

文章编号: 1000-3142(2000)03-0239-08

银杏种实发育过程中营养成分的动态变化研究

傅秀红, 李 锋, 韦 霄, 许成琼

(广西壮族自治区广西植物研究所, 广西桂林 541006)
中国科学院

摘要: 以银杏良种桂 G86-1 为试材, 对种实发育过程中种仁和种皮的维生素 C、N、P、K、灰分、粗蛋白、粗脂肪、蔗糖、还原糖、粗纤维、淀粉等 11 种营养成分的含量和积累的变化动态进行系统研究。结果表明, 在种仁发育过程中, 蔗糖、粗纤维、淀粉的含量和积累均随生长发育期的变化而递增, 呈极显著相关关系; 还原糖、粗脂肪、N、P、K、灰分等养分在幼果期含量较高, 但随发育期的变化而降低, 呈显著相关关系, 除还原糖外, 这些养分的积累逐渐增加, 呈极显著相关关系, 还原糖的积累在盛花后 110 d 前明显增加, 随后逐渐下降; 维生素 C 在种实发育初期含量较高, 至盛花后 80 d 达到最高, 随后逐渐下降。在种皮发育过程中, 除还原糖、维生素 C 外, 其它营养成分的含量和积累的变化动态规律与种仁相一致; 维生素 C 在种皮的含量和积累均逐渐上升, 呈显著相关关系; 还原糖的含量变化没有明显的规律, 呈上升趋势, 积累逐渐增加, 呈极显著相关关系。

关键词: 银杏; 种实; 营养成分; 变化动态

中图分类号: Q945.6+5 文献标识码: A

Study on the dynamics of nutrition components
in seeds of *Ginkgo biloba* during maturation

FU Xiu-hong, LI Feng, WEI Xiao, XU Cheng-qiong

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and Academia Sinica, Guilin 541006, China)

Abstract: The dynamics of content and accumulation of 11 nutritional components in endosperm and testa of seed of *Ginkgo biloba* cv. Gu G86-1 were studied. The results showed that the contents and the accumulation of sugar, crude fiber, starch and carbohydrate are increasing during the growing period of endosperm, the correlativity is in very salient proportion; the contents of reducing sugar, crude protein, crude fat, N, P, K and ash content are higher in young seeds, but getting low during the growing period, the correlativity is in salient proportion; the accumulation of these nutritional components is increasing during the growing periods except the reducing sugar, the correlativity is in very salient proportion, the accumulation of the reducing sugar is increasing after 110d in full bloom, then getting low; the content of vitamin C is higher at beginning and it is the highest after 80d in full

收稿日期: 1999-01-17

作者简介: 傅秀红 (1966-), 女, 副研究员, 从事银杏及其他经济作物的良种选育和栽培研究。

boom, then getting low. For the testa, the content and the accumulation of vitamin C are increasing, which is salient direct proportion; the dynamics of content of reducing sugar are increasing, but no obvious regularity; the accumulation of reducing sugar is increasing, and it is in very salient direct proportion the changes of the other nutritional components as same as that of endosperm.

Key words: *Ginkgo biloba*; seed; nutritional components; dynamics

果实发育过程中营养成分的动态变化,在柑桔、猕猴桃、桃、山楂、杏、樱桃等果实进行过不少研究^[1~7],但至今为止对银杏种实生长发育过程中营养成分的动态变化研究尚未见报导。银杏是古老的孑遗植物,为我国传统出口创汇商品,经济价值高,全国各地都在大力发展银杏生产,使银杏栽培进入昌盛阶段,但配套的、规范的技术措施没有跟上^[8~12]。本项目研究的目的是,在于通过对种实的种仁和种皮的主要营养成分及N、P、K含量的动态变化规律的研究,并进行种仁不同营养成分间的相关分析,为制定更加科学、合理的栽培技术措施提供科学依据,进一步提高银杏的产量和品质。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本项研究于1994年在广西植物研究所银杏示范园进行。试验材料为银杏桂G86-1(佛手类型),8a生,植株生长健壮,无病虫害,正常开花结果5a。

