

山核桃果实生长发育规律

解红恩¹, 黄有军¹, 薛霞铭¹, 许长寿², 刘力¹

(1. 浙江林学院 浙江省现代森林培育技术重点实验室, 浙江 临安 311300;
2. 浙江省临安市马啸乡林业站, 浙江 临安 311323)

摘要: 山核桃 *Carya cathayensis* 果实生长成熟过程可分成 2 个阶段: 5 月初至 8 月初是果实增大物质增长阶段, 其中 6 - 7 月是果实快速生长期, 至 8 月初果实生长基本稳定。8 - 9 月是种仁储藏物质的积累和转化阶段; 在种仁成熟过程中, 山核桃种仁粗脂肪质量分数不断升高, 采收时达最高值 690.2 g·kg⁻¹; 粗蛋白和可溶性糖不断减少, 分别从 8 月 5 日的 117.38 和 56.05 mg·g⁻¹ 降至采收时的最低值 93.63 和 19.67 mg·g⁻¹; 果实成熟过程中种仁可溶性糖和粗蛋白不断转化成为粗脂肪, 种仁粗脂肪与粗蛋白和可溶性糖呈极显著的负相关, 粗脂肪与粗蛋白的相关系数为 -0.991 3 (P < 0.01), 与可溶性糖的相关系数 -0.956 5 (P < 0.01)。图 1 表 3 参 21

关键词: 植物学; 山核桃; 果实成熟; 粗蛋白; 糖类; 粗脂肪

中图分类号: S718.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)04-0527-05

Growth and development of the *Carya cathayensis* nut

XIE Hong-en¹, HUANG You-jun¹, XUE Xia-ming¹, XU Chang-shou², LIU Li¹

(1. The Key Laboratory for Modern Silvicultural Technology of Zhejiang Province, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Maxiao Forest Station of Lin'an City, Lin'an 311323, Zhejiang, China)

Abstract: *Carya cathayensis* is famous because its nut has rich nutrition, especially in oil and protein. We explore the nut's growth process in order to obtain the law of oil accumulation. From May to September in 2006, we picked 150 - 300 nuts from 6 sample trees each 7 - 10 days. Then, we determine its diameter, fresh and dry weight, the weight rate of kernel to shell, crude protein, soluble sugar, and crude fat. Results showed that development of the *Carya cathayensis* nut throughout its growing season is divided into two distinct phases. Phase I occurred from early May to early August. During this phase the *C. cathayensis* nut enlarged with the fastest growth in June and July and came to full size. Phase II occurred from early August until harvest in early September, wherein the kernel developed and filled out with nutrients accumulating and transforming. In this phase, significant negative correlations were found between crude protein and crude fat ($r = -0.9913$, $P < 0.01$) and between soluble sugar and crude fat ($r = -0.9565$, $P < 0.01$) with protein content decreasing from 117.4 to 93.6 mg·g⁻¹, soluble sugar decreasing from 56.1 to 19.67 mg·g⁻¹, and crude fat continuously increasing from 33.9% to 69.0%. So we should provide adequate nutrition to maintain the vitality of leaves in June and July, to postpone harvesting is beneficial to enhance the kernel's output and the fat content. [Ch, 1 fig. 3 tab. 21 ref.]

Key words: botany; *Carya cathayensis*; fruit maturation; crude protein; sugar; crude fat

山核桃 *Carya cathayensis* 是一种珍贵的木本干果油料作物。山核桃油可降低血脂, 预防心脑血管

收稿日期: 2007-10-10; 修回日期: 2008-04-14

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y306377); 浙江省科学技术攻关项目(2004C23070); 浙江省现代森林培育技术重点实验室开放基金资助项目(200504)

作者简介: 解红恩, 硕士研究生, 从事植物营养研究。E-mail: xha006757@sohu.com. 通信作者: 刘力, 教授, 从事林业化工研究。E-mail: liuli582003@yahoo.com.cn

