

薄壳山核桃无性系含油率及脂肪酸组成分析^①

常 君¹, 李 川², 姚小华¹, 李 源², 王开良¹, 毛文韬³

1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 杭州 311400; 2. 重庆市涪陵区林业局, 重庆 涪陵 408000;

3. 重庆市南岸区迎龙镇人民政府, 重庆 400072

摘要: 分析测定浙江省余杭区长乐林场、建德市更楼街道洪宅村薄壳山核桃品种园、安吉县抱福镇薄壳山核桃种植地栽培的 50 多个薄壳山核桃无性系果实含油率及其脂肪酸组成。结果表明, 余杭区长乐林场薄壳山核桃无性系果实含油率为 45.36%~65.40%, 建德市为 56.63%~67.95%, 安吉县为 43.82%~61.58%, 经一元方差分析得出, 3 地薄壳山核桃无性系含油率差异有统计学意义($p<0.01\%$)。薄壳山核桃脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸组成, 余杭薄壳山核桃无性系平均饱和脂肪酸为 6.80%, 极显著地小于建德(7.08%)和安吉(7.27%), 而不饱和脂肪酸质量分数余杭(91.41%)略高于建德(91.09%)和安吉(90.54%)。以果实含油率及脂肪酸组成来评价薄壳山核桃无性系, 余杭区无性系 Y46 号和 Y26 号较优; 建德市无性系 J103 号和 J99 号较优; 安吉县无性系 2 号和 C46 号较优。

关 键 词: 薄壳山核桃; 无性系; 含油率; 脂肪酸

中图分类号: S664.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)08-0051-07

薄壳山核桃(*Carya illinoensis*), 原产于美国和墨西哥北部, 又名美国山核桃, 长山核桃, 是一种胡桃科(*Julandaceae*)山核桃属(*Carya Nutt*)的干果油料树种^[1-2], 常作为优良的材用和庭园绿化树种^[3-4]。我国于 19 世纪末开始引种栽培薄壳山核桃, 目前主要集中分布在江苏、浙江、安徽、江西、云南、陕西和湖南等地^[5-6]。薄壳山核桃树雌雄同株, 一般高 20~25 m, 树皮纵裂呈片状剥落, 奇数羽状复叶互生, 花单性。果实倒卵形, 坚果长卵形或长圆形, 光滑具暗褐色斑痕和条纹, 坚果的壳薄、个大(80~100 粒/kg)、出仁率高(50%~70%)、产量高(1 500~2 250 kg/hm²)^[7-8], 果仁色美味香, 富含维生素 B₁, B₂, 所含对人体有益的各种氨基酸比橄榄油高, 每公斤果仁约有 32 KJ 热量, 约含油脂 72%, 蛋白质 11%, 碳水化合物 13%, 是理想的保健食品或面包、糖果、冰淇淋等食品的添加材料^[9-10]。美国山核桃含有 73 %的不饱和脂肪酸。类似于橄榄油, 长期食用可降低冠心病的发病率。此外, 美国山核桃还具有补脑、补肾、润肺、黑发、养颜和止血收敛的功能, 被广泛用于药品和化妆品的生产, 深受消费者的喜欢。

近年来, 我国油料与食用油需求量大增, 油料生产下滑, 供求矛盾逐年加大, 国家不得不用巨资外购油料与食用油, 但又被国际跨国公司控制我国油料与食用油产业。因此, 我国亟待提高油料的生产, 需更加注重对油料的利用和栽培^[11]。目前, 国内多注重对油茶含油率及其脂肪酸成分的研究^[12-13], 而对薄壳山核桃无性系含油率及脂肪酸组成的相关研究较少^[14]。本文分析了余杭、建德和安吉等地的薄壳山核桃无性系的含油率及脂肪酸组成, 评价各地薄壳山核桃无性系品质, 以期对浙江薄壳山核桃的引种栽培和选育提

① 收稿日期: 2016-02-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAD14B0104), 浙江省重大科技专项(2012C12904-13)。

作者简介: 常 君(1981-), 男, 山西怀仁人, 硕士, 主要从事经济林栽培与育种的研究。

通信作者: 姚小华, 研究员, 博士研究生导师。

供科学依据, 培育适宜本地气候环境栽培的优良新品种, 提高油料生产率, 缓解我国油料供求矛盾.

