

油茶果实含油率影响因子研究

黎章矩¹, 华家其², 曾燕如¹

(1. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省桐庐县林业局, 浙江 桐庐 311500)

摘要: 油茶 *Camellia oleifera* 果实、种子含油率(出油率)是油茶的重要经济性状。多年多点的调查和采样分析表明, 影响油茶含油率的因素有遗传品质、种子成熟度、结果数量和油茶林地的成土母质。实生繁殖的油茶林内个体之间果实、种子的含油率变异大而且相对稳定; 种子充分成熟是采种的最适期; 对果实及种子含油率影响最大的因子是结果多少, 结果越多, 含油率越低; 果实发育期的气候条件与含油率之间, 除个别极端干旱年度外, 未见有显著相关; 首次发现分布于石灰土和含钙丰富的紫砂土上油茶种子含油率相对较高, 与国内外有关油料作物(树种)喜钙的结论相一致。图 2 表 4 参 11

关键词: 经济林学; 油茶; 含油率; 种子成熟度; 气候条件; 成土母质

中图分类号: S718.3; S794.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)06-0935-06

Oil content of *Camellia oleifera* fruit trees

LI Zhang-ju¹, HUA Jia-qi², ZENG Yan-ru¹

(1. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Enterprise of Tonglu County, Tonglu 311500, Zhejiang, China)

Abstract: Oil content in *Camellia oleifera* fruits and seeds is an important economic trait. Multiyear and multi-site investigations, sampling and analyses have identified the factors influencing oil content, such as genetic quality, seed maturity, fruiting number, and soil parent materials of a seeded *C. oleifera* plantation. Based on single tree-based mean values, variation ranges and variation coefficients in the oil content of either fresh fruits or dry kernels, strong and stable variations in oil content of the fruit and seeds among individual trees were found. Studies on the relationship between seed maturity and oil content as well as that between fruiting number and oil content showed that seed maturity had a positive effect on oil content and fruiting number had a negative effect on oil content, the latter of which has been confirmed by a regressive analysis. Also except for extreme drought in one or two years, there was no obvious relationship between climatic conditions during fruit development and oil content. Seed oil from trees grown on limestone or purple sandy soils rich in calcium was relatively high. This conformed with results outside China that showed tree-oil crops preferred calcareous soils. [Ch, 2 fig. 4 tab. 11 ref.]

Key words: cash forestry; *Camellia oleifera*; oil content; seed maturity; climatic condition; soil parent material

油茶 *Camellia oleifera* 果实含油率是油茶的重要经济性状, 同时又是变异很大的性状, 它除了受遗传因子影响外, 还受种子的成熟度、结果多少、立地条件和果实发育期气候条件的影响^[1]。有关油茶品种、类型间和实生后代单株间果实含油率变异情况早已受到油茶选种工作者的普遍重视, 并作为选种的重要指标^[2-6]; 而含油率与果实成熟度的关系也有不少研究^[3-5]。至于立地条件和结果多少对含

油率的影响则研究很少,至今未见报道。为探讨油茶果含油率的变异规律及影响因子,20世纪70-90年代,我们对此做了比较系统的调查研究,报道如下。

1 材料与方 法

调查油茶重点产区县、市、乡、村和油茶林场历年油茶果实或种子产量及茶油产量,收集当地粮管所、粮管站和榨油厂历年茶籽含油量和出油率,并采样分析。同时收集产地附近气象站历年的气象资料(每日数据),统计分析油茶果实或种子含油率与当年气候条件、产果量之间的关系。

调查和采样分析不同地质土壤条件下油茶种子(混合样品)含油量的变异。

在浙江省临安市潘母岗设立油茶固定标准地 1 668 m² 249 株,测定 1974 - 1989 年历年标准地产量和果实出籽率、混合样品干籽含油率(缺 1976 年和 1977 年),其中 1984 年,1985 年和 1987 年单株采样分析果实鲜出籽率、干出籽率、出仁率、干仁含油率及鲜果含油率(果油率),分析果油率(鲜果干籽率×出仁率×仁油率)的株间变异情况。

所有分析样品均采用充分成熟种子,即果实失水并 1/3 开裂时采集的种子。种子采集后立即置于透气的麻布袋中,及时晒干或烘干。分析样品用四分法取样。种子含油率用索氏抽提法提取分析。果实、种子出油率以当年果实、种子产量与油产量折算。共收集含油率、出油率数据 1 082 个,自己分析数据 787 个。