疾病^[1], 其中的不饱和脂肪酸质量分数比被称为“液体黄金”的食用橄榄油还要高^[2], 为 883.8 ~ 957.8 g·kg⁻¹; 山核桃果仁中蛋白质为 78.0 ~ 96.0 g·kg⁻¹, 必需氨基酸占氨基酸总量的 33.07%^[3], 还富含人体所必须的矿质营养元素^[4]。在 20 世纪 80 年代, 谷澍芳、黎章矩等^[5,6]对山核桃雌花芽的发育, 以及芽、梢与结果的关系进行了研究。目前, 对山核桃的研究主要集中在嫁接繁殖难题^[7-10], 病虫害防治^[11], 山核桃的综合开发利用^[12-15]等。刘力等^[3]研究了山核桃粗蛋白及氨基酸组成和含量的地域间差异, 提出在高蛋白质含量的地区进行选择可以获得更大的遗传增益的观点; 田荆祥等^[16]研究了山核桃成熟过程中油脂积累变化, 认为 7 月下旬至 9 月中旬是油脂积累期, 但是, 山核桃果实成熟过程中蛋白质和糖类物质的积累及储藏物质之间相互转化规律至今未见相关文献报道。研究山核桃果实生长发育规律及果实储藏物质积累和相互转变规律, 可为探索山核桃的成油规律及栽培管理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 样地概况

样地位于浙江省临安市板桥乡罗塘村, 山核桃林为 40 年生, 正值盛果期。

1.2 样品的采集和预处理

2006 年 5 - 7 月, 果实生长发育的前期每隔 10 d 采样 1 次, 8 月初至 9 月, 储藏物质变化期间每隔 7 d 采样 1 次。从山核桃样地阳坡面 3 个不同高度位置, 每个高度选 2 株, 共取 6 株为样树, 每树按东南西北 4 个方向在树冠外侧平均采样。采集健康饱满、无病虫害的果实样品。采回后, 105 ℃ 烘干 24 h, 装塑料袋密封后冷藏。

由于 7 月份山核桃的果实中种仁与果壳紧密结合在一起, 难以分开, 所以直接将整颗烘干的果实放入粉碎机中粉碎, 供测试分析用。8 月以后的山核桃果实, 分析测定前, 将其种仁与果壳分别进行粉碎, 装入信封放在干燥器中保存。

1.3 测定方法

统计每次采回的全部样品 (约 150 ~ 300 粒), 用游标卡尺测量果实的粒径大小; 果实鲜质量用电子天平称量, 计算平均鲜质量=总鲜质量/粒数; 然后放入烘箱中 105 ℃ 烘干 24 h, 称量果实干质量, 计算平均干质量=总干质量/粒数。将 8 月 5 日后烘干过的果实破壳取仁, 称量记为干仁质量, 剩余果壳部分记为壳质量, 仁壳比即干仁质量(g)与壳质量(g)的比例。

样品蛋白质测定采用 H₂SO₄·H₂O₂ 消化, 用 Kjeltac 2300 自动定氮仪进行测定; 可溶性糖提取: 称 1 g 样品加蒸馏水 30 mL, 沸水浴加热 1 h, 2 次重复, 合并提取液定容, 提取的糖液采用蒽酮比色法进行测定; 粗脂肪采用索氏抽提法测定^[17]。

2 结果与分析

2.1 山核桃果实发育规律

对果实开始发育(5月10日)到采收(9月6日)采回的果实样品粒径、鲜质量和干果质量中进行测定和统计。结果见表 1。

2.1.1 山核桃果实膨大规律 从表 1 我们可以看出, 5 月 10 日果实粒径大小只有 2.0 mm, 到 6 月 10 日长到 9.20 mm, 增大 7.20 mm, 平均每天增大 0.240 mm; 6 月 10 日到 7 月 8 日, 果实迅速膨大, 果实粒径从 9.20 mm 增大到 23.20 mm, 平均每天增长 0.50 mm, 增长速度是前一个月的 2.1 倍, 是果实膨大的关键时期; 7 月 8 日到 8 月 5 日, 果实粒径从 23.20 mm 增大到 30.30 mm, 平均每天增长 0.25 mm, 增长速度变缓; 8 月 5 日直到采收, 果实的粒径大小基本维持在 30.50 mm, 不再有明显的变化。山核桃果实膨大呈现出一个慢速—快速—慢速—稳定的生长规律。

2.1.2 山核桃果实质量变化 山核桃果实生长成熟过程中单粒果质量变化见表 1。可知, 5 月份果实发育后, 平均鲜质量从 5 月 10 日的 0.04 g·粒⁻¹到 6 月 10 日的 0.56 g·粒⁻¹, 每日鲜质量增加量为 0.017 g·粒⁻¹; 干质量从 0.01 g·粒⁻¹到 0.17 g·粒⁻¹, 增加了 0.16 g·粒⁻¹, 每日干质量增加量为 0.005 g·粒⁻¹, 是果实缓慢生长期。6 月 10 日到 7 月 8 日鲜质量从 0.56 g·粒⁻¹增加到 6.15 g·粒⁻¹, 每日鲜质量

