

光强与光质对银杏光合作用 及黄酮苷与萜类内酯含量的影响

冷平生¹, 苏淑钗², 王天华³, 蒋湘宁³, 王沙生³

(1. 北京农学院园林系, 北京 102206; 2. 北京林业大学森林资源与环境学院, 北京 100083;
3. 北京林业大学生物中心, 国家林业局树木花卉育种生物工程重点实验室, 北京 100083)

摘要: 对2年生银杏(*Ginkgo biloba* L.)苗进行遮荫和光膜处理,测定光合速率及碳水化合物、银杏黄酮苷与萜类内酯的含量。光合速率在自然光下测定时从大到小依次为:黄膜>蓝膜和红膜>绿膜>紫膜和白膜,在光膜下测定时为:黄膜>红膜>蓝膜、紫膜和白膜>绿膜。光强和光质对碳水化合物含量有显著影响。光质对萜类内酯的生物合成和积累有影响,紫膜处理的银杏萜类内酯含量最高,为3.89 mg/g,比白膜(对照)高85.23%,其次是绿膜,为2.80 mg/g。覆膜和遮荫显著减少银杏黄酮苷含量,这可能与紫外辐射强度减弱有关。

关键词: 光照条件;光合作用;银杏;黄酮苷;萜类内酯

中图分类号: S664.3; S567.1⁺9; Q946.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2002)01-0001-04

Effects of light intensity and light quality on photosynthesis, flavonol glycoside and terpene lactone contents of *Ginkgo biloba* L. seedlings LENG Ping-sheng¹, SU Shu-chai², WANG Tian-hua³, JIANG Xiang-ning³, WANG Sha-sheng³ (1. Department of Landscape Architecture, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Experimental Centre of Forest Biology, Beijing Forestry University, The Laboratory of Tree & Ornamental Plant Breeding and Biotechnology of National Forestry Administration, Beijing 100083, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2002, 11(1): 1-4

Abstract: Photosynthetic rates and contents of carbohydrate, flavonol glycoside and terpene lactone of *Ginkgo biloba* L. seedlings grown under different shading and light films were determined. Photosynthetic rates determined under nature light were in the order: yellow film > blue film and red film > green film > purple film and white film; determined under different light films: yellow film > red film > blue film, purple film and white film > green film. There was significant difference in the carbohydrate contents of *G. biloba* seedlings grown under different light intensity and light quality. Light quality had obvious effect on the synthesis and accumulation of terpene lactone, with the highest content of 3.89 mg/g under purple film, 85.23% more than control, secondly 2.80 mg/g under green film. Shading and light film treatments decreased markedly flavonol glycoside content, which may be related to the decrement of ultraviolet radiation.

Key words: light condition; photosynthesis; *Ginkgo biloba* L.; flavonol glycoside; terpene lactone

在植物化学生态研究中,光照条件是广泛受到重视的生态因子,光照时间、光照强度和光质会影响许多植物的次生代谢过程,陶汉之^[1]对茶树,王铁生等^[2]对人参用不同光膜覆盖处理,发现改变光质能显著提高茶树和人参次生代谢物的含量;黄酮类物质是植物叶中普遍存在的次生代谢物,不同植物材料的研究表明^[3],黄酮类物质与光照条件之间有密切的关系。对于银杏(*Ginkgo biloba* L.)的光合特性,不同方位叶黄酮苷含量变化及光照条件对叶黄酮含量的影响等有过一些报道^[4-6],但光照条件对

银杏萜类内酯生物合成和积累的影响未见报道。因此进一步研究光质与光强对银杏黄酮和萜类内酯生物合成代谢的影响,有助于了解银杏黄酮苷与萜类内酯的生物合成过程和生态因子的影响,同时对生产上叶用银杏园栽培技术体系的建立具有指导意义。

