



授粉组合对油茶籽油脂脂肪酸含量的影响

李寄凡 程一鸣 于添 魏振宇 张龙 彭升龙 潘冬梅 舒常庆 程军勇

Effect of Pollination Combination on Fatty Acid Content of *Camellia oleifera* Seed Oil

Li Jifan, Cheng Yiming, Yu Tian, Wei Zhenyu, Zhang Long, Peng Shenglong, Pan Dongmei, Shu Changqing, Cheng Junyong

引用本文:

李寄凡, 程一鸣, 于添, 魏振宇, 张龙, 彭升龙, 潘冬梅, 舒常庆, 程军勇. 授粉组合对油茶籽油脂脂肪酸含量的影响[J]. 西南林业大学学报, 2025, 45(1):205–212. doi: 10.11929/j.swfu.202312037

Li Jifan, Cheng Yiming, Yu Tian, Wei Zhenyu, Zhang Long, Peng Shenglong, Pan Dongmei, Shu Changqing, Cheng Junyong. Effect of Pollination Combination on Fatty Acid Content of *Camellia oleifera* Seed Oil[J]. Journal of Southwest Forestry University(Natural Science), 2025, 45(1):205–212. doi: 10.11929/j.swfu.202312037

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202312037>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

越南油茶果实各器官的生长和油脂含量变化动态分析

Dynamic Analysis of Fruit Organs Growth and Oil Content of *Camellia vietnamensis*

西南林业大学学报. 2020, 40(4): 175–179 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201906026>

促进油茶花粉萌发的营养物质配比研究

Study on the Ratio of Nutrients for Promoting Pollen Germination of *Camellia oleifera*

西南林业大学学报. 2022, 42(1): 91–99 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202010060>

不同间种模式对油茶幼林产量及病虫害的影响

Effect of Different Interplanting Patterns on Yield and Occurrence of Diseases and Insect Pests in Young *Camellia oleifera*

西南林业大学学报. 2021, 41(3): 152–156 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202002046>

春季亚低温胁迫对油茶‘华硕’叶片光合生理特性的影响

Effects of Sub-chilling Stress in Spring on Photosynthetic Physiological Characteristics of *Camellia Oleifera* ‘Huashuo’ Leaves

西南林业大学学报. 2022, 42(1): 100–107 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202007010>

赤霉素对香花油茶花芽分化和春梢生长的影响

Effect of Gibberellin on Growth of Spring Shoots and Flower Bud Differentiation in *Camellia osmantha*

西南林业大学学报. 2020, 40(4): 180–184 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201908001>

日本落叶松种子园和优树自由授粉家系选择与利用研究

Selection and Utilization of Seed Orchard and Superior Tree Open Pollination Families of *Larix kaempferi*

西南林业大学学报. 2024, 44(3): 1–9 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202306054>

授粉组合对油茶籽油脂肪酸含量的影响

李寄凡^{1,2} 程一鸣^{1,2,3} 于添^{1,2} 魏振宇^{1,2,4} 张龙^{1,2}
彭升龙^{1,2} 潘冬梅^{1,2} 舒常庆^{1,2} 程军勇³

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070; 2. 湖北省林业信息工程技术研究中心, 湖北 武汉 430070;
3. 湖北省林业科学研究院, 湖北 武汉 430075; 4. 湖北省十堰市林业局, 湖北 十堰 442000)

摘要: 通过对湖北省4个油茶主栽品种(‘长林53’‘鄂油102’‘华鑫’及‘华鑫’)开展了授粉试验, 使用气相色谱仪对授粉组合的果实的茶籽油进行测定分析, 研究授粉组合对油茶籽油脂肪酸含量的影响。结果表明: 17个授粉组合的油酸含量78.60%~84.00%, 亚油酸含量5.06%~10.27%。油酸含量较高的人工授粉组合有‘华鑫’×‘华鑫’‘华鑫’×‘鄂油102’‘华鑫’×‘鄂油102’, 亚油酸含量较高的人工授粉组合有‘鄂油102’自交授粉、‘华鑫’×‘长林53’。主栽‘华鑫’, 配植‘鄂油102’与‘华鑫’作为授粉品种可获得高油酸含量茶籽油; 单独栽种‘鄂油102’或主栽‘华鑫’, 配植‘长林53’作为授粉品种可以获得高亚油酸含量茶籽油。

关键词: 油茶; 品种; 授粉; 脂肪酸; 油茶籽油

中图分类号: S794.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-1914(2025)01-0205-08

引文格式: 李寄凡, 程一鸣, 于添, 等. 授粉组合对油茶籽油脂肪酸含量的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2025, 45(1): 205-212. Li J F, Cheng Y M, Yu T, et al. Effect of Pollination Combination on Fatty Acid Content of *Camellia oleifera* Seed Oil[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2025, 45(1): 205-212. DOI: [10.11929/j.swfu.202312037](https://doi.org/10.11929/j.swfu.202312037)



Effect of Pollination Combination on Fatty Acid Content of *Camellia oleifera* Seed Oil

Li Jifan^{1,2}, Cheng Yiming^{1,2,3}, Yu Tian^{1,2}, Wei Zhenyu^{1,2,4}, Zhang Long^{1,2},
Peng Shenglong^{1,2}, Pan Dongmei^{1,2}, Shu Changqing^{1,2}, Cheng Junyong³

(1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan Hubei 430070, China; 2. Hubei Engineering Technology Research Center for Forestry Information, Wuhan Hubei 430070, China; 3. Hubei Academy of Forestry, Wuhan Hubei 430075, China; 4. Forestry Bureau of Shiyan City, Shiyan Hubei 442000, China)