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为浙江省余杭区西山长乐林场品种园、建德市更楼街道洪宅村薄壳山核桃品种园、安吉县抱福镇薄壳山核桃种植地, 各试验材料来源地地理位置、气候状况及土壤基本情况如表 1. 由于薄壳山核桃果实成熟度与其含油率和脂肪酸组成密切相关, 为确保不同种植地、不同薄壳山核桃无性系之间测定结果的可比性, 本试验材料选择薄壳山核桃果实微裂为取样时间, 由于地点和无性系的不同, 因此各地薄壳山核桃的采摘时间从 2010 年 10 月 7 日开始延续至当年 10 月 24 日结束. 3 个采样地, 每个无性系选择 5 棵树, 不足 5 棵的全部采摘, 采摘薄壳山核桃树上不同方位和冠层内外果实混合样品, 样品保存在 4℃ 的条件下进行测定分析. 5 个单株样本含油率平均值代表无性系含油率, 同一个地方所有无性系含油率的平均值代表这一地方含油率的平均值.

表 1 薄壳山核桃地理、气候因子概况

地点	树龄/ 年	经度	纬度	海拔/ m	土壤 类型	年平均 气温/℃	1 月平均 气温/℃	7 月平均 气温/℃	年降雨 量/mm	≥10℃ 积温/℃	年均相对 湿度/%
1	25	119°58′	30°15′	50	黄红壤	15.6	5.4	29.0	1 478	5 068	82
2	7	119°23′	29°28′	168	紫砂土	16.9	4.7	28.1	1 500	5 021	83
3	7	119°53′	30°38′	146	水稻土	14.9	4.2	28.5	1 350	4 934	76

注: 1 为余杭区长乐林场, 2 为建德市更楼街道洪宅村, 3 为安吉县抱福镇.

1.2 测定内容及方法

1.2.1 样本含油率采用索式抽提法测定.

1.2.2 样本脂肪酸质量分数采用气相色谱法测定, 取油样 100 mg 加苯-石油醚(1 : 1)2 mL 摇匀, 加 0.1 mol/L 的 KOH-CH₃OH 1 mL 摇匀静置, 加饱和 NaCl 溶液定容至 10 mL. 气相色谱条件: 色谱柱 (30 m×0.32 mm×0.25 μm); 升温程序: 初始温度为 150℃, 保持 1 min, 以 5℃/min 升至 190℃, 保持 20 min, 进样量 1 μL, 分流比 1 : 10; 柱流速 1 mL/min, 进样口 220℃, 检测器为 220℃.

1.3 数据分析

运用 SPSS13.0 软件进行一元方差分析.

2 结果与分析

2.1 余杭区无性系的评价与筛选

从 1986 年开始, 中国林科院亚热带林业研究所在亚热带各地建立试验点, 其中浙江省余杭区长乐林场西山基地是最早开始薄壳山核桃新一代品种材料引进嫁接、栽培地之一. 试验点内共收集了 93 个无性系, 现保留 600 余棵, 本试验随机选择了 23 个无性系作为研究对象. 23 个薄壳山核桃无性系核仁(干核仁)平均含油率为 56.70%, 最高是无性系 Y30 号(65.40%), 最低是无性系 Y44 号(45.36%), 变异系数为 9.25%, 其中干仁含油率在 60% 以上有 4 个无性系, 介于 50%~60% 之间有 17 个无性系, 其余无性系都在 50% 以下. 单从核仁(干核仁)含油率可以看出, 余杭区的 23 个无性系中, 无性系 Y30 号, Y46 号, Y26 号, Y19 号, Y31 号较优.

