

# 银杏胚乳发育过程中养分积累规律的研究

吕雪芹, 潘焯, 陆彦, 王莉<sup>\*</sup> (扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009)

**摘要** [目的] 研究银杏胚乳发育过程中营养物质的积累规律。[方法] 选择银杏核用主栽品种“佛指”为试材, 对胚乳发育过程中营养成分的变化进行了测定分析。[结果] 结果表明, 银杏在生长发育过程中, 其胚乳的长、宽和单粒重生长表现为盛花期至授粉后 60 d 生长速度迅速, 之后逐渐趋于平缓; 胚乳的干物质含量在授粉后 50 d 迅速增加, 至授粉后 141 d 其含量达到最高值, 之后含量略有下降; 胚乳中可溶性糖含量在授粉后 50 d 较高, 后出现下降, 授粉后 95 d 至种实成熟又显著升高; 胚乳中淀粉含量在授粉后 50 d 呈现快速上升趋势, 至 95 d 含量增加趋于平缓; 胚乳中蛋白质含量在授粉后 65 d 上升趋势加快, 至授粉后 110 d 含量增加趋于平缓。[结论] 银杏胚乳生长发育过程中快速增长期为授粉后 65~110 d。

**关键词** 银杏; 胚乳; 营养物质; 积累规律

**中图分类号** S792.95 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)06-02475-02

## Study on the Rule of Nutrient Accumulation during the Development of Endosperm in *Ginkgo biloba* L.

LV Xue-qin et al (Institute of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

**Abstract** [Objective] The rule of nutrient accumulation in the process of *Ginkgo* endosperm development was studied. [Method] *Ginkgo* variety—Fuzhi for the kernel usage being taken as experimental material, the change of nutrient during endosperm development was measured and analyzed. [Results] The results showed that the growth performance of the length, width of endosperm and the single-seed weight of *Ginkgo* was rapid from the full flowering stage to the 60th day after pollination in the process of *Ginkgo* growth and development, and then it became more and more gentle. The content of dry matter in endosperm was rapidly increased from the 50th day to the 141st day after pollination, and then, slightly decreased. The higher content of soluble sugar in endosperm appeared on the 50th day after pollination; then, declined; and finally, significantly increased from the 95th day after pollination to maturity stage. The content of starch in endosperm showed rapid upward trend from the 50th day after pollination, and then, the gentle increment of its content was starting from the 95th day after pollination. The content of starch in endosperm showed rapid upward trend from the 65th day after pollination, and then, the gentle increment of its content was starting from the 110th day after pollination. [Conclusion] The rapid growth period of *Ginkgo* endosperm was from 65th—110th day after pollination.

**Key words** *Ginkgo biloba* L.; Endosperm; Nutrient; Accumulation

银杏(*Ginkgo biloba* L.)是我国重要的经济树种,其种核具有特殊的营养、保健和药用价值<sup>[1-2]</sup>。我国是银杏的故乡,也是世界银杏种核生产大国<sup>[2]</sup>,随着国内外银杏种核食品和保健市场的不断开发,我国核用银杏的栽植面积不断扩大,并广泛分布于江苏、山东、广西等 29 个省、市、自治区<sup>[2]</sup>,种核年均总产量达到 1.0 万~1.2 万 t,占世界银杏种核总产量的 90% 左右<sup>[3]</sup>。银杏种核主要由种皮、胚乳和种胚组成<sup>[4]</sup>,其中胚乳含有大量的淀粉、蛋白质、脂肪等营养物质,还含有银杏内酯等药用成分,一直以来被作为营养品和保健品深受国内外大众的喜爱<sup>[5]</sup>。目前对银杏胚乳中营养成分的研究报道较多,但对胚乳发育过程中其营养物质积累规律的研究较少报道。因此,笔者选择银杏核用主栽品种“佛指”为试材,对胚乳发育过程中营养物质的积累规律进行研究,以期对银杏种仁品质形成与调控等方面具有指导意义。

