

银杏萜内酯的分布与矮壮素对其生物合成的调节

冷平生¹, 苏淑钗², 蒋湘宁³, 王天华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, 北京 100083)

Distribution of terpene lactones in *Ginkgo biloba* and the regulation effect of chlorocholine chloride on their biosynthesis
LENG Ping-sheng¹, SU Shu-chai², JIANG Xiang-ning³, WANG Tian-hua³, WANG Sha-sheng³ (1. Department of Forestry, 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, Beijing 100083, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2004, 13(2): 54-55

Abstract: Terpene lactone contents in different organs of *Ginkgo biloba* L. and leaf, stem and root of *G. biloba* seedlings treated with chlorocholine chloride were determined by GC. The results showed that total terpene lactone contents in the order from high to low were bud ($1.973 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), leaf ($1.753 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), root, stem, and the terpene lactone content in phloem was higher than that in xylem. Leaf contained more bilobalide than root and stem. Chlorocholine chloride treatment significantly increased terpene lactone content of *G. biloba* seedlings. The possible way of terpene lactone biosynthesis was discussed.

关键词: 萜内酯; 生物合成; 矮壮素; 银杏

Key words: terpene lactone; biosynthesis; chlorocholine chloride; *Ginkgo biloba* L.

中图分类号: R946.8 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2004)02-0054-02

银杏萜内酯分为银杏内酯 A、B、C、J、M (ginkgolide A、B、C、J、M) 和白果内酯 (bilobalide), 主要存在于银杏叶与根内, 近年的研究指出银杏萜内酯分别在银杏叶和根中生物合成^[1], Cartayrade 等人^[2]通过叶片生根实验发现生根叶片的银杏萜内酯含量显著高于未生根叶, 因而认为银杏萜内酯是在根部合成, 然后运输到叶中积累, 目前对此还缺乏进一步的研究报道。一般认为^[1,3,4]银杏萜内酯是类异戊二烯类物质, 通过甲瓦龙酸 (MVP) 途径生物合成。白果内酯是倍半萜内酯, 其生物合成前体是 FPP (法尼基焦磷酸); 银杏内酯是二萜内酯, 其生物合成前体可能是 GGPP (牻牛儿基牻牛儿基焦磷酸), 由于 GGPP 是赤霉素、类胡萝卜素等的生物合成前体, 而矮壮素 (chlorocholine chloride) 作用于这个过程^[5], 因此矮壮素可能对银杏萜内酯的生物合成有影响, 为了证实这一观点, 本文对银杏萜内酯在不同器官与组织中的分布以及矮壮素对银杏萜内酯生物合成的作用进行了研究。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

1998 年 10 月在北京农学院苗圃内选生长良好的 6 a 生银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 实生苗 6 株, 采集叶 (上部功能叶)、芽、枝干和根系。枝干分韧皮部、木质部和小枝; 根系用清水洗净, 分韧皮部、木质部和侧根 (根直径 < 3 mm)。所有样品在烘箱中 70℃ 烘干, 粉碎, 过 20 目筛, 待分析。

1.2 矮壮素处理

选择长势相近的 2 a 生银杏露天实生苗, 于 1998 年 7 月 2 日和 7 月 21 日分别喷施浓度为 1 000, 2 000 和 3 000 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 的矮壮素, 9 月 27 日每处理随机采集 15 株实验苗的

