

陕西汉中油茶果实发育过程表型性状与含油率的变化

徐 皓,曾海涛,刘珍珍,刘林秀

(陕西理工大学 生物科学与工程学院,陕西 汉中 723001)

摘要:以陕西汉中普通油茶汉油3号、汉油4号、汉油5号、汉油18号和汉油30号作为研究对象,以陕南选育出的优良油茶品种汉油7号、汉油10号、长林4号和长林59号作为参照,对9个品种油茶2018、2019年7—10月果实发育时期的表型性状与种仁含油率进行观察和测定。结果表明:7—8月为果实大小增加的重要时期;7—9月为油茶果实质量增加最快的时间段;果实逐渐成熟的过程中油茶果皮厚度逐步变薄;果实形态分为橄榄形、卵形、球形和桔形4类,其中卵形果实和球形果实数量最多;单果籽重在样品间存在差异,单果籽重最大的为汉油18号样品,均值达到10.84 g,最小的为汉油3号样品,仅为3.18 g;7—10月鲜仁含水率随着种子成熟呈现下降的趋势,9—10月含水率下降最快,干仁率和出籽率随着油茶生长发育逐月上升。多重分析表明,7—8月是油茶果实各项指标变化最大的月份;相关性分析表明种仁含油率与干仁率呈极显著正相关。通过对汉中多个普通油茶果实表型性状与种仁含油率的研究,初步选出了3个含油率高的小果实品种汉油3号、汉油4号和汉油5号及1个含油率较低的大果实品种汉油18号。研究可为北缘适生区油茶的良好选育与栽培提供理论依据和数据支撑。

关键词:油茶;果实发育;表型性状;含油率

中图分类号:S794.4;TS222+.1 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)06-0102-06

Changes of phenotypic characters and oil content of *Camellia oleifera* during fruit development

XU Hao, ZENG Haitao, LIU Zhenzhen, LIU Linxiu

(College of Biology Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723001, Shaanxi, China)

Abstract: Taking Hanzhong common *Camellia oleifera* Hanyou 3, Hanyou 4, Hanyou 5, Hanyou 18 and Hanyou 30 as the research objects, Hanyou 7, Hanyou 10, Changlin 4 and Changlin 59 were selected as references, and the phenotypic characters and oil content of nine varieties *Camellia oleifera* during the fruit development period from July to October in 2018 and 2019 were observed and measured. The results showed that from July to August, it was an important period for the increase of fruit size. It was the fastest increase time in the weight of *Camellia oleifera* fruit from July to September. In the process of fruit ripening, the thickness of pericarp gradually became thinner. The fruit shape was divided into olive shape, ovate, globose and orange shape, in which the number of ovate fruit and globose fruit was the most. The weight of single seed was different among the samples. The weight of single seed of Hanyou 18 was the largest, with mean of 10.84 g, and that of Hanyou 3 was the smallest, with only 3.18 g. The

moisture content decreased with seed maturation from July to October, and the moisture content dropped fastest from September to October. The dry kernel rate and seed yield increased with growth and development month by month. Multivariate analysis showed that all of growth factors of *Camellia oleifera* fruit changed obviously from July to August. Correlation analysis showed that there was a

收稿日期:2020-08-26;修回日期:2021-02-28

基金项目:陕西省科技厅农业科技创新与攻关项目(2016NY-007);陕西省教育厅专项科研计划项目(16JK1144);陕南秦巴山区生物资源综合开发协同创新中心项目(QBXT-Z(P)-15-16)

作者简介:徐 皓(1972),女,教授,硕士生导师,主要从事植物资源开发利用研究工作(E-mail)xh2003@126.com。

significant positive correlation between oil content and dry kernel rate. Based on the study of phenotypic characters and oil content of several *Camellia oleifera* fruits in Hanzhong, three small fruit varieties Hanyou 3, Hanyou 4 and Hanyou 5 with high oil content and one big fruit variety Hanyou 18 with low oil content were selected. This study provided theoretical basis and data support for the breeding and cultivation of *Camellia oleifera* in the suitable area of the northern margin.