1.2 试验方法

试验前在开花期选择5株花期较一致的树进行挂牌,统一进行授粉,作为试验树。于盛花后50d(即6月5日起采样),每隔10d采样1次,直到(9月5日)种实成熟。每次从选定的5株树上采果50~120个不等,采果量视种实大小而定。去掉种柄,解剖分开种皮(包括外种皮、中种皮、内种皮)和种仁,种皮和种仁分别称鲜重;取鲜样分析测定含水率和维生素C,其余样品用不锈钢刀切成碎块,放在蒸发器中置于烘箱经105℃烘20min后降温至60~70℃烘干,边烘边磨碎,过尼龙筛,并贮于贴好标签的广口瓶中。水分测定采用恒温干燥法,维生素C测定采用滴定法,淀粉测定采用Ba(OH)₂法,蔗糖测定采用旋光法,还原糖测定采用索姆吉法,粗纤维测定采用酸碱洗涤法,粗蛋白测定采用开氏法,粗脂肪测定采用索氏抽提法,灰分测定采用干灰分法,N测定采用半微量开氏法,P测定采用钒钼黄比色法,K测定采用火焰光度法^[13~14]。

2 结果与讨论

2.1 银杏种实的养分含量动态变化

研究结果(表1、2)表明,在银杏桂G86-1种实发育过程中,种皮的各种营养成分的含量变化差异较大。表现为:(1)种皮水分的含量,在种实发育前期较高,随后逐渐降低,尤以盛花后70~80d下降最为明显。(2)蔗糖、粗纤维、淀粉和碳水化合物在种皮的含量随种实的发育而增加,呈极显著相关关系,相关系数 r 为0.788~0.970;蔗糖在盛花后50~60d略有下降,60d后逐渐升高,以盛花后100~110d和120~140d升高明显;淀粉在盛花后120d以前逐渐增加,尤以90~110d增加速度大,120~130d含量急剧下降,130d后趋平稳;碳水化合物的含量除在盛花后70~80d略有降低外,整个发育期均明显上升,尤以90~110d最

显著。(3) 粗蛋白在种皮的含量前期较高, 盛花后 60~70 d 急剧下降, 70 d 后既有升又有降, 在整个发育期呈下降趋势, 相关系数 r 为 -0.781, 呈极显著相关。(4) 粗脂肪在种皮的含量在盛花后 90 d 以前下降幅度较大, 尤以 80~90 d 明显下降; 90 d 以后逐渐上升, 但上升幅度小; 整个发育期粗脂肪含量为下降趋势, 相关系数 r 为 -0.712, 呈显著相关。(5) N、P 在种皮的含量于盛花后 60 d 达到最高, 至 70d 急剧下降, 以后逐渐下降, 相关系数 r 分别为 -0.781 和 -0.857, 呈极显著相关。(6) K 在种皮的含量在幼果期较高, 随发育期变化而缓慢降低, 不显