## 1 材料与方法

**1.1 供试材料与试验设计** 试验材料为银杏(*G. biloba* L.)核用主栽品种佛指‘*G. Fozhi*’,取自扬州大学银杏实验基地,选用生长发育正常、栽培管理一致的银杏雌株与雄株,具有代表性的 15 年以上树龄。于 4 月中旬待雄花发育成熟后采集花序,室内自然散出花粉,在雌株树体约 70% 的胚珠产生传粉滴时(4 月 13 日),用混合银杏花粉进行人工授粉,分别于授粉后的不同时期,定期采集银杏种实,除去种皮,烘干处理,用于成分测定。

**1.2 测定方法** 种核单粒重采用称重法,种核长和宽采用游标卡尺法测定,种仁含水量与干物质含量采用烘干法测定。可溶性糖含量和淀粉含量采用蒽酮比色法,蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 银杏胚乳发育过程中形态的变化** 由图 1 可知,银杏种实和胚乳在授粉后 60 d 内长、宽都有明显增长,此时正处于胚乳细胞数目的快速增殖期。之后由于胚乳细胞数目趋于稳定且中种皮开始骨质化,胚乳组织基本形成,银杏种实、种仁的形态变化趋于稳定,种实长约 2.8 cm,宽约 2.1 cm,胚乳长约 1.7 cm,宽约 1.2 cm,到种实成熟期,大小基本保持稳定。由图 2 可知,银杏胚乳在发育过程中,种实单粒重自授粉到授粉后 60 d 内增长速率较快,授粉后 78 d 生长趋于平缓,至授粉后 141 d 略有下降。银杏种仁鲜重在授粉后 50 d 开始迅速增长,而干重的迅速增长期稍晚于鲜重,其增长期的不同步性主要是由于水分和干物质累积增长的不同步所造成的。银杏胚乳在细胞化的末期已经开始积累淀粉体等营养物质,授粉后 50 d,胚乳中干物质含量为 20.93 mg/粒,随着生长天数的增加其含量迅速增加,至授粉后 141 d 其含量达到最高值为 821.17 mg/粒,之后含量略有下降,至种实发育成熟采收前干物质含量为 750.57 mg/粒,这主要是由于后期的受精作用要消耗胚乳中的养分所造成的。

**2.2 银杏胚乳发育过程中可溶性糖含量变化** 在银杏胚乳发育过程中,可溶性糖含量在授粉后 50 d 左右含量较高,达到 10.9% 左右。此时正是银杏种实的旺盛生长期,光合产物迅速输送给种实,糖分累积快。随着种实的发育,淀粉合成有关的酶活性增强,胚乳中淀粉合成加快,大量的糖用于

基金项目 扬州大学大学生创新基金(2007)。

作者简介 吕雪芹(1987-),女,江苏赣榆人,本科生,专业:园艺。\*通讯作者,博士,讲师。

收稿日期 2008-12-31

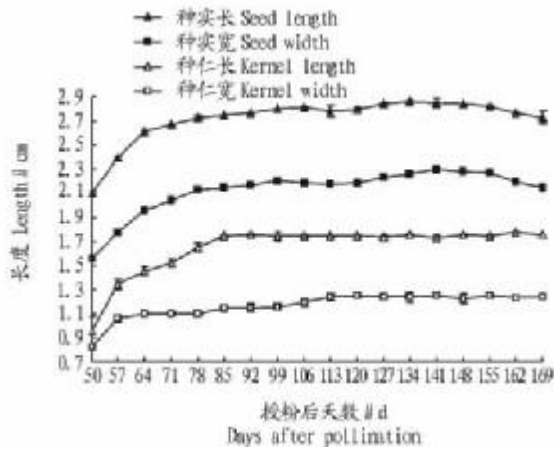


图1 银杏种实生长发育过程中形态变化

Fig. 1 Changes of shape during the development of endosperm in *Ginkgo biloba* L.

