

- sequence repeats in plants [J]. *Genetics*, 2000, 156: 847-854.
- [12] Chen C X, Zhou P, Choi Y A, *et al.* Mining and characterizing microsatellites from citrus ESTs [J]. *Theor Appl Genet*, 2006, 112: 1248-1257.
- [13] 金基强,李素芳,龚晓春,等. 茶树 EST 资源中 SSR 的信息分析[J]. *科技通报*, 2006, 22(4): 471-476.
- [14] Fraser L G, Harvey C F, Crowhurst R N, *et al.* EST-derived microsatellites from *Actinidia* species and their potential for mapping [J]. *Theor Appl Genet*, 2004, 108: 1010-1016.
- [15] Kong Q, Xiang C, Zhang C, *et al.* Mining characterizing microsatellites in *Cucumis melo* expressed sequence tags from sequence database [J]. *Mol Ecol Notes*, 2007, 7: 281-283.
- [16] Jia X P, Shi Y S, Song Y C, *et al.* Development of EST-SSR in foxtail millet (*Setaria italica*) [J]. *Genet Resour Crop Evol*, 2006, 54: 233-236.
- [17] Cao L F, Tang J F, Li H W, *et al.* Analysis of microsatellites in major crops assessed by computational and experimental approaches [J]. *Mol Breed*, 2003, 12: 245-261.
- [18] Cardle L, Ramsay D, Milbourne D, *et al.* Computational and experimental characterization of physically clustered in simple sequence repeats in plants [J]. *Genetics*, 2000, 156: 847-854.
- [19] 孙佳莹,辛大伟,单彩云,等. SS 标记开发软件 SSR MINING 1.0 的编制[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(10): 3336-3342.

喜树枝叶采收型品系海喜 1 号喜树碱的组织分布特征研究

于景华,常影,张学科,祖元刚*,唐中华,贾雪莹

(东北林业大学 森林植物生态学教育部重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:目的 研究喜树枝叶采收型品系海喜 1 号喜树碱的组织分布特征,为合理利用提取依据。方法 以四川种源的普通喜树为对照,采用高效液相色谱法,检测了喜树品系——海喜 1 号各器官不同组织部位喜树碱的量。结果 各器官不同组织部位,海喜 1 号喜树碱量普遍高于普通喜树,特别是半木质化枝条韧皮部显著高于普通喜树($P < 0.01$),幼叶喜树碱量显著高于普通喜树($P < 0.05$);不同品系的喜树均表现出幼嫩枝叶喜树碱量高于成熟组织的特点,但喜树碱在不同器官的组织分布模式并不相同,幼嫩器官和主根为离心式分布,而成熟器官(木质化枝条、主干)是向心式分布。结论 海喜 1 号具有枝叶一年多次、连年采收利用模式的种质类型,喜树碱在海喜 1 号中的这种分布模式反映了喜树碱化学防御功能作用的转变。

关键词:喜树;品系;喜树碱;组织分布

中图分类号:R282.2

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2010)03-0468-05

Distribution characteristics of camptothecin in branches and leaves of harvest pattern

Camptotheca acuminata 'Hisun-'

YU Jing-hua, CHANG Ying, ZHANG Xue-ke, ZU Yuan-gang, TANG Zhong-hua, JIA Xue-ying

(Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: **Objective** To study the tissue distribution characteristics of harvest pattern camptothecin (CPT) in branches and leaves of *Camptotheca acuminata* 'Hisun-' (HI). **Methods** Taking the variety of *C. acuminata* originally from Sichuan Province (SC) as control, the contents of CPT in different tissues of the organs in *C. acuminata* HI were detected by HPLC. **Results** In the different tissues, the CPT level in *C. acuminata* of HI was higher than that in *C. acuminata* of SC, especially in the semi-lignified branch of phloem ($P < 0.01$) and young leaves ($P < 0.05$). All the different strains of *C. acuminata* showed that the contents of CPT in young leaves and branches are higher than those in mature tissue, but the distribution pattern of CPT in the different tissues of organs was distinct. In the tender organs and main roots, the distribution was in an efferent way and in the lignified branch and main stem organs, the distribution was in an afferent model. **Conclusion** The line of HI is the germ plasm type suitable for multiple times in one year and consecutive years for harvest. The distribution pattern of CPT in HI might be correlated with the

收稿日期:2009-06-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30840019);黑龙江省自然科学基金资助项目(C200511, C0233)

作者简介:于景华(1972—),黑龙江省庆安县人,副教授,博士,长期从事植物种质资源及新种质选育、生理生态特性等领域的教学和研究工作,在该领域已发表 20 余篇研究论文,出版学术专著 3 部,获国家级科技奖励 1 项。

Tel: (0451) 82190259 E-mail: jinghuay@gmail.com

*通讯作者 祖元刚 Tel: (0451) 82191517 Fax: (0451) 82102082 E-mail: zygorl@vip.hl.cn

transformation of chemical defense function of CPT in different phases and organs.

