

## 银杏芽中内源激素与大小年结实的关系

沙波<sup>1,3,4</sup>, 漆小雪<sup>2</sup>, 韦霄<sup>2</sup>, 蒋运生<sup>2</sup>, 李锋<sup>2</sup>, 许鸿源<sup>1\*</sup>

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西桂林 541006; 3. 黔西南民族大学, 贵州兴义 562400; 4. 广西作物遗传改良生物技术重点实验室, 南宁 530007)

**摘要:** 为探讨银杏大、小年结实现象的生理原因, 于2004~2005年, 用ELISA(间接酶联免疫法)对银杏大年树和小年树果芽和叶芽内的IAA, GA, ZR和ABA含量进行了对比测定。结果表明: 大年树IAA、ZR和ABA含量在果芽和叶芽之间的比值均高于小年树, GA含量在果芽和叶芽之间的比值则低于小年树, 有利果芽分化生长, 形成大年; 果芽中较高水平的ZR、IAA和ABA与较低水平的GA, 以及萌芽前期较高的IAA/GA, ZR/GA和ABA/GA等比值, 有利果芽分化, 形成大年; 叶芽中较高的ZR、IAA和较低的ABA有利于形成大年生长, 尤其是ZR含量在萌芽前期或中期升高与形成大年生长关系密切。

**关键词:** 银杏; 芽; 内源激素; 大小年结实

**中图分类号:** Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)04-0638-05

## Relation between endogenous hormones in bud and on-year or off-year fruiting of *Ginkgo biloba*

SHA Bo<sup>1,3,4</sup>, QI Xiao-Xue<sup>2</sup>, WEI Xiao<sup>2</sup>, JIANG Yun-Sheng<sup>2</sup>,  
LI Feng<sup>2</sup>, XU Hong-Yuan<sup>1\*</sup>

(1. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 3. Qianxinan Teacher's College, Xingyi 562400, China; 4. Guangxi Crop Genetic Improvement and Biotechnology Lab, Nanning 530007, China)

**Abstract:** To find the physical causes of on and off-year fruiting of *Ginkgo biloba*, four kinds of endogenous hormones including IAA, ZR, GA and ABA in fruit bud and leaf bud of on-year and off-year fruiting trees were determined with ELISA from 2004 to 2005. The results are as follows: the content ratios of IAA, ZR and ABA in floral bud to leaf bud of on-year *Ginkgo* trees are greater than that of off-year trees, but the content ratio of GA in fruit bud to leaf bud of on-year trees is less than that of off-year trees, this will benefit the differentiation and growth of fruit bud, and promote on-year fruiting; high contents of ZR, IAA and ABA, and low content of GA, and high ratios of IAA/GA, ZR/GA and ABA/GA in fruit bud are helpful to fruit bud's differentiation and on-year fruiting; high contents of ZR and IAA, and low content of ABA, especially the increase of ZR in early or middle period of leaf bud are advantageous to on-year fruiting.

**Key words:** *Ginkgo biloba*; bud; endogenous hormones; on-year or off-year fruiting

银杏(*Ginkgo biloba*)属裸子植物门银杏纲, 为理通直, 色泽光亮, 不易翘裂, 很适合木材加工。我国原产的重要经济树种之一。因其木材细致, 纹时银杏寿命长, 树干高大挺拔, 叶形奇特可爱, 加之

收稿日期: 2006-07-08 修回日期: 2006-10-12

基金项目: 广西科技攻关项目(0424002-1); 广西自然科学基金(0342029); 中科院“西部之光”人才培养计划项目([2002]404)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Guangxi (0424002-1); Natural Science Foundation of Guangxi(0342029); Personnel Training Plan of West Light Foundation of the Chinese Academy of Sciences([2002]404)]

作者简介: 沙波(1977-), 男, 贵州安龙人, 硕士研究生, 作物栽培学与耕作学专业。

\* 通讯作者(Author for correspondence)