Abstract: Pollination experiments were carried out on 4 main varieties of *Camellia oleifera* (Changlin 53, Eyou 102, Huajin and Huaxin) in Hubei Province. The *C. oleifera* seed oil of the harvested fruit of pollination combination was determined by gas chromatograph, focusing on the effects of different pollination combinations on the fatty acid content of *C. oleifera* seed oil. The results showed that oleic acid and linoleic acid contents in the 17 pollination combinations ranged from 78.60% to 84.00% and from 5.06% to 10.27%, respectively. The artificial pollination combinations with higher oleic acid content included 'Huajin' × 'Huaxin', 'Huajin' × 'Eyou 102', 'Huaxin' × 'Eyou 102', while the artificial pollination combinations with higher linoleic acid content included 'Eyou 102' self-pollination and 'Huaxin' × 'Changlin 53'. Planting 'Huajin' as the main variety, interplanting with 'Eyou 102'

收稿日期: 2023-12-20; 修回日期: 2024-03-21

基金项目: 湖北省重点研发计划项目(2020BBA042)资助。

第1作者: 李寄凡(1999—), 男, 硕士研究生。研究方向: 林木遗传育种。Email: northrend1640@163.com。

通信作者: 舒常庆(1966—), 男, 硕士, 副教授, 硕士生导师。研究方向: 经济林遗传育种与栽培。
Email: shucqing@hzau.edu.cn。

and 'Huaxin' as pollination varieties can yield *C. oleifera* seed oil with high oleic acid content; planting 'Eyou 102' alone or planting 'Huaxin' as the main variety, interplanting with 'Changlin 53' as pollination variety can yield *C. oleifera* seed oil with high linoleic acid content.

Key words: *Camellia oleifera*; variety; pollination; fatty acid; *Camellia oleifera* seed oil

油茶 (*Camellia oleifera*) 又称茶子树, 主产于我国, 是我国重要木本油料植物之一。其种子富含油脂, 榨出的茶籽油色清、味香, 以油酸为代表的饱和脂肪酸含量高, 含有的亚油酸, 亚麻酸等不能被人体合成, 具有重要生理功能^[1-4]。茶油中含有油茶是一种木本油料作物, 能够利用山地栽种, 在山区具有巨大的发展潜力^[5]。油茶存在花粉直感效应^[6]。在油茶栽培中, 配置授粉品种是提高油茶产量的重要手段之一^[7-8]。在实际种植油茶时往往会选择花期较近的数个品种, 只考虑花期相遇进行授粉配置可能会出现产量不高、茶籽油品质较差的现象^[6, 8-9]。因此进行合理的油茶授粉配置研究是油茶产业发展的重要研究方向^[6, 10]。在油茶授粉品种的配置研究中, 目前研究的品种主要包括‘长林’‘赣州油’‘三华’和‘湘林’系列等^[11-14], 具体研究内容主要聚焦于授粉配置对同系列内果实经济性状、坐果率及产量的影响, 从授粉配置的角度进行茶籽油品质的研究相对较少^[8, 15-16]。

茶籽油研究主要是从2方面来开展, 首先是对茶油中某类特定物质(多酚^[17-18]、多糖^[19]、乙醇提取物^[20]等)含量与活性测定, 其次是不同提取工艺^[21-22]、成熟度^[23]、环境因子^[24-26]、栽培方式^[27]等因素对茶油品质的影响分析。不同地区油茶茶籽油品质的研究中发现, 大多数油茶品种茶籽油的油酸含量在76%~83%, 亚油酸含量在5%~12%^[26, 28-33]。陈凌剑等^[8]、张琰等^[16]对湖北主栽油茶品种的授粉配置研究中, 不同授粉组合的油酸含量大致在78%~83%, 亚油酸含量大致在6%~14%, 其中大部分授粉组合的亚油酸含量集中在6%~10%。

总体来说, 学者们的研究已经有了许多成果, 但对于湖北省主栽品种的品种配置研究仍然存在空白, 同时从品种配置角度出发对特定品类茶籽油的筛选研究也较少。本研究以湖北省主栽油茶品种中的‘长林53’‘鄂油102’‘华金’及‘华鑫’4个品种为研究对象, 开展授粉配置试验, 测定各授粉组合的果实种仁脂肪酸组分含量, 进一步完善了油茶品种配置的体系, 同时为茶籽油的精细筛选提供了参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

黄梅县位于湖北省东南部, 长江中下游结合部北岸, 地处东经115°43′~116°07′, 北纬29°43′~30°18′。地势北高南低, 呈三级阶梯状倾斜, 海拔约50 m。亚热带季风气候, 冬冷夏热, 年降水量1270 mm, 年均气温16.8~17.2℃。试验点位于湖北省黄梅县杉木林场, 土壤类型为砂壤土; pH值为6.8; 有机质含量为1.25%, 土壤有效N、P、K含量分别为25、10、116 mg/kg。地势北高南低, 立地条件良好, 适合油茶生长。试验林始建于2011年, 原砧木品种嫁接, 密度2 m×3 m, 2020年调整密度为4 m×3 m, 常规抚育管理, 长势良好, 已进入盛产期。

试验林中, 与‘长林53’品种油茶林紧邻的主要品种为‘长林4’‘长林166’, 并栽有少量‘长林40’‘长林23’‘长林18’。其中, ‘鄂油102’‘华鑫’‘华金’油茶林并排栽植, 不远处还栽种有小面积的‘鄂油63’‘鄂油81’, 混栽林中有部分‘华硕’品种, 在授粉期间均未开花。