Key words: *Camellia oleifera*; fruit development; phenotypic character; oil content

油茶(*Camellia oleifera*)为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* L.)植物,是我国特有的木本油料作物,也是世界著名的经济林树种,与油橄榄、椰子、油棕并称世界“四大木本油料植物”^[1]。油茶籽含油率达40%以上,油茶籽油是优质高级食用油,以油酸和亚油酸为主的不饱和脂肪酸含量占90%以上,且油茶籽油易于人体消化吸收,不含人体难以吸收的芥酸和山萘酸,具有不易氧化和耐储藏的特性^[2]。油茶籽油脂脂肪酸组成与橄榄油极为相似,被誉为“东方橄榄油”。长期食用油茶籽油对预防和治疗高血压以及心脑血管疾病具有很好的保健作用,联合国粮农组织(FAO)已将其作为重点推广的健康型高级食用油。

在我国,油茶已有2300多年的栽培和利用历史^[3],油茶结果期可持续80~100年,一次种植长期受益,是名副其实的“铁杆庄稼”。近年来我国相继出台了一系列政策措施,不断解决产业发展难题,加大财政投入,加快推进油茶产业发展。陕南秦巴山区作为我国油茶分布的北缘区之一,与江西、湖南等我国油茶主产区的气候条件具有较大差异。因此,陕南地区油茶分布的起源及该地区适生油茶新品种的选育,在我国油茶战略发展体系中具有非常重要的意义。

本研究以位于油茶分布北缘区的陕西省油茶种质资源圃为种质来源,对陕西汉中普通油茶不同发育时期果实表型性状(形态性状和质量性状^[4])与含油率进行测定,总结油茶果实发育的基本规律,筛选出适合北缘区生长的优良品种,为油茶产油量的提高、油茶的良好选育与栽培提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以陕西汉中本地的普通油茶汉油3号、汉油4号、汉油5号、汉油18号和汉油30号作为研究对象,以陕南选育出的优良油茶品种汉油7号、汉油10号、长林4号和长林59号作为参照。油茶均采自陕西省汉中市南郑县两河镇三门村的陕西省油茶种质资源圃,采样树生长状况良好。

1.2 试验方法

1.2.1 采样方法

从2018年7月开始,每月20日在陕西省油茶种质资源圃内标记的样树上随机采摘油茶果实20个,每年共采收4次(7—10月),连续采集两年,共采摘果实8次。采摘后及时测量油茶果实表型性状的相关指标,剩余果实置于自封袋中,储存于4℃的冰箱中备用。

1.2.2 果实形态的测定

用游标卡尺测量油茶果实横径(D_T)、纵径(D_L)及果皮厚度,精确到0.01 mm。

横径为果实1/2处的直径;纵径为从果柄至果顶的长度;果形指数(A)的测定参考彭邵锋等^[5]的方法,按式(1)计算。

$$A = D_L / D_T \quad (1)$$

果实形态可以根据果形指数来确定, A 大于1.25为橄榄形; A 处于1.07~1.25之间为卵形; A 处于0.89~1.07之间为球形; A 小于0.89为桔形。根据果形指数的数值,将果实形态分为橄榄形、卵形、球形和桔形。

1.2.3 果实质量性状的测定

用电子天平称量单果的鲜果重、单果籽重、鲜仁重、干仁重、单果皮重,精确到0.01 g。

采果后直接称量单果的质量为鲜果重(w_1);剥掉果皮后称量得单果籽重(w_2);将种壳剥掉,称量得到鲜仁重(w_3);将种仁烘干称量得干仁重(w_4);剥下鲜果果皮称重得单果皮重。分别按式(2)~(4)计算出籽率(y_1)、鲜仁含水率(y_2)、干仁率(y_3)。

