



程钦华, 徐奥文, 任志华, 等. 江西 10 个主栽油茶品种花器特性与结实率研究[J]. 江西农业大学学报, 2023, 45(4): 905–914.

CHENG Q H, XU A W, REN Z H, et al. Floral organ characteristics and fruiting rate of 10 main *Camellia oleifera* varieties in Jiangxi Province[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2023, 45(4): 905–914.

江西 10 个主栽油茶品种花器特性 与结实率研究

程钦华¹, 徐奥文¹, 任志华¹, 程 离¹, 陈 晓¹,
张运煜¹, 刘 娟¹, 左 静², 胡冬南^{1*}

(1. 江西农业大学 林学院/江西省森林培育重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 江西省余干县林业局, 江西 余干 335100)

摘要:【目的】油茶(*Camellia oleifera* Abel.)作为江西省重要的经济林树种,而目前存在于各个油茶林地内的品种不一,同时也导致油茶在实际生产上还存在着结实不一的问题,为深入了解不同油茶品种结实方面的特性,优化不同油茶品种的种植配置,进而提高产量。【方法】以江西省主栽的 10 个油茶品种为研究对象,在相同的立地条件下对这些品种的花器生物学特性和结实能力进行跟踪调查测定,并分析了这些油茶品种的花粉萌发率、柱头可授性、花器形态特征及它们在自然授粉结实方面的特性。【结果】通过研究发现,不同品种的花粉和柱头活力存在着在不同程度的差异,大部分品种的花粉在离体 24 h 后活力便开始下降,在 72 h 后花粉活力保持在 50% 以上的只有赣无 2、赣无 11、赣石 84–8 和赣永 5 这 4 个品种,说明这 4 个品种的花粉具有保存更长时间的能力,长林 18 虽在开始时萌发率最高,但 72 h 后降到最低;在柱头活力上,10 个品种均呈现先升后降的趋势,在培养 3 d 后柱头可授性都达到峰值,其中最高的为赣永 5,最低的为赣无 2。不同品种的花器形态特征也存在很大差异,10 个品种中,长林 4 的花朵最小,长林 18 的最大;10 个品种的花丝均长于柱头,花丝长度为柱头的 1.5 倍左右,而柱头分裂数都较为一致的 3 个。赣永 5 的自然授粉结实率最高,长林 18 的最低。花器各性状中,花丝长度、柱头分裂数与结实率极显著相关、离体 72 h 后的花粉活力与结实率显著负相关。【结论】10 个品种花粉中能相对保存更久的为赣无 2、赣无 11、赣石 84–8 和赣永 5 这 4 个品种,人工辅助授粉的柱头活力在开花后第 3 天最佳;长林 18 的花最大,更易吸引昆虫来授粉,10 个品种的雄蕊均高于雌蕊,与结实相关的花器性状也仅有花丝长度、柱头裂数及 72 h 的花粉活力,而深入研究这些结实特性可为油茶在种植生产上品种配置提供一定的理论基础。

关键词:油茶;花粉萌发率;柱头活力;花器形态;自然授粉结实率

中图分类号: S794.4 文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1000-2286(2023)04-0905-10



Floral Organ Characteristics and Fruiting Rate of 10 Main *Camellia oleifera* Varieties in Jiangxi Province

CHENG Qinhu¹, XU Aowen¹, REN Zhihua¹, CHENG Li¹, CHEN Xiao¹,
ZHANG Yunyu¹, LIU Juan¹, ZUO Jing², HU Dongnan^{1*}

收稿日期: 2022-11-23 修回日期: 2023-04-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(32060362)和江西省林业局油茶研究专项(JXYCZX[2023]121)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(32060362) and Research Project for *Camellia oleifera* of Jiangxi Forestry Bureau(JXYCZX[2023]121)

作者简介: 程钦华, 硕士生, orcid.org/0000-0002-3887-5297, qinhua19990315@163.com; *通信作者: 胡冬南, 教授, 博士生导师, 主要从事经济林栽培与良种繁育研究, orcid.org/1587-9110-863, dnhu98@163.com。

(1.Jiangxi Provincial Key Laboratory of Silviculture/College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2.Jiangxi Yugan County Forestry Bureau, Yugan, Jiangxi 335100, China)

Abstract: [Objective] As an important economic forest species in Jiangxi Province, *Camellia oleifera* Abel. of different varieties exists in *Camellia oleifera* forest lands with different fruiting rates. By exploring the characteristics of different *Camellia oleifera* varieties, this study aims to optimize the planting configuration of different *Camellia oleifera* varieties, thus increasing the yield. [Method] 10 *Camellia oleifera* varieties mainly cultivated in Jiangxi Province were chosen as the research objects, the biological characteristics and fruiting ability of these cultivars were tracked and measured under the same site conditions, and the pollen germination rate, stigma receptivity, floral organ characteristics and their features of natural pollination and fruiting were analyzed. [Result] This study found that different varieties have different degrees of pollen and stigma vitality, the pollen of most varieties began to decline after 24 h of isolation. Only four varieties, Ganwu 2, Ganwu 11, Ganshi 84-8 and Ganyong 5, maintained more than 50% of pollen activity after 72 h, which also showed that the pollen of these four varieties could be preserved for a longer time. Changlin 18 had the highest germination rate at the beginning, then the rate dropped to the lowest level after 72 h. In terms of stigma vitality, all the 10 varieties showed a trend of rising initially and then decreasing, and the stigma receptivity reached a peak after 3 days of cultivation, the variety with the highest stigma receptivity was Ganyong 5 and the variety with the lowest was Ganwu 2. Among the 10 varieties, Changlin 4 had the smallest flowers and Changlin 18 had the largest; the filaments of the 10 varieties was longer than the stigma, the filigree length was about 1.5 times that of the stigma, and the number of stigma splits was three, which was relatively consistent among the varieties. The fruiting rate based on natural pollination is the highest in Ganyong 5 and the lowest in Changlin 18. Among the traits of floral organs, filigree length and stigma splitting number were significantly correlated with the fruiting rate, and pollen vitality after 72 hours of isolation was significantly negatively correlated with the setting rate. [Conclusion] Among the 10 varieties of pollen, the four varieties that could be relatively preserved for a longer time were Ganwu 2, Ganwu 11, Ganshi 84-8 and Ganyong 5, and the stigma vitality of artificial pollination was the best on the third day after flowering. The flowers of Changlin 18 are the largest and more likely to attract insects to pollinate, the stamens of 10 varieties are higher than the pistils; the characteristics of floral organs related to fruiting are filigree length, stigma lobes and 72 hours of pollen vitality. An in-depth study of these fruiting characteristics can provide theoretical basis for the variety allocation of *Camellia oleifera* in production.

