

· 综述 ·

中药止血成分的研究进展

包贝华, 张 丽, 丁安伟*

(南京中医药大学药学院, 江苏 南京 210046)

摘 要: 中药止血药应用历史悠久, 且资源分布广泛, 常见的就有 300 余种, 在其研究中发现了大量的止血活性成分。已知的中药止血成分几乎囊括了各类化学成分, 包括氨基酸、生物碱类、萜类和甾体、酚类和黄酮类、鞣质、醌类、苯丙素类、脂类、有机酸类等。按植物化学分类学对已报道的一些中药止血成分进行分类综述, 为研究发现新的止血成分和开发止血新药提供一些借鉴。

关键词: 中药; 止血成分; 止血药

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2009)08-1324-04

Advances in studies on hemostatic components in Chinese materia medica

BAO Bei-hua, ZHANG Li, DING An-wei

(College of Pharmacy, Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210046, China)

Key words: Chinese materia medica (CMM); hemostatic components; hemostatic

出血是临床各科常见急诊之一, 严重出血常常危及病人生命, 如不及时抢救, 可发生出血性休克, 甚至死亡。另外, 出血的原因也十分复杂, 因此对止血药的研究, 自古至今一直是医药工作者的重要课题之一。中药止血药应用历史悠久, 且资源分布广泛, 常见的就有 300 余种。在其研究中发现了大量的止血活性成分, 如田七中的田七氨酸(dencichine), 侧柏叶中槲皮苷(quercitrin), 大蓟中果胶柳穿鱼苷(pectolarin), 小蓟中绿原酸及咖啡酸, 大黄中儿茶素及没食子酸等。目前已有的文献报道表明, 中药中已知的止血活性成分几乎囊括了各类化学成分, 本文对一些已知的止血成分按植物化学分类学进行分类综述, 为研究发现新的止血成分和开发止血新药提供一些借鉴。

1 氨基酸

氨基酸类止血成分包含田七氨酸(dencichine)及其异构体等。田七氨酸是日本学者小菅卓夫从三七 *Panax pseudoginseng* Wall. var. *notoginseng* (Burkill) Hoo et Tseng 中分得的止血活性单体, 化学名 -草酰基-L-, -二氨基丙酸(L-构型)。实验表明田七氨酸与止血环酸相比不仅止血快, 且剂量小。在研究过程中又发现 -草酰基-D-, -二氨基丙酸(D-构型)具有与田七氨酸相同的止血作用, 而且即使在高剂量下神经毒作用也极低^[1]。此外, 豆科植物草香豌豆 *Lathyrus sativus* L. 种子中亦含此成分^[2]。

2 生物碱类

生物碱类止血成分有麦角新碱、白毛茛碱、小檗红碱等。

麦角新碱(ergonovine)临床用于产后子宫出血, 来源于麦角菌科真菌麦角菌寄生在禾本科植物黑麦等子房中所形成的菌核。白毛茛碱(hydrastine)来源于毛茛科植物白毛茛 *Hydrastis canadensis* L. 的根, 可用于子宫的出血。白毛茛宁(hydrastinine)来源于毛茛科植物白毛茛, 其盐酸盐可作为子宫出血的止血剂。小檗红碱(berberrubine)来源于毛茛科植物杂性唐松草 *Thalictrum polygamum* Muhl. 的根, 其止血作用是血管直接收缩所致^[3]。水苏碱(stachydrine)来源于多种植物, 包括唇形科植物块茎水苏 *Stachys tubifera* Naudin、细叶益母草 *Leonurus sibiricus* L. 的叶、清风藤植物四川清风藤 *Sabia schumanniana* Diels 的根、桑科植物柘木 *Cudrania tricuspidate* (Carr.) Bur. 的根、白花菜科刺山柑 *Capparis spinosa* L. 的根、豆科紫苜蓿 *Medicago sativa* L. 的全草, 能降低犬、兔和大鼠出血率和出血时间^[4]。

3 萜类和甾体

马鞭草苷(verbenalin)属环烯醚萜苷类, 来源于马鞭草科植物马鞭草 *Verbena officinalis* L. 的全草, 及山茱萸科植物山茱萸 *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc. 的果实。实验表明该成分能缩短家兔血液凝固时间^[3,5]。环烯醚萜苷类部位是独一味 *Lamioophlomis rotata* (Benth.) Kudo 中的主要止血活性成分, 作用与云南白药相近^[6]。杂色豹皮花苷 D、E、F (stavaroside D、E、F, 图 1) 属甾体皂苷, 来源于萝藦科杂色豹皮花 *Stapelia variegata* Linn. 的地上部分, 能抑制杂色豹皮花苷 K(stavaroside K)、水解藜芦碱(cevcine)或

