC-MS 分析结果见表 3。

2.3.1 挥发油得率的变化 PL 型紫苏在营养期挥发油得率随着叶片成熟度的增加呈现出降低的趋势：嫩叶挥发油得率最高(0.60%)，老熟叶挥发油得率最低(0.38%)；开花期和果熟期呈现随叶成熟度升高的趋势：嫩叶挥发油得率最低(0.10%)，成熟叶挥发油得率最高(0.26%、0.24%)。

2.3.2 挥发油组成和相对含量变化 PL 型紫苏叶挥发油特征成分为紫苏烯，紫苏烯的相对含量随生长发育时期降低幅度较大。在营养期随着叶片成熟度的增加相对含量呈升高趋势：嫩叶中最低(73.32%)，在老熟叶中最高(86.82%)；开花期老熟叶相对含量明显低于早期(32.53%)，而果熟期：成熟叶中最低(8.57%)，老熟叶反而升高，达到该期中最高(23.44%)。

该化学型中常见的单萜类成分香叶醇(Geraniol)在营养期各成熟度叶中均检出(0.82%-1.17%)，开花期仅在老熟叶中检出(2.43%)，果熟期在成熟叶(1.19%)和老熟叶中检出(2.78%)。

表 3 PL 型不同成熟度叶挥发油组成及得率

(%)

编号	营养期			成熟期			果熟期		
	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶	嫩叶	成熟叶	老熟叶
邻二甲苯	—	—	—	—	—	0.89	—	3.25	—
1-辛烯-3-醇	0.71	0.44	0.60	—	—	—	—	—	—
D-柠檬烯	0.73	—	0.48	—	—	—	—	—	—
芳樟醇	—	—	—	5.50	5.35	—	6.16	—	1.20
紫苏烯	73.32	76.89	86.82	54.21	54.51	32.53	12.96	8.57	23.44
水杨酸甲酯	—	—	—	1.32	1.31	—	1.42	—	—
顺式牻牛儿醇	0.82	1.17	1.01	—	—	2.43	—	1.19	2.78
紫苏酮	2.27	1.00	0.55	3.59	3.46	2.67	5.62	—	4.87
胡椒酮	0.93	0.53	0.65	—	—	—	1.43	—	0.93
反式柠檬醛	—	0.44	0.47	—	—	—	—	—	—
甲酸香叶酯	—	—	0.49	—	—	1.16	—	—	1.40
丁香油酚	—	0.72	0.49	1.54	1.63	5.99	10.23	6.49	7.02
石竹烯	8.73	9.31	5.38	12.50	12.39	19.79	19.38	22.52	22.38
萹草烯	0.64	0.70	—	0.90	—	1.96	2.11	2.45	2.18
大根香叶烯 D	2.27	1.83	0.58	3.40	3.30	3.74	5.59	3.60	3.30
α -佛手柑油烯	9.58	6.97	2.48	14.26	13.94	15.27	21.28	23.57	16.66
α -法尼烯	—	—	—	1.46	1.19	1.86	2.57	2.77	1.52
细辛醚	—	—	—	—	—	2.46	1.34	15.86	—
反式-橙花叔醇	—	—	—	—	—	1.18	1.52	1.76	1.31
石竹烯氧化物	—	—	—	—	—	2.95	4.09	3.52	22.38
挥发油得率%	0.60	0.44	0.38	0.10	0.26	0.18	0.10	0.24	0.14

注：—表示：峰面积(%)小于0.01

倍半萜类成分石竹烯在营养期随着叶片趋于成熟相对含量略降低：成熟叶中最高(9.31%)，在老熟叶中最低(5.38%)，而在开花期略升高：成熟叶中最低(12.39%)，老熟叶中最高(19.79%)，果熟期在嫩叶中最低(19.38%)，成熟叶(22.52%)和老熟叶(22.38%)相差不大； α -佛手柑油烯在营养期随着叶片成熟度的增加相对含量呈下降趋势：嫩叶中最高(9.58%)，老熟叶中最低(2.48%)，开花叶成熟后相对含量升高：成熟叶中最低(13.94%)，老熟叶中最高(15.27%)，到了果熟期则相反，叶成熟后相对含量降低：成熟叶中最高(23.57%)，老熟叶中最低(16.66%)；大根香叶烯 D 在营养期随着叶片成熟度的增加相对含量降低：在嫩叶中最高(2.27%)，老熟叶中最低(0.58%)，开花期各成熟度叶中相对含量相差不大，果熟期嫩叶中相对含量较高(5.59%)； α -法尼烯在成熟期和果熟期检出，各成熟度叶中相对含量变化不大

(1.19% ~ 2.77%)。

其他单萜类成分紫苏酮在营养期随着叶片成熟度的增加相对含量略呈降低趋势：嫩叶最高(2.27%)，老熟叶最低(0.55%)，开花期各成熟度叶中相对含量相差不大(2.67% ~ 3.46%)，果熟期仅在嫩叶(5.62%)和老熟叶(4.87%)中检出；薄荷酮(piperitone)成分仅在营养期各成熟度叶和果熟期嫩叶、老熟叶中检出，相对含量相差不大(0.53% ~ 1.43%)；D-柠檬烯成分仅在营养期嫩叶(0.73%)和老熟叶(0.48%)中检出。