薄壳山核桃脂肪酸主要由饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成, 共检测分析出 7 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 2 种, 包括棕榈酸和硬脂酸; 不饱和脂肪酸 5 种, 包括棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸. 从表 2 可以看出, 各脂肪酸组成变异系数由大到小顺序为棕榈烯酸, 顺-11-二十碳烯酸, 亚油酸, 亚麻酸, 硬脂酸, 油酸, 棕榈酸. 薄壳山核桃平均饱和脂肪酸为 6.80%, 变异系数为 7.66%, 其组成中, 平均棕榈酸为 4.88%, 最高为无性系 Y7 号(6.11%), 最低为无性系 Y41 号(4.03%), 变异系数为 10.92%; 平均

硬脂酸为 1.92%，最高为无性系 Y20 号(2.56%)，最低为无性系 Y3 号(1.31%)，变异系数为 17.33%。

23 个薄壳山核桃无性系平均不饱和脂肪酸为 91.40%，变异系数为 1.43%。在不饱和脂肪酸组成中，油酸质量分数最高，其次是亚油酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸，质量分数最低的是棕榈烯酸。其中平均油酸为 62.19%，最高为无性系 Y21 号(70.72%)，最低为无性系 Y7 号(41.40%)，变异系数为 11.04%；平均亚油酸为 27.57%，最高为无性系 Y7 号(47.07%)，最低为无性系 Y41 号(19.39%)，变异系数为 23.79%；平均亚麻酸为 1.39%，最高为无性系 Y41 号(2.13%)，最低为无性系 Y26 号(0.87%)，变异系数为 22.72%；平均顺-11-二十碳烯酸为 0.20%，最高为无性系 Y41 号(0.40%)，最低为无性系 Y7 号(0.15%)，变异系数为 24.29%；平均棕榈烯酸为 0.05%，最高为无性系 Y21 号(0.12%)，其中没检测出棕榈烯酸的有无性系 Y30 号,Y31 号,Y33 号,Y35 号,Y41 号,Y42 号,Y48 号，变异系数为 75.36%。因此，单从不饱和脂肪酸的质量分数来看，可以推断出余杭区的 23 个无性系中，无性系 Y46 号,Y29 号,Y26 号，Y34 号,Y21 号较优。

综上，以高油(含油率)、高品质(不饱和脂肪酸：棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸)为指标可以看出，余杭区 23 个无性系中，无性系 Y46 号和 Y26 号可以认为是较优品系。