对温度有广泛的适应性,是公认的优良园林、行道绿化树种。银杏果仁营养丰富,自古药、食兼用。现代医药技术又证明,银杏叶、根、皮均可提炼黄酮等治疗心血管疾病的药物,所以自上世纪后期,银杏在我国的种植和开发都得到了空前的发展(丁之恩,1999;郭善基,1993,1996;韩宁林等,1996,1997;苏淑钗等,1998;张洁,1992)。但是,银杏大、小年结实现象比较普遍,对高产稳产栽培非常不利。而这方面的研究,至今多侧重于常规栽培管理方面(陈爱军,1998;方传锦,2005;李群等,2001;谭忠良,2003),对其内在机理的研究还少见报道。本文拟从银杏大、小年结果植株内源激素的对比测定,探讨发生大、小年结实现象的生理原因,以便为进一步制定有效的化学调控技术提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地位于广西植物研究所(地处桂林市郊)东南面,海拔约 170 m,年均气温 18.8 °C,1 月平均气温为 6.5 °C,7 月平均气温为 27.5 °C,年降水量为 1 830 mm,红壤,2004 年 1 月我们分别采集 0~30 cm 和 30~60 cm 土层的土壤,经分析测定 pH 值分别为 6.0、6.5,土壤有机质分别为 19.6、21.4 g/kg,土壤全氮分别为 10.9、14.0 g/kg,全磷分别为 6.7、13.1 g/kg,全钾含量分别为 11.1、11.6 g/kg。

### 1.2 试验材料及方法

在种植 15 年银杏桂 G86-1 品种园内选取长势基本一致的大、小年结果植株各 5 株,挂牌标记。于 2004 年和 2005 年连续采样。采样部位包括果芽(本文使用园艺术语,将银杏的胚珠称为花,形成胚珠的芽称为果芽,下同)和叶芽。取样后,迅速放入液氮罐带回,转入-20 °C 低温冰箱中保存。采用 ELISA(间接酶联免疫法)测定内源激素 IAA(吲哚乙酸)、ZR(玉米素核苷)、GA(赤霉素)和 ABA(脱落酸)的含量(何钟佩,1997)。试剂盒购自中国农业大学化学控制研究中心。

## 2 结果与分析

### 2.1 大、小年不同芽体内源激素含量的变化

2.1.1 果芽中内源激素含量变化 由表 1 可见,在萌芽初期(2 月中旬),大年树果芽中 IAA 处于较高

水平,随着萌发进程,迅速降低,到萌芽后期(3 月下旬至 4 月初)略有升高,又再下降。而小年树果芽中 IAA 在萌芽初期含量处于很低水平,随后一直上升,到萌芽后期趋于稳定,并略高于大年树的水平。本试验中,银杏大年树果芽 IAA 含量萌发前远高于小年树,表明高水平的 IAA 在萌芽初期有利于果芽萌发;之后大年树 IAA 含量大幅下降并有波动,出现波动的原因可能是,花芽内雌花原基与叶原基的相间发生,使得 IAA 含量与之同节奏变化,以适应花芽分化的要求,这与以往报道相似(史继孔等,1999)。

2.1.2 叶芽中内源激素含量变化 如表 1,大、小年树叶芽在萌芽前后的水平十分接近,而中期大年树明显高于小年树,与果芽中情形不同,IAA 对叶芽的作用主要是促进营养生长(曹仪植等,1998),显示大年树叶芽的生长好于小年树。

大年树与小年树叶芽的 ZR 含量在萌芽初相当,均于前期上升,后期下降,大年树的上升幅度明显,其 ZR 水平明显高于小年树,由于 ZR 能促进细胞分裂和生长(曹仪植等,1998),表明大年树叶芽将有比小年树更为旺盛的细胞分裂和生长。

大年树叶芽中 GA 含量先缓后降再略有回升,小年树先降后缓再回升,GA 在萌发期的这种含量波动可能与芽的伸长和芽内碳水化合物的代谢有关。

大年树叶芽中 ABA 在萌芽期出现幅度较大的波动,中后期含量很高,而萌芽前后的水平差别不大,小年树总体呈上升趋势,萌芽期前后含量增长 50 多倍(表 1),显示小年树叶芽的生长受到更多抑制。

2.1.3 果芽/叶芽相同内源激素比值变化 如图 1 所示,大年树的果芽 IAA/叶芽 IAA 值、果芽 ZR/叶芽 ZR 值在萌芽初远高于小年树,后期与小年树相当;大年树果芽 GA/叶芽 GA 值总体水平低于小年树,只在萌芽中后期曾高于小年树;大年树的果芽 ABA/叶芽 ABA 值在萌芽前期显现一个含量高峰,水平远高于小年树,后期二者差别不大。此结果表明果芽 IAA/叶芽 IAA 值、果芽 ZR/叶芽 ZR 值和果芽 ABA/叶芽 ABA 值在萌芽初期的高比值以及果芽 GA/叶芽 GA 值在整个萌发期的低比值,有利于果芽的萌发成花。