收稿日期: 2000-11-17

作者简介: 冷平生(1964-),男,江西修水人,博士,副教授,主要从事栽培生理学与植物化学研究。

1 材料与方法

1.1 试验设置

1998年5月底取2年生银杏实生容器苗〔基质为V(草炭):V(苗圃土):V(砂子)=1:1:1〕进行田间试验,用遮荫网和涤纶滤光膜(白膜为普通聚乙烯膜,厚0.2 mm)覆盖,进行光强与光质处理。光强处理为全自然光以及70%、55%和40%自然光;光质处理为红膜、黄膜、蓝膜、紫膜、绿膜和白膜,通过调节膜的高度使光膜下光强保持一致。对供试银杏苗进行常规浇水管理,3个月后采样测定分析相关指标。

1.2 分析方法

不同光膜的吸收光谱用岛津光合仪UV-3000测定,光谱范围为200~800 nm,单波长双光束,狭缝宽度为2 nm,扫描速度为100 nm/min。光合速率用LI-62000便携式光合测定系统测定。叶绿素含量用Aron法测定^[7]。碳水化合物含量用Somogy法测定^[7]。银杏黄酮苷含量用HPLC法测定^[8]。银杏萜类内酯含量用气相色谱法测定银杏内酯A(GA)、B(GB)和C(GC),以及白果内酯(BB)含量。

2 结果与分析

2.1 光膜的吸收光谱

不同光膜的吸收光谱见图1。可以看出,不同光膜的吸收光谱明显不同。

2.2 光质对银杏光合作用的影响

银杏2年生苗分别在自然光下〔光通量密度以量子计约 $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 〕和不同光膜下〔光通量密度以量子计约 $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 〕测得的光合速率见图2。在光膜下测得的光合速率以黄膜最高,以 CO_2 计达 $6.86 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比白膜的 $5.44 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 高26.1%,其次为红膜,比白膜高11.04%,而蓝膜、紫膜与白膜之间差异不显著,绿膜下的光合速率最低,仅 $4.30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,显然,光质对银杏叶的光合速率有显著影响。在自然光下与光膜下测得的光合速率存在较大差异,在自然光下测定,黄膜处理的银杏苗光合速率最高,为 $9.70 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比白膜 $6.89 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 高出40.8%,其次为蓝膜处理的,比白膜高出24.3%,红膜处理者与蓝膜处理的相

近,再次为绿膜处理者,紫膜与白膜处理的苗光合速率相对较低。

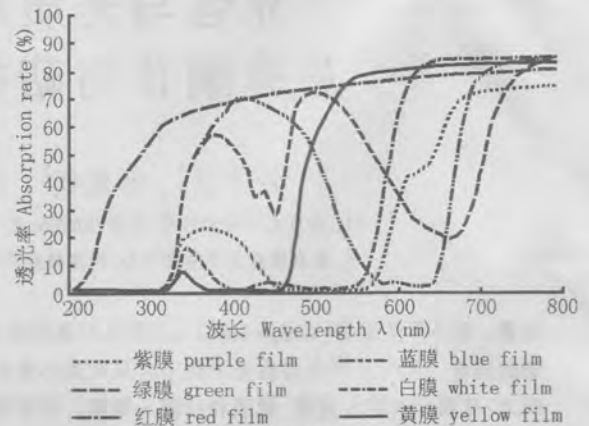


图1 不同光膜的吸收光谱
Fig. 1 Spectra of different light films

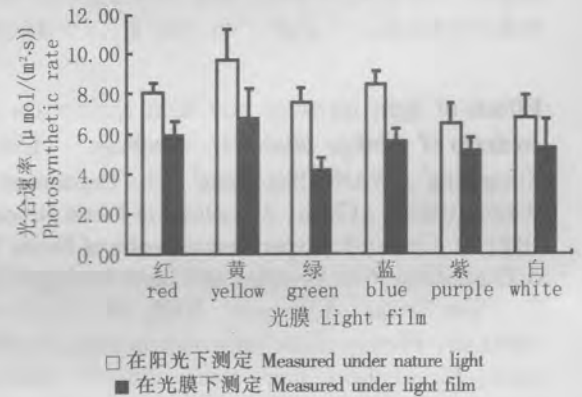


图2 光质对银杏光合速率的影响
Fig. 2 Effect of light quality on photosynthetic rate of *Ginkgo biloba* L. seedlings