表 1 山核桃果实生长期单果平均粒径和质量变化

Table 1 Dynamic change of the weight and diameter of *Carya cathayensis* nut during growing period

日期/(月-日)	粒径/mm	平均鲜质量/ (g·粒 ⁻¹)	平均干质量/ (g·粒 ⁻¹)	日期/(月-日)	粒径/mm	平均鲜质量/ (g·粒 ⁻¹)	平均干质量/ (g·粒 ⁻¹)
05-10	2.0	0.04	0.01	07-25	27.4	8.18	4.37
05-20	3.3	0.07	0.02	08-05	30.3	9.37	5.00
05-30	6.5	0.21	0.06	08-10	30.6	10.65	5.03
06-10	9.2	0.56	0.17	08-17	30.5	10.85	5.02
06-25	15.7	2.56	0.91	08-23	30.8	10.92	5.09
07-08	23.2	6.15	3.57	08-31	30.9	11.97	5.12
07-15	24.7	7.32	3.90	09-06	—	13.58	5.15

增加量达到 0.181 g·粒⁻¹, 是 5 月份的 10.6 倍; 干质量从 0.17 g·粒⁻¹ 迅速增加到 3.57 g·粒⁻¹, 每日干质量增加量达到 0.121 g·粒⁻¹, 是 5 月份的 24.2 倍, 6 月初至 7 月初是果实快速增长期。7 月 8 日到 8 月 10 日鲜质量从 6.15 g·粒⁻¹ 增加到 10.65 g·粒⁻¹, 每日鲜质量增加量达到 0.136 g·粒⁻¹, 是 5 月份的 8 倍; 干质量从 3.57 g·粒⁻¹ 迅速增加到 5.00 g·粒⁻¹, 每日干质量增加量达到 0.044 g·粒⁻¹, 是 5 月份的 8.6 倍, 7 月初至 8 月初果实增长比上个月有所下降, 但保持了较快增长速度。6 月初至 8 月初是对干物质积累最为重要的时期; 8 月 10 日到 8 月底果实的鲜质量基本维持在 10.5 g·粒⁻¹, 干质量维持在 5.1 g·粒⁻¹ 左右。8 月底到 9 月初遇连续的阴雨, 使果实含水率增高, 9 月 6 日鲜质量比 8 月 31 日质量重增加, 而干物质却无明显变化。8 月初到 9 月采收果实的质量量不再有明显变化, 是稳定期。山核桃果实的质量生长规律为缓慢生长—快速生长—次快速生长—稳定 4 个阶段, 呈明显的 ‘S’ 曲线。

2.1.3 山核桃出仁率 7 月份, 果实中的种仁部分是液态, 与内果皮有明显界限, 但是难于分离。8 月份, 果实的种仁可被分离。分离出 8 月 5 日后样品中种仁, 称量计算种仁与果壳的比例(仁壳比)。结果见图 1。从图 1 中可以看到, 在山核桃成熟早期, 种仁干物质含量低, 仁壳比较低; 随着果实成熟, 种仁干物质不断积累, 仁壳比逐渐增大; 在 8 月 5 日仁壳比为 13.17%, 9 月 6 日采收日达到最高值 45.42%; 8 月 5 日到 8 月 23 山核桃仁壳比增长的速度快, 每日增长 1.31%; 8 月 23 日到 9 月 6 日, 增加幅度趋于平缓, 日均增长只有 0.62%。

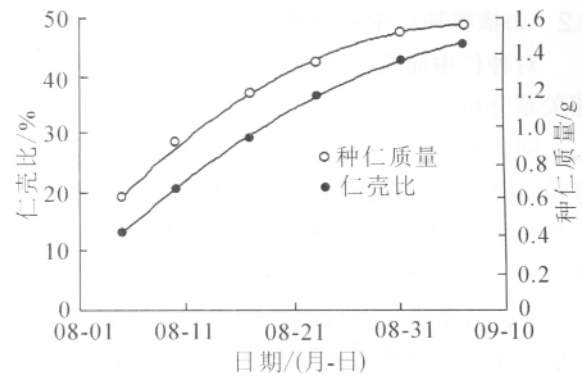


图 1 山核桃果实成熟仁壳比和种仁质量的变化
Figure 1 The ratio of kernel to shell & the weight of kernel during growing period