Keywords: *Camellia oleifera*; pollen germination rate; stigma vitality; floral organ morphology; fruiting rate based on natural pollination

【研究意义】油茶(*Camellia oleifera* Abel.)属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)常绿乔木,其种子含油率较高,是极具生产价值的油用物种^[1]。在挖掘油茶生产潜力上,我国近几十年选育了一大批油茶良种,这些良种应用使我国茶油产量较20世纪有了一定的提升,但良种的表现仍不尽如人意,其中较为突出的是一直存在着花多果少、坐果率低、花而不实现象,使得油茶在产量及出油率方面一直很难得到突破性的进展^[2]。有研究报道,油茶是典型的自交不亲和植物,不存在无融合生殖和自花授粉等现象,导致其必须借助昆虫等其他生物传粉实现异花授粉才能结实^[3]。而油茶花期一般从10月到次年1月,花期处于晚秋和冬季,气候原因导致传粉昆虫匮乏,对油茶授粉产生了很大影响,使得只开花不结果的现象很普遍^[4]。因而了解不同油茶品种的结实特性,对改良不同油茶品种在生产中的配置,对油茶产量的提升显得尤为重要。【前人研究进展】油茶花粉质量是影响初始坐果率和产量的重要因素之一,其作为植物遗传信息的载体和交流工具,花粉生活力的高低也是作为评判花粉是否具备萌发和受精的重要指标^[5]。油茶花粉生活力测定方面已有较多的报道,何春燕等^[6]、王宇娟等^[7]在对离体当天的花粉培养发现,花粉的萌发率在39.6%~93.16%。油茶花为雌雄同株,雌蕊柱头的活力高低同样也是制约着油茶初始坐果率的

另一个重要因素^[8]。在对油茶柱头活力研究中,谢一清^[9]在对普通油茶和小果油茶这两个品种的柱头活力进行测定时,发现在柱头花开前就具备一定的活力,在开花后1~2 d内,柱头活力处于最高。王湘南等^[10]测定了5个油茶品种柱头活力,发现柱头活力在1~5 d内是有一定上升,而在另一方面活力也伴随着昼夜的变化而变化。油茶是两性花,属异花传粉类型,传粉依靠的是风媒和虫媒居多,油茶花白色,花大蜜多,这对吸引蜜蜂等传粉昆虫非常有利;同时油茶花柱头与花丝的相对高度也决定其授粉的难易^[11],朱雯^[12]的研究中发现雌蕊柱头长度相对高于花丝长度时,对于油茶的授粉有很大的提高。尽管前人在对油茶花器特性的研究很广泛,但并未将花器的特性整合起来进行一个综合研究。【本研究切入点】研究以10个油茶品种为调查对象,在相同的立地条件下对这些品种的花器生物学特性和结实能力进行跟踪调查测定。【拟解决的关键问题】明确不同品种花器的花粉活力、柱头可授性、形态特征与其结实方面的特性差异,为油茶良种应用及相关研究提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于江西农业大学科技园油茶基地内,地理位置东经115°49'36",北纬28°45'43",地处亚热带季风气候区,冬温夏热,年平均温度15~22℃,年降雨量超过1 000 mm,试验地内油茶品种共有18个品种,油茶种植密度为2 m×3 m。

1.2 试验材料

参试油茶品种均于2016年之前栽种,树龄为6~10年,均已投产。结合目前江西主栽油茶品种现状选取了10个6~10年生的主栽品种作为本研究的调查对象。这10个品种是:长林3(CL3)、长林4(CL4)、长林18(CL18)、长林166(CL166)、赣石83-4(GS83-4)、赣石84-8(GS84-8)、赣无1(GW1)、赣无2(GW2)、赣无11(GW11)、赣永5(GY5)。所调查的植株管理措施均一致。

1.3 花粉萌发率及柱头可授性检测

于2020年10月下旬对处于盛花期且顶部泛白的10个油茶品种的花苞进行采样,采样时尽量保证花苞下方留有7 cm以上的枝条,每个品种随机采集10份枝条,共100份。枝条采集后去除多余叶仅保留一片叶,简单处理带花苞的枝条后放入避光塑料袋中并立即带回实验室。将带回的枝条基部浸泡在1%浓度的蔗糖水中并将其置于阴凉处培养,用于花粉和柱头活性测定。

1.3.1 花粉离体萌发率测定 油茶花苞即将自然张开时立即取下雄蕊,将雄蕊置于硅胶干燥剂中散粉静置8 h,之后通过人工震荡分离花粉。收集的花粉分别置于干燥常温且通风的房间内,并且分别在0, 24, 48, 72 h取样培养。培养时使用消毒后的解剖针将花粉播撒在10%蔗糖、1%琼脂粉、0.01%硼酸基础琼脂糖培养基上,置于25℃的恒温箱中培养6 h,培养皿中保持湿润环境每个品种的花粉3个重复,使用可拍摄式电子显微镜,4×放大倍数拍摄花粉离体萌发情况,每个重复下至少选择5个清晰可辨的视野拍照记录和统计^[13]。

$$\text{离体花粉萌发率} = (\text{萌发的花粉数} / \text{花粉粒总数}) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 柱头可授性检测 油茶花苞开放后,分别再培养1, 3, 5 d,将这3个培养时间油茶花的柱头剪下,分别浸泡在含有联苯胺-过氧化氢溶液^[14]的玻片中,每个处理采集5朵花中的柱头浸泡在溶液中,使用电子显微镜对柱头上产生的气泡进行拍照及测定,气泡的数量反映柱头的可授性程度,重复3次。