### 2.2 大、小年芽体不同内源激素含量比值的变化

2.2.1 果芽内源激素 IAA/GA, ZR/GA 和 ABA/GA 比值变化 如图 2 所示,大年树果芽 IAA/GA 比值在萌芽初远高于小年树,其后大年树该比值下

表 1 银杏大小年树果芽和叶芽内源激素含量比较 (单位:ng/g · FW)  
Table 1 Variation of endogenous hormones in fruit bud and leaf bud of on-year or off-year fruiting trees of *Ginkgo biloba*

项目 Items	部位 Part	结实情况 Fruiting condition	采样时间 (月/日) Date (Month/Day)			
			2/18	3/12	3/29	4/08
IAA	果芽 Fruit bud	大年	386.3*	29.2*	95.9*	37.0*
		小年	2.4*	35.1*	65.3*	51.7*
	叶芽 Leaf bud	大年	8.3	4.2*	41.6*	16.9
		小年	7.3	24.0*	22.3*	17.9
ZR	果芽 Fruit bud	大年	54.6*	123.4*	145.1*	133.2
		小年	13.1*	89.3*	75.9*	123.5
	叶芽 Leaf bud	大年	12.7	80.4*	132.8*	77.1*
		小年	12.4	61.3*	63.2*	59.1*
GA	果芽 Fruit bud	大年	19.2*	23.7*	36.3*	104.2*
		小年	70.9*	42.6*	18.8*	260.9*
	叶芽 Leaf bud	大年	31.0*	32.2*	12.5	25.2*
		小年	50.1*	14.7*	13.1	52.7*
ABA	果芽 Fruit bud	大年	26.2*	344.5	242.1*	109.3*
		小年	10.0*	344.0	77.8*	632.4*
	叶芽 Leaf bud	大年	67.4*	8.1*	530.0*	75.8*
		小年	23.7*	169.4*	105.9*	1263.5*

注:表中数据加“\*”者表示大、小年树之间经 t 检验差异显著(α=0.01)。  
Note: “\*” Significant difference at 0.01 level.