2.2 山核桃果实成熟过程中储藏物质的变化

8 月 5 日至 9 月 6 日采收山核桃种仁中的粗蛋白、可溶性糖和脂肪质量分数测定结果见表 2。

2.2.1 粗蛋白变化 8 月 5 日种仁中粗蛋白质量分数较高, 达到了 117.38 mg·g⁻¹, 为胚的发育和干物

表 2 山核桃种仁中粗蛋白、可溶性糖和脂肪质量分数

Table 2 Dynamic changes of crude protein contents, soluble sugar and crude fat contents in kernel

测定日期/ (月-日)	粗蛋白/ (mg·g ⁻¹)	可溶性糖/ (mg·g ⁻¹)	粗脂肪/ (g·g ⁻¹)	测定日期/ (月-日)	粗蛋白/ (mg·g ⁻¹)	可溶性糖/ (mg·g ⁻¹)	粗脂肪/ (g·g ⁻¹)
08-05	117.38	56.05	339.0	08-23	98.12	27.20	643.9
08-10	109.97	31.53	487.7	08-31	94.39	20.80	667.1
08-17	100.84	28.26	580.4	09-06	93.63	19.70	690.2

质的形成和积累提供了基础;随果实的成熟,山核桃中粗蛋白不断降低,到9月6日种仁粗蛋白的质量分数降到 $93.63 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.2.2 可溶性糖的变化 8月5日可溶性糖质量分数最高,为 $56.05 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。此时,果实处于幼胚发育时期,高质量分数的糖保证了山核桃果实幼胚充足的活力。随着山核桃果实成熟,糖类逐渐转化为脂肪形式储藏起来。随着脂肪质量分数的不断提高,糖分下降,到9月6日采收时只有 $19.67 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,达到最低值。

2.2.3 粗脂肪的变化 从表2可以看出脂肪在山核桃成熟过程中是不断积累的,到采摘一直保持增加趋势,8月5日是 $339.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,9月6日采收时达到了 $690.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。8月23日之前是脂肪迅速积累的时期,8月5日至8月23日平均每天增长1.69%,8月23日到9月6日采收时为缓慢增长期,平均每天增长0.31%。

3 讨论

3.1 果实发育的2个阶段

山核桃果实发育过程呈明显的阶段性。第1阶段:果实的增大期(5月初至8月初);第2阶段:种仁填充期(8月初至9月采收)。这一规律与美国山核桃 *Carya illinoensis* 的发育规律相符合^[18]。

第1阶段主要是果实的增大生长,并决定了果实最终的大小。其中6月10日至7月10日为最快生长期,同时也是山核桃的落果高峰期,因果实生长需要大量的营养,竞争激烈,导致了大量落果。所以在早春要注意施肥^[19,20],增加营养,保持山核桃植株活力,使果实迅速增大,提高坐果率。第2阶段,果实的质量没有明显增加,但种仁的质量不断上升,主要是胚发育,粗蛋白、脂肪等种仁储藏物质的积累转化过程,对于最终种仁的产量、营养和风味影响较大。如何提高出仁率,最终提高种仁产量需作进一步研究。

3.2 山核桃种仁中各储藏物质之间变化规律

对种仁中储藏物质在成熟过程中变化进行相关性分析,分析结果见表3。

随着果实的成熟,粗蛋白与可溶性糖变化都呈下降趋势,粗蛋白与可溶性糖存在显著的正相关 $r = 0.924 1$,达到了0.01水平上的显著水平。而粗脂肪则是在果实的成熟过程中不断上升,与粗蛋白和可溶性糖之间存在显著的负相关性,均达到了0.001的显著水平。粗脂肪与粗蛋白变化的相关系数为 $r = -0.991 3$,与可溶性糖变化的相关系数为 $r = -0.956 5$ 。

山核桃种仁中各储藏物质之间变化过程,就是可溶性糖类和粗蛋白逐步下降,粗脂肪不断升高的过程。到采收时,粗脂肪成为山核桃种仁的主要成分,含量达到 $690.2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在脂肪的形成过程中,山核桃粗蛋白和可溶性糖等营养物质转变为脂肪,含量的变化基本同步。

3.3 果实采收

从研究结果看出,粗蛋白和可溶性糖质量分数均在9月6日(2006年9月8日是白露)达到最低点,说明此时果实的活力降到最低,合成转化速度都比较小,制定在白露采收山核桃比较合理;但此时种仁的质量和脂肪还在上升阶段,为抢市场而盲目提前采收山核桃会影响油脂类积累和转化,所以在白露后再适当推迟一定时间采收^[20,21]有利于提高山核桃品质,白露后过几天采收仍需作进一步研究。

参考文献:

- [1] HADDAD E, JAMBAZIAN P, KARUNIA M, et al. A pecan-enriched diet increases α -tocopherol/cholesterol and decreases thiobarbituric acid reactive substances in plasma of adults[J]. *Nutrit Res*, 2006, 26: 397-402.
- [2] 章亭洲. 山核桃的营养、生物学特性及开发利用现状[J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(4): 90-93.