Key words: *Camptotheca acuminata* Decne.; strain; camptothecin (CPT); tissues distribution

喜树 *Camptotheca acuminata* Decne. 是蓝果树科多年生亚热带树种。以喜树碱为原料的 CPT-11 等喜树碱衍生物被 FDA 批准上市以来显示出巨大的市场价值。对于喜树碱研究进展已有相关报道^[1], 目前, 人工培植喜树资源是喜树碱原料药的主要来源, 通过品种选育, 选育枝叶采收型喜树新种质、促进 GAP 种植是满足国内外喜树碱产品市场需求的必然途径^[2]。本研究以普通喜树为对照, 检测并分析了枝叶采收型品系——海喜 1 号 *C. acuminata* 'Hisur I' 喜树碱量的组织分布特点及生态适应机制, 可为该品系的 GAP 种植提供重要的参考。

1 材料与方 法

1.1 研究地点: 本研究于浙江省富阳市胥口镇下练村杭州海正药用植物有限公司种植基地 (119° 38.924 E, 30° 00.374 N) 进行, 该研究地点位于喜树自然分布区之内, 属中亚热带季风气候, 年均气温约 16℃, 无霜期 220~240 d, 年均降水量为 1 938.6 mm。降水集中在 4~9 月份, 平均海拔 125.9 m。

1.2 实验材料: 海喜 1 号 *C. acuminata* 'Hisur I' 是田间选育出的品系, 与对照品系普通喜树 (四川种源, *C. acuminata* 'SC') 均为组培苗, 于 2005 年移至研究地点田间栽培, 至 2008 年 7 月开展调查工作, 树龄为 5 年。针对不同品系, 分别随机选取 5 样株, 具体取样部位包括: (1) 叶片: 分别采集木质化枝条和半木质化枝条不同叶龄的叶片, 即从叶芽, 第 1 片叶, 第 2 片叶, 直到第 9 片叶; (2) 枝条: 半木质化枝、木质化枝的表皮、韧皮部、木质部、髓心; (3) 树干: 按株高 3 等分后取样, 即主干上部、中部和下部的表皮或周皮、韧皮部、木质部、髓心; (4) 主根: 周皮、韧皮部和木质部。

1.3 仪器设备与试剂: 主要仪器包括日本 Jasco 高效液相色谱仪 (PU-980 型泵、Jasco UV-975 型紫外检测器、C₁₈ 色谱柱)、赛多利斯分析天平、3K-30 型离心机 (Sigma 公司)、MS1 型漩涡混匀器 (IKA)、KQ-250DB 型超声波发生器 (昆山) 和旋转蒸发仪 (上海申胜)。试剂包括乙腈 (色谱纯, Sigma), 98% 喜树碱对照品购自日本和光纯药工业株式会社 (Wako Pure Chemical Industries, Ltd), 乙醇 (分析纯) 等。

1.4 喜树碱提取及检测方法: 将待测喜树组织在烘箱中于 60℃ 条件下烘干至恒重, 研磨成粉末, 过 60

目筛。准确称取喜树样品, 以 80% 乙醇为提取液, 每 g 样品加入 20 mL 提取液, 超声提取 30 min, 8 000 r/min 离心 10 min, 上清液 12 000 r/min 离心 5 min 后取上清液检测。

使用高效液相色谱法检测喜树碱量, 条件为: 流动相乙腈-水 (3:7), 检测波长 254 nm, 柱温 25℃, 体积流量 1 mL/min, 取样品上清液 10 μL 进样分析。重复 3 次进样。

喜树碱标准曲线的获取参照文献方法^[3]。以 y 为峰面积, x 为喜树碱浓度, 喜树碱标准曲线的线性回归方程为: $y = 24\,435\,609.095\,0x + 32\,501.749\,0$, $R^2 = 0.995\,6$ 。线性范围为 0.4~100 μg/mL。

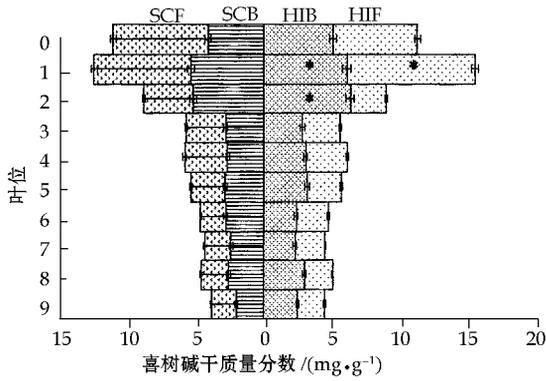
根据方程式, 计算喜树碱干质量分数 (mg/g), 每样品设 5 次重复, 取平均值。