表 2 余杭长乐林场品种园果实含油率及脂肪酸组成

无性系号	含油率 (干仁)/%	脂肪酸组成/%						
		棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	顺-11-二十碳烯酸
Y1	54.45	4.81	0.08	2.14	65.31	24.52	1.19	0.21
Y3	53.68	5.09	0.06	1.31	60.09	30.50	1.20	0.17
Y7	50.98	6.11	0.09	1.42	41.40	47.07	1.94	0.15
Y11	55.52	5.80	0.08	1.72	64.61	25.19	1.04	0.22
Y12	56.88	5.03	0.09	1.78	65.27	24.52	1.30	0.21
Y19	61.51	4.86	0.07	2.19	57.27	32.24	1.40	0.16
Y20	51.72	5.80	0.09	2.56	60.21	28.03	1.42	0.19
Y21	51.19	4.09	0.12	2.16	70.72	19.63	1.41	0.20
Y22	57.41	4.97	0.07	1.66	54.62	35.18	1.64	0.16
Y26	63.39	4.73	0.05	1.42	68.44	22.80	0.87	0.20
Y29	59.31	4.98	0.05	1.80	63.66	27.37	1.19	0.20
Y30	65.40	4.55	0.00	2.06	67.15	23.54	1.19	0.17
Y31	59.71	5.01	0.00	1.78	56.02	33.70	1.71	0.17
Y33	58.52	4.29	0.00	2.27	63.80	26.39	1.44	0.16
Y34	54.76	4.25	0.05	1.76	66.44	24.37	1.23	0.20
Y35	59.33	4.98	0.00	1.82	68.80	21.42	1.27	0.22
Y37	58.03	5.02	0.07	1.98	60.64	29.48	1.46	0.20
Y41	59.02	4.03	0.00	1.99	64.38	19.39	2.13	0.40
Y42	57.83	4.73	0.00	2.21	65.35	24.55	1.49	0.21
Y44	45.36	5.26	0.07	1.75	48.43	40.16	2.01	0.18
Y46	64.97	5.05	0.05	1.65	66.23	25.74	1.05	0.22
Y47	59.20	4.32	0.05	2.54	65.85	24.20	1.14	0.22
Y48	45.93	4.46	0.00	2.15	65.71	24.19	1.30	0.20
平均值	56.70	4.88	0.05	1.92	62.19	27.57	1.39	0.20
变异幅度	45.36~65.40	4.03~6.11	0~0.12	1.31~2.56	41.40~70.72	19.39~47.07	0.87~2.13	0.15~0.40
变异系数	9.25	10.92	75.36	17.33	11.04	23.79	22.72	24.29

2.2 建德市无性系的评价与筛选

从 1999 年开始，中国林科院亚热带林业研究所就与浙江省建德市林业局合作，开始了对薄壳山核桃嫁接技术和丰产技术的探索，目前已经掌握了异砧嫁接的关键技术，同时在建德市更楼街道洪宅村建立了薄壳山核桃品种园，现园内收集 20 个无性系。20 个薄壳山核桃无性系核仁(干核仁)平均含油率为 63.63%，

最高是无性系 J103 号(67.95%),最低是无性系 J20 号(56.63%),变异系数为 6.06%,其中干仁含油率在 65%以上有 7 个无性系,其余无性系都在 65%以下.单从核仁(干核仁)含油率可以看出,建德市的 20 个无性系中,J103 号,J99 号,J26 号,J27 号,J12 号含油率较高.

从表 3 可以看出,各脂肪酸组成变异系数由大到小顺序为顺-11-二十碳烯酸,油酸,硬脂酸,亚麻酸,棕榈酸,棕榈烯酸,亚油酸.薄壳山核桃饱和脂肪酸组成中,平均棕榈酸为 5.23%,最高为无性系 J32 号(5.81%),最低为无性系 J27 号(4.74%),变异系数为 4.74%;平均硬脂酸为 1.85%,最高为无性系 J17 号(2.33%),最低为无性系 J32 号(1.47%),变异系数为 11.78%.在不饱和脂肪酸组成中,油酸质量分数最高,其次是亚油酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸,质量分数最低的是棕榈烯酸.其中平均油酸为 65.58%,最高为无性系 J27 号(69.69%),最低为无性系 J102 号(61.61%),变异系数为 12.24%;平均亚油酸为 24.16%,最高为无性系 J102 号(28.17%),最低为无性系 J1 号(19.48%),变异系数为 4.04%;平均亚麻酸为 1.12%,最高为无性系 J99 号(1.41%),最低为无性系 J9 号(0.85%),变异系数为 10.83%;平均顺-11-二十碳烯酸为 0.17%,最高为无性系 J1 号,J12 号(0.19%),最低为无性系 J35 号,J102 号(0.15%),变异系数为 12.38%;平均棕榈烯酸为 0.06%,最高为无性系 J34 号(0.08%),J35 号(0.08%),最低为无性系 J13 号(0.05%),变异系数为 4.50%.单从不饱和脂肪酸的质量分数来看,可以推断出建德市的 20 个无性系中,无性系 J9 号,J103 号,J27 号,J32 号,J99 号不饱和脂肪酸的质量分数较高.