2.3 光质对叶绿素含量的影响

不同光膜下生长的银杏苗的叶绿素含量存在显著差异(表1),绿膜处理的叶绿素含量最高,其次为蓝膜和紫膜,而白膜处理的最低。不同光膜处理的银杏叶绿素a与叶绿素b的比值也存在差异,白膜下叶绿素a/b值较高,达2.91,蓝膜与黄膜下的居中,绿膜和紫膜下的较低。结果表明,白膜透过的光谱最均匀,也最有利于叶绿素a的合成,单光膜中,蓝膜与黄膜较有利于叶绿素a的合成,而绿膜、紫膜和红膜相对有利于叶绿素b的合成。此外,对不同遮荫条件下的银杏叶绿素含量的测定结果(数据未列出)显示,随光强减弱,叶绿素含量增加,叶绿素a/b值变化不大。

2.4 光质对碳水化合物含量的影响

不同光膜下银杏叶碳水化合物含量测定结果见

图 3, 黄膜处理碳水化合物含量相对较高, 为 18.31%, 红膜、紫膜与白膜处理的其次, 为 17% 左右, 蓝膜处理的为 15.95%, 绿膜处理的碳水化合物含量最低, 为 14.62%。可溶性糖与淀粉含量的变化相类似, 显然, 在相同的光辐射能下, 改变光质会对光合作用的初级产物产生作用, 其作用效果与对光合速率的影响基本一致。

表 1 不同光膜下银杏叶绿素含量的变化

Table 1 Chlorophyll content of *Ginkgo biloba* L. seedlings grown under different light films

叶绿素 Chlorophyll	含量 Content (%)					
	红膜 Red film	黄膜 Yellow film	绿膜 Green film	蓝膜 Blue film	紫膜 Purple film	白膜 White film
a	0.996	0.955	1.201	1.173	1.078	0.921
b	0.372	0.347	0.458	0.420	0.408	0.317
(a+b)	1.368	1.302	1.659	1.593	1.486	1.238
a/b	2.68	2.75	2.62	2.79	2.64	2.91

2.5 光质对银杏叶黄酮苷与萜类内酯含量的影响

不同光膜处理对银杏黄酮苷含量的影响见表 2。红膜与紫膜下银杏黄酮苷含量相对较低, 分别为 1.654% 和 1.687%, 而其他光膜处理的黄酮苷含量为 1.837% ~ 1.925%, 差异不显著。在不同光膜下, 银杏叶中 3 种主要黄酮苷元槲皮素、山柰黄素与异鼠李素所占比例变化不大, 表明光质对银杏黄酮苷的生物合成与积累影响较小。

光质对银杏叶萜类内酯含量的影响见表 3。紫膜处理的萜类内酯含量最高, 比对照高 85.23%, 其次是绿膜, 萜类内酯含量比对照高 33.33%, 而其他光膜处理萜类内酯含量略大于对照, 差异不显著。

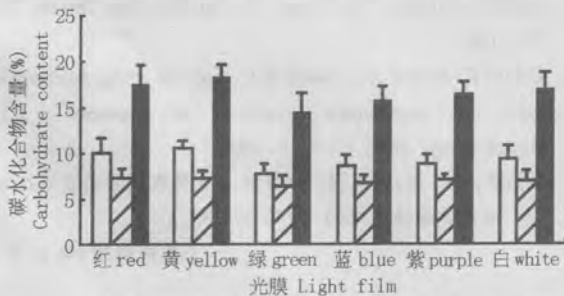


图 3 光质对银杏叶碳水化合物含量的影响

Fig. 3 Soluble sugar and starch contents of leaves of *Ginkgo biloba* L. grown under different light films (% , DW)