1.2 试验材料

试验材料为‘长林53’‘鄂油102’‘华金’及‘华鑫’4个油茶品种, 分别用53、102、HJ、HX表示。

1.3 授粉试验

1.3.1 授粉试验设计

设计了4个自交授粉组合, 12个异交授粉组合, 并以4个自然授粉作为对照, 具体见表1。

表1 授粉组合

母本(♀)	父本(♂)				自然授粉
	53	102	HJ	HX	
53	53×53	53×102	53×HJ	53×HX	53CK
102	102×53	102×102	102×HJ	102×HX	102CK
HJ	HJ×53	HJ×102	HJ×HJ	HJ×HX	HJCK
HX	HX×53	HX×102	HX×HJ	HX×HX	HXCK

每个组合授粉120朵花(3个重复, 每重复为40朵花, 每个重复选择4~5棵花朵盛开、长势良好、生长势基本一致的树进行授粉)。20个

组合分为 3 种授粉方式，分别为自交授粉：每个品种使用同品种的花粉进行人工控制授粉，挂牌标记；异交授粉：每个品种分别使用其他 3 个品种的花粉进行人工控制授粉，挂牌标记。自然授粉：不做任何处理，仅挂牌标记。授粉试验于 2021 年 11 月 7 日—11 月 14 日晴天的 9：00—17：00 进行。

1.3.2 人工授粉方法

采集各品种带有花苞的健壮花枝进行隔离水培，约 1 d 后收集花粉。授粉时选母本花蕾全白，即将开放的花苞，剥开花瓣，剪去雄蕊；用棉签蘸取足量花粉涂于雌蕊柱头；用医用胶带密封已授粉的柱头，注意密封时避免损伤雌蕊。每授完 1 个组合后，用 95% 乙醇处理镊子，更换授粉所用棉签。

1.3.3 脂肪酸组分含量测定

于 2022 年 10 月下旬采集各授粉组合的所有果实。采集果实后 48 h 内，剥出油茶籽粒，在烘箱中烘至恒质量后剥取种仁。将种仁样品送至国家林业和草原局经济林产品质量检验检测中心（杭州）进行检验。检测中心使用 8890 型号气相色谱仪（Agilent，美国）测定各组合茶籽油的脂肪酸组分含量（GB 5009.168—2016^[34]）。测定指标包括棕榈酸 C16:0、棕榈烯酸 C16:1、硬脂酸 C18:0、油酸 C18:1n9c、亚油酸 C18:2n6c、 α -亚麻酸 C18:3n3、顺-11-二十碳烯酸（又称花生烯酸）C20:1。计算不饱和脂肪酸总量，即棕榈烯酸、油酸、亚油酸、 α -亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸含量之和。

1.4 数据分析

利用 Excel 2016 对数据进行统计分析。使用 IBM SPSS Statistics 27 对数据进行相关性分析。使用 Origin 2022 软件作图。

2 结果与分析

2.1 初步分析

脂肪酸组分含量测定表明，4 个母本组合间脂肪酸的组分大致相同，各脂肪酸总含量的变化规律基本一致，即油酸总含量>棕榈酸及亚油酸>硬脂酸>顺-11-二十碳烯酸> α -亚麻酸>棕榈烯酸。各组合中 7 种脂肪酸的变化见表 2。

对表 2 进行初步分析，可以看出有 3 个授粉组合（‘华鑫’自交、‘华鑫’ $\times$ ‘华金’‘长林 53’ $\times$ ‘鄂油 102’）与其他组合的脂肪酸组分差异较大。为了避免异常值的影响，使用箱线图进行异常值的判定。

四分位距是第 1 个和第 3 个四分位数之间的间距，可以表示各变量的分散程度，超出 1.5 倍四分位距的数值可以被看作异常值^[35]。由图 1 可知，除硬脂酸外，其余脂肪酸组分均存在 2~3 个异常值。顺-11-二十碳烯酸含量较低，分布较为集中，3 个异常值与其他值差异并不大，考虑保留。除顺-11-二十碳烯酸以外，其他脂肪酸组分的异常值均来自于‘华鑫’自交、‘华鑫’ $\times$ ‘华金’‘长林 53’ $\times$ ‘鄂油 102’3 个授粉组合，且变异程度较大。为了避免影响分析的准确性，将这 3 个授粉组合排除后对余下的 17 个授粉组合进行分析。

表 2 不同授粉组合的脂肪酸组分含量
Table 2 Contents of fatty acid components in different pollination combinations

母本 (♀)	父本 (♂)	棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	顺-11-二十 碳烯酸	不饱和脂肪酸 总量
102	CK	8.54	0.10	2.66	80.43	7.45	0.35	0.47	88.80
	102	8.40	0.11	1.55	78.67	10.27	0.47	0.50	90.01
	53	8.44	0.12	1.65	79.13	9.75	0.42	0.50	89.93
	HJ	8.30	0.10	2.63	81.33	6.70	0.35	0.47	88.95
	HX	8.02	0.09	2.69	82.10	6.27	0.33	0.49	89.29
53	CK	7.85	0.09	1.85	81.90	7.46	0.35	0.49	90.29
	102	10.40	0.25	1.25	69.47	17.50	0.65	0.52	88.39
	53	8.19	0.10	1.82	80.77	8.30	0.34	0.50	90.00
	HJ	8.70	0.11	1.64	78.70	9.90	0.44	0.50	89.65
	HX	8.37	0.10	2.52	81.50	6.66	0.35	0.49	89.10