$$y_1 = w_2 / w_1 \times 100\% \quad (2)$$

$$y_2 = (w_3 - w_4) / w_3 \times 100\% \quad (3)$$

$$y_3 = w_4 / w_3 \times 100\% \quad (4)$$

1.2.4 含油率的测定

首先剥去油茶果皮及种壳,将种仁分别置于干净的培养皿中,于(105±2)℃烘箱烘8 h,取出,待冷却至室温后用研钵研磨备用。种仁含油率测定参

照姚小华等^[6]的方法。

将滤纸裁剪至合适大小,折成滤纸包,置于 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱烘2 h,取出,冷却,称重并记为 M_1 ;将粉碎后的种仁放入烘干后的滤纸包中,于 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱干燥4 h,取出,冷却,称重并记为 M_2 ;接着将滤纸包置于索氏提取器中,加入石油醚,使其完全没过滤纸包,浸泡过夜;用索氏提取器回流提取6 h,提取温度设置为 60°C ,提取至提取管中的石油醚溶液呈澄清透明;最后,取出滤纸包,于 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱烘4 h,取出,冷却,称重并记为 M_3 ,回收石油醚。按式(5)计算含油率(y_4)。

$$y_4 = (M_2 - M_3) / (M_2 - M_1) \times 100\% \quad (5)$$

1.2.5 多重分析与相关性分析

用WPS2019统计试验数据,运用SPSS20.0软件对陕西汉中9个油茶品种的各项指标进行多重分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 果实大小

比较2018年和2019年油茶果实纵径、横径在7—10月的变化情况,结果分别见图1和图2。由图1和图2可以看出,2018、2019年果实纵径和横径的变化趋势相似,7—8月生长迅速,8—9月缓慢增长,9月之后果实大小几乎没有变化。

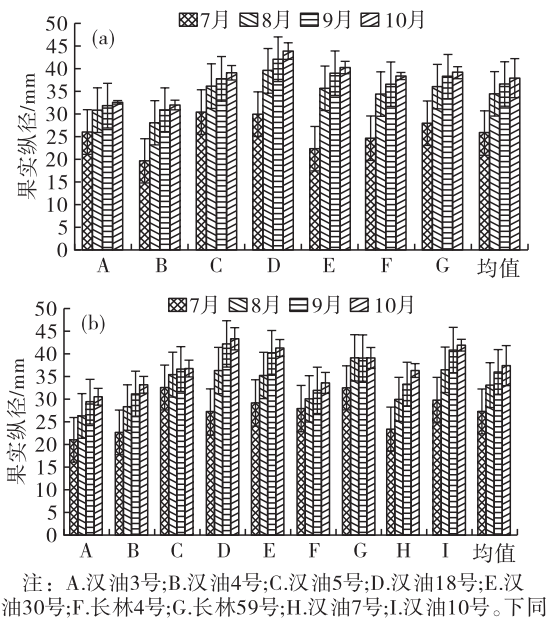


图1 2018年(a)和2019年(b)7—10月不同品种油茶果实纵径变化

由图1可知,2018年7月果实纵径平均为26.34 mm,到10月共增长了10.44 mm,7—10月果实纵径的月平均增长量分别为6.60、2.63 mm和1.20 mm。2019年7月果实纵径平均为27.53 mm,到10月共增长了9.83 mm,7—10月果实纵径的月

平均增长量分别为5.66、2.88、1.29 mm。

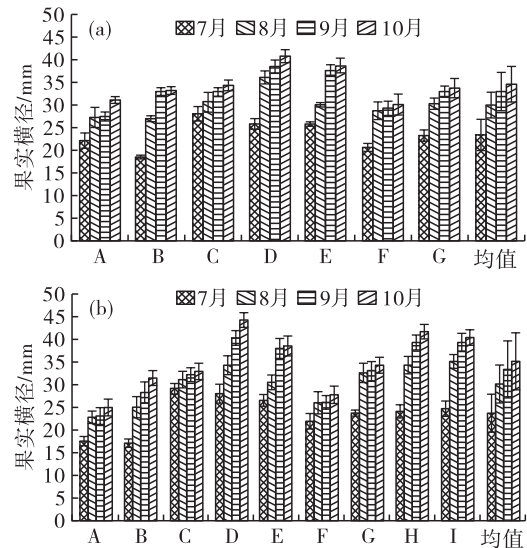


图2 2018年(a)和2019年(b)7—10月不同品种油茶果实横径变化

由图2可知,2018年7—10月果实横径的月平均增长量分别为6.63、3.10 mm和1.47 mm,果实横径共增长了11.21 mm。2019年7—10月果实横径的月平均增长量分别为6.53、3.16、1.80 mm,果实横径共增长了11.49 mm。