* 收稿日期: 2009-01-17

基金项目: “十一五”支撑项目: 中药饮片炒炭共性技术和相关设备研究(2006BAI09B06-02)

作者简介: 包贝华(1978—), 男, 江苏省句容市人, 讲师, 硕士, 现在南京中医药大学药学院药物分析教研室工作, 主要研究方向为中药炮制及中药分析。 Tel: (025) 85811519 E-mail: scotter01@163.com

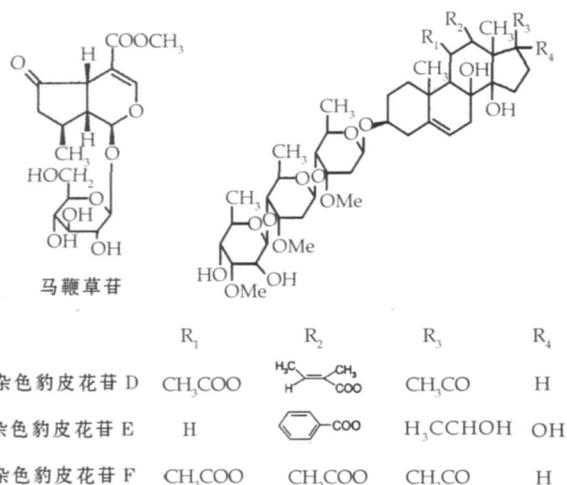


图 1 马鞭草苷和杂色豹皮苷结构式

Fig. 1 Structures of verbenaquin and stavarosides

藜芦碱 (veratramine) 产生的溶血作用^[7]。

4 酚类和黄酮类

酚类止血成分报道较少,主要有 - 氢化胡桃醌 (- hydrojuglone), 来源于胡桃科植物胡桃 *Juglans regia* L. 未成熟果实的外果皮。药理研究表明其能缩短家兔出血时间, 有抗出血作用^[8]。紫丁香苷 (syringin) 药理证明有明显止血作用, 来源于多种植物, 主要有木犀科欧丁香 *Syringa vulgaris* L.、女贞 *Ligustrum lucidum* Ait. 树皮, 迎春花 *Jasminum nudiflorum* Lindl. 叶和枝, 五加科刺五加 *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms 根, 玄参科毛泡桐 *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. 树皮, 冬青科铁冬青 *Ilex rotunda* Thunb. 树皮, 瑞香科黄瑞香 *Daphne giraldii* Nitsche 茎皮等^[9]。

黄酮类止血成分包括黄酮类和黄酮苷类。黄酮苷类有芦丁 (rutin), 临床可用于防治视网膜出血和急性出血性肾炎, 来源于芸香科芸香 *Ruta graveolens* Linn. 全草挥发油, 豆科槐 *Sophora japonica* cv. *pendula* 果实, 金丝桃科红旱莲 *Hypericum ascyron* L. 全草, 鼠李科光枝勾儿茶 *Berchemia polyphylla* var. *leioclada* Hand. -Mazz., 大戟科野梧桐 *Mallotus japonicus* Muell. -Arg. 的叶, 蓼科荞麦 *Fagopyrum esculentum* Moench 籽苗^[10]。另有报道从柏科侧柏 *Platyclusus orientalis* (Linn.) Franco 的枝叶中分得槲皮苷 (quercitrin), 具有良好的止血作用, 为侧柏叶主要止血成分之一^[11]。从柿树 *Disopylos kaki* L. f. 的叶中分离得到的异槲皮苷能够缩短小鼠出血时间, 收缩离体兔耳血管而产生止血作用, 首次发现异槲皮苷具有止血作用^[12]。落新妇苷 (astilbin) 能保护红细胞免受氧化而溶血, 来源于藤黄科越南黄牛木 *Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer 的根, 金丝桃科西南金丝梅 *Hypericum henryi* L. et Van. 茎叶和金丝梅 *Hypericum patulum* Thunb. ex Murray 地上部分, 胡桃科黄杞 *Engelhardtia roxburghiana* Wall. 的叶, 百合科光叶菝葜 *Smilax glabra* Roxb. 根茎, 桑寄生科华东松寄生 *Taxillus kaempferi* (DC.) Danser, 虎耳草科齿叶落新妇 *Astilbe*

odonophylla 和童氏落新妇 *A. thunbergii* Miq. 根茎及葡萄渣^[13,14]。从大蓟 *Cirsium japonicum* Fisch. ex DC. 中分得的果胶柳穿鱼苷止血活性强于止血药氨甲环酸 (tranexamic acid)^[15]。