综上,以高油(含油率)、高品质(不饱和脂肪酸:棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸)为指标可以看出,建德市 20 个无性系中,无性系 J103 号和 J99 号可以认为是较优品系.

表 3 建德市洪宅村薄壳山核桃品种园果实含油率及脂肪酸组成

无性系号	含油率 (干仁)/%	脂肪酸组成/%						
		棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	顺-11-二十碳烯酸
J1	63.59	5.24	0.06	1.68	68.10	19.48	1.05	0.19
J5	65.09	5.38	0.06	1.96	65.03	24.46	1.16	0.18
J9	63.50	5.32	0.06	1.58	68.99	22.00	0.85	0.18
J11	61.04	5.36	0.06	1.95	65.16	25.00	1.06	0.17
J12	66.63	5.02	0.06	2.09	65.90	23.73	1.16	0.19
J13	62.11	5.03	0.05	2.24	62.63	26.83	1.23	0.18
J17	62.80	4.97	0.06	2.33	63.24	26.26	1.30	0.18
J20	56.63	5.36	0.07	1.99	62.11	27.67	1.25	0.17
J21	61.35	5.29	0.07	1.90	63.56	24.71	1.18	0.17
J26	67.65	5.42	0.06	1.90	65.31	24.73	1.06	0.17
J27	67.20	4.74	0.07	2.05	69.69	20.85	0.99	0.18
J28	66.50	5.22	0.06	1.83	69.03	19.94	1.13	0.18
J29	63.66	5.29	0.06	1.62	69.46	20.62	0.93	0.17
J32	62.09	5.81	0.07	1.47	64.77	25.57	0.98	0.16
J34	60.82	5.41	0.08	1.76	62.82	26.79	1.21	0.16
J35	61.41	4.97	0.08	1.62	65.66	24.35	1.18	0.15
J99	67.92	5.32	0.06	1.74	63.28	26.58	1.41	0.17
J102	63.80	5.36	0.07	1.67	61.61	28.17	1.16	0.15
J103	67.95	5.00	0.06	1.66	68.84	21.79	0.92	0.18
J104	60.77	5.04	0.06	1.92	66.33	23.73	1.13	0.17
平均值	63.63	5.23	0.06	1.85	65.58	24.16	1.12	0.17
变异幅度	56.63~67.95	4.74~5.81	0.05~0.08	1.47~2.33	61.61~69.69	19.48~28.17	0.85~1.41	0.15~0.19
变异系数	6.06	4.74	4.50	11.78	12.24	4.04	10.83	12.38

2.3 安吉县无性系的评价与筛选

从表 4 可以看出,18 个薄壳山核桃无性系核仁(干核仁)平均含油率为 55.05%,最高是无性系 1 号(61.58%),最低是无性系 48 号(43.82%),变异系数为 8.23%.各脂肪酸组成变异系数由大到小顺序为棕

桐烯酸, 亚麻酸, 硬脂酸, 顺-11-二十碳烯酸, 亚油酸, 棕榈酸, 油酸. 单从核仁(干核仁)含油率可以看出, 安吉县的 18 个无性系中, 无性系 1 号, 99 号, 2 号, 28 号, C46 号含油率较高.