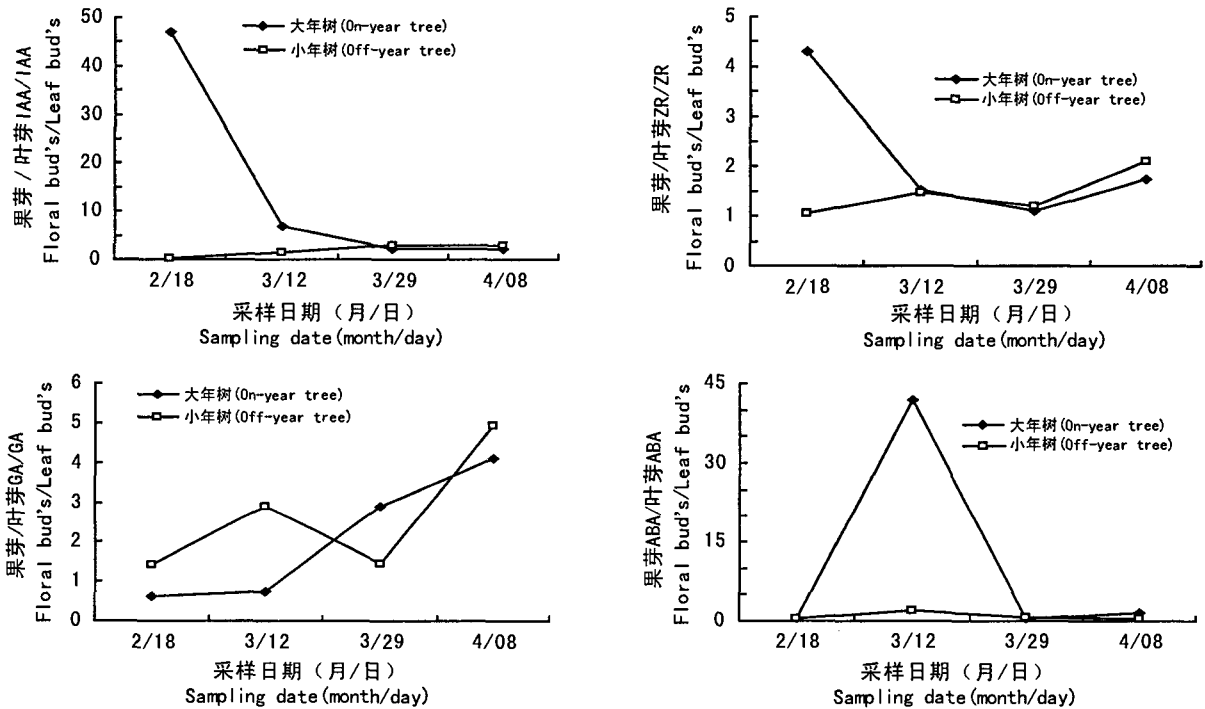


图 1 银杏大、小年树果芽与叶芽中相同内源激素含量比

Fig. 1 Content ratio of endogenous hormones in fruit bud to leaf bud of on-year or off-year fruiting trees of *Ginkgo biloba*

降,中后期二者无明显差别;大、小年树果芽的 ZR/GA 和 ABA/GA 两比值在萌芽前期均上升,大年树高于小年树,后期均下降,大、小年树间差别不大。

试验结果表明,果芽 IAA/GA, ZR/GA 和 ABA/GA 在萌芽前期的高比值,即果芽中促花的 IAA、ZR 和 ABA 含量较高而抑花的 GA 含量较低,有利果芽分

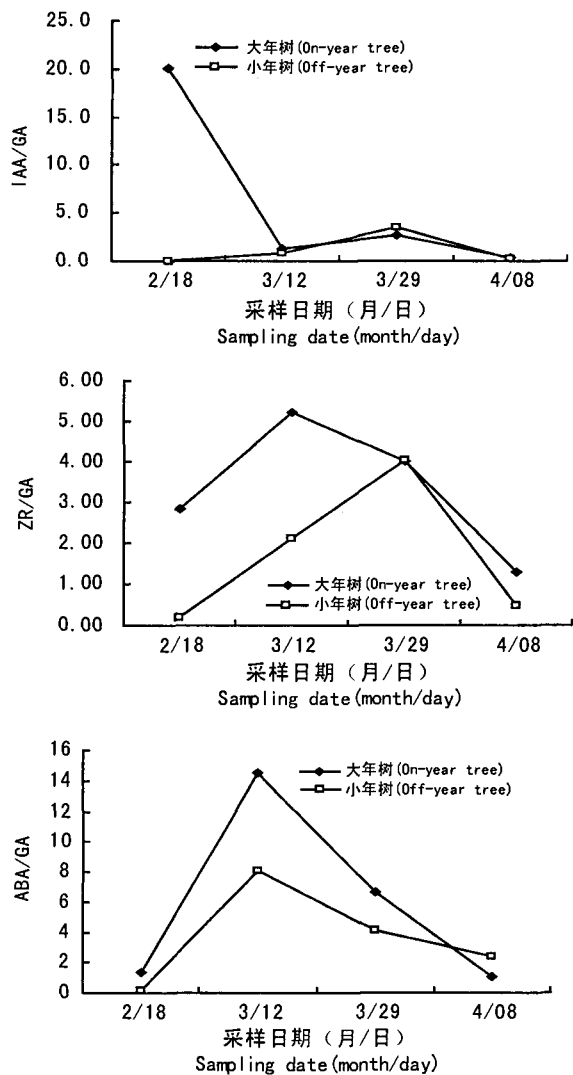


图2 银杏大、小年树果芽中不同内源激素含量比值  
Fig. 2 Content ratio between different endogenous hormones in fruit bud of on-year and off-year fruiting trees of *Ginkgo biloba*

化生长。

2.2.2 叶芽内源激素 ZR/GA, ZR/IAA 和 ZR/ABA 比值变化 如图3所示,大、小年树叶芽的比值均在萌芽前期上升,后期下降,但大年树中后期形成一个峰值,明显超过小年树;小年树叶芽的 ZR/IAA 和 ZR/ABA 二比值在萌芽期前后呈水平走势,无明显增减,大年树叶芽的 ZR/IAA 和 ZR/ABA 二比值在萌芽前期出现一个高峰,后期下降至与小年树相当。试验结果显示,大年树叶芽在萌芽前期和中期比小年树含有更多的 ZR 和更少的 IAA、ABA 和 GA,由于四种激素生理作用各异(曹仪植等,1998),