续表 2

母本 (♀)	父本 (♂)	棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	顺-11-二十 碳烯酸	不饱和脂肪酸 总量
HJ	CK	8.02	0.09	1.90	81.80	7.38	0.33	0.50	90.10
	102	7.74	0.08	2.37	84.00	5.06	0.27	0.49	89.90
	53	8.23	0.11	2.30	82.17	6.39	0.32	0.49	89.47
	HJ	7.95	0.09	2.23	82.63	6.35	0.28	0.47	89.82
	HX	7.66	0.08	2.31	83.00	6.15	0.27	0.49	89.99
HX	CK	8.46	0.12	1.81	78.60	10.07	0.44	0.51	89.74
	102	7.92	0.09	2.05	83.10	6.05	0.29	0.48	90.00
	53	8.44	0.12	1.63	78.87	10.03	0.42	0.51	89.95
	HJ	10.90	0.27	1.40	66.07	20.03	0.84	0.49	87.70
	HX	10.60	0.25	1.39	66.60	20.00	0.74	0.49	88.08

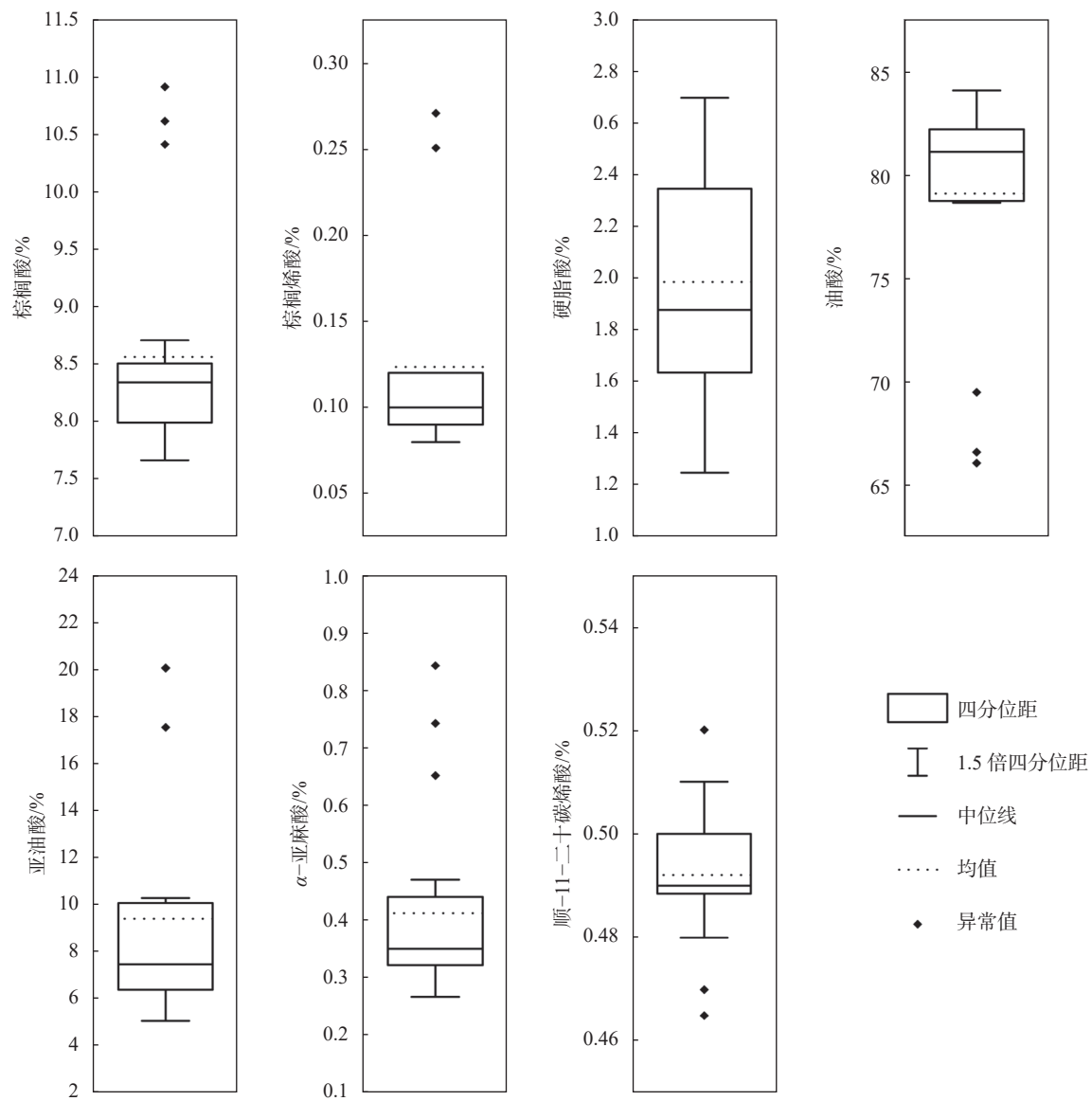


图 1 茶籽油脂肪酸组分含量箱线图
Fig. 1 Box-plot of fatty acid components in *C. oleifera* seed oil