而黄酮类止血成分报道相对较少, 石田均司从槐米 *Flos Sophorae Immaturus* 和莲房 *Receptaculum Nelumbinis* 中分得槲皮素, 首次报道其具有止血活性^[16]。槲皮素 (quercetin) 广泛分布于中草药中, 如小檗科红八角莲 *Dysosma difformis* (Hemsl. et Wils.) T. H. Wang, 金丝桃科红旱莲全草^[17-19]。

5 鞣质

鞣质是一类广泛存在于植物界的多元酚类化合物。天然鞣质实为多种分子结构的混合物, 有收敛性。鞣质分为可水解鞣质和缩合鞣质。可水解鞣质基本单元为没食子酸, 来源广泛, 没食子酸本身可作为止血剂。缩合鞣质是由儿茶素或其衍生物等多个分子以 C-C 共价键联结而成。儿茶素广泛分布于植物界, 如豆科儿茶 *Acacia catechu* (L. f.) Willd. 的心材, 棕榈科槟榔 (*Areca catechu* L.) 内胚乳, 银杏科银杏 *Ginkgo biloba* L. 叶, 夹竹桃科罗布麻 *Apocynum venetum* Linn. 的叶等, 对妇科出血有一定疗效^[3,20]。

6 醌类化合物

醌类止血成分有些结构与维生素 K 结构相似, 有止血作用。指甲花醌 (lawsone) 来源于千屈菜科指甲花 *Lawsonia inermis* L. 的叶, 凤仙花科凤仙花 *Impatiens balsamina* L. 地上部分等, 结构就与维生素 K 相似, 有止血效果。梅笠草素 (chimaphilin, 图 2) 属于萘醌, 来源于鹿蹄草科独丽花 *Moneses uniflora* (Linn.) A. Gray 地上部分、红花鹿蹄草 *Phyloa incarnata* Fisch. ex DC. 全草, 鹿衔草 (*Herba Pyrolae*)、圆叶鹿蹄草 *P. rotundifolia* L. 全草, 有抗出血作用和类维生素 K 样活性^[21-23]。茜素 (alizarin, 图 2) 来源于茜草科茜草 *Rubia cordifolia* L. 根、羊角藤 *Morinda umbellata* L. 根及茎, 临床可用于出血性疾病。1,3-二羟基蒽醌有明显的止血作用, 是茜草炭主要止血成分之一^[24]。大黄酚 (chrysophanol) 来源于蓼科掌叶大黄 *Rheum palmatum* L. 根、巴天酸模 *Rumex patientia* L. 根, 百合科黄金萱 *Hemerocallis citrina* Baroni 根和根茎, 口服或皮下注射均有明显缩短血液凝固时间的作用^[11]。

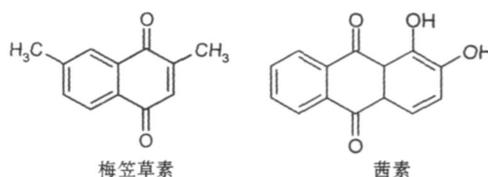


图 2 梅笠草素和茜素的结构式

Fig. 2 Structures of chimaphilin and alizarin

7 苯丙素类

苯丙素类止血成分主要包括苯丙类苷类、香豆素类。异毛蕊花苷 (isoverbascoside, 图 3) 为苯丙素苷类化合物, 体外表现出极强地抑制氧化溶血作用^[25], 主要来源于爵床科马蓝属植物的叶, 唇形科植物水苏 *Stachys japonica* Miq. 地上部分,

马钱科醉鱼草 *Buddleia lindleyana* Fort. 叶, 木犀科木犀 *Osmanthus asiaticus* Nakai 叶, 列当科管形苻蓉 *Cistanche salsa* (C. A. Mey.) G Beck 全株, 胡麻科胡麻 *Linum usitatissimum* Linn 全株, 车前科车前 *Plantago asiatica* L. 全草和堪察加车前 *P. camtschatica* Link 地上部分, 玄参科红纹马先蒿 *Pedicularis striata* Pall. 全草和地黄 *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Fisch. et Mey. 根等^[26-28]。