表明大年树叶芽生长将更为旺盛,具有更为旺盛的细胞分裂活动,利于形成更多的叶原基;小年树叶芽的生长则更依赖于器官的伸长。

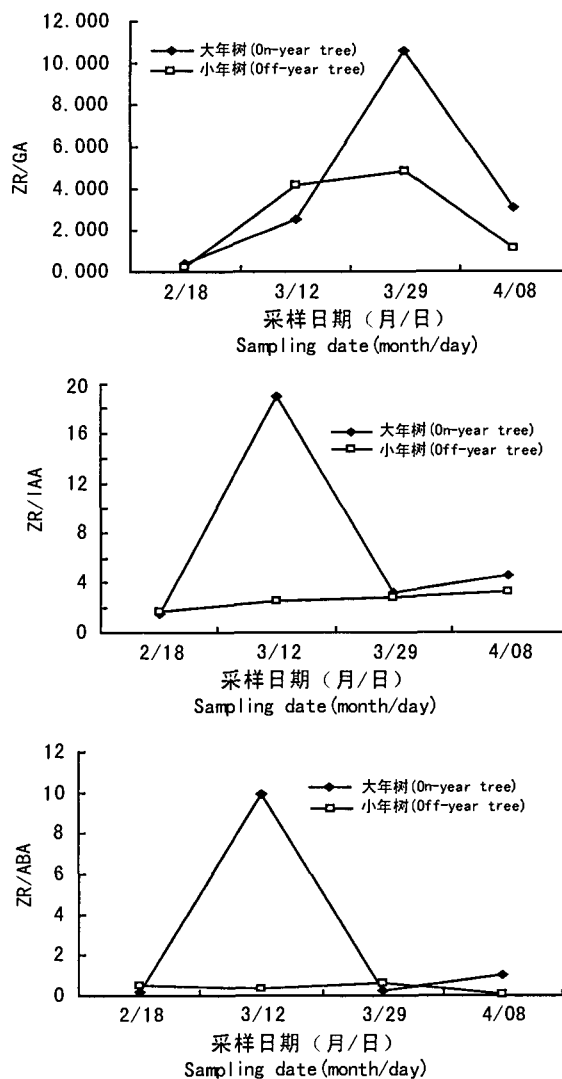


图3 银杏大、小年树叶芽中不同内源激素含量比值  
Fig. 3 Content ratio between different endogenous hormones in leaf bud of on-year and off-year fruiting trees of *Ginkgo biloba*

### 3 讨论

大年树果芽中较高的 IAA、ZR 能促进蛋白质合成,促进细胞分裂,形成生长中心和强代谢库,不断从代谢源调入同化物,为雌花原基的分化和发育创造良好条件;而较低的 GA 和较高的 ABA 均能限制  $\alpha$ -淀粉酶的活性,有利淀粉的合成和累积(曹

仪植等,1998),也有利于花原基的分化。这与植物成花的激素平衡理论(潘瑞炽等,1995)及其他学者(曹尚银等,2000;黄羌维,1996;史继孔等,1999;张万萍等,2004)研究的结果是一致的,即较高水平的ZR与ABA及较低水平的GA有利于花器官的分化。

大年树叶芽中较高的IAA、ZR和较低的ABA显示大年树有比小年树更为旺盛的叶芽生长,有利形成繁茂的枝叶,供应养分促进种实发育。

内源激素是叶芽诱导成为果芽的重要因素(束怀瑞,1993),其含量差异一定程度上反映了能否诱导的可能性大小。果芽和叶芽之间内源激素含量的比值就体现了果芽和叶芽的这种差异,在一定范围内能够以未诱导叶芽的激素水平作为基准,用来衡量果芽诱导分化的可能性,或者说是诱导分化果芽的能力。试验结果显示,在萌芽初期,大年树IAA、ZR和ABA的果芽/叶芽比远高于小年树;大年树GA的果芽/叶芽比低于小年树。结合这四种内源激素对果芽分化的作用,表明大年树诱导果芽分化的能力强于小年树,与观察结果一致。