2.2 授粉组合对脂肪酸组分含量的影响

由表 2 可知，17 个授粉组合的各脂肪酸组分含量的变化规律。

油酸含量为 78.60%~ 84.00%，极差为 5.40%。‘华金’母本的授粉组合全部高于 80%。油酸含量超过 83% 的组合有‘华金’× ‘华鑫’，‘华金’× ‘鄂油 102’，‘华鑫’× ‘鄂油 102’。其中，‘华金’× ‘鄂油 102’的含量最高（84.00%）。在这些组合中，‘华金’× ‘华鑫’，‘华金’× ‘鄂油 102’2 个组合油酸含量较明显高于同母本的自交授粉，说明授粉品种明显提高了其油酸含量。

棕榈酸含量为 7.66%~ 8.70%，极差为 1.04%。母本为‘长林 53’的棕榈酸含量极差为 0.85%，相对较大。棕榈酸含量>8.4% 的授粉组合有 5 个，即‘鄂油 102’自交授粉、‘鄂油 102’自然授粉、‘鄂油 102’× ‘长林 53’，‘华鑫’自然授粉、‘华鑫’× ‘长林 53’。

亚油酸含量为 5.06%~ 10.27%，极差为 5.21%。较大的极差说明了授粉品种对亚油酸含量影响较为明显，有较大的改良空间。在本研究中，大部分人工授粉组合亚油酸含量均低于自交授粉，说明授粉品种降低了其亚油酸含量。‘长林 53’× ‘华金’是一个例外，其亚油酸含量明显高于‘长林 53’自交授粉。总体来看，亚油酸含量略高于 10% 的组合分别为‘鄂油 102’自交授粉、‘华鑫’× ‘华金’，‘华鑫’自然授粉。‘华金’自然授粉、‘鄂油 102’自交授粉、

‘鄂油 102’× ‘长林 53’及‘长林 53’× ‘华金’的亚油酸含量在同母本中也相对较高。经过观察可以发现，大部分亚油酸含量高的授粉组合的油酸含量较低，棕榈酸和 α -亚麻酸含量较高，可能存在连带关系。

硬脂酸含量为 1.63%~ 2.69%，极差为 1.06%。硬脂酸含量>2.5% 的授粉组合有 4 个，即‘鄂油 102’自然授粉、‘鄂油 102’× ‘华金’，‘鄂油 102’× ‘华鑫’，‘长林 53’× ‘华鑫’。顺-11-二十碳烯酸含量为 0.47%~ 0.51%，极差为 0.04%。该脂肪酸含量较低（0.5% 左右），极差较小（0.05%）。 α -亚麻酸含量为 0.27%~ 0.47%，极差为 0.2%。含量在 0.4% 以上的组合有 5 个，即‘鄂油 102’自交授粉、‘鄂油 102’× ‘长林 53’，‘长林 53’× ‘华金’，‘华鑫’自然授粉、‘华鑫’× ‘长林 53’。棕榈烯酸含量为 0.08%~ 0.12%，极差为 0.04%。棕榈烯酸含量< 0.1% 的授粉组合有 7 个，即‘鄂油 102’× ‘华鑫’，‘长林 53’自然授粉、‘华金’自然授粉、‘华金’× ‘鄂油 102’，‘华金’自交授粉、‘华金’× ‘华鑫’，‘华鑫’× ‘鄂油 102’。

此外，17 个授粉组合所涉及的每种脂肪酸其含量各有差别，按照脂肪酸含量进行排名可以得到表 3。由表 3 可知，在 35 个排名前 5 的组合中，‘华鑫’× ‘长林 53’及‘鄂油 102’× ‘长林 53’各占 5 个、‘华鑫’自然授粉和‘长林 53’× ‘华金’各占 4 个（表 3）。

表 3 各脂肪酸组分含量排名前 5 的授粉组合
Table 3 Top 5 pollination combinations with the contents of each fatty acid component

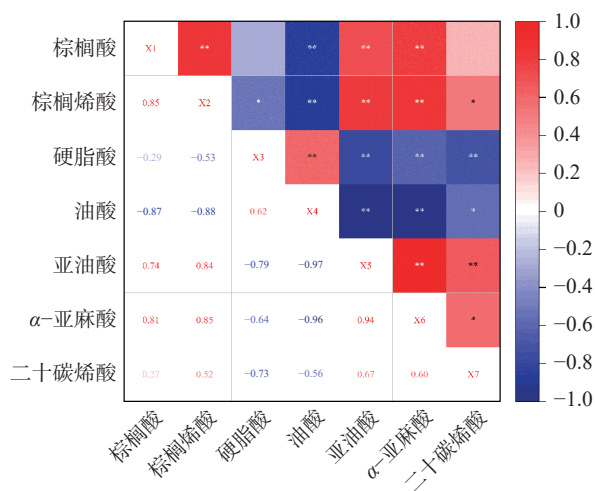
脂肪酸	授粉组合排名				
	1	2	3	4	5
棕榈酸	53 × HJ	102CK	HXCK	102 × 53	HX × 53
棕榈烯酸	HX × 53	102 × 53	102CK	53 × HJ	HJ × 53
硬脂酸	102 × HX	102CK	102 × HJ	53 × HX	HJ × 102
油酸	HJ × 102	HX × 102	HJ × HX	HJ × HJ	HJ × 53
亚油酸	102 × 102	HXCK	HX × 53	53 × HJ	102 × 53
α -亚麻酸	102 × 102	53 × HJ	HXCK	HX × 53	102 × 53
顺-11-二十碳烯酸	HXCK	HX × 53	102 × 53	102 × 102	53 × 53