2 结果与分析

2.1 品种、类型和单株间含油率的变异

有关油茶种内个体间果实含油率的变异,许多研究者做过大量调查研究,并以果实或种子的含油量作为选种指标选出了许多优株^[2-3]。各地未受人为干扰(选种或留优去劣疏伐)的油茶实生林中,单株间果形、果实大小、颜色、出籽率,种子和果实含油率所表现的趋势和机率相当一致。除果色外,其他性状变异都是连续的,属于多基因控制的数量性状,其频度分布近似常态曲线(图 1)。潘母岗固定标准地 3 a 单株果实性状分析结果见表 1。在果实和种子充分成熟的情况下,种子出仁率变异最小,种仁含油率次之,随后为鲜果干籽率,而鲜果含油率变异最大,属于综合性状。3 a 中单株间鲜果含油率的变幅分别为 4.28% ~ 11.65%, 3.65% ~ 10.31% 和 4.04% ~ 11.06%,高低之间相差 2.7 倍。鲜果含油率除因结果多少产生较大波动外,绝大多数相对稳定。若人为将鲜果含油率 8% 以上定为 1 级,6% ~ 8% 为 2 级,小于 6% 为 3 级,绝大多数单株不同年度鲜果含油率保持稳定,少数在相邻级别间波动,越级波动(如 1 级变 3 级或反之)的在 249 株中仅出现 17 株。因此,果油率是相当稳定的性状,在选种中应加以注意。

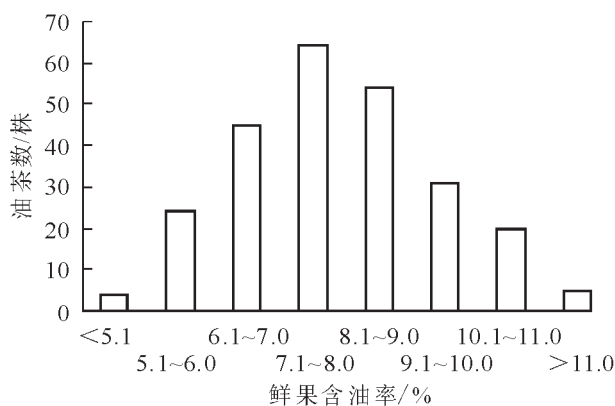


图 1 1984 年果油率的频度分布

Figure 1 Frequency distribution of the oil content of fresh fruit in 1984

2.2 种子成熟度对含油率的影响

油料作物种子发育和物质积累的基本规律都是前期依靠绿色组织合成糖类和淀粉,为后期的甘油、脂肪酸与甘油三脂合成积累提供碳架和能量。因此,油料种子成熟过程中都有一个油脂积累的起、止和快速时期。在油脂积累终止期到来之前,种子开始脱水,使种子耗氧量下降;一些与甘油三脂合成有关的酶系统遭到不可逆的破坏,并伴随着线粒体完整性的丧失和某些呼吸酶活性的下降,细胞超微结构如合成与储藏脂肪的脂肪体解体等^[7-8],最终导致油脂的合成与运转的终止。在种子成熟后期,绿色组织的同化物质和果皮中的储藏物质迅速转入种子中,如豌豆 *Pisum sativum* 的豆荚壳

表 1 潘母岗不同年度不同单株油茶果实经济性状变异

Table 1 Variations in fruit economic traits among different individuals in different years in Panmugang

| 年度 | 鲜果干子率/% | | | 干子出仁率/% | | | 干仁含油率/% | | | 鲜果含油率/% | | |
|------|---------|---------------|-------|---------|---------------|------|---------|---------------|-------|---------|------------|-------|
| | 平均 | 变幅 | 变异系数 | 平均 | 变幅 | 变异系数 | 平均 | 变幅 | 变异系数 | 平均 | 变幅 | 变异系数 |
| 1984 | 24.19 | 16.40 ~ 34.20 | 13.85 | 66.14 | 47.40 ~ 78.10 | 7.31 | 48.75 | 26.23 ~ 57.92 | 9.98 | 7.88 | 4.28~11.65 | 19.68 |
| 1985 | 24.08 | 18.32 ~ 35.17 | 14.12 | 63.28 | 46.81 ~ 77.22 | 8.15 | 48.49 | 26.06 ~ 55.47 | 10.33 | 7.39 | 3.65~10.31 | 20.58 |
| 1985 | 23.31 | 15.62 ~ 33.28 | 14.76 | 61.43 | 45.69 ~ 73.67 | 8.78 | 47.08 | 24.13 ~ 53.75 | 11.26 | 7.08 | 4.04~11.06 | 19.91 |