综合两年横径与纵径的数值,油茶果实从大到小依次为汉油18号>汉油10号>汉油30号>汉油7号>长林59号>汉油5号>汉油4号>长林4号>汉油3号,以陕南优良油茶品种汉油7号和汉油10号作为参考,确定2个大果实品种汉油18号和汉油30号,3个小果实品种汉油3号、汉油4号和汉油5号。

2.2 果实形态

计算2019年油茶果实样品的果形指数,根据果形指数确定果实形态,7—10月油茶果实形态占比见图3。

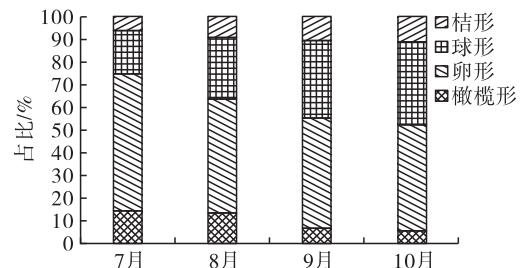


图3 2019年7—10月油茶果实形态占比

从图3可以看出,油茶果实生长过程中形态不断变化,7—10月橄榄形和卵形果实占比呈下降趋势,而桔形和球形果实占比则呈上升趋势。7月的果实中卵形果实占比最大,达到60.62%,桔形果实占比最小,为6.04%;8月桔形和球形果实占比上

升,与此同时,橄榄形和卵形果实占比开始下降,卵形果实占比约为50%;9月球形果实占比持续增加,橄榄形果实占比下降到6.67%;10月桔形和球形果实合计占比约为50%,卵形果实占比相比7月下降了将近14个百分点,橄榄形果实占比相较于7月下

降了约9个百分点。4种形态的果实中卵形果实占比最大,其次为球形,橄榄形和桔形果实较少,所以果实形态主要以球形和卵形为主。

2.3 果实质量性状

2019年7—10月油茶果实质量变化见图4。

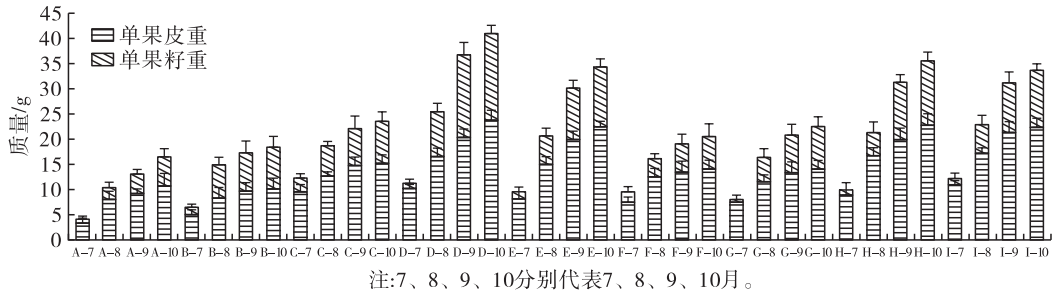


图4 2019年7—10月不同品种油茶果实质量变化

由图4可知,油茶单果皮重和单果籽重呈现出相似的增长趋势。油茶平均鲜果重从7月的9.12 g增长到10月的27.33 g,共增长了18.21 g,其中7—8月和8—9月的平均增长量较大。单果籽重在样品间存在差异,单果籽重最大的为汉油18号,均值达到10.84 g,最小的为汉油3号,仅为3.18 g。油茶果实平均单果皮重从7月的7.81 g增长到10月的17.30 g,共增长了9.49 g,其中7—8月的平均增长量最大,9月之后增长幅度比较小。油茶果实平均单果籽重从7月的1.31 g增长到10月的10.03 g,共增长了8.72 g,其中7—8月和8—9月的平均增长量较大,9月之后增长幅度比较小。