2.3 脂肪酸组分含量的相关性分析

经过数据分析可以看出，不同的脂肪酸组分之间存在一定的相关性，因此对测定的 7 种脂肪酸进行皮尔逊相关性分析^[36-37]，具体结果见图 2。

由图 2 可知，大部分脂肪酸组分含量之间具有较强的相关性。可以看出，油酸与亚油酸、棕榈酸、棕榈烯酸、 α -亚麻酸均极显著负相关（ $P < 0.01$ ），与硬脂酸极显著正相关（ $P < 0.01$ ）；亚

油酸与除了油酸和亚油酸以外其他的脂肪酸组分均显著正相关 ($P < 0.05$)。说明在茶籽油中这几种脂肪酸含量间存在连带关系。



*表示显著相关 ($P < 0.05$), **表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

图 2 脂肪酸组分含量的相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of fatty acid component content

3 结论与讨论

本研究中对于脂肪酸含量的相关性分析中发现, 油酸与除了硬脂酸以外的其他脂肪酸组分极负相关, 这与人研究结果基本一致^[31, 38]。在这些前人的研究中, 亚麻酸与油酸基本无相关性, 而在本研究中则是极显著负相关, 推测这与油茶品种和立地条件有关。

不同品种之间的油茶茶籽油品质会有很大差异^[31-32, 39], 不同的授粉品种也会对茶籽油品质产生影响^[8, 15-16]。对本研究与相关文献^[8, 16]中相同母本不同父本授粉组合的脂肪酸含量进行比较后, 并没有发现较为显著的规律。不同的品种对于相同父本的授粉, 其果实的脂肪酸含量会有较大的差异, 不存在某个授粉品种对于所有的母本的某种脂肪酸含量均有明显影响的现象, 推测这与不同品种的遗传力和配合力差异有关^[40-41]。

‘华金’母本的授粉组合不饱和脂肪酸总量均较高, ‘华鑫’ × ‘鄂油 102’ 和 ‘鄂油 102’ 自交授粉, ‘华鑫’ × ‘长林 53’ 的不饱和脂肪酸总量较高。如果要获取不饱和脂肪酸总量高的茶籽油, 在种植时可以考虑主栽 ‘华金’ 和 ‘鄂油 102’ 2 个品种, 少量配植 ‘长林 53’ 或 ‘华鑫’ 等作为授粉品种。由于不同授粉组合的不饱和脂肪酸总量绝对值相差不大 (极差仅有 1.49%), 说明本研究选择的授粉品种对不饱和脂肪酸总量影响并不明显。品种配置方案还需通过

后续与其他品种的授粉试验进一步探究与细化。

油酸是油茶籽油中最主要的饱和脂肪酸组分。‘鄂油 102’ 母本的授粉组合油酸含量整体较低。在不考虑异常值的情况下, 8 个异交人工授粉组合中有 6 个组合的油酸含量高于其对应母本的自交授粉, 占比 75.00%, 如果考虑异常值占比会更高。其中, ‘鄂油 102’ 的人工授粉组合油酸含量均高于自交授粉, ‘华金’ 母本则是有 2 个人工授粉组合高于自交授粉。总的来看, 授粉品种配置可以提高大部分授粉组合的油酸含量。油酸含量超过 83% 的组合有 ‘华金’ × ‘华鑫’, ‘华金’ × ‘鄂油 102’, ‘华鑫’ × ‘鄂油 102’; ‘华金’ 母本的授粉组合的油酸含量均较高。因此, 如果要获取高油酸含量茶籽油, 可以主栽 ‘华金’, 配植 ‘鄂油 102’ 与 ‘华鑫’ 作为授粉品种。

亚油酸是一种茶籽油中重要的饱和脂肪酸组分, 其不能在人体中合成, 具有重要的生理功能。在本研究中, 亚油酸含量的变异程度较大。经计算, 在去掉异常值后, 亚油酸含量的变异系数依然有 22.37%。大部分的授粉组合亚油酸含量没有超过 10%, ‘华金’ 母本的授粉组合亚油酸含量普遍较低。与油酸类似, 在不考虑异常值的情况下, 8 个异交人工授粉组合中有 6 个组合的亚油酸含量低于其对应母本的自交授粉, 占比 75.00%, 如果考虑异常值占比会更高。总的来看, 授粉品种配置会降低大部分授粉组合的亚油酸含量。亚油酸含量较高的组合有: ‘鄂油 102’ 自交授粉、‘华鑫’ × ‘长林 53’, ‘华鑫’ 自然授粉 (以上 3 个组合的含量略高于 10%)、‘鄂油 102’ × ‘长林 53’, ‘长林 53’ × ‘华金’ (以上 2 个组合的含量略低于 10%)。因此, 单独栽种 ‘鄂油 102’ 或主栽 ‘华鑫’ 配植 ‘长林 53’, 可获取高亚油酸含量茶籽油。‘华鑫’ × ‘长林 53’ 的亚油酸含量虽然较高, 但仍然略低于 ‘华鑫’ 自然授粉。这说明从提高亚油酸含量的角度来看, ‘华鑫’ 母本还有更好的授粉品种, 需要后续进一步探究。此外, 除顺-11-二十碳烯酸外, 其他的不饱和脂肪酸含量较低, 且均与亚油酸呈现连带关系, 品种配置方案与亚油酸基本一致。

值得注意的是, 经过本研究与相关文献的研究^[8, 16, 23, 31]发现, 亚油酸含量较高的茶籽油往往油酸含量较低。在实际生产中, 2 种生产目标导向的品种配置方案可能会有所冲突。