2.6 光强对银杏叶黄酮苷和萜类内酯含量的影响

不同遮荫条件下银杏叶碳水化合物、银杏黄酮

苷与萜类内酯含量的测定结果(表 4)表明, 遮荫处理的银杏叶碳水化合物含量为对照的 62.6% ~ 74.8%, 随着遮荫量的增加碳水化合物含量减少, 其中, 可溶性糖含量减少明显, 而对淀粉含量影响不显著。此外, 对不同遮荫条件下银杏叶光合速率的测定结果(数据未列出)显示, 遮荫处理的光合速率显著比自然光下的低, 随着光强的减弱, 光合速率随之下降。

表 2 不同光膜下银杏叶黄酮苷含量以及槲皮素、山柰黄素、异鼠李素所占百分比

Table 2 Flavonol glycoside content and component percentage of quercetin, kaempferol and isorhamnetin of leaves of *Ginkgo biloba* L. seedlings grown different light films

成分 Component	黄酮苷含量(%)及各苷元所占百分比 Content of flavonol glycoside and percentage of aglycones					
	红膜 Red film	黄膜 Yellow film	绿膜 Green film	蓝膜 Blue film	紫膜 Purple film	白膜 White film
黄酮苷 Flavonol glycoside	1.654	1.837	1.862	1.890	1.687	1.925
槲皮素 Quercetin	39.45	43.58	44.88	40.64	44.05	42.50
山柰黄素 Kaempferol	40.06	36.34	36.53	40.64	35.12	39.51
异鼠李素 Isorhamnetin	20.48	20.82	18.60	18.73	20.83	17.99

表 3 不同光膜下银杏叶萜类内酯含量变化

Table 3 Terpene lactone content of leaves of *Ginkgo biloba* L. seedlings grown under different light films

成分 Component	含量 Content (mg/g)					
	红膜 Red film	黄膜 Yellow film	绿膜 Green film	蓝膜 Blue film	紫膜 Purple film	白膜 White film
白果内酯 Bilobalide	1.21	1.11	1.38	1.14	1.83	0.98
银杏内酯 A Ginkgolide A	0.66	0.56	0.82	0.69	1.19	0.60
银杏内酯 B Ginkgolide B	0.32	0.38	0.46	0.44	0.65	0.37
银杏内酯 C Ginkgolide C	0.11	0.17	0.14	0.13	0.22	0.15
总量 Total	2.30	2.22	2.80	2.40	3.89	2.10

表 4 光强对银杏叶碳水化合物及黄酮苷和萜类内酯含量的影响

Table 4 Effects of light intensity on carbohydrate, flavonol glycoside and terpene lactone contents of *Ginkgo biloba* L. seedlings

光强 Light intensity	黄酮苷 Flavonol glycoside (%)	萜类内酯 Terpene lactone (mg/g)	淀粉 Starch (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)
全光 All nature light	2.05 ± 0.23	1.78 ± 0.53	10.64 ± 0.98	7.96 ± 0.66
70% nature light	1.68 ± 0.27	1.88 ± 0.43	7.99 ± 0.84	5.94 ± 0.65
55% nature light	1.62 ± 0.31	1.75 ± 0.38	7.54 ± 0.56	5.07 ± 0.23
40% nature light	1.44 ± 0.18	1.65 ± 0.28	7.37 ± 0.43	4.28 ± 0.78

遮荫处理显著降低银杏黄酮苷含量, 且随着光强的减弱银杏黄酮苷含量逐渐减少, 70%、55% 和 40% 光强处理的银杏黄酮苷含量分别下降 18%、

21%和 30%,表明光强的减弱不利于银杏黄酮苷的合成与积累。而遮荫处理对萜类内酯含量的影响则较小。

3 讨 论

不同彩色光膜透过的光谱有很大的区别,而不同光谱光对植物生长发育的生理活性是不一样的,用不同彩色光膜覆盖银杏幼苗,银杏的光合特性会发生相应的适应变化,在光膜下测定时,光合速率从大到小依次为:黄膜>红膜>蓝膜、紫膜和白膜>绿膜,而在自然光下测定时,光合速率从大到小依次为:黄膜>蓝膜、红膜>绿膜>紫膜和白膜,前者主要是光质处理对光合作用影响的直接结果,后者更多地反映银杏叶对光质处理的长期适应,但二者有相似之处,较长波长光处理似更有利于光合作用。陶汉之^[1]在茶树上的试验结果指出,辐射能相同时,光的波长越长,光合速率越高,与本试验结果一致。