在萌芽前期,即花器官形成的关键时期,大年树果芽的IAA/GA,ZR/GA和ABA/GA的比值均较小年树为高(如图2-A、B、C)。这从另一方面再次证明,高水平的内源IAA,ZR和ABA及低水平的内源GA是导致银杏出现大小年结实现象的重要因素。

大年树叶芽的ZR/GA、ZR/IAA和ZR/ABA等比值在萌芽前期或中期出现一个明显的数值高峰(见图2-D、E、F),说明在叶芽分化生长的关键时期,ZR含量的升高有利于大年生长,这种作用相对于其它激素更为明显。因为ZR促进蛋白质合成,加强对同化物的竞争,促进叶芽的细胞分裂和器官建成,利于形成枝繁叶茂的良好生长态势,促进种实发育,为形成大年产量打好基础。

由上述结果可知,在为调整银杏大小年制定化学控制措施时,应着力于对内源IAA,ZR,ABA和GA的调节。

本项目研究得到中国农业大学化学控制研究中心的大力支持,乔兰宝同志参加样品的采集和化学分析等工作,在此一并表示感谢。

## 参考文献:

丁之恩. 1999. 银杏[M]. 北京:中国林业出版社:1-7  
方传锦. 2005. 解决银杏结果大小年的几点措施[J]. 安徽林业,

(3):45

- 冉辛拓. 1991. 内源激素对苹果树大小年影响[J]. 北方园艺, (1):21-24  
苏淑钗,冷平生. 1998. 银杏三高栽培技术[M]. 北京:中国农业大学出版社:1-16  
李群,袁觉,赵军. 2001. 缩小银杏结果大小年的技术措施[J]. 林业科技开发,15(5):33-34  
束怀瑞. 1993. 果树栽培生理学[M]. 北京:中国农业出版社:154-157  
何钟佩. 1997. 作物激素生理及化学控制[M]. 北京:中国农业大学出版社:179-209  
张洁. 1992. 银杏栽培技术[M]. 北京:金盾出版社:1-8,93-101  
陈爱军. 1998. 克服银杏大小年结果的技术[J]. 广西柑桔,23(1):30-31  
郭善基. 1993. 中国果树志(银杏卷)[M]. 北京:中国林业出版社:1-3,11-13  
郭善基. 1996. 银杏优良品种及其丰产优质栽培技术[M]. 北京:中国林业出版社:1-6  
曹仪植,宋占午. 1998. 植物生理学[M]. 兰州:兰州大学出版社:240-281  
韩宁林. 1997. 银杏[M]. 北京:经济管理出版社:1-9  
韩宁林,张云跃. 1996. 银杏生产百事问[M]. 北京:中国农业出版社:21-30  
谭忠良. 2003. 银杏树结果大小年的原因及其对策[J]. 广西林业, (2):20-21  
潘瑞炽,李玲. 1995. 植物生长发育的化学控制[M]. 广州:广东高等教育出版社:81  
Cao SY(曹尚银), Zhang JC(张俊昌), Wei LH(魏立华). 2000. Studies on the changes of endogenous hormones in the differentiation period of flower bud in apple trees(苹果花芽孕育过程中内源激素的变化)[J]. *J Fruit Sci*(果树科学), 17(4):244-248  
Huang QW(黄羌维). 1996. Changes in endogenous hormone contents in relation to flower bud differentiation and on-year or off-year fruiting of Longan(龙眼内源激素变化和花芽分化及大小年结果的关系)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 4(2):58-62  
Shi JK(史继孔), Zhang WP(张万萍), Fan WG(樊卫国), et al. 1999. Changes in endogenous hormones during the differentiation of female flower bud of *Ginkgo*(银杏雌花芽分化过程中内源激素含量的变化)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 26(3):194-195  
Wang BP(王白坡), Cheng XJ(程晓建), Dai WS(戴文圣). 2002. Study on the changes of content of endogenous hormones at different developmental stages of *Ginkgo biloba* seedling(银杏实生树不同发育阶段个体内源激素含量的变化)[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 19(6):395-398  
Zhang WP(张万萍), Shi JK(史继孔). 2004. Changes of endogenous hormones, carbohydrate and mineral nutrition during the differentiation of male flower buds in *Ginkgo biloba*(银杏雄花芽分化期间内源激素、碳水化合物和矿质营养含量的变化)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), 40(2):51-54