

## 油茶果实生长特性和油脂含量变化的研究

陈永忠, 肖志红, 彭邵锋, 杨小胡, 李党训, 王湘南, 段 玮

(湖南省林业科学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:**通过对油茶主要良种的标定植株进行果实生长和含油量分析研究,探索油茶果实油脂形成与转化的内在机理。结果表明果实体积生长主要在6月中旬至7月下旬。油茶果实质量的增加主要在6月中旬至7月下旬和9月中旬至10月下旬采收前两个高峰期,其质量增加值超过油茶果实总质量的2/3。油茶种仁含油率、鲜籽含油率和鲜果含油率均随果实生长逐渐增加,年周期内存在两个增长高峰期,为8月中旬至9月初与9月下旬至10月下旬采收前。油茶鲜果含油率在9月20日至10月20日的高峰期的增幅达鲜果总含油量的68.9%,指出霜降籽油茶果实不宜提前采收,否则会对产油量造成很大的损失。

**关键词:**油茶;果实;油脂含量;核磁共振

**中图分类号:**S727.3 **文献标识码:**A

### Study of Fruit Growing Specialties and Its Oil Content in Oil-Tea Camellia

CHEN Yong-zhong, XIAO Zhi-hong, PENG Shao-feng, YANG Xiao-hu, LI Dang-xun, WANG Xiang-nan, DUNAG Wei  
(Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China)

**Abstract:** On the marked plants of the Oil-Tea camellia (*Camellia oleifera*) fine variety "Xianglin 4", the mechanism of the oil formation and transformation were explored by the analysis of the fruit growth and their oil contents. The results showed that the fruit sizes increased sharply from the mid of June to the end of July, while the fruit weight increased by 2/3 of the all in two growing season, from the mid of June to the end of July and from the mid of September to harvest. There were two increasing peaks though the oil content of the seed pip, the fresh seed and the fresh fruit increased along with the fruit growth, from the mid of August to harvest except for in the mid of September. 68.9% of the oil content of fresh fruit increased from the last month (September 20 to October 20), indicating that oil yield of the Oil-Tea camellia should be a great loss only if the fruit were harvested before ripeness.

**Key words:** Oil-Tea camellia (*Camellia oleifera*); fruit; oil content; nuclear magnetic resonance (NMR)

油茶(*Camellia oleifera* Abel.)是我国最主要的木本食用油料树种,主要分布于长江和珠江中、下游,集中栽培于湖南、江西和广西等南方18省(区),全国面积约 $4.0 \times 10^6 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>,年产茶油约 $18 \times 10^4 \text{ t}$ ;茶油不饱和脂肪酸90%以上,以油酸和亚油酸为主,油酸含量高达70%~80%,是优质保健食用油

以及高级天然化妆品用原材料,榨油后的茶枯和茶壳也是提取茶皂素、木糖醇,生产高蛋白饲料和高级活性碳等综合利用产品的原料。

油茶虽然列为经济林,但大多以生态型粗放经营,生产上中老自然林为主体,大面积产量变化很大,自从20世纪60年代开始油茶良种选育等科学

收稿日期:2005-03-30

基金项目:国家自然科学基金“油茶微阵列构建和果实油脂转化功能基因表达的检测”(30371183)和林业局重点攻关项目(94-01-02和2004-01)资助研究的内容。

作者简介:陈永忠(1965—),男,研究员,博士,博士生导师。主要研究方向:经济林育种与栽培,电话:0731-5597432 Email:chenyong-zhong04@163.com

研究以来,先后选育出优良农家品种、优良家系、优良无性系和优良杂交组合等良种 200 余个<sup>[2~12]</sup>,并在生产中应用,使油茶林单位面积产量提高到 450 kg·hm<sup>-2</sup>以上。与此同时,在油茶丰产栽培<sup>[13~16]</sup>、繁育技术<sup>[17,18]</sup>和苗木生长特性<sup>[19]</sup>上都有了一定的研究。通常认为油茶鲜果含油率为 5%~6%,但作者在良种选育研究中发现,油茶品系间的含油量差异较大,鲜果含油率高的可达 12%;种仁含油率 25%~60%。如此大的差异必定与油茶果实生长特性有关系,但迄今为止,对油茶果实生长特性的研究还停留在原始的直觉感观上,缺乏系统的描述报道。因此,为了能从更深层次地了解油茶果实生长和油脂转化的特点,提高油茶的产油量,作者通过研究油茶果实生长与发育过程中种子含油量的变化来探索油茶果实油脂形成与转化的机理,为油茶丰产栽培技术和良种选育提供科学依据。