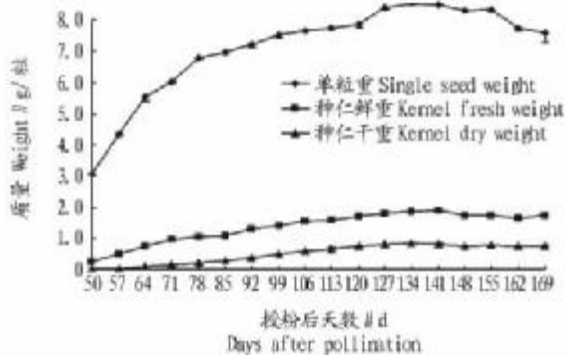


图2 银杏生长发育过程中种实和种仁重量变化

Fig. 2 Changes of weight of seed and kernel during the development in *Ginkgo biloba* L.

合成淀粉,同时银杏的新梢和叶片的生长需要消耗大量能量,因此,可溶性糖含量开始下降,至授粉后 95 d 达到最低值。随着银杏种实的体积增长趋于缓慢,光合产物又相对有所增加,可溶性糖含量又开始上升(图 3)。

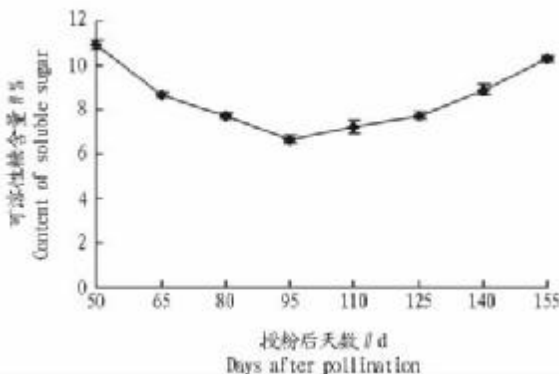


图3 银杏胚乳发育过程中可溶性糖含量变化

Fig. 3 Changes of soluble sugar content during the development of endosperm in *Ginkgo biloba* L.

2.3 银杏胚乳发育过程中淀粉含量变化 银杏种实的淀粉主要存储在胚乳中,而胚乳中淀粉主要是由支链淀粉和直链淀粉组成。直链淀粉由淀粉磷酸化酶催化 1-磷酸葡萄糖合成,而支链淀粉由 Q 酶消化直链淀粉底物合成。随着银杏种实的发育成熟,磷酸化酶的活性也增强,从而促进直链淀粉

和支链淀粉的合成,导致淀粉含量增加。由图 4 可以看出,银杏胚乳生长发育过程中,淀粉含量一直处于上升的趋势。在授粉后 95 d 内淀粉含量迅速增加,淀粉含量已经达到 65.7%,之后淀粉含量的增长速度趋于平缓,基本保持稳定。

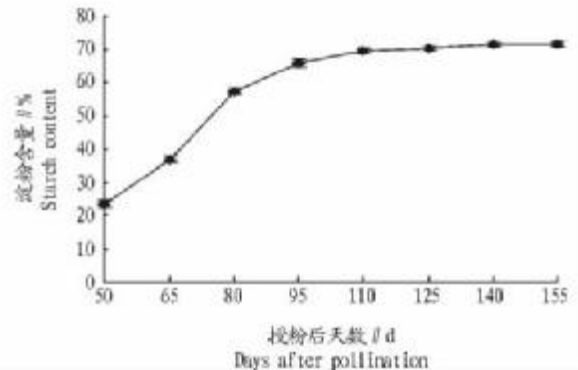


图4 银杏胚乳发育过程中淀粉含量变化

Fig. 4 Changes of starch content during the development of endosperm in *Ginkgo biloba* L.