薄壳山核桃饱和脂肪酸组成中, 平均棕榈酸为 5.44%, 最高为无性系 C12 号(6.13%), 最低为无性系 C47 号(4.49%), 变异系数为 7.93%; 平均硬脂酸为 1.82%, 最高为无性系 C47 号(2.46%), 最低为无性系 48 号(1.33%), 变异系数为 16.35%. 在不饱和脂肪酸组成中, 油酸质量分数最高, 其次是亚油酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸, 质量分数最低的是棕榈烯酸. 其中平均油酸为 60.11%, 最高为无性系 2 号(66.87%), 最低为无性系 48 号(53.23%), 变异系数为 6.44%; 平均亚油酸为 28.74%, 最高为无性系 20 号(34.57%), 最低为无性系 2 号(23.28%), 变异系数为 12.39%; 平均亚麻酸为 1.43%, 最高为无性系 C21 号(2.26%), 最低为无性系 28 号(1.04%), 变异系数为 23.50%; 平均顺-11-二十碳烯酸为 0.18%, 最高为无性系 48 号(0.23%), 最低为无性系 4 号, C35 号(0.14%), 变异系数为 14.97%; 平均棕榈烯酸为 0.07%, 最高为无性系 4 号(0.10%), 最低为无性系 C47 号(0.01%), 变异系数为 25.92%. 单从不饱和脂肪酸的质量分数来看, 可以推断出安吉县的 18 个无性系中, 无性系 2 号, C46 号, C47 号, C25 号, 20 号不饱和脂肪酸的质量分数较高.

综上, 以高油(含油率)、高品质(不饱和脂肪酸: 棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸)为指标可以看出, 安吉县 18 个无性系中, 无性系 2 号和 C46 号可以认为是较优品系.

表 4 安吉县抱福镇薄壳山核桃种植地果实含油率及脂肪酸组成

无性系号	含油率 (干仁)/%	脂肪酸组成/%						
		棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	顺-11-二十碳烯酸
1	61.58	5.64	0.06	1.94	63.63	25.98	1.09	0.16
2	59.92	4.95	0.08	1.71	66.87	23.28	1.08	0.16
4	50.28	5.22	0.10	1.89	56.79	32.48	1.58	0.14
C10	53.37	4.80	0.07	2.34	64.05	24.02	1.43	0.19
C12	54.72	6.13	0.08	1.68	58.03	29.35	1.53	0.16
C13	57.72	5.58	0.07	1.85	58.08	31.43	1.17	0.17
C15	51.72	5.50	0.07	1.58	57.16	31.16	1.66	0.17
20	51.39	5.29	0.07	1.52	54.36	34.57	1.96	0.16
C21	50.81	5.45	0.07	1.70	55.69	32.84	2.26	0.17
C25	55.44	5.36	0.07	1.71	58.69	31.02	1.36	0.16
28	59.50	5.63	0.08	1.65	63.98	25.84	1.04	0.17
C29	54.96	5.90	0.08	2.01	59.26	29.62	1.40	0.17
C35	52.40	5.53	0.08	1.80	63.00	26.49	1.29	0.14
C46	59.20	5.42	0.06	1.74	61.20	28.53	1.40	0.21
C47	58.18	4.49	0.01	2.46	64.03	25.97	1.09	0.22
48	43.82	6.12	0.09	1.33	53.23	33.60	1.89	0.23
50	55.61	5.12	0.06	2.31	63.27	23.70	1.37	0.21
99	60.25	5.86	0.08	1.59	60.65	27.52	1.19	0.20
平均值	55.05	5.44	0.07	1.82	60.11	28.74	1.43	0.18
变异幅度	43.82~61.58	4.49~6.13	0.01~0.10	1.33~2.46	53.23~66.87	23.28~34.57	1.04~2.26	0.14~0.23
变异系数	8.23	7.93	25.92	16.35	6.44	12.39	23.50	14.97

2.4 各地薄壳山核桃无性系果实含油率及脂肪酸组成分析

对余杭、建德、安吉等地薄壳山核桃的含油率、脂肪酸作一元方差分析, 结果表明, 余杭、建德、安吉薄壳山核桃含油率差异有统计学意义($p<0.01\%$), 以建德为最高, 达 63.63%, 余杭和安吉分别为 56.70%, 55.05%. 从脂肪酸组成来看, 余杭、建德、安吉等地平均饱和脂肪酸(棕榈酸)、不饱和脂肪酸(棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸)差异有统计学意义, 平均饱和脂肪酸质量分数以安吉最高, 建德次之, 余杭最低; 平均不饱和脂肪酸质量分数以余杭最高, 安吉最低, 建德介于之间. 其他脂肪

酸组成分析结果见表 5.