表3 山核桃各营养成分之间的相关系数

Table 3 The correlation between crude protein, soluble sugar and crude fat in kernel

相关系数	粗蛋白	可溶性糖
可溶性糖	0.924 1	
脂肪	- 0.991 3	- 0.956 5

说明: $r_{0.001,5} = 0.950 7$, $r_{0.01,5} = 0.874 5$ 。

- [3] 刘力, 龚宁, 夏国华, 等. 山核桃种仁蛋白质及氨基酸成分含量的变异分析[J]. 林业科学研究, 2006, 19 (3): 76 - 378.
- [4] 郭传友, 黄坚钦, 方炎明. 山核桃研究综述及展望[J]. 经济林研究, 2004, 22 (1): 61 - 63.
- [5] 谷澍芳. 山核桃雌花芽的分化与雌花发育观察[J]. 浙江林学院学报, 1984, 1 (1): 15 - 20.
- [6] 黎章矩. 山核桃芽、稍发育状况与结果关系的研究[J]. 浙江林学院学报, 1985, 2 (2): 27 - 31.
- [7] 黄坚钦, 方伟, 丁雨龙. 植物生长调节物质对山核桃嫁接的效用[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26 (4): 78 - 80.
- [8] 黄坚钦, 方伟, 丁雨龙, 等. 影响山核桃嫁接成活的因子分析[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19 (3): 227 - 230.
- [9] 余琳, 余忠敏, 余家中, 等. 山核桃嫁接育苗技术与造林试验[J]. 浙江林业科技, 2006, 26 (5): 20 - 23.
- [10] 黄有军, 王正加, 郑炳松, 等. 山核桃根插试验[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23 (2): 228 - 231.
- [11] 胡国良, 程益鹏, 楼君芳, 等. 山核桃花蕾蛆生物学特性及防治技术[J]. 浙江林学院学报, 2007, 4 (4): 463 - 467.
- [13] 张婷, 张虹. 山核桃青皮化学成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2007(5): 116 - 119.
- [14] 殷舒, 毛胜凤, 杨琼霞, 等. 山核桃叶片提取物的抑菌作用[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 604 - 607.
- [15] 杨琼霞, 殷舒, 申屠垠, 等. 山核桃外果皮提取液对小鼠的辐射防护作用[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23 (6): 604 - 607.
- [16] 田荆祥, 吴美春, 仲山民. 山核桃成熟过程中油脂变化的研究[J]. 浙江林学院学报, 1986, 3 (2): 53 - 57.
- [17] 刘晓松, 陈少华. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [18] RON B. Growth and Development of Pecan Nuts[R]. Las Cruces: Cooperative Extension Service of New Mexico State University, 2005.
- [19] CROCKER T E. The Pecan[M]. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences EDIS Publication, University of Florida, 1994.
- [20] 方永祝. “三坑”山核桃及栽培管理技术[J]. 中国林副特产, 2006 (3): 50 - 51.
- [21] 肖斌. 安徽山核桃生产现状与发展对策[J]. 经济林研究, 2003, 21 (2): 74 - 76.

“浙江省‘十一五’发展循环经济建设节约型社会总体规划” 获浙江省“十一五”专项规划优秀成果一等奖

浙江省“十一五”专项规划优秀成果评审结果揭晓。由浙江林学院单胜道教授主持编制的“浙江省‘十一五’发展循环经济建设节约型社会总体规划”(以下简称《规划》)在激烈竞争中脱颖而出,荣获一等奖。

《规划》编制小组在浙江省发改委的领导下,历时1年,走访调查全省11个市和省级相关部门,在对浙江省的经济、社会、环境和资源等进行充分调研和分析的基础上,于2007年3月完成《规划》编制。《规划》提出了“十一五”时期浙江省发展循环经济建设节约型社会的思路、原则、目标、任务和保障措施,明确了浙江省发展循环经济,建设节约型社会的重点领域和重大项目。《规划》于2007年6月13日经浙江省人民政府颁发实施(浙政发〔2007〕36号),明确作为指导浙江省发展循环经济,建设节约型社会的纲领性文件以及编制其他相关专项规划和各地市循环经济发展规划的依据。

何尧军