能向种子提供占种子质量 20% ~ 25%的氢与碳^[9]。因此，种子必须在充分成熟时方能采收。

油茶种子成熟期受遗传特性、气候因子、结果多少等多种因素影响。在实生繁殖的油茶群体中，成熟期最早在 9 月底，最迟在 11 月中旬，而且株间变异是连续的。雨天调匀，光照好，入秋早则成熟期早。因此，高海拔、高纬度地区油茶成熟期比低海拔、低纬度地区早；果实发育期遇长期干旱则成熟期推迟；结果太多的年份，成熟期也会推迟。

对油茶种子的油脂积累过程已有不少研究^[4-5,10]。由于分析年度气候条件不同以及取样的误差，所得出的油脂积累曲线不尽相同，但总的趋势是一致的，即 9 月进入油脂快速积累时期，在充分成熟前的 10 ~ 20 d 内，油脂仍在稳定增长。据分析^[4]，10 月 8 日至 20 日的 12 d 中，干仁含油率由 45.35% 上升到 56.26%，相对增长率（增长量占总量的百分率）达 19.39%；中南林业科技大学分析寒露油茶，9 月 20 日至 10 月 4 日的 14 d 中，干仁含油率相对增长率达 10.34%^[10]。为避免采样误差，1987 年，我们分期采集 194 号单株果实进行分析，其油脂增长曲线如图 2。图 2 表明，在 8 月 20 日到 10 月 25 日的 66 d 中，种仁含量及种子含油量均处在稳定增长中，曲线波动较小，而干仁含油率波动较大，可能是油脂积累受外界条件影响较大。后期通过种仁含量和仁油率的增加使种子含油率有较大的增长。如 10 月 10 日到 10 月 25 日的 15 d 中，种仁含量由 58.64% 上升到 64.57%，仁油率由 47.49% 上升到 53.06%，种子含油率由 27.85% 上升到 34.26%，三者的增长量占各自总量的百分率分别为 9.81%，10.50% 和 18.71%。上述实例说明，中晚熟类型在正常年份霜降前采种比霜降后采种要减产 15% 以上。因此，要果实充分成熟后方能采摘，而油茶果实充分成熟的外部特征是果实种子失水，果皮部分开裂。

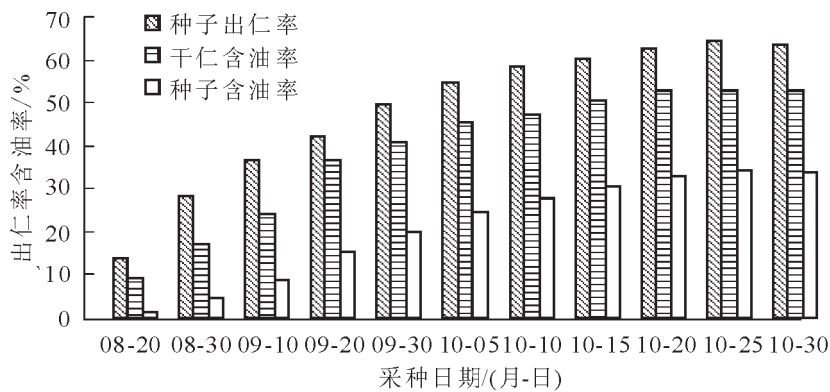


图 2 不同时期油茶种子含油率变异图

Figure 2 Variations in oil content of seeds in *Camellia oleifera* at different stages

2.3 结果量对种子含油率的影响

由于当前油茶林地条件差，管理粗放，树体发育不良，一旦结实过多则种子发育不良，出籽率和种子含油率都大幅下降。以种子或果实产量和出油率资料保存最完整的浙江常山县和湖南黄草坪林场 1965 - 1982 年果实(种子)产量与含油率为材料进行相关分析，结果两者均呈显著负相关，相关系

数 r 分别为 -0.687 和 -0.950。分析了浙江省青田县(1971 - 1982), 安徽省霍山县土地湾村(1971 - 1981), 浙江省开化县大板湾村(1970 - 1982), 浙江省南湖林场(1971 - 1982), 浙江省长兴县小浦林场(1978 - 1982)历年果实或种子产量与种子含油率之间的相关关系, r 为 -0.813 ~ -0.985, 均呈极显著负相关。