## 1 试验材料与方法

以当前油茶生产上使用较多的优良无性系湘林 4 (*C. oleifera* Xianglin 4) 号为模式品种,标定一行 10 株树,树体特征与生长条件基本一致的植株,自 5 月中旬油茶果实开始快速增长时期开始,每隔一个星期定期在树上随机采取 10 个果实进行考果分析,测定果实大小,单果质量,然后测定其鲜出籽率和果实含油量等主要经济指标。

### 1.1 果实主要经济指标分析

(1) 果实质量与大小:研究果实生长发育过程。油茶果实称取每个单果质量,单位为 0.1 g;以游标卡尺测量每个单果的果高与果径,单位为 mm,由此计算出每 500 g 果数与果形指数。

(2) 鲜果出籽率:研究种子的生长过程,并用以衡量最大可利用部份比率。将已称过单果质量的鲜果剥出鲜籽,以单位质量的鲜果所得到的鲜籽质量为鲜果出籽率。

(3) 每 500 g 鲜籽数:用以衡量种子大小与饱满程度。以单位质量的鲜籽数换算为每 500 g 鲜籽数。

### 1.2 种子含油量分析

油茶果实用于测定主要经济性指标后,除去外壳得到鲜籽,以鲜籽烘干后进行含油率测定,以核磁共振方法测定<sup>[20]</sup>,同时采用传统的索氏抽提进行平行比较分析。

1.2.1 核磁共振法测定种子含油量<sup>[21]</sup> 参照中华人民共和国国家标准《油籽含油量核磁共振测定法

(GB/T 15690-1995)》。

(1) 标样的准备:取相应的精炼油在真空下烘至衡质量,取约 20 克精确称质量做为标样备用。

(2) 样品的准备:均匀选取小于一定体积的样品(样品体积应在测定管的刻度线位置以下),在 105 ℃ 烘至恒质量,备测。

(3) 样品测定:采用武汉中航生产的 HCY-10 核磁共振仪分析。

### 1.2.2 索氏抽提法分析种子含油量

(1) 油茶籽剥壳出仁。出仁率  $N = (W_1/W_2) \times 100\%$ ,其中  $W_1$  为剥出种壳后的仁质量, $W_2$  为样品的种子总质量;

(2) 种仁水分(A)的测定(仁壳分别测定),以减量法测定。取干净的铝盒,105 ℃ 烘至恒质量,记下铝盒的质量  $W_3$ ,取试样 2 g 左右,精确称取样品和试样的质量  $W_4$ ,将铝盒盖套在盒底上,放入烘箱内烘至恒质量,记下铝盒和试样的质量  $W_5$ ,水分含量  $A_x = 100 \times (W_5 - W_4)/(W_4 - W_3)$ ,总的水分含量为  $A_{总} = A(1 - N) + A_c N$ ;

(3) 仁烘干粉碎。以刀片切成薄片后再以泰斯特 FW100 粉碎机粉碎成小颗粒;

(4) 抽提样品准备。先将浸提瓶洗净烘干至恒质量,编号,并记下质量  $W_0$ 。称取 1 g 左右的试样  $W_6$  转入研钵中,加入脱脂细砂研磨至出油状态,用铜匙将其转至滤纸上,并以脱脂棉揩尽研钵,并入滤纸内,包扎好;

(5) 索氏提油,采用成都科析仪器成套有限公司 SZC-06B 型脂肪测定仪。将称好质量的试样放入已称质量的浸提瓶中,加入约 80 mL 乙醚,提取 6 h 左右,回收乙醚,将浸提瓶于 105 ℃ 烘至恒质量,并记下其质量  $W_7$ ;

(6) 含油量计算。

$$\text{粗脂肪(湿基)} = (W_7 - W_0) / W_6 \times 100\%$$

$$\text{粗脂肪(干基)} = (W_7 - W_0) / W_6 (1 - A_{总}) \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 油茶果实大小与质量生长变化