性较大,从7月就可以判断出油茶品种果皮的薄厚。所有样品中果皮较厚的为汉油7号和汉油18号,较薄的为汉油4号和长林4号。

2.5 种子数量与大小

图6为以一个果实为单位显示的2019年9月不同品种油茶种子数量与大小情况。

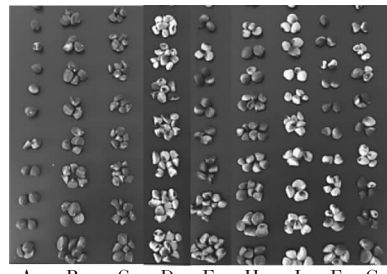


图6 2019年9月不同品种油茶种子

综上所述,7—9月为果实质量增加的时期,9月之后果实质量变化幅度不大。其中果实较重的为汉油18号、汉油30号、汉油7号、汉油10号。

由图6可知,样品间种子数量存在差异,其中汉油18号种子数量最多,汉油3号最少。样品间种皮的颜色也不同,大部分样品种皮颜色没有完全变黑,即种子还没有完全成熟,其中汉油18号、汉油10号的大部分种子的种皮刚开始变黑并硬化,由此得出,不同品种种子成熟时间存在一定的差异性。

2.4 果皮厚度

图5为2019年7—10月各品种油茶果皮厚度的变化。

2.6 油茶果干仁率、出籽率和鲜仁含水率

2019年7—10月油茶果干仁率、出籽率和鲜仁含水率变化见图7。

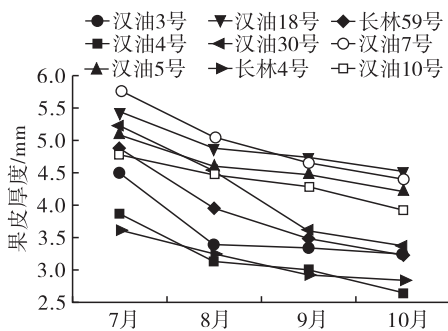


图5 2019年7—10月不同品种油茶果皮厚度变化

由图5可知,油茶果实发育过程中,果皮厚度在7—10月整体呈逐月下降趋势,与周长富等^[4]的研究结果一致。7—10月油茶品种按果皮厚度排序基本保持不变,可见,果皮厚度与果实成熟的早晚相关

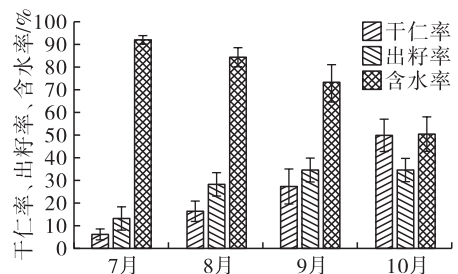


图7 2019年7—10月油茶果干仁率、出籽率和鲜仁含水率变化

由图 7 可知,出籽率在 7—10 月由 12.85% 提高到 34.29%,8 月出籽率比 7 月提高了 1 倍多,达到 27.74%,而 9 月也比 8 月提高了 6.52 个百分点,9—10 月只增加了 0.03 个百分点,7—8 月为出籽率上升最快的时期。鲜仁含水率从 7 月到 10 月不断下降,7 月为 91.80%,7—8 月和 8—9 月的含水率分别下降了 7.80 个百分点和 11.01 个百分点,10 月下降至 50.36%。由此得出,9—10 月含水率下降最快。干仁率同出籽率一样随着果实的成熟不断提高,8 月干仁率比 7 月提高了 10.45 个百分点,到 9 月达到 27.01%,比 8 月增加了 11.02 个百分点,到 10 月增加到 49.64%,较 7 月提高将近 8 倍。可见,9—10 月干仁率增长最快。