香豆素类止血成分包括香柑内酯 (bergapten)、补骨脂素 (psoralen)、阿牙品 (ayapin)、蟛蜞菊内酯 (wedelolactone) 和去甲蟛蜞菊内酯 (norwedelolactone) 等。香柑内酯来源于桑科无花果 (*Fructus Fici*) 根、根皮和叶, 伞形科杭白芷 *Angelica dahurica* var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan, 芸香科芸香 *Ruta graveolens* L. 全草等, 有一定对抗肝素的抗凝血作用和止血作用。补骨脂素来源于豆科补骨脂 *Psoralea corylifolia* L. 果实, 桑科无花果叶和根, 芸香科芸香全草等, 对子宫、鼻、牙龈等出血有止血作用^[11, 29]。阿牙品来源于菊科阿牙潘泽兰叶 *Eupatorium ayapana* Vent.^[30]。蟛蜞菊内酯和去甲蟛蜞菊内酯 (图3) 都有止血作用, 来源于菊科旱莲草 *Eclipta prostrata* L. 和蟛蜞菊 *Wedelia chinensis* Merr. 的鲜叶及金丝桃科小连翘 *Hypericum erectum* Thunb. 全草^[31, 32]。

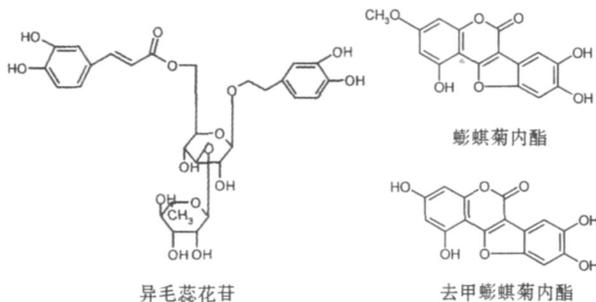


图3 部分苯丙素类止血成分的结构式

Fig. 3 Structures of some hemostatic phenylpropanoids

8 脂类

脂类止血成分报道较少, 目前已知有欧瑞香素 (mezerein) 能促进家兔血小板凝聚, 其来源于瑞香科欧亚瑞香 *Daphne mezereum* L. 果实、种子^[33]。

9 有机酸类

有机酸类止血成分主要有绿原酸、咖啡酸, 二者均能缩凝血凝和出血时间^[11, 13]。绿原酸主要来源于蔷薇科英国山楂 *Crataegus oxyacantha* L. 果实, 千屈菜科千屈菜 *Lythrum salicaria* L. 的花, 茜草科蓬子菜 *Galium verum* L. 全草等。咖啡酸广泛分布于植物界, 如毛茛科升麻 *Cimicifuga foetida* L. 根茎, 芸香科柠檬 *Citrus limon* (L.) Burm. f. 果皮, 唇形科麝香草 *Thymus vulgaris* L. 全草, 杜仲科杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliv. 叶等。另有报道咖啡酸也是小蓟 *Cirsium segetum* Bunge 止血成分之一^[34, 35]。另外, 3, 5-二咖啡酰鸡纳酸 (3, 5-dicaffeoyl-quinic acid) 对小鼠红细胞因 H_2O_2 诱导引起的过氧化作用和溶血作用有强的抑制作用, 其来源于冬青科苦

丁茶 *Ilex cornuta* Lindl, 菊科小鱼眼草 *Dichrocephala bicolor* (Roth) Schlecht.、地胆草 *Elephantopus scaber* L. 和心叶假泽兰 *Mikania cordata* (Burm. f.) B. L. Robinson、旋花科甘薯 *L. pomoea batatas* Lam. 叶等^[35-37]。

10 存在问题与展望

止血中药根据中药的药性分为凉血止血、收敛止血、化瘀止血、温经止血 4 类, 而止血药又有止血生药和止血炭药之分。临床应用时应根据出血的原因和具体的证候, 从整体出发, 选用相应的止血药。从化学观点看, 所有药物均为化学物质组成, 无论生品或炭品, 之所以产生疗效, 必有其物质基础存在。文献检索表明, 目前对止血中药生品的有效成分和有效部位研究较多, 但对止血炭药有效成分研究较少, 且缺乏对止血中药研究思路的系统的阐述。如在止血药研究中如何从有效成分或有效成分组群角度来阐明中药止血药的使用分类, 如何建立符合中医药临床用药理论的药理模型并以其进行中药止血药药理活性部位的筛选, 关于这方面的研究国内外目前几乎没有系统的报道。中药止血药研究中大量的文献在论述中药药理作用或临床应用时仅以单味药为主题, 且很多药理研究仅停留在提取物阶段, 没有以中药中的有效成分为出发点, 从分子水平来揭示药物的作用机制, 没有能全面系统地揭示中药有效成分与药理作用之间的关系。因此导致目前许多的止血中药缺乏适当的客观质量控制指标, 难以保证临床疗效, 从而制约了中医药的现代化、国际化进程。