顺-11-二十碳烯酸又称巨头鲸鱼酸,它与其他不饱和脂肪酸组分相关性较低。本研究中顺-11-二十碳烯酸含量较低,且极差较小,变异程度较小,此处不再单独讨论。

种仁含油量往往也是在实际生产中被考虑的重要因素。李寄凡等^[42]的相关研究中,对于授粉组合的种仁含油量进行了测定。‘华金’和‘鄂油102’母本的种仁含油量相对较高。如果结合种仁含油量和脂肪酸含量2方面进行综合考虑,那么高油酸含量的品种配置组合为‘华金’×‘华鑫’,‘华金’×‘鄂油102’;高亚油酸含量的品种配置组合为‘鄂油102’×‘长林53’。以上几个组合含油率高,特定的脂肪酸含量高,是较为理想的授粉组合。

在油茶生长成熟过程中,各脂肪酸组分之间会相互转化,采收较晚的油茶果实含油率以及油脂中不饱和脂肪酸比例高于采收早的果实^[43];油酸在生长发育过程中由饱和脂肪酸转化而来,而在果实成熟过程中,亚油酸也在不断向油酸转化^[44]。研究中还发现随着成熟度的增加,油酸和单不饱和脂肪酸含量持续增加,而亚油酸和多不饱和脂肪酸含量降低,饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量的变化幅度较小^[23]。本研究中,‘华鑫’×‘华金’,‘长林53’×‘鄂油102’和‘华鑫’自交3个组合的脂肪酸组分含量与其他授粉组合差异较为明显:油酸含量较低,亚油酸含量以及棕榈酸、棕榈烯酸和 α -亚麻酸含量较高。推测在油茶果实生长过程中,不同成熟度的差异导致了不同授粉组合脂肪酸组分之间的转化进程有差异,也就导致了本研究中3个异常值的产生。在本研究中,为了避免成熟度的影响,已经做了准备工作和判别工作。授粉时已经做了多个重复,排除了偶然误差;参考相关研究的成熟度判别方法^[23]和经验,在摘果时基本判定了果实成熟:采摘时果实有微微开裂,同一母本不同授粉组合果实的裂痕数量大致相同;果皮茸毛基本脱落;果皮颜色发黄。但即使如此,作为3个极为突出的异常值,本研究从严谨起见还在试验分析中将其排除在外。对于这种现象的产生,后期试验可对油茶果实发育过程中脂肪酸组分含量变化动态做进一步的探究。

以湖北省4个主栽品种进行授粉配置,对子代果实茶籽油的脂肪酸性状进行了测定分析。油酸含量较高的人工授粉组合有:‘华金’×‘华鑫’,‘华金’×‘鄂油102’,‘华鑫’×‘鄂

油102’;亚油酸含量较高的人工授粉组合有:‘鄂油102’自交授粉、‘华鑫’×‘长林53’。为了获取高油酸茶籽油可以主栽‘华金’,配植‘鄂油102’与‘华鑫’作为授粉品种;获取高亚油酸的茶籽油可以单独栽种‘鄂油102’或主栽‘华鑫’配植‘长林53’作为授粉品种。本研究进一步完善了油茶品种配置的体系,为茶籽油的精细筛选提供了参考。

[参 考 文 献]

- [1] 庄瑞林. 中国油茶 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [2] 董莹莹. 三萜类化合物和脂肪酸指纹图谱在油茶籽油真伪鉴别中的应用研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2021.
- [3] 龙正海, 王道平. 油茶籽油与橄榄油化学成分研究 [J]. 中国粮油学报, 2008, 23(2): 121-123.
- [4] 刘地, 杨阔, 杜倩洁, 等. 褪黑素诱导增强生防芽孢杆菌 DZY 6715 对油茶炭疽病的抑制作用 [J]. 西部林业科学, 2023, 52(6): 94-102.
- [5] 何方, 姚小华. 中国油茶栽培 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [6] 田丰, 陈银霞, 钟秋平, 等. 油茶花粉直感效应和品种配置研究 [J]. 林业科学研究, 2023, 36(3): 41-49.
- [7] 陈永忠. 我国油茶科技进展与未来核心技术 [J]. 中南林业科技大学学报, 2023, 43(7): 1-22.
- [8] 陈凌剑, 张琰, 廖国旺, 等. 湖北省三个油茶主栽品种的授粉品种选择研究 [J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(5): 1030-1036.
- [9] 常维霞, 姚小华. 油茶无性系自交亲和性分析 [J]. 林业科学研究, 2016, 29(4): 508-514.
- [10] 付静, 覃盈盈, 邓荫伟, 等. 人工授粉对油茶坐果率的影响 [J]. 福建林业科技, 2023, 50(1): 66-70.
- [11] 曹永庆, 姚小华, 林萍, 等. ‘长林’系列油茶良种的品种配置优化 [J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(9): 7-11.
- [12] 谢再成, 钟培星, 魏本柱, 等. ‘赣州油’系列油茶品种配置筛选 [J]. 经济林研究, 2020, 38(3): 9-15.
- [13] 杨露, 高超, 韦红莉, 等. 4个油茶良种授粉组合筛选试验研究 [J]. 种子, 2020, 39(11): 66-69, 74.
- [14] 刘慧敏, 敖书飞, 乌云塔娜. ‘湘林’系列油茶授粉品种配置模式研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(4): 17-24.
- [15] 刘慧斌. 高州油茶4个新品种开花结实特性研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2023.
- [16] 张琰, 陈凌剑, 程一鸣, 等. 湖北省五个主栽油茶品种的授粉品种配置 [J]. 湖北民族大学学报(自然科学