综上,油茶果实的鲜仁含水率不断下降,干仁率和出籽率却持续增高。9—10 月的含水率下降最快,而干仁率增长最快,两者呈反比关系。

2.7 油茶种仁含油率

7 月油茶种仁干物质含量非常少,烘干后种仁质量太小,因此含油率的计算从 8 月开始。2018、2019 年不同品种油茶种仁含油率变化见图 8。

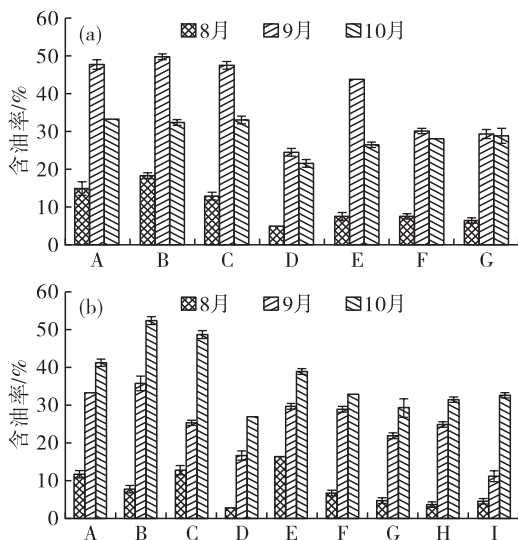


图 8 2018 年 (a) 和 2019 年 (b) 年 8—10 月不同品种油茶种仁含油率变化

由图 8 可知,两年种仁含油率变化有相同之处也有不同的地方。不同之处为含油率达到最高的月份存在差异,2018 年 9 月含油率达到最高,平均含油率达到 39.41%,2019 年含油率在 10 月达到最高,平均含油率为 36.87%。相同之处为 8—9 月含油率增长最快,2018 年增长了 28.52 个百分点,2019 年增长了 17.27 个百分点。

油茶果实存在大小年,2018 年果实数量较少,2019 年果实数量较多。余昌均等^[7]研究发现,油茶果实的发育与营养物质供给相关,7 月花芽的形成

消耗了大量的养分供给,导致 7 月油茶果实生长缓慢,由此推测,造成 2018、2019 年含油率最高时月份不同的原因可能在于 2018 年果实数量少,成熟需要的能量容易被满足,因此 2018 年 9 月含油率就达到最高。油茶属于花果同期,2019 年开花消耗了 2018 年 10 月的部分能量,导致 2018 年种子含油率在 10 月有所下降,也使得 2019 年的果实数量多于 2018 年。同理,2019 年果实数量多需要的能量多,因此含油率在 10 月达到最高。

由图 8 可知,2019 年含油率从高到低依次为汉油 4 号 (52.04%) > 汉油 5 号 (48.40%) > 汉油 3 号 (41.02%) > 汉油 30 号 (38.66%) > 长林 4 号 (32.54%) > 汉油 10 号 (32.41%) > 汉油 7 号 (31.01%) > 长林 59 号 (29.33%) > 汉油 18 号 (26.43%)。与陕南选育出的优良油茶品种做对比,含油率比其高的汉油 3 号、汉油 4 号、汉油 5 号于 2019 年 8—9 月分别上升了 21.34、27.43、12.17 个百分点,比其低的汉油 18 号上升了 13.89 个百分点。

2.8 多重分析

为研究油茶生长发育过程中各指标月份间的变化情况,按照月份对油茶果实的横径、纵径、鲜果重、果皮厚度、单果皮重、单果籽重、出籽率、干仁率和鲜仁含水率作 LSD 多重比较分析,结果见表 1。

表 1 油茶果实各项指标月份间多重比较

指标	7 月	8 月	9 月	10 月
纵径	A	B	B	B
横径	A	B	B	B
鲜果重	A	B	C	C
果皮厚度	A	A	A	A
单果皮重	A	B	BC	C
单果籽重	A	B	BC	C
出籽率	A	B	C	C
干仁率	A	B	C	D
含水率	A	B	C	D

注:同行相同字母表示不存在显著差异 ($P > 0.05$);同行不同字母表示存在显著差异 ($P < 0.05$)。

由表 1 可知:除了果皮厚度,其他指标在 7 月和 8 月都存在显著变化;纵径、横径的变化趋势相同,都是在 7 月到 8 月出现显著变化,8 月之后不存在显著差异;果皮厚度虽然逐月变薄,但是月份间的变化不显著;单果皮重和单果籽重两个性状在 7—8 月达到变化显著期,出籽率 7—9 月有较明显的变化,9 月之后变化不显著;干仁率与鲜仁含水率的变化趋势相反,前者每月都有显著升高,后者则随着月份的