芳香类成分中丁香酚除营养期嫩叶中外各成熟度叶中均检出，营养期成熟叶(0.72%)和老熟叶(0.49%)中相对含量均较小，开花期老熟叶明显升高(5.99%)，果熟期各成熟度叶中相对含量均有明显升高，其中嫩叶最高(10.23%)；细辛脑仅在开花期老熟叶(2.46%)和果熟期嫩叶(1.34%)、成熟叶(15.86%)中检出。

2.4 3种化学型的比较

将3种化学型的挥发油得率和主成分相对含量随叶成熟度变化特点汇总入图1。从挥发油得率上看,3种化学型表现非常不同,开花期和果熟期,PA型是嫩叶得率高,PK型则是老熟叶最高,而PL

型为成熟叶最高,营养期,则是PA型为成熟叶最高,PK和PL型是嫩叶最高。主成分相对含量上,3种化学型则较为一致,特征性成分紫苏醛、紫苏酮或紫苏烯相对含量在营养期和果熟期均为嫩叶中较低,而开花期为老熟叶最低。

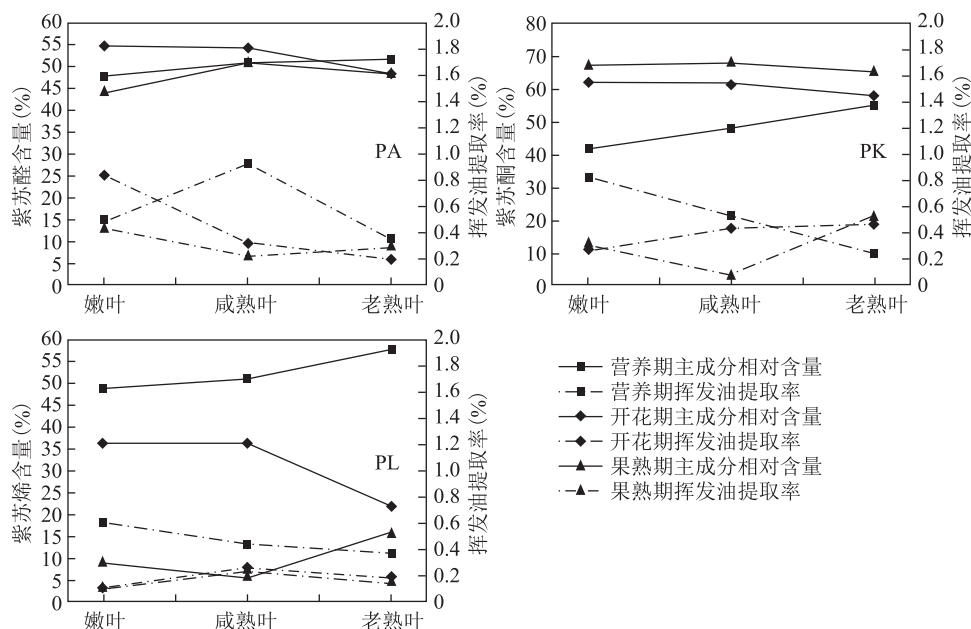


图1 3种化学型中主成分相对含量和挥发油提取率随叶成熟度变化

3 结论

紫苏叶的采收方式一般有两种,一种是多次采收,每次采收成熟叶片;一种是一次性采收植株的全部叶片。PA型紫苏表现为不同成熟度和不同生长期挥发油中紫苏醛的相对含量变化不大,但在营养期采收成熟叶片挥发油得率高,可以在开花期前,多次采收成熟叶,获得质量较好的紫苏叶药材;如果目标是提取紫苏叶油,则可以任何时期一次性采收全部叶片,提取获得的紫苏叶油中紫苏醛含量的品质变化不大;本研究的PK型紫苏存在白苏烯酮和紫苏酮的转化关系,随生长发育紫苏酮相对含量降低,白苏烯酮相对含量升高,而挥发油得率最高的时间为营养期的嫩叶,此时紫苏酮相对含量低,可能产量也低;如兼顾产量,挥发油得率和紫苏酮相对含量,建议采收期为开花期的成熟叶和老熟叶,营养期的成熟叶,和果熟期的老熟叶,由于大多数PK型紫苏一般不含有白苏烯酮,所以情况可能有所不同;PL型挥发油得率和紫苏烯的含量随生长发育降低十分明显,因此建议营养期采收,而营养期虽然嫩叶挥发油得率高,但产量和紫苏烯相对含量较