叶、茎和根, 烘干粉碎过筛, 待分析。

1.3 分析方法

用气相色谱法分析银杏内酯 A、银杏内酯 B、银杏内酯 C 与白果内酯含量^[6]。

2 结果与分析

2.1 银杏萜内酯在不同器官中的分布

银杏植株不同器官中萜内酯含量差异明显 (见表 1), 芽中萜内酯含量最高, 其次为叶片, 茎中含量最低, 茎中萜内酯含量仅相当于叶的约 1/3。无论根和茎, 其韧皮部的萜内酯含量均比木质部高, 根中差异尤为明显, 二者相差 3 倍多; 根中木质部萜内酯含量与茎木质部比较接近; 细根中的含量显著高于根木质部而低于根韧皮部。不同器官中 4 种萜内酯所占比例差异明显。在成熟叶和芽中, 白果内酯含量约占萜内酯总含量的 1/2; 银杏内酯 C 的含量相当于银杏内酯 B 的 1/2, 银杏内酯 A 的 1/3。在根和茎中, 白果内酯含量显著低于叶中的含量, 与银杏内酯 A 含量相近; 银杏内酯 B 的含量低于银杏内酯 A 的含量, 但差值明显比叶小。显然, 在根、茎中银杏内酯 A、B、C 所占总萜内酯含量的比例要比叶高。

2.2 矮壮素处理对银杏萜内酯生物合成的作用

矮壮素处理对银杏苗萜内酯含量的影响见图 1。夏季对银杏叶喷施矮壮素能显著增加萜内酯含量。在 3 种矮壮素处理浓度中, 2000 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 矮壮素处理效果最好, 叶、根和

收稿日期: 2003-10-07

作者简介: 冷平生 (1964-), 男, 江西修水人, 博士, 教授, 主要研究方向为栽培生理学。

表1 银杏苗不同器官中萜内酯含量¹⁾Table 1 Terpene lactone contents in different organs of *Ginkgo biloba* L. seedlings¹⁾

器官 Organ	B	GA	GB	GC	总量 Total
芽 Bud	1.090	0.459	0.291	0.097	1.937
叶 Leaf	0.908	0.432	0.298	0.115	1.753
茎韧皮部 Phloem of stem	0.176	0.226	0.182	0.068	0.652
茎木质部 Xylem of stem	0.084	0.130	0.105	0.058	0.377
根韧皮部 Phloem of root	0.552	0.487	0.341	0.147	1.527
根木质部 Xylem of root	0.103	0.158	0.108	0.06	0.429
侧根 Lateral root	0.425	0.381	0.275	0.156	1.237
小枝 Small twig	0.227	0.190	0.174	0.086	0.677

¹⁾B: 白果内酯 Bilobalide; GA: 银杏内酯 A Ginkgolide A; GB: 银杏内酯 B Ginkgolide B; GC: 银杏内酯 C Ginkgolide C.

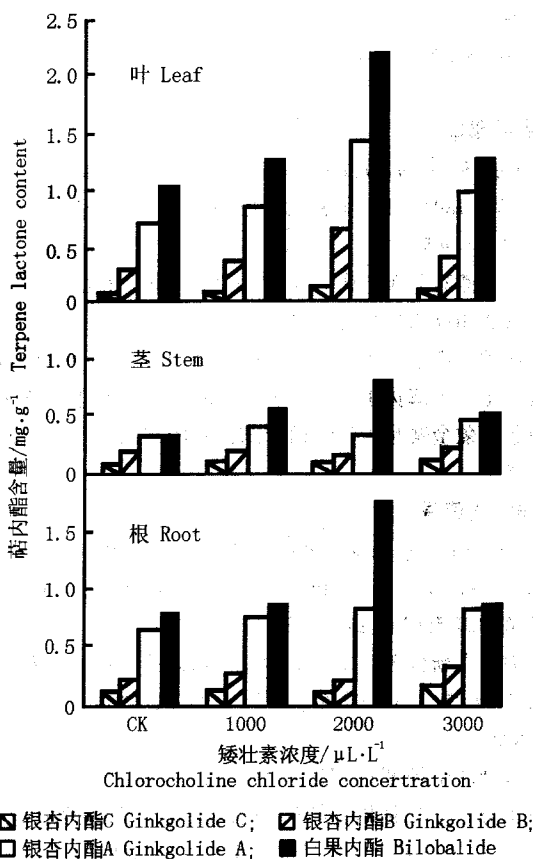


图1 矮壮素处理对银杏苗萜内酯含量的影响
Fig. 1 Effect of chlorocholine chloride on terpene lactone contents in leaf, stem and root of *Ginkgo biloba* L. seedlings