中药中已知的止血成分几乎囊括了各类化学成分, 在此基础上如能深化对止血中药化学成分和药理作用的研究, 找出其有效成分或有效成分组群, 多角度、多层次地阐述中药止血有效成分与药理作用及临床应用之间的复杂关系, 对于规范饮片质量、指导临床用药和新药开发将产生深远的意义, 必将有利于中医药产业的现代化, 推动中医药事业的发展。

参考文献:

- [1] 赵国强, 王秀训. 三七止血成分 dencichine [J]. 中草药, 1986, 17(6): 34-35.
- [2] Misra B K, Singh S P, Barat G K, Ox-Dapuro: the *Lathyrus sativus* neurotoxin [J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 1980, 30(3-4): 259-270.
- [3] 柯铭清. 中草药有效成分理化与药理特性 [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1982.
- [4] 张月华, 任婉薇, 万树文, 等. 柘木的化学成分研究 [J]. 医药工业, 1980, (3): 15.
- [5] B ũhi G, Manning R E. Constitution of verbenalin [J]. *Tetrahedron*, 1962, 18(9): 1049.
- [6] 贾正平, 李茂星, 张汝学. 独一味止血有效部位的实验研究 [J]. 解放军药学报, 2005, 21(4): 272-274.
- [7] El Sayed K A, Halim A F, Zaghoul A M, et al. Pregnane glycosides from *Stapelia variegata* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 39(2): 395-403.
- [8] Hayes N F, Thomson R H. The structure of hydrojuglone glucoside [J]. *J Chem Soc*, 1955: 904-907.
- [9] 王明时. 祖师麻化学成分的研究 (第三报) [J]. 中草药, 1980, 11(9): 389-390.
- [10] 季宇彬. 中药有效成分药理与应用 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995.
- [11] 徐振文, 鲍世兰, 赵娟娟, 等. 侧柏叶止血成分的研究 [J]. 中药通报, 1983, 8(3): 30.
- [12] 王树松, 王晓风. 柿叶止血成分的实验研究 [J]. 河北中医, 2005, 27(1): 67-68.
- [13] Jimuma M, Tosaa H, Ito T. Two xanthones from roots of