表 1 银杏种实的养分含量动态变化

Table 1 Changes of content of nutrition components in seed of *Ginkgo biloba*

观测项目 Item	测试部位 Analysed part	盛花后天数 Days after full bloom (d)									
		50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
水分 water	T	90.5	85.20	90.80	82.60	82.30	80.40	78.20	79.40	78.40	75.60
	E	90.50	86.20	79.20	73.40	68.40	66.70	65.70	63.70	60.30	60.10
维生素 C vitamin C	T	30.80	32.00	22.88	24.20	24.64	30.80	28.16	26.40	32.56	29.92
	E	36.96	47.52	52.80	55.94	54.56	48.40	36.08	27.28	27.28	22.88
氮 N	T	1.127	1.225	0.541	0.718	0.517	0.563	0.430	0.398	0.585	0.418
	E	1.231	2.023	1.251	1.316	1.110	0.930	0.935	0.937	0.793	0.853
磷 P	T	2.197	2.689	1.772	1.705	1.573	1.554	1.388	1.346	1.345	1.265
	E	1.976	2.149	1.002	0.936	0.901	1.083	0.968	0.912	0.982	0.985
钾 K	T	0.610	0.458	0.478	0.411	0.333	0.332	0.325	0.329	0.195	0.236
	E	1.474	1.448	1.594	1.195	1.474	1.203	1.300	1.164	1.255	1.203
灰分 ash content	T	4.241	4.829	4.166	4.194	4.173	4.294	4.213	4.109	4.184	4.099
	E	4.497	4.223	3.623	3.071	3.050	3.220	3.306	3.045	3.056	3.000
粗蛋白 crude protein	T	7.043	7.658	3.383	4.673	3.230	3.520	2.684	2.487	3.656	2.611
	E	7.694	12.646	7.820	8.222	6.938	5.812	5.846	5.858	4.995	5.334
粗脂肪 crude fat	T	24.401	21.879	21.308	20.010	12.108	12.797	14.780	14.457	16.265	16.143
	E	14.485	14.326	13.151	11.535	11.307	10.204	11.407	10.841	12.912	9.454
蔗糖 sugar	T	3.308	1.443	2.385	3.460	3.462	3.462	5.184	5.770	8.078	9.232
	E	14.485	14.326	13.151	11.535	11.307	10.204	11.407	10.841	12.912	9.454
还原糖 reducing sugar	T	9.461	3.386	8.666	5.274	5.098	4.050	5.550	5.784	8.344	8.444
	E	8.123	3.239	1.954	0.340	0.511	0.540	0.534	0.235	0.115	0.212
粗纤维 crude fiber	T	6.888	11.008	11.065	15.112	18.695	19.981	20.128	19.175	20.583	22.025
	E	0.470	0.482	0.660	0.670	0.965	0.990	0.985	0.990	1.009	1.028
淀粉 starch	T	32.509	35.228	35.806	31.834	33.649	40.555	46.886	47.638	42.512	42.513
	E	33.643	33.713	33.683	32.314	32.251	38.451	42.200	43.545	44.681	44.858
碳水化合物 carbohydrate	T	50.716	51.125	57.876	55.682	60.904	68.048	77.748	78.367	79.517	82.214
	E	43.679	39.169	38.605	35.632	36.901	43.732	47.758	48.809	49.556	49.704

除 Vc 的单位为 mg/100 g 外, 其余为 %; T: Testa, 种皮; E: Endosperm, 种仁。

Except the unit of Vc is mg/100 g, the others are %.

著, 相关系数 r 仅 -0.211。(7) 灰分在种皮的含量在盛花后 60 d 达最高, 至 70 d 急剧下降, 随后缓慢下降, 不显著, 相关系数 r 为 -0.518。(8) 还原糖在种皮的含量在盛花后 50 d 达到最高, 50~70 d 急剧下降和上升, 随后又趋下降, 至 120~130 d 又急剧上升, 没有明显变化规律。(9) 维生素 C 在种皮的含量在盛花后 50 d 较高, 后急剧上升, 随后略为下降。

在生长发育过程中, 银杏桂 G86-1 种仁的各种营养成分含量变化差异较大。

(1) 种仁的水分含量随生长期的变化而下降, 尤以盛花后 50~90 d 下降明显, 90 d 以后缓慢下降。(2) 蔗糖、粗纤维、淀粉和碳水化合物在种仁的含量随种实的生长而增加, 呈显

著和极显著相关, 相关系数 r 为 0.694~0.913; 蔗糖在盛花后 110 d 以前呈较明显上升趋势, 尤以 60~70 d 和 90~100 d 上升最为明显, 120 d 以后略趋下降; 粗纤维在盛花后 90 d 以前明显上升, 90 d 以后变化不大, 上升极缓慢; 淀粉和碳水化合物在盛花后 90 d 以前变化不大, 略有下降, 但在 90~110 d 急剧上升, 110 d 以后缓慢上升。(3) 粗蛋白在盛花后 50~60 d 急剧上升, 至 70 d 又急剧下降, 至 80 d 略有上升, 80 d 以后缓慢下降; 在整个生长过程, 呈下降趋势, 相关系数 r 为 -0.760, 呈显著相关。(4) 粗脂肪在种仁生长前期含量较高, 随后逐渐降低, 但至盛花后 130d 呈较明显上升, 后又急剧下降; 在整个生长过程, 呈降低趋势, 呈显

表 2 银杏种实的养分含量变化动态回归分析

Table 2 Regression analysis of changes of content of nutrition components in seed of *Ginkgo biloba*