1.4 花器形态特征观测

盛花期对10个品种的油茶花的外部特征进行拍照记录,记录内容包括花瓣数、花瓣长宽及花整体的形态特征、开张程度、柱头可露程度。并对油茶花的器官结构指标进行测量,测量的指标包括雄蕊群高度、柱头分裂数、柱头长度。

1.5 自然授粉结实率测定

于2020年9月下旬,在10个油茶品种的植株中分别选定36个标准春梢挂牌,统计每个春梢上的花芽数,2021年1月25日起,记录春梢果实的总数及春梢每个茎间上果实数。

$$\text{自由授粉结实率} = \text{挂牌春梢上果数} / \text{挂牌春梢上花芽数} \quad (2)$$

1.6 数据统计与分析方法

试验数据采用Excel 2010及SPSS statistics 26.0处理。

2 结果与分析

2.1 不同油茶品种离体花粉活性差异

图1是各品种花粉离体0, 24, 48, 72 h后培养测得的萌发率, 从图中可以发现, 随着花粉离体时间的增加, 所有品种离体的花粉萌发率都在下降, 但不同品种活力下降幅度存在较大差异。刚离体时(0 h), 各品种的花粉活力都很高, 花粉萌发率都在50%以上, 最高的为长林18, 为93.55%, 显著高于其他品种。花粉离体24 h时, 各品种的萌发率均有不同程度的下降, 下降幅度最大的是长林18, 其次是赣石84-8, 而长林166、赣无2、赣无11和赣永5 4个品种的降幅均小于5%, 但花粉萌发率仍保持在70%以上; 此时, 长林53的花粉活力却降至50%以下。花粉离体48 h时, 长林166和赣永5的萌发率基本没有降低, 赣无2、赣无11、赣石83-4和赣石84-8这4个品种的萌发率也保持在50%以上。花粉离体72 h后, 赣无2、赣无11、赣石84-8和赣永5 4个品种的萌发率还在50%以上, 赣石83-4的萌发率为46.82%, 其他5个品种的萌发率均在30%左右。由此可知, 不同品种花粉活力存在较明显的差异, 不同品种花粉离体后活力下降的快慢也不同, 长林18新鲜花粉活力最高, 但不耐存放, 长林166的花粉存放48 h内活力保持在70%以上, 但存放72 h后活力下降到30%以下, 而在存放72 h内赣无2、赣无11、赣石84-8和赣永5这4个品种新鲜花粉的活力相对较高, 相对更耐存放。

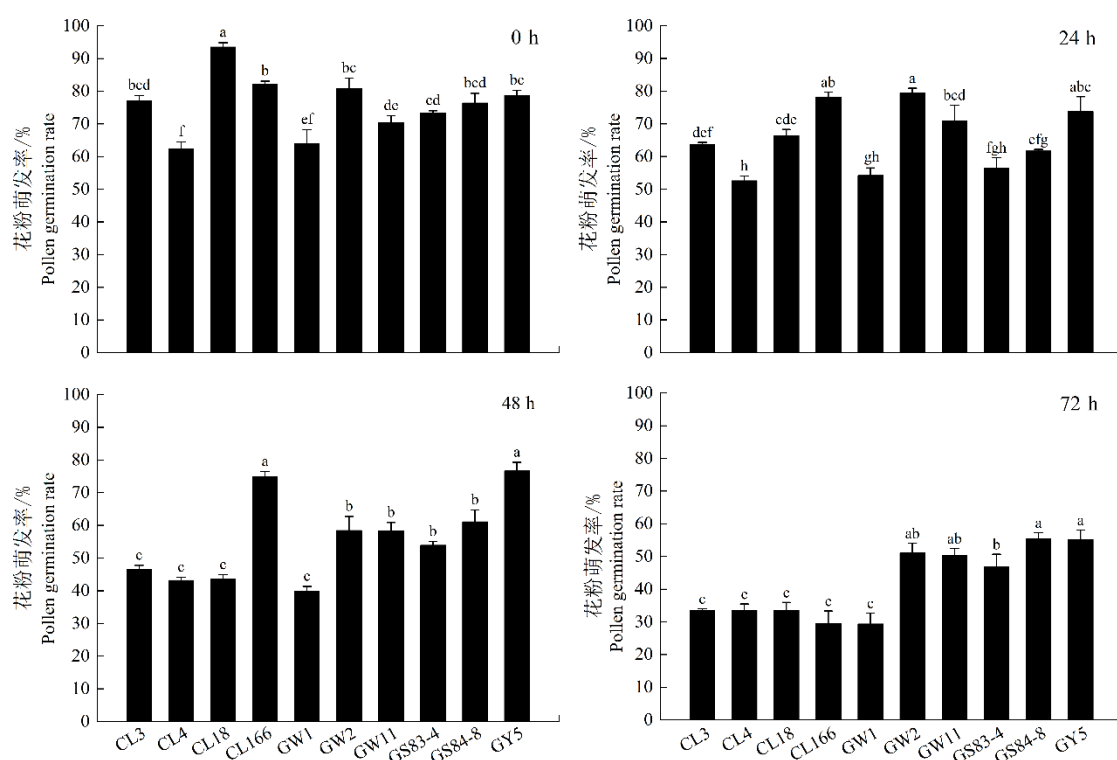


图1 各品种油茶花粉离体后的萌发率

Fig.1 Germination rate of pollen of various varieties of *Camellia oleifera* after leaving the body