- Cratoxylum formosanum* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 42(4): 1195.
- [14] Chen T, Li J, Cao J, *et al.* A new flavanone isolated from rhizoma *Smilacis glabrae* and the structural requirements of its derivatives for preventing immunological hepatocyte damage [J]. *Planta Med*, 1999, 65(1): 56.
- [15] 植飞, 孔令义, 彭司勋. 中药大蓟的化学及药理研究进展 [J]. 中草药, 2001, 32(7): 664-667.
- [16] 贾天柱, 谢明, 许韵梅. 日本对止血药及炭药研究简介 [J]. 中国中药杂志, 1994, 19(9): 541-542.
- [17] 张振杰. 药用罗布麻(红麻)叶的化学成分研究 [J]. 中草药, 1974, 5(1): 21-24.
- [18] 云南省药物研究所. 红八角莲治疗慢性气管炎有效成分的分离 [J]. 中草药, 1977, 8(7): 296.
- [19] 王兆金, 王献龙. 红旱莲有效成分的研究 [J]. 药学报, 1980, 15(6): 365-367.
- [20] 西北植物研究所. 罗布麻叶治疗高血压临床观察 [J]. 中草药, 1972, 3(4): 12.
- [21] Saxena G, Farmer S W, Hancock R E, *et al.* Chlorchimidaphilin: A new antibiotic from *Moneses uniflora* [J]. *J Nat Prod*, 1996, 59(1): 62-65.
- [22] Kagawa K, Tokura K, Uchida K, *et al.* Platelet aggregation inhibitors and inotropic constituents in *Pyrolae herba* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1992, 40(8): 2083-2087.
- [23] 王西发, 张建民, 曹爱兰. 鹿衔草的化学成分 [J]. 中草药, 1988, 19(1): 8-11.
- [24] 张振凌, 周艳, 黄显峰. 茜草炭止血成分的研究 [J]. 中成药, 2007, 29(12): 1803-1805.
- [25] Li J, Wang P F, Zheng R, *et al.* Protection of Phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis* against oxidative hemolysis *in vitro* [J]. *Planta Med*, 1993, 59(4): 315-317.
- [26] Liu Z M, Jia Z J. Phenylpropanoid and iridoid glycosides from *Pedicularis striata* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30(4): 1341.
- [27] Kasai R, Ogawa K, Ohtani K, *et al.* Phenolic glycosides from *Nuo-Mi-Xang-Cao*, a Chinese acanthaceous herb [J]. *Chem Pharm Bull*, 1991, 39(4): 927-929.
- [28] Miyase T, Yamamoto R, Ueno A. Phenylethanoid glycosides from *Stachys officinalis* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 43(2): 475-479.
- [29] 佟如新, 王普民, 王梳春, 等. 青花椒中活性成分香柑内酯的止血作用实验研究 [J]. 中国中医药信息杂志, 1998, 5(11): 14-16.
- [30] 林启寿. 中草药成分化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1977.
- [31] Kosuge T, Ishida H, Satoh T. Studies on antihemorrhagic substances in herbs classified as hemostatics in Chinese medicine. On antihemorrhagic principles in *Hypericum erectum* Thunb. [J]. *Chem Pharm Bull*, 1985, 33(1): 202-205.
- [32] Govindachari T R, Premila M S. The benzofuran norwedelic acid from *Wedelia calendulaceae* [J]. *Phytochemistry*, 1985, 24(12): 3068-3069.
- [33] Ronlan A, Wickberg B. The structure of mezerein, a major toxic principle of *Daphne mezereum* [J]. *Tetrahedron Lett*, 1970, 49: 4261-4264.
- [34] 李清华. 小蓟止血成分的研究 [J]. 中草药, 1982, 13(9): 9-12.
- [35] Ohnishi M, Morishita H, Iwahashi H, *et al.* Inhibitory effects of chlorogenic acids on linoleic acid peroxidation and haemolysis [J]. *Phytochemistry*, 1994, 36(3): 579-583.
- [36] 秦文娟, 吴秀娥, 福山爱保, 等. 苦丁茶化学成分的研究 () [J]. 中草药, 1988, 19(11): 486-488.
- [37] Khan I A, Rali T, Sticher O. Flavonoids and caffeic acid esters from *Dichrocephala bicolor* [J]. *Planta Med*, 1993, 59(3): 288.

紫杉醇前体生物合成途径及生物技术研究进展

刘万宏^{1,2}, 姚波¹, 祝顺琴², 廖志华^{2*}

(1. 重庆科技学院 生物系, 重庆 401331; 2. 西南大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘要: 紫杉醇因其特殊的抗肿瘤作用成为当今天然产物研究的热门方向。综述了紫杉醇前体的生物合成途径及途径上的酶和基因; 利用红豆杉愈伤组织和细胞培养生产紫杉醇的方法; 前体饲喂提高细胞紫杉醇产量、通过内生真菌发酵生产紫杉醇及红豆杉遗传转化获取优质药源等相关研究。最后提出代谢工程策略是可能解决紫杉醇药源缺乏的理想途径。

关键词: 紫杉醇; 生物合成; 遗传转化; 内生真菌

中图分类号: R282.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2670(2009)08-1327-05

Advances in studies on biosynthetic pathway of taxol precursor and its correlative biotechnology

LIU Wan-hong^{1,2}, YAO Bo¹, ZHU Shun-qin², LIAO Zhi-hua²

(1. Department of Biology, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China;

2. School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Key words: taxol; biosynthesis; genetic transformation; endophytic fungi

紫杉醇(TaxolTM)是 20 世纪 70 年代由 Wani 等从短叶红豆杉 *Taxus brevifolia* Nutt. 树皮中提取出来的具有独特抗癌作用的天然产物^[1], 是目前最好的天然抗癌药物之一,

为治疗卵巢癌、乳腺癌的首选药物, 对白血病、肺癌、脑癌、直肠癌和其他一些实体瘤等均有很好的疗效, 并且其不良反应很小^[2]。在今后较长的一段时间内, 紫杉醇将仍然是治疗癌

* 收稿日期: 2009-02-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(紫杉醇前体依赖于 MEP 途径合成的分子调控机理, 30771238)

作者简介: 刘万宏(1979—), 男, 江西峡江人, 讲师, 硕士。主要从事药用植物次生代谢工程研究。

E-mail: liuwanh@163.com Tel: (023) 65022209