项目 Item	种子 Seed	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient
氮 N	种皮 Testa	$Y=1.374 - 7.570 X$	-0.781**
	种仁 Endosperm	$Y=1.996 - 9.033 X$	-0.761*
磷 P	种皮 Testa	$Y=2.886 - 0.0127 X$	-0.857**
	种仁 Endosperm	$Y=2.184 - 0.0150 X$	-0.682*
钾 K	种皮 Testa	$Y=1.199 - 0.00366 X$	-0.211
	种仁 Endosperm	$Y=1.671 - 3.577 X$	-0.709*
灰分 ash content	种皮 Testa	$Y=4.588 - 0.00360 X$	-0.518
	种仁 Endosperm	$Y=3.638 - 0.0136 X$	-0.757*
粗蛋白 crude protein	种皮 Testa	$Y=8.589 - 0.0473 X$	-0.781**
	种仁 Endosperm	$Y=12.463 - 0.00563 X$	-0.760*
粗脂肪 crude fat	种皮 Testa	$Y=26.792 - 0.0987 X$	-0.712
	种仁 Endosperm	$Y=14.890 - 0.043 X$	-0.739*
蔗糖 sugar	种皮 Testa	$Y=-2.862 + 0.0778 X$	0.934**
	种仁 Endosperm	$Y=0.250 + 0.0291 X$	0.898**
还原糖 reducing sugar	种皮 Testa	$Y=5.777 + 0.00662 X$	0.0937
	种仁 Endosperm	$Y=7.395 - 0.0612 X$	-0.741*
粗纤维 crude fiber	种皮 Testa	$Y=1.538 + 0.157 X$	0.929**
	种仁 Endosperm	$Y=0.170 + 6.873 X$	0.913**
淀粉 starch	种皮 Testa	$Y=24.421 + 0.152 X$	0.788**
	种仁 Endosperm	$Y=22.798 + 0.159 X$	0.895**
碳水化合物 carbohydrate	种皮 Testa	$Y=28.333 + 0.399 X$	0.970**
	种仁 Endosperm	$Y=31.027 + 0.129 X$	0.694*
维生素 C vitamin C	种皮 Testa	$Y=21.384 + 0.0616 X$	0.501
	种仁 Endosperm	$Y=67.55 - 0.280 X$	-0.682*

X 为盛花后天数, Y 为相应项目的含量。

X is the days after blooming and the Y is the content of relevant item.

著相关关系。(5) 还原糖在种仁的含量于盛花后 50 d 达到最高, 至 80 d 急剧下降, 下降了 98.38%; 80 d 以后略有上升和下降。(6) N、P、K 和灰分在种仁的含量随着生长期的变化而下降, 呈显著相关, 相关系数 r 为 -0.682~-0.761; N 在盛花后 50~60 d 急剧上升, 至 70 d 急剧下降, 至 80 d 略又上升, 随后缓慢下降; P 的含量在盛花后 60 d 达到最高, 70 d 以后缓慢下降; K 的含量在盛花后 70 d 达到最高, 随后急降、回升和下降; 灰分的含量变化在整个生长期均缓慢下降。(7) 维生素 C 的含量在生长发育初期较高, 至盛花后 80 d 达到最高, 90~140 d 明显下降。

2.2 银杏种实的养分积累动态变化

根据银杏桂 G86-1 种皮不同生长时期的生长量及各种营养成分的含量, 测算出银杏桂 G86-1 种皮不同生长发育时期各种营养成分的积累 (表 3、4)。结果表明, 各种营养成分积累

总量的排序为: 碳水化合物>淀粉>粗纤维>粗脂肪>蔗糖>还原糖>灰分>粗蛋白>P>N>K>维生素 C, 但各种营养成分的积累动态变化不同, 表现为: (1) 蔗糖、还原糖、粗纤维、淀粉和碳水化合物的积累均随着生长过程的变化而增加, 呈极显著相关关系, 相关系数 r 为 0.855~0.993; 蔗糖除在盛花后 60 d 略有下降外, 其余时期增加幅度较大, 尤以 120~130 d 增加最多, 占总增加量的 36.73%; 还原糖在 110 d 以前的积累变化不稳定, 忽增忽减, 但增加比降低幅度大, 尤以 120~130 d 增加幅度大, 占总增加量的 56.33%; 淀粉和碳水化合物的积累在生长期内增加幅度大, 尤以盛花后 70~110 d 增加最明显, 分别占总增加量的 65.16% 和 54.14%, 碳水化合物的积累增加在 120~130 d 增加幅度也较大, 占总增加量的 19.73%。(2) 粗脂肪在种皮的积累变化随着种皮的生长发育而增加, 呈极显著相关关系, 相