2.4 银杏胚乳发育过程中蛋白质含量变化 蛋白质是银杏种仁的重要组成成分,并与种仁的生命活动密切相关。由图 5 可看出,银杏胚乳发育过程中蛋白质含量呈现上升的趋势。授粉后 50 d 蛋白质含量较低,仅 1.89%,授粉后 65 d 左右蛋白质含量急剧增加,到授粉后 110 d,蛋白质含量达到 5.6%,此后直到种实成熟,其蛋白质含量变化不大。银杏胚乳细胞要经过游离核和细胞化阶段才基本形成,因而此时期的蛋白质含量较低,随着胚乳组织的形成与胚乳细胞数目的不断增殖,其营养生长与生殖生长同时进行,对养分的需求逐渐增大,胚乳细胞中开始大量地积累蛋白质等营养成分。直到银杏胚乳趋于成熟时,各种生理活性逐渐减弱,因而其含量趋于平稳。

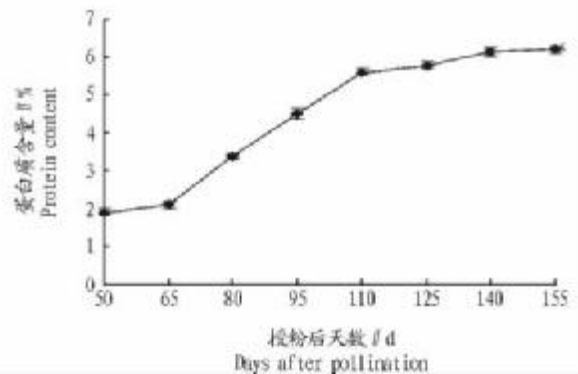


图5 银杏胚乳发育过程中蛋白质含量变化

Fig. 5 Changes of protein content during the development of endosperm in *Ginkgo biloba* L.

### 3 讨论

(1) 银杏胚乳组织是由功能大孢子直接发育而来,为单倍体<sup>[4]</sup>。其形成经历了游离核时期和细胞化时期,其中胚乳细胞化时间约为授粉后 30 d 至授粉后 45 d,授粉后 50 ~ 60 d 左右胚乳组织基本形成<sup>[4]</sup>。研究表明,银杏胚乳组织的生长与其种实长、宽的快速增加过程大致一致,说明银杏胚乳组织的生长与种实形态发育具有同步性。银杏种仁主要由胚

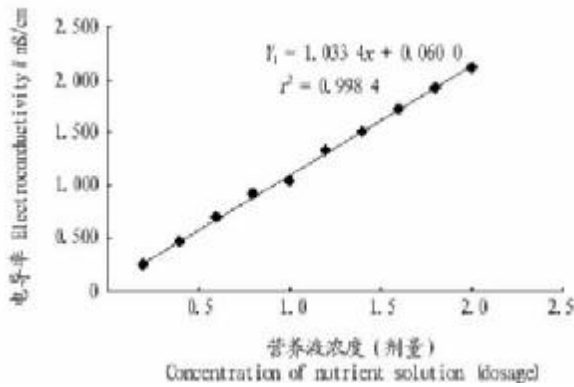


图1 营养液(纯水)浓度与电导率值之间的关系

Fig.1 The relation between concentration gradient of nutrient solution (pure water) and EC value

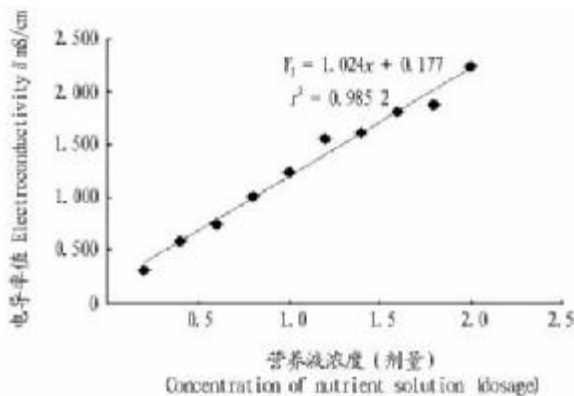


图2 营养液(自来水)浓度与电导率值之间的关系

Fig.2 The relation between concentration gradient of nutrient solution (running water) and EC value