表 5 3 地薄壳山核桃无性系果实含油率及脂肪酸组成比较

地点	含油率 (干仁)/%	脂肪酸组成/%							总不饱和 脂肪酸
		棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	顺-11-二十 碳烯酸	
余杭	56.70±5.24b	4.88±0.53b	0.05±0.04b	1.92±0.33a	62.19±6.86b	27.57±6.56a	1.39±0.32a	0.20±0.05a	91.41±2.41a
建德	63.63±3.01a	5.23±0.24a	0.06±0.01ab	1.85±0.23a	65.58±2.65a	24.16±2.62b	1.12±0.14b	0.17±0.01b	91.09±2.08a
安吉	55.05±4.53b	5.44±0.43a	0.07±0.02a	1.82±0.30a	60.11±3.87b	28.74±3.56a	1.43±0.34a	0.18±0.03b	90.53±1.86a

注：小写字母不同表示 $p<0.05$ ，差异有统计学意义.

3 结论与讨论

单从薄壳山核桃核仁(干核仁)含油率分析,余杭区的 23 个无性系中,无性系 Y30 号,Y46 号,Y26 号,Y19 号,Y31 号含油率较优;建德市的 20 个无性系中,无性系 J103 号,J99 号,J26 号,J27 号,J12 号含油率较高;安吉县的 18 个无性系中,无性系 1 号,99 号,2 号,28 号,C46 号含油率较高. 经一元方差分析,余杭、建德、安吉等地薄壳山核桃无性系含油率差异有统计学意义. 以建德为最高,达 63.63%;余杭次之,为 56.70%;安吉最小,为 55.05%. 这可能与品系、气候环境存在一定的关系,以后需进一步论证. 单以薄壳山核桃无性系含油率高低为筛选优良品系的指标,建德市栽植的无性系最优.

薄壳山核桃脂肪酸主要由饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成,检测出饱和脂肪酸 2 种,不饱和脂肪酸 5 种. 各地脂肪酸组成变异系数大小顺序不尽相同,如表 2,余杭薄壳山核桃各脂肪酸组成变异系数由大到小顺序为棕榈烯酸,顺-11-二十碳烯酸,亚油酸,亚麻酸,硬脂酸,油酸,棕榈酸,而建德和安吉各脂肪酸大小顺序见表 3,表 4. 单从薄壳山核桃不饱和脂肪酸质量分数分析,余杭区的 23 个无性系中,无性系 Y46 号,Y29 号,Y26 号,Y34 号,Y21 号较优;建德市的 20 个无性系中,无性系 J9 号,J103 号,J27 号,J32 号,J99 号不饱和脂肪酸的质量分数较高;安吉县的 18 个无性系中,无性系 2 号,C46 号,C47 号,C25 号,20 号不饱和脂肪酸的质量分数较高. 这可能与品系、气候环境存在一定的关系. 经一元方差分析,单以薄壳山核桃无性系不饱和脂肪酸质量分数高低为筛选优良品系的指标,3 地(余杭、建德、安吉)差异无统计学意义.

综上所述,以高油(含油率)、高品质(不饱和脂肪酸:棕榈烯酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸)为筛选优良品系的指标,可以得出,余杭区无性系 Y46 号和 Y26 号较优;建德市无性系 J103 号和 J99 号较优;安吉县无性系 2 号和 C46 号较优.

参考文献:

[1] 常 君,姚小华. 薄壳山核桃丰产栽培与加工利用 [M]. 北京:金盾出版社,2013:1—2.

[2] 孙 凡,赵靖明,姚小华,等. 水分胁迫逆境处理对水土保持经济树种长山核桃的生理特性的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版),2014,36(4):1—7.