表 3 银杏种实的养分积累动态变化 (单位: mg)

Table 3 Changes of accumulation of nutrition components in seed of *Ginkgo biloba*

观测项目 Item	测试部位 Analysed part	盛花后天数 Days after full bloom (d)									
		50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
维生素 C vitamine C	T	1.202	1.422	1.511	1.789	1.802	2.247	2.080	1.974	2.637	2.367
	E	0.145	0.482	0.834	0.964	1.033	1.078	0.832	0.630	0.678	0.569
氮 N	T	5.815	9.257	4.780	9.675	8.646	9.934	7.198	6.820	11.992	8.730
	E	0.394	2.030	2.440	5.275	6.027	6.798	7.922	8.145	7.476	7.681
磷 P	T	11.336	20.302	15.643	22.058	26.323	26.034	23.256	23.070	27.568	26.438
	E	0.633	2.149	1.954	3.754	4.891	7.914	8.198	7.921	9.264	8.866
钾 K	T	3.146	3.454	4.199	5.314	5.566	5.450	5.454	5.634	4.004	4.930
	E	0.472	1.448	3.107	4.793	8.006	8.794	11.009	10.117	11.632	10.829
灰分 ash content	T	21.884	36.459	36.786	54.270	69.814	71.171	70.610	70.428	85.772	85.669
	E	1.439	4.323	7.065	12.315	16.561	23.538	25.715	26.461	28.818	27.045
粗蛋白 crude protein	T	36.342	57.819	29.873	60.470	54.038	58.960	44.990	42.625	74.954	54.562
	E	2.462	12.646	15.249	32.970	37.671	42.489	49.512	50.907	47.103	48.042
粗脂肪 crude fat	T	125.909	165.186	168.150	258.929	201.061	214.390	247.713	247.793	383.432	337.389
	E	4.635	14.326	25.644	46.255	61.390	74.591	96.617	94.208	121.760	85.086
蔗糖 sugar	T	11.909	10.894	25.474	44.772	57.919	57.988	86.884	98.898	165.599	192.949
	E	0.462	1.731	4.501	9.255	17.235	27.420	34.290	35.100	35.732	32.454
还原糖 reducing sugar	T	48.819	25.564	76.521	68.246	85.290	67.838	93.018	99.138	171.052	176.480
	E	2.598	3.239	3.810	1.363	2.775	3.947	4.523	2.042	1.084	1.908
粗纤维 crude fiber	T	35.542	83.110	97.704	195.549	312.767	334.682	337.345	328.659	421.952	460.322
	E	0.150	0.482	1.287	2.687	5.240	7.237	8.343	8.603	9.515	9.252
淀粉 starch	T	167.746	266.424	316.167	411.932	62.948	679.296	785.809	816.515	871.496	888.522
	E	10.766	33.713	65.682	139.579	175.123	281.077	357.434	378.406	421.342	403.722
碳水化合物 carbohydrate	T	264.016	385.992	515.866	720.499	1018.924	1139.804	1303.056	1343.210	1630.099	1718.273
	E	13.976	39.165	75.280	42.884	200.373	319.681	404.590	424.151	467.313	447.336

T: Testa 种皮; E: Endosperm 种仁。

关系数 r 为 0.907, 尤以在盛花后 70~80 d 及 120~130 d 增加幅度最大, 分别占总增加量的 33.47% 和 40.50%。(3) 粗蛋白在种皮的积累变化忽增忽减, 但呈增加趋势, 至盛花后 130 d 积累达到最高, 至 140 d 种实成熟时又急剧下降。(4) 灰分在种皮的积累变化随生长期的变化而增加, 呈极显著相关关系, 相关系数 r 为 0.950; 尤以在盛花后 70~90 d 和 120~130 d 积累增加最明显, 分别占总增加量的 51.78% 和 24.06%。N 的积累在盛花后 60 d 较高, 随后下降, 至 80 d 略有上升, 随后忽降忽升, 至成熟前积累达到最大值, 至成熟时又下降。P 的积累随生长期的变化而增加, 呈极显著相关关系, 相关系数 r 为 0.799; 在整个生长过程中, 以盛花后 90 d 以前积累增加幅度较大, 随后变化幅度较小, 略有下降和回升。K 的积累变化在盛花后 90 d 以前缓慢增加, 90~120 d 变化不大, 至 130 d 积累减少, 至成熟时有上升。