2.2 不同品种油茶柱头可授性差异

对10个品种油茶花苞开放后0~5 d的柱头可授性进行测定, 结果显示(图2), 花苞开放后, 柱头活性整体呈先升后降趋势, 以开放后第3天时的活性最高, 但不同品种的变化规律不同, 各品种的可授性强弱也存在较大差异。花苞开放1 d后, 长林4的柱头可授性在10个品种中最高, 其平均气泡数达到了35.33个, 长林166可授性最低, 平均气泡数仅有21.67个。所有品种在培养3 d后柱头可授性都达到峰值, 其中最高的为赣永5, 最低的为赣无2, 但差异均没有达到显著水平。相比较1 d时, 柱头活力上升的品种中, 长林18、长林166的柱头活力上升程度最大, 长林4的上升程度最小。花苞开放5 d后, 所有品种柱头活力都

相继下降,下降程度最大的是长林 166,其气泡数最少,只有 22 个;下降最小的是赣石 83-4,此时柱头活力最高的是赣石 84-8,其次是赣石 83-4、赣无 1,气泡数均在 30 个以上。

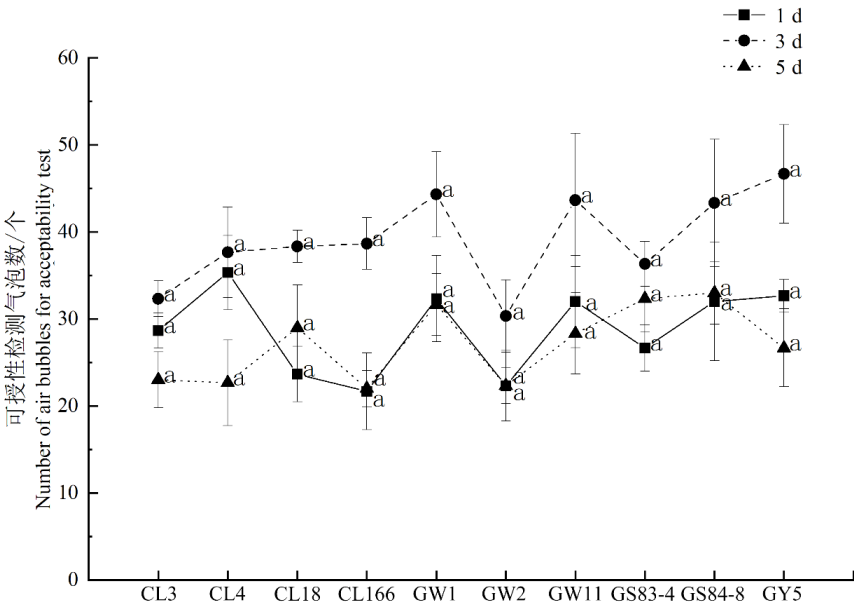


图2 花苞枝条开放 1,3,5 d 后柱头可授性气泡个数
Fig.2 After 1,3,5 days of blooming, the stigma can confer the number of bubbles

2.3 不同品种油茶花器形态特征分析

通过对本试验中的 10 个品种油茶花瓣长宽的调查发现,不同品种油茶在花瓣长宽及长宽比、长宽乘积存在很大差异(图 3)。不同品种油茶的花瓣长度都在 30~40 mm,花瓣的宽度在 18~24 mm,花瓣长宽乘积在 600~900 mm²,且多数品种的长宽比都维持在 1.5~2.0。在所有品种中长林 166 的花瓣长度最大,

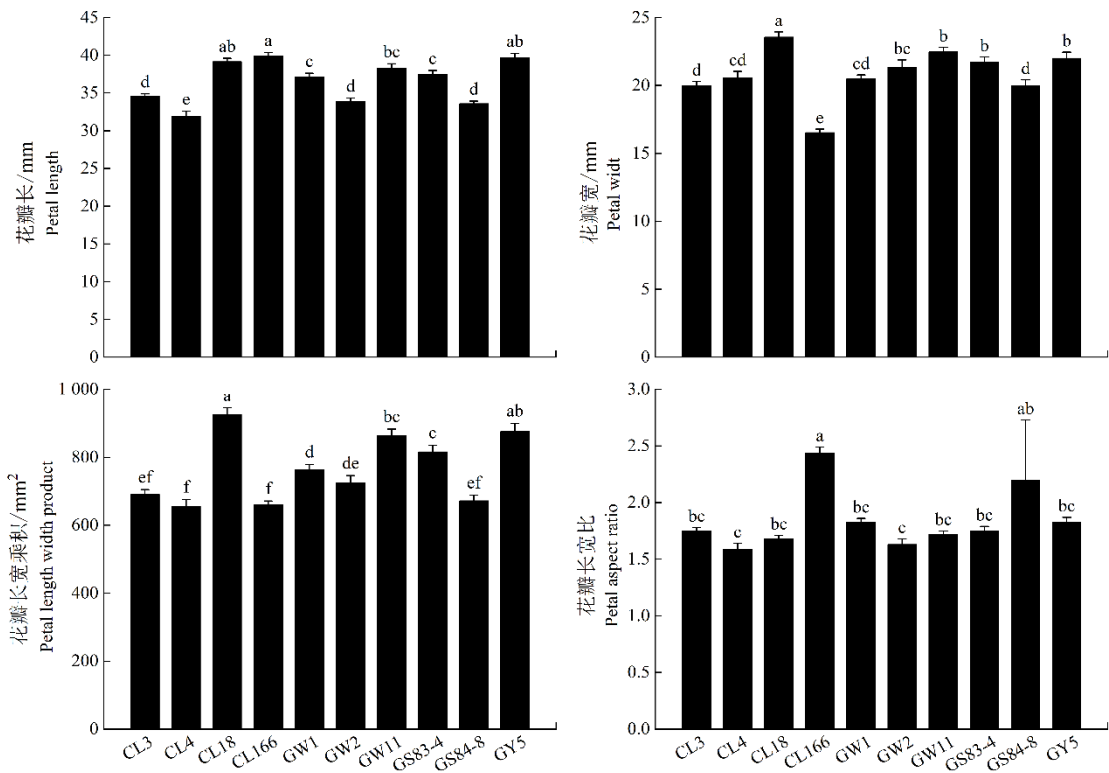


图3 不同品种油茶盛花期花瓣表型指标的差异
Fig.3 Differences in petal phenotypic indexes at the peak flowering period of different varieties of *Camellia oleifera*