果实质量和体积增长的过程就是油茶果实物质积累的过程,所以通过油茶果实质量与体积的变化趋势从侧面反映油茶果实内含物质的变化趋势。

2.1.1 油茶大小生长过程 在年周期内,油茶果实生长是与新梢生长交替进行的。油茶从秋季开花受

精座果后,受精果进入冬季休眠期,翌年 3 月,当果实开始膨大进入生长期,但这时正是春梢生长最旺盛的季节,所以果实生长缓慢,5 月底春梢停止生长后果实开始快速增长,特别是从 6 月中旬至 7 月下旬,正是油茶果实大小增长最快时期(图 1),期间油茶果径与果高的增长值分别占整个果实果径与果高

总值的 38.1% 与 30.1%。8 月份至 9 月中旬,果实大小增长基本停止,这时气温较高,有时也是油茶夏梢生长的主要季节,所以抑制了果实的生长。9 月下旬后又有一个相对稍缓的增长时期,这时高温天气逐步缓和,夏梢生长停止,秋梢尚未开始生长,成为油茶果实成熟前的最后生长机会。

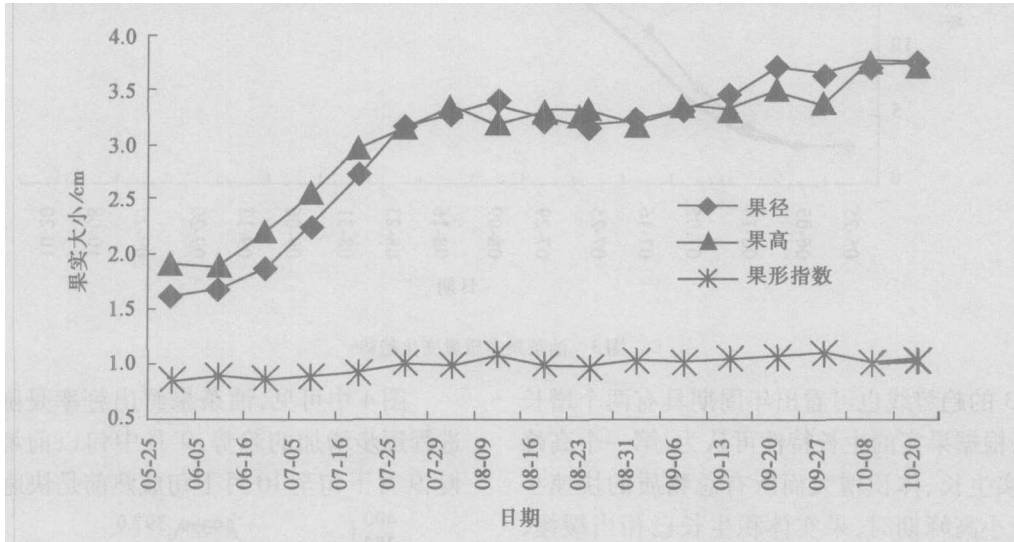


图 1 油茶果实大小变化趋势

果形指数在 7 月上旬前都小于 1, 中旬以后在 1 左右波动。说明前期油茶果实是以果高生长大于果径生长, 随着果实生长进程, 果径生长逐渐赶上或超过果高生长。

从图 2 中可见, 油茶果实在 5 月中旬前主要是果皮快速增厚, 胚珠才刚刚萌动, 直到 7 月下旬才发育成为完全的种子, 但胚乳等内含物不够紧密, 相对比较疏松, 所以这时期的果实体积已基本成形, 但种子和果实的质量还较轻。

2.1.2 油茶果实质量增长过程 油茶果实质量增加与体积增加趋势大致相似(图 3), 果实质量增加最快的时期也在 6 月中旬至 7 月下旬, 此期间质量增加值超过油茶果实总质量的一半, 达 53.6%。8 月上旬至 9 月中旬, 果实质量增长减缓至基本停止。9 月下旬至采收前期, 又出现一个质量增加的小高峰期, 该时期质量增加值达到果实总质量的 22.3%。