(5) 维生素 C 的积累变化在盛花后 100 d 前均匀缓慢增加, 在 100~120 d 缓慢减少, 随后急剧增加, 至成熟时则略有下降; 维生素 C 的积累变化呈极显著的相关关系, 相关系数 r 为 0.926。

表 4 银杏种实的养分积累变化动态回归分析

Table 4 Regression analysis of changes of accumulation of nutrition components in seed of *Ginkgo biloba*

项目 Item	种子 Seed	回归方程 Regression equation	相关系数(r) Correlation coefficient
氮 N	种皮 Testa	$Y=5.438+0.0300X$	0.424
	种仁 Endosperm	$Y=-2.696+0.0854X$	0.921**
磷 P	种皮 Testa	$Y=9.134+0.138X$	0.799**
	种仁 Endosperm	$Y=-4.239+0.103X$	0.959**
钾 K	种皮 Testa	$Y=3.138+0.0166X$	0.537
	种仁 Endosperm	$Y=-5.648+0.134X$	0.955**
灰分 ash content	种皮 Testa	$Y=-5.225+0.690X$	0.950**
	种仁 Endosperm	$Y=-14.163+0.331X$	0.964**
粗蛋白 crude protein	种皮 Testa	$Y=33.891+0.185X$	0.426
	种仁 Endosperm	$Y=-17.001+0.536X$	0.922**
粗脂肪 crude fat	种皮 Testa	$Y=38.602+2.036X$	0.907**
	种仁 Endosperm	$Y=-51.7333+1.202X$	0.935**
蔗糖 sugar	种皮 Testa	$Y=-109.249+1.943X$	0.945**
	种仁 Endosperm	$Y=-24.073+0.462X$	0.948**
还原糖 regucing sugar	种皮 Testa	$Y=-43.376+1.416X$	0.855**
	种仁 Endosperm	$Y=3.851-0.0118X$	-0.311
粗纤维 crude fiber	种皮 Testa	$Y=-188.154+4.725X$	0.966**
	种仁 Endosperm	$Y=-6.276+0.122X$	0.969**
淀粉 starch	种皮 Testa	$Y=-255.991+8.765X$	0.984**
	种仁 Endosperm	$Y=-209.648+5.214X$	0.977**
碳水化合物 carbohydrate	种皮 Testa	$Y=-596.779+16.850X$	0.993**
	种仁 Endosperm	$Y=-296.146+5.785X$	0.976**
维生素 C vitamin C	种皮 Testa	$Y=0.600+0.0137X$	0.926**
	种仁 Endosperm	$Y=0.503+0.002311X$	0.246

X 为盛花后天数, Y 为相应项目的积累量。

X is the days after blooming and the Y is the accumulation content of relevant item.

根据银杏桂 G86-1 种仁不同时期的生长量及营养成分含量, 测算出银杏种仁不同时期养分的积累量(表 3、4)。结果表明, 种仁各种养分积累总量的排序为: 碳水化合物>淀粉>粗脂肪>粗蛋白>蔗糖>灰分>K>粗纤维>P>N>还原糖>维生素 C, 但各种养分的积累动态变化不同, 表现为: (1) 除还原糖、维生素 C 外, 其余养分在种仁的积累均为正积累, 呈极显著相关关系, 相关系数 r 为 0.921~0.977, 但不同时期的积累变化有差异。淀粉和碳水化合物的积累变化幅度大, 均以盛花后 90~110 d 增加幅度较大, 分别占总增加量的 44.40% 和 45.05%。粗蛋白、粗脂肪、蔗糖的积累增长幅度也较大, 粗蛋白尤以盛花后 70~80 d 积累增加的幅度较大, 至 120 d 达最大, 随后略有下降; 粗脂肪在盛花后 130 d 前积累增加幅度较大, 至成熟时急剧下降; 蔗糖在盛花后 110 d 前积累增加幅度较大。粗纤维在盛花后 110 d 前积累增加幅度显著, 110 d 后增加较缓慢。N 在种仁的积累在盛花后 120 d 前为正积累, 尤以 70~80 d 积累增加显著, 而 120 d 以后积累减少。N、K 在盛花后 110 d 以前积累增加明显, 随后略有下降和上升。(2) 还原糖在种仁的积累较少, 为负积累, 但在盛花后 60~70 d 和 100~110 d 期间积累增加较明显, 110 d 以后积累明显减少。(3) 维生素在种仁的积累在盛花后 100 d 以前为正积累, 逐渐增加, 100 d 后为负积累, 逐渐减少。