但花瓣宽度则是最小的,因而其长宽比在所有品种中最大,是花瓣最为细长的油茶品种。长林4的花瓣长最小,花瓣宽也仅比长林166、长林3和赣石84-8这3个品种大一些,花瓣长宽乘积与长林166非常相近,为10个品种中最小,是花朵最小的两个品种,长林18是花朵最大的品种,其花瓣长仅次于长林166,宽是10个品种中最大的,且长宽乘积也是所有品种中最大。

图4是对盛花期10个品种油茶雌雄蕊形态特征调查,从图中可知,盛花期不同品种的油茶的雌雄蕊间存在较为明显的差异,各品种雄蕊群的花丝长度较为平均地分布在14~16 mm,雌蕊柱头长度在8~10 mm,柱头的裂数都在3~4裂,在比较中发现各品种的花丝长度与柱头长度比值在1.5左右。在调查结果中发现雄蕊花丝长度最长的是赣无11和赣石83-4,其次是长林166和赣无1,剩下的6个品种花丝长度较为平均,都为14 mm。不同品种油茶雌蕊柱头的长度存在着很明显的差异,长林4和赣永5的柱头长度在所有品种中是最小的,均为8.6 mm;而柱头长度最大的是赣石83-4,达到了11.8 mm,显著高于其他品种,调查结果还表明10个品种的花丝长度均比柱头的长度要大。赣石83-4的花丝长度和柱头长度在10个品种中是最大的,但花丝与柱头的比值却是最小的;花丝与柱头比值最大为长林4和赣永5,这两个品种的花丝长度都在14 mm左右,而雌蕊柱头却是10个品种中最小的。通过观测发现所有品种的柱头分裂数均在3~4裂,长林18是柱头裂数最多的品种,达到了4个;最少的是赣石84-8,仅有3个左右。

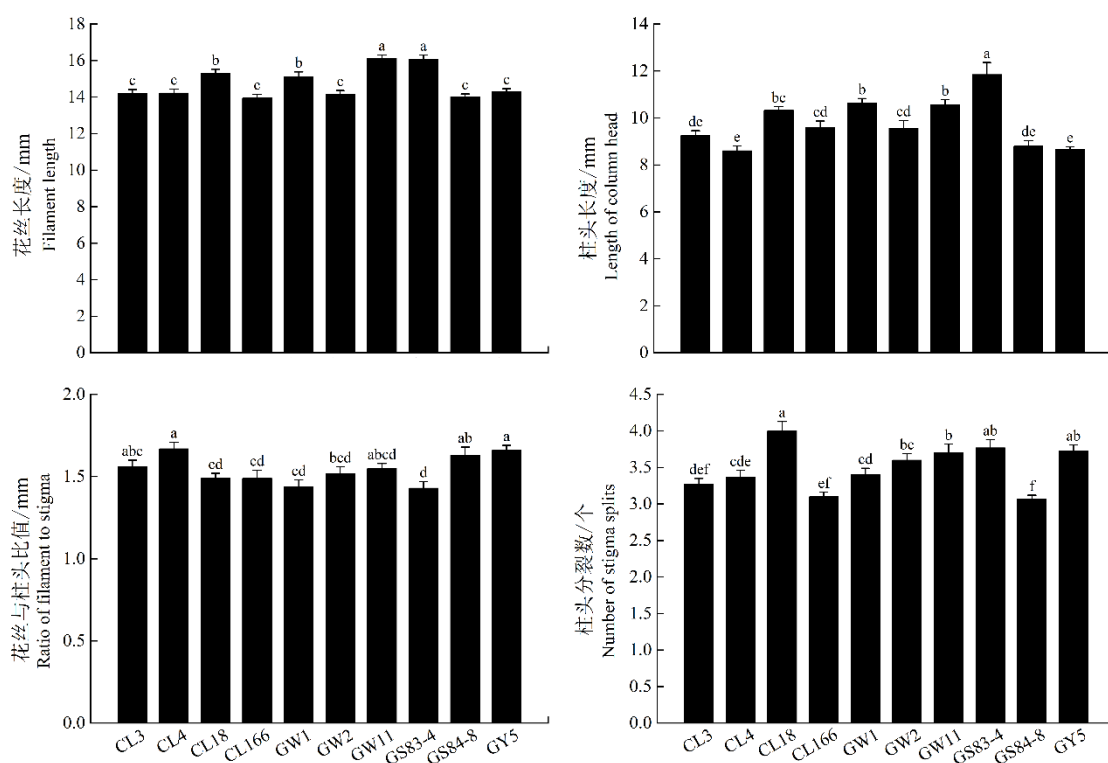


图4 不同品种油茶雌雄蕊表型指标的差异

Fig.4 Differences in phenotypic indexes of male and female stamens of different varieties of *Camellia oleifera*

2.4 自然授粉结实率差异

对10个品种油茶自然授粉结实率进行调查发现,这10个品种的自然授粉结实率在24.29%~64.65%。其中赣永5自然授粉结实率显著高于其他品种,是10个品种中最高的,达到了64.65%。而长林18却是10个品种中最低的,仅有24.29%(图5)。

2.5 油茶花器特性与结实率的相关性分析

对10个品种油茶的花器特性与结实率的相关性进行分析发现,花丝长度和柱头分裂数与结实率呈极显著正相关,72 h花粉萌发率与结实率呈显著负相关;花粉萌发率、柱头活力、花瓣长度和花瓣长宽比与结实率均呈现负相关,而花瓣宽度、花瓣长宽乘积、柱头长度、花丝与柱头比与结实率均呈现正相关(表1)。