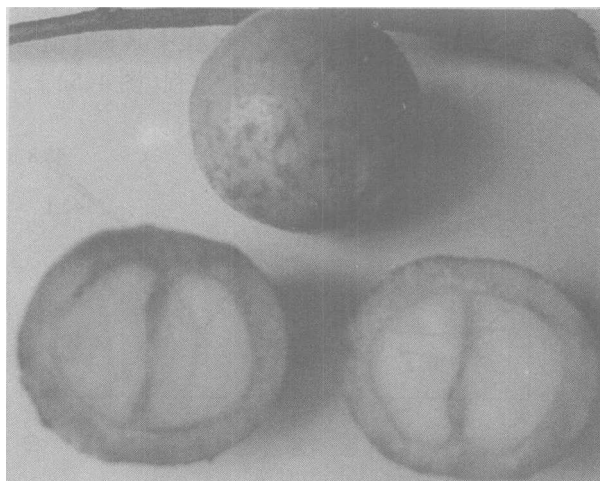
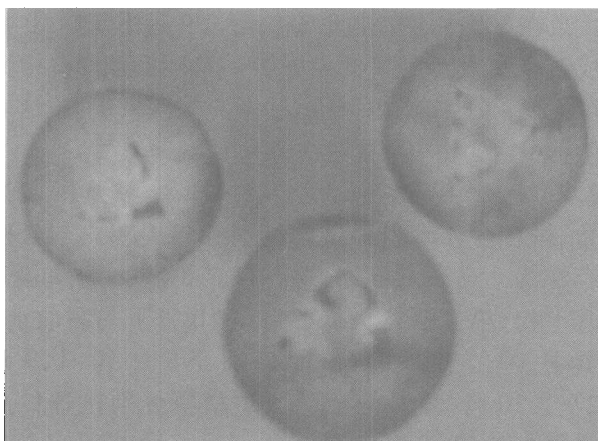


图 2 油茶果实种子发育时期  
左图为 5 月 18 日; 右图为 7 月 26 日

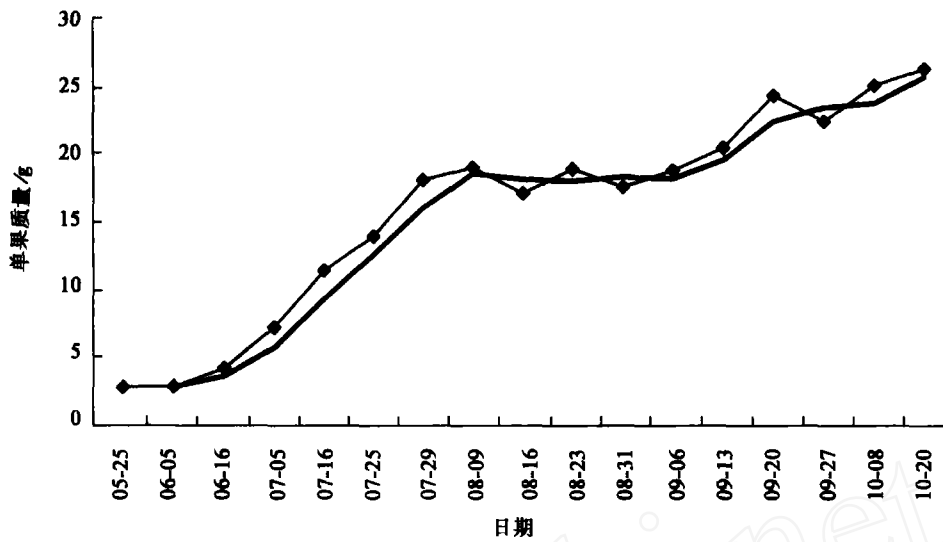


图3 油茶果实质量变化趋势

从图3的趋势线也可看出年周期具有两个增长高峰期限,根据果实的生长特性可认为,第一个高峰期为随果实生长、体积增大而所有总物质的快速扩增,第二个小高峰时期时,果实体积生长已相当缓慢,因而质量增加的小高峰则是增加果实内种子及其它内含物的积累高峰期,所以该时期的增加值对含油量的增加具有极为重要的意义。

2.2 油茶果实油脂含量变化趋势

油茶果实生长首先是果实体积与质量快速增加,果皮增厚,但胚珠的发育就是从5月中旬开始,至7月下旬基本发育完全(见图2)。所以,对果实出籽率和含油量测定的研究是从8月上旬开始。

2.2.1 油茶果实鲜出籽率和单位质量鲜籽数变化

油茶主要是采收种子榨取食用油,果实中种子的得率和种子的大小已成为油茶果实的主要经济指标之一,所以通过对果实生长发育过程中其种子比率的变化,来分析种子的生长与发育过程(图4、5)。