上升显著下降。因此,7—8月是油茶果实各项指标变化最大的月份,9月之后各指标变化不显著。

2.9 相关性分析

为明确性状之间的相关程度,对所有性状展开相关性分析,结果见表2。由表2可知,含油率与果皮厚度之间呈显著负相关($P < 0.05$),含油率与含水率之间呈极显著负相关($P < 0.01$),含油率与干

仁率之间呈极显著正相关($P < 0.01$),干仁率与出籽率呈显著正相关($P < 0.05$)。油茶果实横径、纵径、鲜果重、单果皮重、单果籽重之间呈极显著正相关($P < 0.01$),说明油茶果实大小和果实质量之间有显著相关性。含油率与鲜果重、单果皮重、单果籽重、横径、纵径都不相关,说明含油率与油茶果实大小和果实质量之间相关性较低。

表2 油茶果实各项指标相关性系数

指标	纵径	横径	鲜果重	果皮厚度	单果皮重	单果籽重	出籽率	干仁率	含油率	含水率
纵径	1	0.831**	0.784**	0.358	0.770**	0.739**	-0.055	0.079	0.095	-0.079
横径		1	0.890**	0.578**	0.928**	0.849**	-0.125	0.073	0.028	-0.073
鲜果重			1	0.481*	0.869**	0.897**	-0.003	0.032	0.029	-0.032
果皮厚度				1	0.550**	0.333	-0.690**	-0.388*	-0.479*	0.388*
单果皮重					1	0.797**	-0.210	0.061	0.028	-0.061
单果籽重						1	0.251	0.257	0.264	-0.257
出籽率							1	0.415*	0.522**	-0.415*
干仁率								1	0.908**	-0.990**
含油率									1	-0.908**
含水率										1

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关, ** 在 0.01 水平(双侧)上极显著相关。

3 结论

在果实成熟过程中,油茶品种间存在差异,但是所有品种的横径和纵径的变化趋势基本一致,7—8月果实生长最快,9月后果实生长速度变慢,9—10月横向和纵向生长量都很小,以陕南选育出的优良油茶品种汉油7号和汉油10号为参考,选出两个大果实品种汉油18号和汉油30号。果实形态分为4类,其中卵形果实占比最大,其次为球形,橄榄形和桔形果实较少。7—9月为果实质量增长最快的月份,9月后质量基本恒定。7—10月油茶鲜仁含水率不断下降,干仁率和出籽率持续增高,9—10月含水率下降最快,干仁率增长最快。8—9月种仁含油率增长最快,2019年含油率从高到低的油茶品种依次为汉油4号(52.04%) > 汉油5号(48.40%) > 汉油3号(41.02%) > 汉油30号(38.66%) > 长林4号(32.54%) > 汉油10号(32.41%) > 汉油7号(31.01%) > 长林59号(29.33%) > 汉油18号(26.43%)。与陕南选育出的优良油茶品种作对比,选出了3个含油率较高的油茶品种,分别是汉油3号、汉油4号和汉油5号。

综上所述,本文通过对陕西汉中多个普通油茶表型性状与含油率进行研究,总结出了果实发育的

基本规律,并以陕南优良汉油品种和长林品种为参考,初步选出了3个高含油率的小果实品种汉油3号、汉油4号和汉油5号及1个较低含油率的大果实品种汉油18号,为探索并找到控制油脂积累相关基因的表达规律奠定了基础。

参考文献:

- [1] 周莉君,刘静,王艳芹,等. 12株油茶种仁含油率及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂,2017,42(5):132-135.
- [2] 洪燕真. 基于农户经济视角的油茶供给研究[D]. 福州:福建农林大学,2011.
- [3] 姚小华,王开良,任华东,等. 油茶资源与科学利用研究[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [4] 周长富,姚小华,林萍,等. 油茶果实发育特性及水分、油脂含量动态分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2013,34(3):49-53.
- [5] 彭邵锋,陈永忠,张日清,等. 油茶果形果色分类及经济性状[J]. 中南林业科技大学学报(自然科学版),2007,27(5):33-39.
- [6] 姚小华,黄勇. 小果油茶资源与遗传多样性研究[M]. 北京:科学出版社,2013:75-76.
- [7] 余昌均,肖育檀. 秦岭南坡油茶果实生物学特性的研究[J]. 湖北农学院学报,1997(3):20-23.