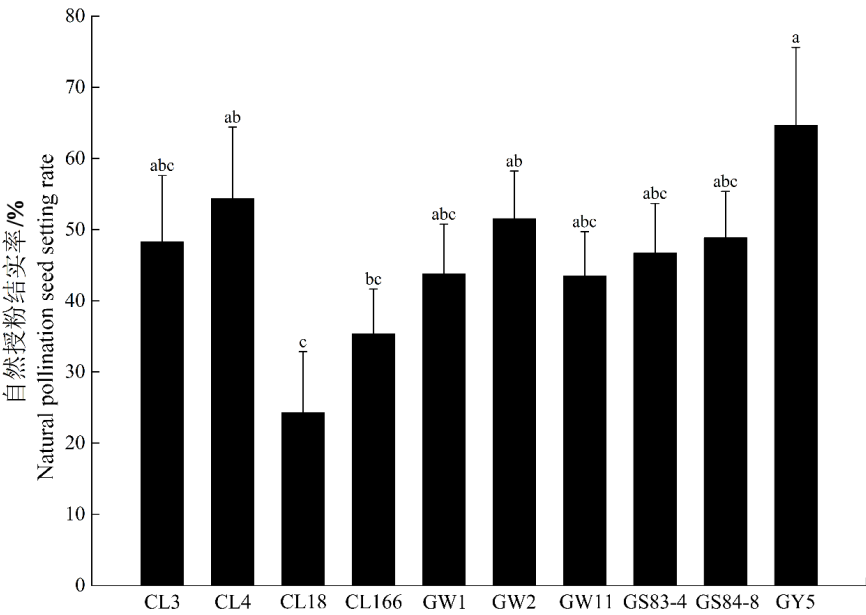


图5 不同品种油茶自然授粉结实率

Fig.5 Natural pollination and setting rate of different varieties of *Camellia oleifera*

表 1 油茶花器特性与结实率的分析

Tab.1 Analysis of the characteristics and setting rate of *Camellia oleifera*

花器特性 Floral characteristics	结实率 Seed setting rate	花器特性 Floral characteristics	结实率 Seed setting rate
0 h 花粉萌发率 0 h pollen germination rate	-0.119	花瓣宽度 Petal width	0.117
24 h 花粉萌发率 24 h pollen germination rate	-0.139	花瓣长宽乘积 Petal length width product	0.008
48 h 花粉萌发率 48 h pollen germination rate	-0.065	花瓣长宽比 Petal aspect ratio	-0.162
72 h 花粉萌发率 72 h pollen germination rate	-0.451*	花丝长度 Filament length	0.313**
1 d 柱头活力 1 d stigma vitality	-0.107	柱头长度 Length of column head	0.106
3 d 柱头活力 3 d stigma vitality	-0.065	柱头分裂数 Stigma fission number	0.297**
5 d 柱头活力 5 d stigma vitality	-0.079	花丝与柱头比 Filament to stigma ratio	0.124
花瓣长度 Petal length	-0.179		

*表示相关性达到 $P<0.05$ 显著水平;**表示相关性达到 $P<0.01$ 显著水平。
* means the correlation reaches the significant level of $P<0.05$; ** indicates that the correlation reaches a significant level of $P<0.01$.

3 讨论与结论

3.1 讨论

油茶作为典型的虫媒花,能自花结实,但也存在非常明显的自交不亲和性,而异花授粉能显著地提高坐果率,花粉的活力还有柱头的可授性很大程度影响着受精与结实^[15-16]。因品种的不同,油茶花粉萌

发率和柱头可授性之间存在显著的差异,通过对江西主栽的10个良种油茶花粉和柱头活力检测发现,各品种的花粉萌发率在离体后均呈现出下降的趋势。0 h的时候所有品种的花粉萌发率在14.86%~93.55%,此时的花粉萌发率也是离体后最高的时候;随时间推移花粉萌发率一直下降,72 h后所有品种花粉萌发率对比0 h下降了20%左右,其整体的花粉萌发率在2.43%~57.9%。而赣无2、赣无11、赣石84-8和赣永5等4个品种的花粉萌发率还保持在50%以上,这4个品种在1~3 d内用于人工辅助授粉是较优的选择。花苞枝条在离体培养的第3天,各个品种的柱头活力都达到了最高,人工辅助授粉选在这一时间段对提高坐果率有很好的效果。这些也都表明不同品种间的花粉活力和柱头活力存在显著差异,其中原因可能取决于不同品种自身遗传特性的不同。油茶作为秋冬季开花,在虫媒授粉上严重受到了气候的影响,其传粉昆虫也只会有一些适应了秋冬的气候^[17],而人工辅助授粉作为一种常规提高产量的方式应用于油茶上非常关键^[18]。通过试验发现在选择授粉品种时应该注重与主栽品种花期一致,其中不仅需要花粉萌发率较高,也要柱头活力处于最高,这对结实率的提高影响较大。

植株花器的大小,与品种自身的遗传特性、树体营养及花芽发育状况,以及当年气候条件、栽培管理措施等外界条件有关,但与品种的关系最为密切^[19-20]。花的大小也会影响野生授粉者的访花频率,花的外形较大对应的花粉较多,能给授粉者提供完善的营养物质,而且花粉更容易采集,所以能吸引更多的野生传粉蜜蜂到访^[21-22];柱头位于雌蕊的顶端,是接受花粉的部位,油茶花柱头的伸出程度、柱头表面积和雄蕊群的开口大小都会影响异种花粉的接收能力。花朵作为被子植物的生殖器官,其结构特征对传粉及交配有着很大的影响^[2],而油茶花部结构上也有着典型的虫媒花特征^[24]。本试验的10个油茶品种的花器形态特征差异显著,长林166花瓣长度最长,长林4最短;长林18花瓣最宽,长林166最短;长宽乘积长林18最大,长林4和长林166最小;长宽比长林166最大,长林4和赣无2最小。孙佩光等^[25]、魏兆兆等^[26]对红花油茶、浙江红山茶的花瓣长、花瓣宽等进行测定,研究发现这些植株的花瓣的长宽变异丰富。程离等^[27]以7个典型野生油茶生长区的群体为研究对象,结果表明,新县7个不同油茶群体间表型存在丰富的变异,其叶、花以及果的平均变异系数大小为果实(27.63%)>花(13.93%)>叶(11.71%)。与花瓣长宽比相关的研究^[28-29]主要集中在对花卉花型的确定上,长宽比大的花朵称之为长匙花型,长宽比较小的花朵称为宽瓣花型。在王雯对雌雄蕊长度的研究中,分类非常清晰,本试验的10个品种雄蕊的长度都明显的高于雌蕊柱头的高度,都为相对高产的品种。