2.3 种仁各种养分含量的相关分析

对银杏桂 G86-1 种仁不同时期的各种养分含量进行相关分析,统计结果(表 5)表明,在种实发育不同时期,种仁的各种养分含量变化互相影响,尤以 N 与粗蛋白, P 与灰分、还原糖,灰分与粗脂肪、还原糖,蔗糖与粗纤维、淀粉,淀粉与碳水化合物的含量变化呈极显著正相关关系,相关系数 r 为 0.793~1.000;以 N 与 P、灰分、粗脂肪, P 与粗蛋白、粗脂肪、蔗糖, K 与粗脂肪,灰分与粗蛋白,粗蛋白与粗脂肪,粗纤维与淀粉,蔗糖与碳水化合物的含量变化呈显著正相关关系,相关系数 r 为 0.638~0.745;以 N 与蔗糖、纤维,灰分与蔗糖、粗纤维,粗蛋白与粗纤维、蔗糖,蔗糖与还原糖,还原糖与粗纤维的含量变化呈极显著负相关关系,相关系数 r 为 -0.772~-0.881;以 N 与淀粉、碳水化合物, K 与淀粉,粗蛋白与淀粉、碳水化合物的含量变化呈显著负相关关系,相关系数 r 为 -0.645~-0.680; N 与 K、还原糖, P 与 K、粗纤维、淀粉、碳水化合物, K 与灰分、粗蛋白、蔗糖、还原糖、粗纤维、碳水化合物,灰分与淀粉、碳水化合物,粗蛋白与还原糖,粗脂肪与纤维、淀粉、碳水化合物,还原糖与淀粉、碳水化合物,粗纤维与碳水化合物的含量变化有一定相关关系,但不明显。

表 5 银杏种仁养分含量的相关系数 (r)
Table 5 The relative coefficient between the content of various nutritional components in endosperm of *Ginkgo biloba*

项目 Item	氮 N	磷 P	钾 K	灰分 Ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	蔗糖 Sugar	还原糖 Reducing sugar	粗纤维 Crude fiber	淀粉 Starch
磷 P	0.743*									
钾 K	0.502	0.435								
灰分 ash content	0.673*	0.933**	0.631							
粗蛋白 crude protein	1.000**	0.745*	0.501	0.687*						
粗脂肪 crude fat	0.638*	0.743*	0.684*	0.827**	0.646*					
蔗糖 sugar	-0.781**	0.743*	0.572	-0.847**	-0.781**	-0.682*				
还原糖 reducing sugar	0.435	0.821**	0.559	0.927**	0.435	0.739*	-0.772**			
粗纤维 crude fiber	-0.823**	0.254	0.595	-0.881**	-0.822**	-0.568	0.969**	-0.781**		
淀粉 starch	-0.680*	-0.396	-0.650*	-0.525	-0.678*	-0.490	0.793**	-0.457	0.730*	
碳水化合物 carbohydrate	-0.645*	-0.181	-0.525	-0.281	-0.646*	-0.322	0.648*	-0.164	0.577	0.949**

3 小 结

(1) 在种实生长发育过程中,除还原糖和维生素 C 外,种仁和种皮的主要营养成分的含量和积累动态变化规律一致,但在不同时期种仁和种皮的养分含量有较大的差异。在种实生长发育前期,种皮和种仁的淀粉、粗脂肪、灰分含量均高,种皮的还原糖、粗蛋白、粗纤维和种仁的还原糖、粗蛋白含量较高,但随着种实生长发育,到种实发育成熟,各种营养成分的含量发生较大变化,其中最明显的是种皮的粗纤维、蔗糖和淀粉含量提高了,分别提高了 3 倍、2.20 倍和 30.77%,而种皮的粗脂肪、粗蛋白和还原糖含量却降低了,分别降低了