1981年, 全国从南到北油茶果实大丰收, 产量为常年的2倍以上, 超过历史最高产量的30%以上, 但当年的茶籽出油率及鲜果出油率也是历史上最低的一年。如湖南茶陵林科所鲜果出油率仅为1.84%; 湖南省枣子村, 江西省林科所, 浙江省常山县常山林场、龙游林场、南湖林场等单位1981年茶籽或鲜果含油率比常年下降30%~50%。湖南省黄草坪林场1981年全场采收油茶果实50.6万kg, 产油1.08万kg, 果油率仅2.13%; 1971年为最高产油年, 采收油茶果实30.56万kg, 产油1.91万kg, 果油率6.05%, 产果量仅为1981年的60.38%, 而产油量为1981年的176.99%, 而1971年和1981年的气候条件相似, 1981年出油率低主要是结果太多。

产果量与含油率之间的相关性如以1株树来观测则更能说明问题。表2是潘母岗固定标准地中194号优株1974 - 1989年历年产果量与果实经济性状变异情况。表2说明, 随着结果量增多, 果实变小, 鲜果含油率下降, 单株产量与平均果质量之间相关系数 $r = -0.801$, 与果油率之间的相关系数 $r = -0.738$ 均达到极显著水平。

表2 潘母岗194号优株历年产量与果实大小、含油率的变异

Table 2 Multi-year variations in fruit size & oil content of No. 194 tree in Panmugang

| 年度 | 产量/(kg·株 ⁻¹) | 平均单果质量/kg | 果含油率/% | 年度 | 产量/(kg·株 ⁻¹) | 平均单果质量/kg | 果含油率/% |
|------|--------------------------|-----------|--------|------|--------------------------|-----------|--------|
| 1974 | 2.00 | 20.02 | 7.26 | 1984 | 12.85 | 19.17 | 7.18 |
| 1975 | 13.00 | 18.70 | 7.52 | 1985 | 13.00 | 18.70 | 7.33 |
| 1978 | 4.00 | 22.30 | 8.57 | 1986 | 8.00 | 22.80 | 8.84 |
| 1979 | 14.00 | 18.41 | 7.26 | 1987 | 8.90 | 21.60 | 8.20 |
| 1980 | 5.35 | 21.09 | 9.22 | 1988 | 7.20 | 24.60 | 9.12 |
| 1981 | 12.50 | 19.63 | 7.36 | 1989 | 17.30 | 18.80 | 6.61 |
| 1982 | 19.80 | 17.47 | 6.05 | 平均值 | 9.50 | 21.01 | 7.13 |
| 1983 | 8.25 | 22.31 | 7.71 | 变异系数 | 56.94 | 13.47 | 12.15 |

说明: 1979年和1977年因故未测定。

结果多少与果实品质呈负相关是果树生产中的普遍现象, 往往通过疏果和施肥来解决。油茶立地条件差, 管理粗放, 更加重了结果数量与质量之间的矛盾, 常常出现果实产量大丰收而产油量并未增加甚至下降。

2.4 立地条件对种子含油率的影响

立地条件对油茶种子含油率的影响过去研究很少, 但从20世纪50年代以来, 由于长期垦复, 土壤肥力下降, 全国各地茶籽出油率都有不同程度地下降。1949年以前, 浙江、湖南和安徽黄山地区农民的经验 and 油厂收购的茶籽普通以8.0 kg果0.5 kg籽, 8.0 kg籽0.5 kg油折算, 即茶籽出油率为25.00%, 鲜果出油率为6.25%, 但20世纪70年代以后茶籽出油率普通在24.00%以下, 鲜果出油率多为4.50%~5.50%。以具有代表性的浙江常山县和湖南邵东黄草坪林场为例, 前者60%以上为新中国成立以前的老林, 后者70%为20世纪50年代营造的壮龄林, 两地从60年代到80年代, 茶籽、茶果出油率都逐步下降(表3)。出油率的变化