不同的花器部位有着各自的特征和特性,而这些花器特性对结实率的影响也非常明显。本试验通过调查分析发现仅有花丝长度和柱头分裂数会极显著的影响结实率,其次也只有花粉活力会显著影响结实率。有关的研究表明,以前研究较少的花性状,如花粉活力、花粉管生长速率和花数等,在品种之间存在着很大的不同,对这些性状的研究可以为提高作物产量提供参考^[30]。因此,进一步深入对油茶花粉的研究,对提高油茶结实率有很大帮助,进而为油茶产量的提升提供一些帮助。

3.2 结论

本研究通过对10个油茶品种的调查发现,赣无2、赣无11、赣石84-8和赣永5等4个品种的花粉在贮藏3 d后依旧拥有较高的活力,而柱头的活力最高也是在开花后的第3天,长林18的花朵是最大,这在传粉有很重要的优势,因此在油茶种植是可以考虑以长林18为主栽品种,同时辅以赣无2、赣无11、赣石84-8和赣永5为授粉树进行混合种植,以提高油茶果实产量。本研究深入发掘不同品种油茶的这些结实特性,为改善不同油茶品种的种植配置提供重要的理论依据,同时对提高不同品种油茶果实产量具有重要意义。

参考文献 References:

- [1] 孟桂元,韩杰铖,詹兴国,等.我国油茶产业分析与发展对策[J].中国油脂,2021,46(7):104-108.
MENG G Y, HAN J C, ZHAN X G, et al. Industry analysis and development strategy of oil-tea *Camellia* in China[J]. China oils and fats, 2021, 46(7): 104-108.
- [2] 常维霞,姚小华,龙伟,等.4个油茶物种杂交亲和性分析[J].植物研究,2016,36(4):527-534.
CHANG W X, YAO X H, LONG W, et al. Cross-compatibility of four kinds of *Camellia* species[J]. Bulletin of botanical research, 2016, 36(4): 527-534.

- [3] 邓园艺, 喻勋林, 罗毅波. 传粉昆虫对我国中南地区油茶结实和结籽的作用[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4427-4436.
DENG Y Y, YU X L, LUO Y B. The role of native bees on the reproductive success of *Camellia oleifera* in Hunan Province, Central South China[J]. Acta ecologica Sinica, 2010, 30(16): 4427-4436.
- [4] 曾燕如, 黎章矩, 戴文圣. 油茶开花习性的观察研究[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(6): 802-809.
ZENG Y R, LI Z J, DAI W S. Flowering habits in *Camellia oleifera* [J]. Journal of Zhejiang forestry college, 2009, 26(6): 802-809.
- [5] DONAZZOLO J, TURRA E L C, VOSS L C, et al. Reproductive biology and flowering of feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret) in areas of marginal occurrence[J]. Journal of agricultural science, 2019, 11(8): 156.
- [6] 何春燕, 谭晓凤, 袁德义, 等. 7种油茶花粉数量及花粉萌发率的测定[J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(1): 74-78.
HE C Y, TAN X F, YUAN D Y, et al. Determination of the pollen number and pollen germination rate of seven *Camellia* species[J]. Journal of central south university of forestry & technology, 2009, 29(1): 74-78.
- [7] 王玉娟, 何小三, 敖婉初, 等. 贮藏条件对赣无系列油茶花粉活力和萌发率的影响[J]. 经济林研究, 2014, 32(2): 152-155.
WANG Y J, HE X S, AO W C, et al. Effects of storage conditions on pollen vitality and germination rate of Ganwu series in *Camellia* [J]. Non-wood forest research, 2014, 32(2): 152-155.
- [8] 陈相洁, 毛礼米, 潘昱安, 等. 部分十字花科植物花粉形态特征比较[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(1): 13-20.
CHEN X J, MAO L M, PAN Y A, et al. Comparison on pollen morphological characteristics of some species of Brassicaceae [J]. Journal of plant resources and environment, 2022, 31(1): 13-20.
- [9] 谢一青. 普通油茶和小果油茶花性状及柱头可授性[J]. 森林与环境学报, 2015, 35(3): 249-254.
XIE Y Q. Flower characteristics and stigma receptivity of *Camellia oleifera* and *Camellia meiocarpa* [J]. Journal of forest and environment, 2015, 35(3): 249-254.
- [10] 王湘南, 陈永忠, 王瑞, 等. 油茶花粉活力及柱头可授性研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(3): 17-22.
WANG X N, CHEN Y Z, WANG R, et al. Pollen viability and chapter receptivity of *Camellia oleifera* [J]. Journal of central south university of forestry & technology, 2012, 32(3): 17-22.
- [11] YE Z, JIN X, YANG J, et al. Accurate position exchange of stamen and stigma by movement in opposite direction resolves the herkogamy dilemma in a protandrous plant, *Ajuga decumbens* (Labiatae) [J]. AoB plants, 2019, 11(5): plz052.
- [12] 朱雯. 高州油茶开花生物学及授粉特征[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.
ZHU W. Flowering biology and pollination characteristics of *Camellia* flowering biology and pollination characteristics of *Camellia gauchowensis* chang [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2017.
- [13] 卢梦琪, 周俊琴, 刘懿瑶, 等. 外源钙离子对NaCl胁迫下油茶花粉萌发的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(6): 91-98.
LU M Q, ZHOU J Q, LIU Y Y, et al. Effects of exogenous Ca^{2+} on pollen germination of *Camellia oleifera* under NaCl stress [J]. Journal of central south university of forestry & technology, 2021, 41(6): 91-98.
- [14] 刘会云, 胡冬南, 郭晓敏, 等. 磷酸二氢钾对油茶开花与保果的影响[J]. 经济林研究, 2022, 40(2): 17-30.
LIU H Y, HU D N, GUO X M, et al. Effect of KH_2PO_4 on blossom and fruit-protecting of *Camellia oleifera* [J]. Non-wood forest research, 2022, 40(2): 17-30.
- [15] JAHROMI H A, ZAREI A, MOHAMMADKHANI A. Analysis the effects of pollen grain sources on the fruits set and their characteristics of 'Clementine' mandarin using microscopic and molecular approaches [J]. Scientia horticulturae, 2019, 249(1): 347-354.
- [16] SELAK G V, CUEVAS J, BAN S G. Pollen tube performance in assessment of compatibility in olive (*Olea europaea* L.) cultivars [J]. Scientia horticulturae, 2014, 165(1): 36-43.
- [17] 黄敦元, 何波, 谷平, 等. 油茶传粉昆虫研究现状与方向的探讨[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(1): 213-220.
HUANG D Y, HE B, GU P, et al. Discussion on current situation and research direction of pollination insects of *Camellia oleifera* [J]. Journal of environmental entomology, 2017, 39(1): 213-220.
- [18] 黄佳聪, 龚发萍, 吴建花, 等. 腾冲红花油茶种内杂交花前授粉试验[J]. 经济林研究, 2014, 32(2): 130-132.
HUANG J C, GONG F P, WU J H, et al. Artificial pollination experiment for intraspecific hybrid in *Camellia reticulata* at pre-flowering stage [J]. Non-wood forest research, 2014, 32(2): 130-132.
- [19] 袁德义, 张琳, 段经华, 等. 梨树生殖生物学研究进展[J]. 经济林研究, 2007(3): 73-80.