茎中萜内酯含量分别比对照高出 107.12%, 62.03% 和 59.80%, 其中白果内酯含量增加最多, 分别比对照增加 112.80%、121.95% 和 190.80%。叶片中银杏内酯 A、B、C 的含量均比对照高, 且增加的比率比较接近, 增加 55.1% ~ 117.2%; 而根和茎中 3 种银杏内酯含量与对照差异较小。1000 和 3000 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 矮壮素处理对银杏萜内酯含量的影响

相对较小, 在叶片、根和茎中分别比对照增加 20.75% ~ 29.30%、12.58% ~ 15.10% 和 35.97% ~ 42.56%。叶面喷施矮壮素能显著增加银杏萜内酯含量, 表明矮壮素对银杏萜内酯的生物合成过程有一定的影响。

3 讨论

实验结果表明, 在银杏植株不同器官中, 芽中萜内酯含量最高, 其次为叶片, 根与茎中含量较少, 以茎中含量最低, 与其他作者^[2,7,8]对不同年龄银杏的测定结果基本一致, 但 Carrier 的结果中芽和短枝叶内含量相近。在根和茎中韧皮部的萜内酯含量均比木质部高, 根中差异尤为显著, 这对进一步分析萜内酯的合成部位和运输途径有参考价值。

矮壮素是一种广泛使用的植物生长延缓剂, 主要对内根-贝壳杉烯合成酶 A 产生抑制作用^[5], 即抑制 GGPP 向内根-贝壳杉烯类物质转化。对银杏苗进行矮壮素处理, 显著增加了银杏萜内酯(主要是白果内酯)的含量, 表明矮壮素对银杏萜内酯的合成过程有很强的调节作用, 银杏萜内酯的生物合成可能不经过内根-贝壳杉烯类物质。Cartayrade 报道^[2]指出, 白果内酯不是以往认为的属倍半萜内酯, 而属于 Pentanor-二萜内酯, 其生物合成途径与银杏内酯相同, 前体都是 20 个碳原子的 GGPP, 本研究结果从另一个角度证明了这一观点, 若白果内酯属倍半萜内酯, 因其生物合成前体可能是 FPP(法尼基焦磷酸), 则矮壮素对其生物合成的影响应该较小。

参考文献:

- [1] Huh H, Staba E J. Ontogenic aspects of ginkgolide production in *Ginkgo biloba* [J]. *Planta Med*, 1993, 59: 232-239.
- [2] Cartayrade A, Neau E, Sohier C, et al. Ginkgolide and bilobalide biosynthesis in *Ginkgo biloba*. 1: sites of synthesis, translocation and accumulation of ginkgolides and bilobalide [J]. *Plant Physiol Biochem*, 1997, 35(11): 859-868.
- [3] Carrier D J, Archambault J, Heijden R, et al. Formation of terpenoid products in *Ginkgo biloba* L. cultivated cells [J]. *Plant Cell Reports*, 1996, 15: 888-891.
- [4] Nakanishi K, Habaguchi K. Biosynthesis of ginkgolide B, its diterpenoid nature and origin of the tertibutyl group [J]. *J Am Chem Soc*, 1971, 73: 546-547.
- [5] 潘瑞积. 植物生长延缓剂的生化效应 [J]. *植物生理学通讯*, 1996, 32(3): 161-168.
- [6] 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.
- [7] Carrier D J, Van Beek T A, Heijden R V D, et al. Distribution of ginkgolides and terpenoid biosynthetic activity in *Ginkgo biloba* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48(1): 89-92.
- [8] Flesch V, Jaacques M, Cosson L, et al. Relative importance of growth and light level on terpene content of *Ginkgo biloba* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(6): 1941-1945.