[3] 姚小华,王开良,任华东,等. 薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究 [J]. 江西农业大学学报,2004,26(5):675—680.

[4] 胡芳名,谭晓风,刘惠民,等. 中国主要经济树种栽培与利用 [M]. 北京:中国林业出版社,2006:66—71.

[5] 侯冬培,习学良,石卓功. 我国薄壳山核桃研究概况 [J]. 山东林业科技,2007,37(4):53—55.

[6] 张日清,何 方,吕芳德,等. 美国山核桃群体遗传多样性的 RAPD 分析 [J]. 经济林研究,2001,19(2):1—6.

[7] 李 川,姚小华,王开良,等. 薄壳山核桃无性系果实性状指标简化研究 [J]. 江西农业大学学报,2011,33(4):696—700.

[8] 常 君,杨水平,姚小华,等. 美国山核桃果实性状变异规律研究 [J]. 林业科学研究,2008,21(1):44—48.

[9] 李俊南,熊新武,习学良,等. 植物激素对薄壳山核桃种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. 经济林研究,2013,31(1):

81—86.

[10] 李 川, 姚小华, 王开良, 等. 12 个薄壳山核桃无性系果(核)性状以及产量的比较 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(6): 40—44.

[11] 刘政奎. 充分利用荒漠化土地开发木本油料作物 [J]. 中国产业, 2011(8): 14—15.

[12] 刘海燕, 黄 河, 梁玖华, 等. 铜仁油茶农家品种和优良无性系种子含油率及其脂肪酸成分研究 [J]. 种子, 2015, 34(12): 35—40.

[13] 朱功良, 周伟国, 黎曙光, 等. 长林系列品种油茶籽含油率和脂肪酸组成分析研究 [J]. 湖北林业科技, 2013, 42(4): 21—23.

[14] 俞春莲, 王正加, 夏国华, 等. 10 个不同品种的薄壳山核桃脂肪含量及脂肪酸组成分析 [J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(5): 714—718.

Analysis on Oil Percentage and Fatty Acid Composition of Clone *Carya illinmoensis*

CHANG Jun¹, LI Chuan², YAO Xiao-hua¹,
LI Yuan², WANG Kai-liang¹, MAO Wen-tao³

1. The Research Institute of Subtropical Forestry, Hangzhou 311400, China;
2. Forestry Bureau of Fuling, Fuling Chongqing 408000, China;
3. People's Government of Xiakou town in Nan'an District of Chongqing, Chongqing 400072, China

Abstract: According to the analysis of oil percentage and fatty acid composition and content on more than 50 clones of *Carya illinmoensis*, which were selected from Changele forest station in Yuhang district of Hangzhou province (Yuhang), *Carya illinmoensis* cultivar garden in Hongzhai village in Genglou street of Jiande (Jiangde), and *Carya illinmoensis* cultivated field in Baofu of Anji (Anji), the result indicate that the oil percentage is around 45.36%~65.40% from Yuhang, and 56.63%~67.95% from Jiande, 43.82%~61.58% from Anji. The *Carya illinmoensis* clones from 3 experimental gardens have very significant differences ($p<0.01\%$) in according to univariate ANOVA. The fatty acid of *Carya illinmoensis* is mainly composed by palmitic, stearic, palmitoleic, oleic, linoleic, and Cis-11-eicosenoate C20:1. The average saturated fatty acid from Yuhang is 6.80%, and the very significant is less than from Jiande (7.08%) and Anji (7.27%), while the unsaturated fatty acid from Yuhang (91.41%) is higher than from Jiande (91.09%) and Anji (90.54%). Based on the oil percentage and fatty acid composition and content to evaluate the clone *Carya illinmoensis*, Y46 and Y26 are better from Yuhang, J103 and J99 are better from Jiande, 2 and C46 are better from Anji.

Key words: *Carya illinmoensis*; clone; oil percentage; fatty acid

责任编辑 周仁惠