- YUAN D Y, ZHANG L, DUAN J H, et al. Literature review of researches on reproductive biology of pear[J]. Non-wood forest research, 2007(3): 73-80.
- [20] 孟宪巍, 韩露, 屈英月, 等. 枣不同品种花发育时间节律比较[J]. 经济林研究, 2021, 39(3): 92-98.
- MENG X W, HAN L, QU Y Y, et al. Comparative observation of flower development time rhythm among cultivars of Chinese jujube[J]. Non-wood forest research, 2021, 39(3): 92-98.
- [21] 韦小平, 林平, 王海, 等. 贵州不同生境油茶林传粉昆虫的多样性及其优势种的访花行为[J]. 西南农业学报, 2020, 33(10): 2145-2152.
- WEI X P, LIN P, WANG H, et al. Pollinator diversity of *Camellia oleifera* forest and foraging behavior of dominant species under different habitat of Guizhou[J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2020, 33(10): 2145-2152.
- [22] BRUNET J, SWEET H R. Impact of insect pollinator group and floral display size on outcrossing rate[J]. Evolution, 2006, 60(2): 234-46.
- [23] MURAKAMI K, KATSUHARA K R, USHIMARU A. Intersexual flower differences in an andromonoecious species: small pollen-rich staminate flowers under resource limitation[J]. Plant biology, 2022, 24(2): 259-265.
- [24] 陈雅, 袁德义, 李艳民, 等. 油茶杂交 F_1 代开花、授粉和坐果的特性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2020, 49(4): 440-446.
- CHEN Y, YUAN D Y, LI Y M, et al. Floral morphological and breeding characteristics of the F_1 generation of *Camellia*[J]. Journal of Fujian agriculture and forestry university (natural science edition), 2020, 49(4): 440-446.
- [25] 孙佩光, 隋宏, 陈真权, 等. 广宁红花油茶树体性状遗传变异特征[J]. 经济林研究, 2012, 30(4): 64-67.
- SUM P G, SUI H, CHEN Z Q, et al. Tree body hereditary variation in *Camellia semiserrata* [J]. Non-wood forest research, 2012, 30(4): 64-67.
- [26] 魏兆兆. 浙江红山茶自然变异类型的调查与分类研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- WEI Z Z. Studies on the investigation and classification of natural variations of *Camelia chekiangoleosa* Hu [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2012.
- [27] 程离, 夏建梅, 胡冬南, 等. 河南新县野生油茶群体表型变异特征研究[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(1): 52-58.
- CHENG L, XIA J M, HU D N, et al. Phenotypic variation of natural *Camellia oleifera* populations in Xinxian County of Henan Province[J]. Journal of Henan agricultural university, 2020, 54(1): 52-58.
- [28] 张程飞. 洋水仙在福州地区引种栽培观察及种间分子鉴定[D]. 福州: 福建农林大学, 2017.
- ZHANG C F. Introduction and cultivation of *Narcissus pseudonarcissus* in Fuzhou and molecular identification from interspecies [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2017.
- [29] 朱报著, 谢金链, 张方秋, 等. 广东红花荷属植物花期和花形态结构研究[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(3): 16-18.
- ZHU B Z, XIE J L, ZHANG F Q, et al. Studies on morphological structure and flower stage of *Rhodoleia* plants in Guangdong [J]. Journal of South China agricultural university, 2010, 31(3): 16-18.
- [30] LANKINEN A, LINDSTROM S A M, D'HERTEFELDT T. Variable pollen viability and effects of pollen load size on components of seed set in cultivars and feral populations of oilseed rape[J]. Plos one, 2018, 13(9): e0204407.