表3 湖南、浙江两地20余年油茶出油率

Table 3 More-than-20-year oil content of *Camellia oleifera* in Hunan and Zhejiang

| 年度 | 湖南省黄草坪林场 油茶鲜果出油率/% | 浙江省常山县 茶籽出油率/% |
|-------------|-----------------------|-------------------|
| 1961 - 1965 | 6.19 | |
| 1966 - 1970 | 6.24 | 24.72 |
| 1971 - 1975 | 5.71 | 24.05 |
| 1976 - 1980 | 4.83 | 23.23 |
| 1981 - 1983 | 4.25 | 22.13 |

可能含有气候、结果多少等因素的影响，但油茶普遍地整体性出油率下降则是不争的事实。

油茶历来被认为是酸性土的指示植物，但从全国的丰产林调查中发现，18 块高产林中有 4 块分布于石灰土上，6 块分布于含钙丰富的紫砂土上。调查和采样分析证明，土壤成土母质(母岩)与油茶果实或种子含油率之间确有紧密的联系(表 4)。

表 4 成土母质与油茶果实、种子含油率关系

Table 4 Relationship between soil parent materials and fruit and seeds in *Camellia oleifera*

| 地点 | 成土母质 | 土壤 pH 值 | 测定年度 | 油茶种实经济性状(年平均)% | | | | | |
|------------|-------|---------|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | | | 鲜果 干籽率 | 干籽 出油率 | 鲜果 出油率 | 干籽 出仁率 | 仁含 油率 | 干籽 含油率 |
| 浙江长兴小浦林场 | 石灰岩 | 5.40 | 1974 - 1982 | 21.81 | 23.89 | 5.21 | | | |
| 安徽黄山岩寺林场 | 紫砂岩 | 5.12 | 1982 - 1985 | 24.28 | 25.20 | 6.12 | | | |
| 浙江安吉南湖林场 | 砂岩 | 4.98 | 1973 - 1998 | 21.10 | 23.09 | 4.87 | | | |
| 浙江龙游林场 | 第四纪红土 | 4.78 | 1971 - 1981 | 22.84 | 22.25 | 5.18 | | | |
| 浙江常山林场对面山 | 石灰岩 | 6.52 | 1987 | | | | 61.15 | 49.7 | 30.39 |
| 浙江常山林场施家山 | 砂岩 | 5.02 | 1987 | | | | 58.43 | 43.52 | 25.43 |
| 浙江临安千秋关 | 石灰岩 | 5.86 | 1985 | 24.00 | 25.60 | 6.14 | | | |
| 浙江淳安朱塔村 | 石灰岩 | 6.30 | 1985 | 25.30 | 25.06 | 6.34 | | | |
| 浙江淳安朱塔村 | 砂岩 | 5.18 | 1985 | 24.12 | 23.06 | 5.56 | | | |
| 湖南永兴土桥村安东冲 | 石灰岩 | 5.79 | 1983 | | | | 70.31 | 46.08 | 30.35 |
| 湖南枣子村二冲 | 泥质岩 | 4.90 | 1983 | | | | 53.75 | 42.61 | 23.06 |

说明：出油率为所在单位提供，含油率为自己采样分析所得。

表 4 说明，分布于石灰土上的油茶种子含油率普通高于分布于砂岩或第四纪红土上的油茶。这与国内外的研究和生产实践证明的酸性土上油料树种(作物)需要施用石灰的结论是一致的^[4,11]。

2.5 气候条件对油茶含油率的影响

中国油茶主产区分布在中亚热带。气候特点是夏季气温高，光照强，蒸发强度大，而降水在不同年度间和果实生长期均分布不均，7 - 9 月的干燥系数平均在 2.00 以上，如浙江金华、衢州地区 1953 - 1977 年，7 月、8 月和 9 月的干燥系数分为 2.51, 3.11 和 1.61，而积温和日照时数则年度间变异不大。表面上看，油茶果实发育期间，降水不均，干燥系数大可能对茶籽生产量和含油率有较大影响，但事实上从 20 世纪 50 年代到 90 年代初，全国油茶产量与前一年花期气候紧密相关，而与当年的气候条件相关并不紧密，在此期间的 1954, 1972, 1974, 1978, 1979, 1981 和 1989 年全国从北到南油茶大丰收都与前一年花期气温高，霜冻少有关，而当年的气候条件并无特殊之处。以资料保存完整的浙江省常山林场(28°55'N, 119°50'E)和浙江省南湖林场(30°45'N, 119°50'E)1969 - 1982 年每年 7 月中旬至 9 月下旬油茶果实发育关键时期 70 d 中的降水量(x_1)，蒸发量(x_2)，日照时数(x_3)，降水日数(x_4)，干燥系数(x_5)，8 - 9 月积温(x_6)，油茶果实或茶籽产量(x_7)与干籽含油率(y)数据为材料进行多元回归分析，得回归方程：浙江省南湖林场为 $y = 41.08 - 0.010 9x_6 - 0.019 0x_7$ ；浙江省常山林场为 $y = 26.45 - 0.006 8x_7$ 。其中 y 为含油率， x_6 为 8 - 9 月积温， x_7 为当年茶籽产量。种子含油率与降水量、蒸发量、干燥系数、日照时数等气象因子之间关系不密切，而与茶籽产量呈极显著负相关，两地偏相关系数达极显著水平。浙江省南湖林场茶籽出油率还与 8 - 9 月积温呈显著负相关，这与一般油料作物在油脂积累期要求较低气温和较大昼夜温差的结论是一致的^[6-7]。