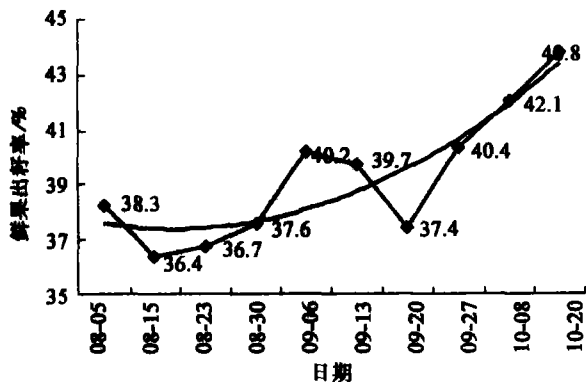


图4 油茶果实鲜出籽率变化

图4中可见,油茶果鲜出籽率是随着果实发育进程逐步增加的趋势,9月中旬以前增加相对较缓慢,9月下旬至10月下旬成熟前是快速增加阶段。

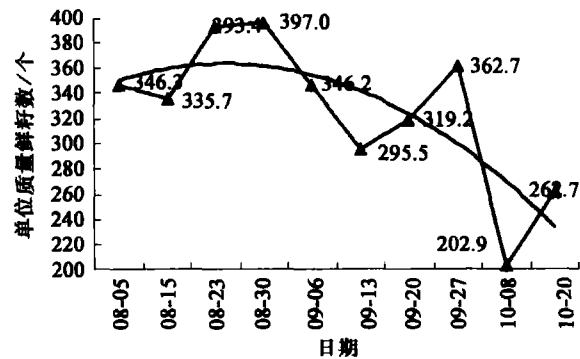


图5 油茶果单位质量鲜籽数变化

从图5中可见,每500g籽数则是随果实生长进程逐步减少,自8月初至9月下旬基本上变化不大,大致在300~400粒间波动,而至9月下旬到10月成熟前后,则快速降低到200~260粒,从图2中又可见到7月中旬时种子已基本充满了果皮内,这表明种子内含物积累更快。

2.2.2 油茶果实种籽含油量变化

种仁含油量、鲜籽含油率和鲜果含油率在年周期内均分别存在两个增长高峰期,第一个在8月中、下旬至9月上旬,第二个在9月下旬至10月下旬采收前。其中,种仁含油率在8月15日至8月30日,9月27日至10月20日两个阶段中增幅分别达种仁总含油量的29.2%和39.0%。鲜籽含油率在8月23日至9月6日,9月20日至10月20日两个阶段中增幅分别达鲜籽总含油量的28.3%和

50.1%。鲜果含油率在8月23日至9月6日,9月20日至10月20日两个阶段中增幅分别达鲜果总含油量的27.2%和68.9%(表1)。

表1 油茶果实含油量主要经济指标

日期	干仁含油率/%	鲜籽含油率/%	鲜出籽率/%	鲜果含油率/%
08-05	2.82	1.58	38.3	0.6
08-15	9.42	3.77	36.4	1.4
08-23	14.22	5.94	36.7	2.2
08-30	30.65	12.93	37.6	4.9
09-06	33.41	15.67	40.2	6.3
09-13	33.07	16.04	39.7	6.4
09-20	35.00	16.18	37.4	6.1
09-27	38.91	23.32	40.4	9.4
10-08	45.35	27.76	42.1	11.7
10-20	56.26	34.44	43.8	15.1

油茶鲜果含油率随果实生长逐渐增加,按趋势线均拟合于3次方的二项式(图6)。图中可见,油茶果实鲜果含油量增加也同样存在两个高峰期,其一是在8月下旬到9月上旬有一个小高峰,主要原因是这时是油茶果实质量增加较快时期,果实种籽和种仁质量增加较快,种子内积累的淀粉正在逐步转化成油脂贮存起来,从而产生了一个小高峰;其二是在9月下旬至10月底采收前,那时果实物质积累达到高峰,也是油脂转化的高峰期。

据油茶种子成熟度分析,8月中、下旬的油茶种子很不饱满,考察其鲜出籽率时尽管是较低的水平但也达到了36%以上,据油茶生物学特性分析,应是由于种子正在快速生长与物质积累时期,种壳尚未完全木质化,种子中水分含量较高,干物质含量相对较少,所以风干后会出现脱水皱缩的现象。