光照强度对植物次生代谢物的生物合成和积累过程起重要作用,这已被不同试材的试验结果^[1,2,10]证实,Croteau等^[11]认为,光合作用的增加能提供较多的次生代谢物前体,同时又抑制了次生代谢物的分解,银杏叶萜类内酯含量与碳水化合物含量季节变化的相似性(另文报道),表明银杏的初生代谢与萜类内酯的生物合成和代谢可能有一定的相关性,而在本试验中,在遮荫条件下碳水化合物含量显著下降,但并未观察到萜类内酯含量的相应下降,结合黄裕新的试验结果^[12],适度遮荫有利苗木生长,可能是轻度遮荫未影响到萜类内酯生物合成代谢对初生代谢产物的基本需求。光质对银杏萜类内酯含量有显著影响,紫膜处理最有利于银杏萜类内酯的生物合成和积累,其次是绿膜处理,其他光膜处理差异不大;比较不同光膜下银杏光合特性及碳水化合物含量的变化,与萜类内酯含量变化没有显著相关性,表明光照条件对萜类内酯的生物合成和积累的作用可能并不是简单通过初级产物实现的,更主要是光

质直接影响到一些次生代谢过程,对此还需进一步试验证实。

光强显著影响银杏黄酮苷的含量,随着光强的减弱,银杏黄酮苷含量相应减少。Caldnell等人^[3]把黄酮类物质比作是光学过滤器,主要是过滤紫外线,紫外线增强可促进黄酮类物质的合成。光质对银杏黄酮苷生物合成和积累影响相对较小,但自然光下黄酮苷含量最高,达 2.05%,表明覆膜与遮荫可能更多地减少紫外辐射的强度。

参考文献:

- [1] 陶汉之,王新长. 茶树光合作用与光质的关系[J]. 植物生理学通讯,1989,(1):19-23.
- [2] 王铁生,王汉明,王荣生. PVC有色农膜在人参栽培中的应用[J]. 中药材,1989,12(10):3-6.
- [3] Caldnell M M, Robberecht R, Flint S D. Internal filters prospects for uv-acclimation in higher plants [J]. *Physiol Plant*, 1983, 58: 445-451.
- [4] 陶俊,陈鹏,余旭东. 银杏光合特性的研究[J]. 园艺学报,1999,31(1):69-71.
- [5] 王华田,孙明高,程鹏飞. 影响银杏叶黄酮含量的相关因素[J]. 山东农业大学学报,1997,28(3):342-346.
- [6] 孙视,刘晚荷,潘福生,等. 生态条件对银杏叶黄酮含量积累的影响[J]. 植物资源与环境,1998,7(3):1-7.
- [7] 华东师范大学. 植物生理学实验指导书[M]. 上海:华东师范大学出版社,1982.
- [8] Hasler A, Sticher O. Identification and determination of the flavonoids from *Ginkgo biloba* by high-performance liquid chromatography [J]. *J Chrom*, 1992, 605: 41-48.
- [9] 冷平生,王天华,吴金科,等. 银杏萜类内酯的提取和气相色谱与质谱分析[J]. 北京林业大学学报,2000,22(5):19-22.
- [10] Anderson J M. Photoregulation of the composition, function and structure of thylakoid membranes [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 37: 93-136.
- [11] Croteau R, Burbott A J, Loomis W D. Apparent energy deficiency in mono- and sequi-terpene biosynthesis in peppermint [J]. *Phytochemistry*, 1972, 11: 2937-2948.
- [12] 黄裕新,顾杰,王思健. 银杏育苗不同遮荫方式效果比较[J]. 江苏林业科技,1997,24(1):37-38.

(责任编辑:宗世贤)