3 小结

鲜果含油率(简称果油率)在实生后代中变异很大，不同果油率的个体频度分布呈常态曲线。果油率是出籽率、出仁率和仁含油率之乘积，属综合经济性状。在种子充分成熟的情况下，出仁率和仁油

率变异较小,而出籽率受果实大小、果皮厚薄影响变异较大。在选种时应注意选择果大、皮薄、出籽率高的优株。

对油茶果实或种子含油率影响最大的因子是结果多少。结果太多则果油率下降,有时下降幅度很大。在目前油茶林地条件差,树木发育不良的情况下,结果多并不意味着丰产。改善生态条件和油茶发育状况才是提高油茶产量的根本途径。

油茶种子在成熟的后期,绿色器官的同化物质和果皮中的储藏物质都迅速向种子中转移,对种子的油脂合成与积累至关重要,所以种子的含油率随种子的成熟度而提高。结果量大或种子发育期遇长期干旱则果实成熟推迟。油茶果实完全成熟时的果实中的维管束解体,水分养分运输通道阻断,表现为果实失水和果皮开裂。采果期应在1/3果皮开裂为宜。

从不同地点多年调查资料来看,果实发育期的气候条件对产量和种子含油率影响不是很明显,说明油茶是相当抗旱的树种。同时发现,pH值比较高的石灰土和含钙丰富的紫砂土上的油茶种子含油率普遍比砂岩、泥岩和第四纪红土发育的土壤上的油茶要高,在今后的油茶栽培管理中应予以注意。

参考文献:

- [1] 曾燕如,黎章矩.油茶花期气候对花后坐果的影响[J].浙江林学院学报,2010,27(3):323-328.
ZENG Yanru, LI Zhangju. Effects of the climate during flowering period on post-flowering fruit setting in *Camellia oleifera* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, 27(3): 323-328.
- [2] 沈宝莲.普通油茶自然类型经济性状的研究[R].全国油茶科研协作组.油茶科研资料选编.南昌:江西省林业科学院,1980:24-26.
- [3] 庄瑞林.我国经济林良种选育“七.五”期间取得的成就[M]//中国林学会.中国林学会经济林学会第2次代表大会论文选.北京:中国林业出版社,1991:63-64.
- [4] 庄瑞林.中国油茶[M].2版.北京:中国林业出版社,2000.
- [5] 黎章矩.油茶开花习性几个问题的研究[J].浙江农业科学,1987(3):120-124.
LI Zhangju. Studies of flowering habits in *Camellia oleifera* [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 1987(3): 120-124.
- [6] 章光旭,邓学渊,李福绵.昆明地区引种普通油茶的研究[R].全国油茶科研协作组.油茶科研资料选编.南昌:江西省林业科学院,1980:30-31.
- [7] 傅家瑞.种子生理[M].2版.北京:科学出版社,1985:25-35.
- [8] BAIN J M, MERCER F V. Subcellular organization of the developing cotyledons of *Pisum sativum* L.[J]. *Austr J Biol Sci*, 1966, 19: 49-59.
- [9] FLINN A M, PATE J S. Biochemical and physiological change during maturation of fruit of the field pea (*Pisum arvense* L.)[J]. *Ann Bot*, 1986, 32: 479-495.
- [10] 中南林学院.经济林栽培学[M].北京:中国林业出版社,1981:135-139.
- [11] 黎章矩,王白坡.浙江省名特优经济树种栽培技术[M].北京:中国林业出版社,1995:149-159,431.