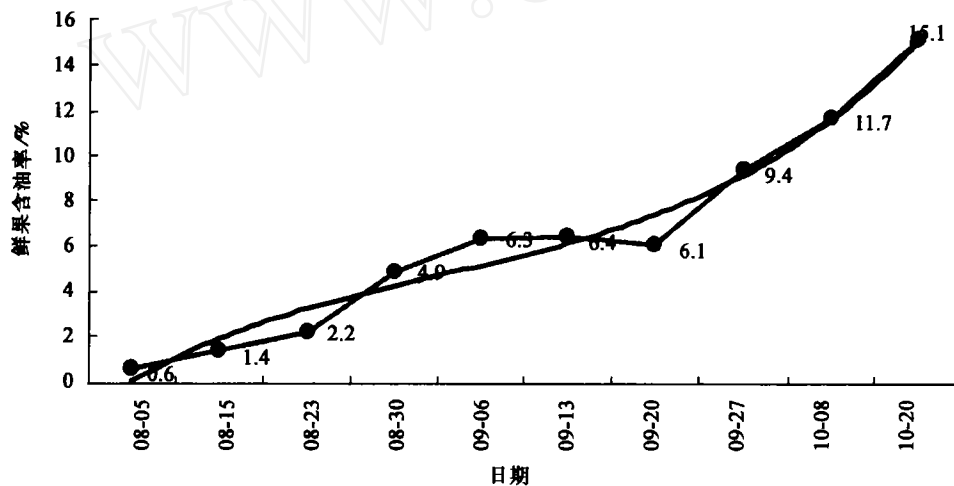


图6 油茶鲜果含油率变化

由此可见,油茶果实油脂含量增加主要来自9月中下旬至采收前的时期。提前采收会大幅度降低果实含油量,对产油是个极大的损失。

### 2.3 油茶籽含油量测定的两种方法比较

油料植物含油量的测定,传统上均采用索氏抽提法来测定其种子的含油量,但由于索氏抽提法操作繁琐,需时较长,一批样品通常在3~6h以上,而且抽提溶剂乙醚有毒、易燃、易爆,抽提过程中还需消耗大量的水电。为此引入了核磁共振测定技术,采用武汉中航生产的HCY-10核磁共振仪,参照中华人民共和国国家标准《油籽含油量核磁共振测定法(GB/T 15690-1995)》,对油茶果含油量进行了

分析测定。该方法简便易行,每个样品只需3~5min,适于大批量油料种子的测定工作。

核磁共振法测定油籽含油量在油菜(*Brassica napus* L.)、花生(*Arachis hypogaea* Linn.)、大豆(*Glycine max* (Linn.) Merr.)等农作物油料上较为普遍,但在油茶籽上还未见报道,为了比较其与传统索氏抽提法的差异,进行了平行比较试验。分别取一定量的烘干茶籽7份,其中4份直接用烘干种子来分析,3份烘干后剥出种仁来分析,每个样品先用核磁共振法测得每份种子的含油量后,再用索氏抽提法测定同一批样品,得到实验结果见表2。

表2 油茶种子核磁共振法与索氏抽提法测定含油率比较

样品	样品质量/g	索氏抽提法/%	核磁共振法/%	差异/%	相对误差/%
种仁1号	1.831	58.81	60.27	1.46	2.42
种仁2号	1.663	55.58	58.31	2.73	4.68
种仁3号	1.896	51.07	52.51	1.44	2.74
种子1号	4.989	7.74	7.80	0.06	0.77
种子2号	3.152	8.86	9.22	0.36	3.90
种子3号	5.852	19.68	19.14	-0.54	-2.82
种子4号	4.415	10.94	10.50	-0.44	-4.19

从表2可以看出,同一个样品的相对误差均小于5%,说明两种方法具有较好的对照性。其中种仁样品的含油量,核磁共振法测定结果均比索氏抽提法的结果稍高一些,主要原因应是核磁共振法所依据的是种子中所含氢原子的总量,包括了部分甾醇和多帖类长链脂肪酸,但这些对索氏抽提法而言是不可能完全抽提干净的。但种子样品则存在或高或低的个体差异,这与种子的大小、饱满度有关。一般情况下,种子含油量较高时,两种方法的结果比较接近,而且通常情况下当种子含油量较低时,两种方法结果会存在相对较大的差异,此时则应以索氏抽提法比较合理。