低,所以建议采集紫苏烯相对含量高的成熟叶和老熟叶,或者营养期采收全部叶片。

紫苏和唇形科其他含挥发油的植物一样,挥发油在叶片生长的盾状腺毛中合成^[4-5]。腺毛作为分泌挥发油的重要腺体,分布在植物表面,但在不同器官及不同区域其密度不同例如,如薄荷精油产量与叶片产生腺毛数量成正比^[6]。叶片中的挥发油和薄荷脑在花芽萌发期的含量最高,但个别叶片随着叶龄增长及叶片干物质积累的增加其挥发油百分比逐渐下降^[7],挥发油中的薄荷脑随着叶片的成熟一直在增加,到老熟叶时减少^[8]。薄荷酮、薄荷醇含量最高的是幼叶和成熟叶^[9]。在薄荷中,单萜醇类成分随着叶片的逐渐成熟增加,并认为挥发油质量变化与薄荷叶发育过程中有效光合作用的提高有关^[10]。从本实验的研究发现了挥发油得率和主要成分的变化,但测得的挥发油得率随着合成量和散发量变化,而主要成分的相对含量还受其他成分的合成量和散发量影响,因此针对紫苏叶表面的腺毛发育和挥发油及其中主要成分的关系还需进行深入的研究。

(下转第1186页)

经保护、增强记忆力等方面的药理作用^[13]；甘草总皂苷具有抗炎的作用。因本研究以水为溶剂，水提液中主要成分为甘草总多糖，考虑到总黄酮、总皂苷在水中的溶出度不理想，且目前甘草总皂苷的药理作用较少，故在进行两两比较时，三者的重要程度依次为甘草总多糖、甘草总黄酮、甘草总皂苷。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015.
- [2] 王兵,王亚新,赵红燕,等. 甘草的主要成分及其药理作用的研究进展[J]. 吉林医药学院学报,2013,34(3):215-218.
- [3] 张利. 甘草的药理作用及现代研究进展[J]. 中医临床研究,2014,6(10):147-148.
- [4] 闫永红. 不同来源甘草的质量特征及评价研究[D]. 北京:北京中医药大学,2006.
- [5] 冯薇,王文全,赵平然. 甘草总黄酮含量测定方法研究[J]. 时珍国医国药,2007,18(11):2608-2610.
- [6] 兰霞,王洪新. 比色法测定甘草中总皂苷的含量[J]. 时珍国医国药,2007,18(4):886-887.
- [7] 黄明进,王文全,沈寿茂. 甘草总黄酮和总皂苷成分的提取工艺及其含量分析[J]. 中国现代中药,2010,12(4):24-27.
- [8] 查日维,谢晓梅,杨沫,等. 基于层次分析法的多指标综合评价优选宣木瓜提取方法[J]. 中成药,2014,36(3):643-646.
- [9] 牛广俊,陈清英,朱思,等. 用层次分析法多指标评价优选金花茶超声提取工艺[J]. 经济林研究,2015,33(1):119-122.
- [10] 贾成友,李微,张传辉,等. 基于多指标权重分析和正交设计法优选白黄泄热止痢片复方提取工艺[J]. 中草药,2016,47(6):917-922.
- [11] 李慧,刘其南,张丽,等. 基于层次分析法及多指标正交试验优选酒炖女贞子炮制工艺[J]. 中草药,2016,47(16):2832-2837.
- [12] 林雨鑫,王靖. 甘草多糖的生物学功能及其在动物生产中的应用[J]. 中国饲料,2015(1):27-28.
- [13] 贾世亮,武雪玲,李筱筱,等. 甘草中黄酮类物质的功能研究进展[J]. 北京联合大学学报,2016,30(4):67-73.

(收稿日期 2016-09-08)

(上接第1175页)

参考文献

- [1] 魏长玲,郭宝林. 紫苏叶挥发油的不同化学型及研究进展[J]. 中国中药杂志,2015,40(15):32-39.
- [2] 魏长玲,张琛武,郭宝林,等. 紫苏叶挥发油化学型和组分影响因素探究 I——不同生长发育期[J]. 中国中药杂志,2017,42(4):712-718.
- [3] 魏长玲,张琛武,张芬,等. 中国紫苏资源调查和紫苏叶挥发油化学型研究[J]. 中国中药杂志,2016,43(10):1824-1834.
- [4] Werker E. Function of essential oil-secreting glandular hairs in aromatic plants of Lamiaceae—a review[J]. Flavour and Fragrance Journal,1993,8(5):249-255.
- [5] 韦保耀,黄丽,滕建文,等. 紫苏芳香油含量的研究[J]. 食品科技,2004(8):41-43.
- [6] Markus Lange B,Turner G W. Terpenoid biosynthesis in trichomes—current status and future opportunities[J]. Plant biotechnology journal,2013,11(1):2-22.
- [7] Duriyapuran S,Britten E J,Basford K E. The effect of temperature on growth,oil yield and oil quality of Japanese mint[J]. Annals of Botany,1986,58(5):729-736.
- [8] Sergeeva S,Solzneva V A. Essential oil accumulation and changes in its qualitative composition during peppermint ontogeny[J]. FiziolBiokhimKultRast,1979,11:268-270.
- [9] Sangwan N S,Farooqi A H A,Shabih F,et al. Regulation of essential oil production in plants[J]. Plant growth regulation,2001,34(1):3-21.
- [10] Maffei M,Codignola A. Photosynthesis,photorespiration and herbicide effect on terpene production in peppermint (Menthapiperita L.) [J]. Journal of Essential Oil Research,1990,2(6):275-286.

(收稿日期 2016-12-05)