- 版), 2021, 39(2): 121–127, 143.
- [17] 魏征, 郭咪咪, 王雅朦, 等. 油茶籽油多酚化合物研究进展 [J]. *食品科学*, 2021, 42(3): 311–320.
- [18] Yang G L, Qi Z W, Shan S J, et al. Aqueous assembly of AgNPs with camellia seed cake polyphenols and its application as a postharvest anti-*Penicillium digitatum* agent via increasing reactive oxygen species generation [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2023, 206: 112516.
- [19] Feng S L, Zhang J, Luo X, et al. Green extraction of polysaccharides from *Camellia oleifera* fruit shell using tailor-made deep eutectic solvents[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, 253(Pt 6): 127286.
- [20] 林欣, 李杨, 詹森, 等. 油茶籽乙醇提取物代谢物组成及其抗炎活性 [J]. *食品科学*, 2023, 44(2): 304–311.
- [21] 张园园, 刘畅, 邵颖, 等. 信阳茶油提取工艺优化及脂肪酸组成分析 [J]. *食品研究与开发*, 2023, 44(13): 153–159.
- [22] Fang Z Y, Li G Z, Gu Y, et al. Flavour analysis of different varieties of camellia seed oil and the effect of the refining process on flavour substances [J]. *LWT*, 2022, 170: 114040.
- [23] 叶甜甜, 刘雪, 梁晓婕, 等. 2 个品种不同成熟度油茶果实品质差异比较 [J]. *中国油脂*, 2023, 48(6): 85–90.
- [24] 陈毓静, 王琳琳, 陈小鹏, 等. 广西河池、百色和梧州油茶种子含油率和脂肪酸组成测定 [J]. *食品科学*, 2011, 32(8): 172–176.
- [25] Yu J, Yan H Q, Wu Y G, et al. Quality evaluation of the oil of *Camellia* spp [J]. *Foods*, 2022, 11(15): 2221.
- [26] 姚小华, 王亚萍, 王开良, 等. 地理经纬度对油茶籽中脂肪及脂肪酸组成的影响 [J]. *中国油脂*, 2011, 36(4): 31–34.
- [27] Xie S L, Li D M, Liu Z Y, et al. Foliar fertilizer application alters the effect of girdling on the nutrient contents and yield of *Camellia oleifera* [J]. *Life*, 2023, 13(2): 591.
- [28] 刘莉, 黎锐, 李星儀, 等. 四川雅安引进油茶品种含油率及茶油品质分析 [J]. *中国粮油学报*, 2019, 34(12): 53–58.
- [29] Liu L, Feng S L, Chen T, et al. Quality assessment of *Camellia oleifera* oil cultivated in southwest China [J]. *Separations*, 2021, 8(9): 144.
- [30] Gao S, Wang B F, Liu F D, et al. Variation in fruit morphology and seed oil fatty acid composition of *Camellia oleifera* collected from diverse regions in southern China [J]. *Horticulturae*, 2022, 8(9): 818.
- [31] 杨雨晨, 陈娟娟, 姚小华, 等. 50 个普通油茶果实性状综合评价 [J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(12): 175–182.
- [32] 龚守富, 朱赞彬. 6 个油茶果实经济性状及茶油品质比较分析 [J]. *森林工程*, 2022, 38(3): 40–46.
- [33] 曾海涛, 徐皓, 郑涛, 等. 汉中地区 6 个本地油茶品种茶籽油的品质分析与综合评价 [J]. *西北林学院学报*, 2023, 38(5): 147–152.
- [34] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [35] 朱秀芳, 李原, 郭锐. 基于孤立森林的水体异常快速发现与识别 [J]. *遥感技术与应用*, 2023, 38(5): 1126–1135.
- [36] 杨学乐, 王素华, 张璐, 等. 不同绿豆品种 (系) 的光合特性及综合评价 [J]. *云南农业大学学报 (自然科学)*, 2024, 39(1): 18–25.
- [37] 姜飘, 范体凤, 翁殊斐, 等. 木质与草质藤本叶性状及对不同光环境的适应策略 [J]. *西南林业大学学报 (自然科学)*, 2024, 44(2): 202–208.
- [38] 季琳琳, 陈素传, 姚小华, 等. 19 个油茶品种果实主要经济性状和油脂品质的差异分析 [J]. *中国农学通报*, 2024, 40(1): 20–27.
- [39] 陈素传, 季琳琳, 姚小华, 等. 油茶品种果实主要经济性状和营养成分的差异分析 [J]. *经济林研究*, 2022, 40(2): 1–9.
- [40] 王志宏, 雍成文, 陈刚, 等. 基于 CDDP 与 ITS 的油茶遗传多样性分析 [J]. *中国油料作物学报*, 2022, 44(1): 94–102.
- [41] 牛慧敏, 张振, 邱勇斌, 等. 杉木高世代杂交子代生长与木材性状遗传分析 [J]. *森林与环境学报*, 2024, 44(2): 120–126.
- [42] 李寄凡, 程一鸣, 潘冬梅, 等. 授粉品种对油茶结实及果实主要性状的影响 [J]. *湖北民族大学学报 (自然科学版)*, 2024, 42(1): 26–32.
- [43] 罗凡, 费学谦, 郭少海, 等. 油茶果采收及干燥方式对油茶籽油品质的影响 [J]. *中国油脂*, 2015, 40(11): 69–73.
- [44] 姚小华. 油茶资源与科学利用研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 48.

(责任编辑 冯 雪)