### 3 小结

(1)油茶果实体积增长主要在6月中旬至7月下旬这个阶段,果径与果高增长分别占整个果实生长总量的38.1%与30.1%。

(2)油茶果实质量的增加主要有两个高峰期,分别为6月中旬至7月下旬和9月中旬至10月下旬采收前,其质量增加总值超过油茶果实总质量的2/3,分别达到53.6%和22.3%。

(3)油茶种仁含油率、鲜籽含油率和鲜果含油率均随果实生长而逐渐增加,但其年生长周期内均出现两个增长高峰期,第一个生长高峰出现在8月中、下旬至9月初,第二个生长高峰出现在9月下旬至10月下旬采收前。其中,在9月20至10月20日的生长高峰期内,鲜果含油率的增幅最为明显,达到鲜果总含油量的68.9%,因此,霜降籽油茶果实采收应在10月下旬果实完成成熟后进行,否则提前采收会对产油量造成很大的影响。

(4)核磁共振法是测定油茶种子含油率的一个简便易行的方法,所取得的测定结果与索氏抽提法存在相关性与可比性;索氏抽提法测定时,种子样品必须粉碎后测定才能取得较理想的结果。

### 参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 北京:中国林业出版社,1989
- [2] 陈永忠,王德斌. 湖南省油茶良种选育及推广应用概况[J]. 湖南林业科技,2001,28(3):23~27
- [3] 陈永忠,王德斌,彭邵锋,等. 油茶“XL系列”优良家系与优良无性系选育研究[J]. 林业科技开发,2004,18(5):17~20
- [4] 陈永忠,王德斌,苏贻铨,等. 油茶“寒露籽”优良无性系选育及其脂肪酸组成的研究[J]. 经济林研究,1996,14(3):1~4
- [5] 庄瑞林,王德斌,蔡肖群,等. 油茶19个高产新品种的选育研究[J]. 林业科学研究,1992,5(6):619~627
- [6] 蔡肖群,苏明媚,邓晓安. 油茶桂无1号等六个高产无性系选育[J]. 广西林业科技,1992,21(2):47~50
- [7] 高继银,吴继武,吴会明,等. 几个油茶高产无性系的评选及其配置的研究[J]. 林业科学研究,1992,5(4):379~386
- [8] 王德斌,王汉春,陈永忠,等. 30个油茶优良无性系的选育研究[J]. 湖南林业科技,1991(2):7~10
- [9] 江西省林业科学研究所油茶课题组. 油茶高产优良无性系的选育[J]. 江西林业科技,1991(4):1~5
- [10] 熊年康,任恢康,陈祥平. 油茶闽43、闽48、闽60三个优良无性系的选育[J]. 福建林业科技,1986(1):1~6
- [11] 浙江省油茶优树当代鉴定协作组. “常山203”油茶无性系研究初报[J]. 浙江林业科技,1988(1):23~27
- [12] 陈家耀. 韶所77-1号等油茶高产优良无性系的研究[J]. 亚林科技,1986(4):25~30
- [13] 潘德森. 油茶林修剪技术试验研究[J]. 湖北林业科技,1987(1):10~12
- [14] 余健铮. 油茶不同抚育方法试验结果[J]. 湖南林业科技,1983(1):40~44
- [15] 吴建军,鲁北南. 施肥和灌溉对油茶主要经济性状的影响[J]. 经济林研究,1997,15(2):27~29
- [16] 黄光裕. 油茶高产稳产试验研究[J]. 经济林研究,1987(1):83~87
- [17] 王德斌,项耀辉,苏贻铨,等. 油茶撕皮嵌接法[J]. 亚林科技,1986(2):29~31
- [18] 韩宁林,高继银. 油茶芽苗嫁接技术[J]. 林业科技通讯,1981(10):7~10
- [19] 胡哲森,沈维义,张余炳. 多效唑对油茶苗木生长的生理效应研究[J]. 福建林学院学报,1993,13(2):25~30
- [20] 朱小化,冯神辉,彭泽友. 用HCY-10快速测定种子的含油率[J]. 中国油脂,1993(4):52~53
- [21] 王竹云,杨翠玲. 核磁共振法在油菜种子含油量分析中的应用[J]. 分析仪器,2001(3):21~24