33.84%、62.93%、和10.75%；种仁的淀粉、蔗糖含量提高了，分别提高了33.33%、150.00%，粗脂肪和粗蛋白含量降低，分别降低了34.73%、30.67%，还原糖降低幅度最大，降低了97.39%。

(2) 淀粉是银杏种皮和种仁积累最多的养分，其含量和积累动态均随生长期变化而呈极显著正相关关系。淀粉的含量和积累增加幅度较大，尤以盛花后90~110 d增加最明显；种实成熟时，种仁淀粉含量达44.858%，是含量最高的养分；成熟时种仁的淀粉积累是幼果时的37.50倍。

(3) 银杏种实的主要营养成分是淀粉、粗蛋白、粗脂肪、蔗糖和还原糖，在种实生长发育前期，粗蛋白质、粗脂肪等养分在种皮和种仁的含量还较高，但随着生长发育期的变化而降低，种仁的N与粗蛋白、粗脂肪，P与还原糖、蔗糖、粗蛋白、粗脂肪，K与粗脂肪含量密切相关，呈极显著的相关关系，也就是说。适施N、P、K肥，不仅可以增加蛋白质、粗脂肪的含量，而且还可提高还原糖和蔗糖的含量，改善种仁的风味和品质。在种实生长发育前期和中期N、P、K的含量较高，需要量较大，这与银杏的生长发育规律是一致的，尤其在盛花后60 d以前需要N、P的量较多，在盛花后70 d，K的需要量较多，此期正是枝梢增粗、成熟期，种实的中种皮开始骨质化时期，也是种仁的营养积累和成熟的重要时期。因此，在5月初至中旬增施N、P肥，在6月下旬至7月上旬增施K肥，对增加种实的产量和提高品质极为重要，也具有科学依据。

本文的种实营养成分含量由广西植物研究所生态室的李瑞棠、梁发英分析测定，谨此表示衷心感谢。

参考文献：

- [1] 周汉其，张菊芳. 中华猕猴桃果实发育期营养成分的变化 [J]. 果树科学, 1994, 11 (3): 181~182
- [2] 高丽萍，陶汉之，夏涛等. 猕猴桃果实生长发育的研究 [J]. 园艺学报, 1994, 21 (4): 334~338
- [3] 钟广炎，吴云伦，计玉. 柑橘果实鲜重和体质增长的研究 [J]. 植物生理通讯, 1991, 27 (5): 340~343
- [4] 王同坤，马建军，朱京涛. 山楂果实矿质营养元素含量的年周期变化规律 [J]. 园艺学报, 1994, 21 (2): 201~202
- [5] 于希志，徐秋萍，金锡凤. 果实发育的研究 [J]. 果树科学, 1990, 7 (4): 227~230
- [6] 许晖，王飞，郝文红. 甜樱桃发生发育及营养成分的变化 [J]. 果树科学, 1992, 9 (4): 228~230
- [7] 邓月娥，张传来，牛立元等. 桃果实发育过程中主要营养成分的动态变化及系统分析方法研究 [J]. 果树科学, 1998, 15 (1): 48~52
- [8] 傅秀红，李锋，许成琼等. 银杏良种江苏大佛手种实生长及内含物研究 [J]. 广西植物, 1997, 17 (3): 263~269
- [9] 严天华主编. 银杏栽培 [M]. 贵阳: 贵州民族出版社, 1993
- [10] 梁立兴编著. 中国银杏大全 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993
- [11] 中国林学会经济林分会银杏研究会, 广东省南雄农业委员会编. 全国第五次银杏学术研讨会论文集 [C]. 广州: 广东科技出版社, 1997
- [12] 傅秀红，李锋，韦霄等. 银杏良种江苏大佛手引种栽培研究 [J]. 广西科学院学报, 1995, 11 (3, 4)
- [13] 华中农学院主编. 果树研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1980
- [14] 南京农学院主编. 土壤农业分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1980