营养液时,如营养液浓度梯度( $x$ )取1个标准配方,则其电导率为1.246 mS/cm;如营养液浓度梯度( $x$ )取0.5个标准配方,则其电导率为0.689 mS/cm。实际操作中配制营养液时,应根据此植物习性及其不同生长阶段所需营养液电导率(EC)值来确定在该地配制营养液时所需营养元素含量,如其营养生长过程中电导率应控制在 $1.5 \text{ mS/cm} \leq Y \leq 2.0 \text{ mS/cm}$ ,则配制营养液时应按 $1.29 \leq x \leq 1.78$ 标准浓度梯度进行营养成分称量、配制。通过监测植物生长过程中营养元素含量及营养液EC值变化确定并补充所需无机元素,调节EC值变化,为营养液配制、补给提供科学、快速、有效的指导。

### 3 讨论

无土栽培,采用不同配方所用的盐类形态不尽相同,用各地的自来水所含杂质有异都会使电导率发生变化。因此,营养液浓度与电导率间的回归方程必须根据具体营养液配方和地区自行测定建立专用线性回归方程<sup>[3]</sup>。由于植物种类不同,其固有习性不尽相同,因而在其生长过程中所需电导率值不同,应根据特定植物各生长时期所需EC值来确定营养液浓度增减。电导率测定值只能反映营养液中总的盐分含量,而不能反映某种盐分含量,因此在实际操作中还需结合营养液pH值及营养元素测定来确定营养元素的增减,从而才能保障植物正常生理和生长活动。

### 参考文献

- [1] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 王毓芳. 质量分析质量改进与统计技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
- [3] 柴建萍, 谢道燕. 回归分析法在无土栽培营养液浓度确定中的应用[J]. 云南农业科技, 2006(5): 24, 33.

(上接第2476页)

乳组织和种胚组成, 胚乳组织的细胞多少和大小决定了种仁的大小, 种仁的大小决定了种核的大小, 种核的大小是重要的食用和商品指标, 因此研究银杏胚乳组织的形态建成对于调控银杏种核的大小具有重要理论和应用价值, 关系着银杏种仁品质的形成。

(2) 银杏胚乳组织由大量薄壁细胞组成, 细胞化后不久就开始淀粉体和蛋白质等营养物质的积累<sup>[7]</sup>。在银杏胚乳生长发育过程中, 淀粉和蛋白质的含量测定表明其快速增长期为授粉后65~110 d, 从而更确切地了解银杏品质形成过程中营养物质积累的特性, 可以更准确地相应的生长期通过人工授粉、疏花定果、土肥水配套管理等工作, 集中养分供应, 提高种仁的重量和饱满度, 改善品质。授粉后60 d左右是中种皮开始骨质化<sup>[4]</sup>, 胚乳营养成分积累和成熟的重要时

期, 适时注意肥水管理, 对增加银杏种仁的产量和提高品质极为重要。7月以后种核大小基本稳定, 主要是胚乳积累干物质的重要时期, 这一时期若出现干旱现象则会影响干物质的积累, 导致单粒重下降, 从而影响食用价值。

### 参考文献

- [1] 曹福亮. 中国银杏志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [2] 郭善基. 中国果树志(银杏卷)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [3] 陈鹏, 何凤仁, 钱伯林, 等. 中国银杏的种核类型及其特征[J]. 林业科学, 2004, 40(3): 66-70.
- [4] 王莉, 王永平, 汪琼, 等. 银杏胚珠发育进程的解剖学研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(7): 1349-1356.
- [5] CHEN P, HE F R, YU B Y, et al. Seed stone shape and the relative component in kernel of *Ginkgo biloba* [J]. Forestry Studies in China, 1999, 1(1): 42-47.
- [6] 邹琦. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [7] 王莉, 潘焯, 王永平, 等. 银杏种实生长发育过程中胚乳淀粉体发育观察[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 692-695.