1.5 数据统计分析: 采用 Excel 2007 对数据进行处理和制图, 利用 SPSS15.0 对数据进行统计。

2 结果与分析

2.1 不同叶龄叶片的喜树碱量: 如图 1 所示, 海喜 1 号和普通喜树叶片喜树碱量受到叶龄、枝条木质化程度及品系差异的影响。首先, 喜树碱量随叶龄增加, 在第 3 片叶时即达到相对稳定的水平, 这与前人研究结果一致^[4~7]; 但是, 这种下降趋势受枝条年龄品系的影响, 即相对幼嫩的半木质化枝条, 第 1~2 片幼叶喜树碱量较高, 至第 3 片叶时明显下降, 成熟度更高的木质化枝条叶片喜树碱量在第 2 片幼叶即显著下降; 品系差异主要体现于海喜 1 号半木质化和木质化枝条上第 1 片幼叶, 喜树碱量显著高于普通喜树 ($P < 0.05$), 其喜树碱量分别为普通喜树的 1.16 倍和 1.33 倍。海喜 1 号半木质化枝条上第 2 片幼叶喜树碱量显著 ($P < 0.05$), 高于普通喜树, 其量为普通喜树的 1.24 倍, 其中最高的是海喜 1 号木质化枝条第 1 片幼叶, 喜树碱量达到 9.51 mg/g。

2.2 不同木质化程度枝条喜树碱的组织分布: 枝条各组织部位喜树碱量也因枝条木质化程度和品系有所变化, 总体趋势是木质部喜树碱量最低 (图 2)。海喜 1 号半木质化枝条的喜树碱更倾向于向枝条横切面的外层 (表皮与韧皮层) 分布, 而木质化枝条更倾向于在髓心分布, 普通喜树半木质化枝条则以表皮和髓心量最高。在品系差异方面, 除了木质部差异不大外, 海喜 1 号不同年龄枝条皮层、韧皮部和髓心的喜树碱量均显著高于普通喜树 ($P < 0.05$, $P <$



海喜 1 号(HI)与普通喜树(SC)喜树碱量比较: * $P < 0.05$

* $P < 0.05$ HI vs SC

SCB-普通喜树半木质化枝条叶 HIB-海喜 1 号半木质化枝条叶片
 SCF-普通喜树木质化枝条叶片 HIF-海喜 1 号木质化枝条叶片
 纵坐标的 0~9 依次代表从叶芽起逐步成熟的叶片
 SCB-leaf on semi-lignified branch of SC HIB-leaf on semi-lignified branch of HI
 SCF-leaf on lignified branch of SC HIF-leaf on lignified branch of HI
 numbet 0 - 9 followed by representatives from gradual development of leaves from leat bud

图 1 叶片喜树碱干质量

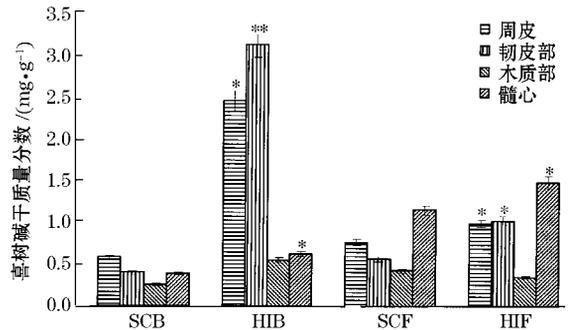
Fig 1 CPT Content in *C. acuminata* leaves

0.01, $P < 0.05$),特别是半木质枝条表皮层喜树碱量为普通喜树的 4.26 倍,韧皮部则为普通喜树的 7.82 倍。同时,外围组织随年龄增长表现出量下降的特点,而髓心喜树碱积累的趋势则相反。

上述结果与前人研究结论并不完全一致。如有研究认为,普通喜树木质化茎(应指枝条)的喜树碱组织分布特征为皮部 > 髓心 > 木质部,本研究表明,田间生长的两个喜树品系与 5 年生幼树木质化枝条均表现出髓心 > 皮层(韧皮,周皮) > 木质部的特点。
 2.3 主干喜树碱的组织分布:主干各组织中喜树碱的量特点与枝条类似,即髓心、木质部、韧皮部随组织成熟喜树碱量增加,周皮则先升后降;在各组织部位中,周皮喜树碱量最低,韧皮部从上至下先低于木质部,后高于木质部,髓心喜树碱量始终保持最高(图 3)。因此,主干不同部位,喜树碱组织分布表现为向心式分布,这与杨磊等^[8]的研究结论有一定差异。

主干不同组织部位喜树分布特点在两个品系间没有明显差异,但海喜 1 号各组织部位喜树碱量均高于普通喜树,其中,下部韧皮部和木质部差异显著($P < 0.05$),其量分别为普通喜树的 2.13 倍和 1.96 倍。

2.4 主根喜树碱的组织分布:喜树到达一定年龄全株采收时,地下器官中仅主根可用于喜树碱提取,为此,本实验仅关注了主根不同组织部位喜树碱量分布的特点。结果表明,不同品系喜树主根不同组织,均以主要提取部位——韧皮部喜树碱量最高,而且



海喜 1 号(HI)与普通喜树(SC)喜树碱量比较:

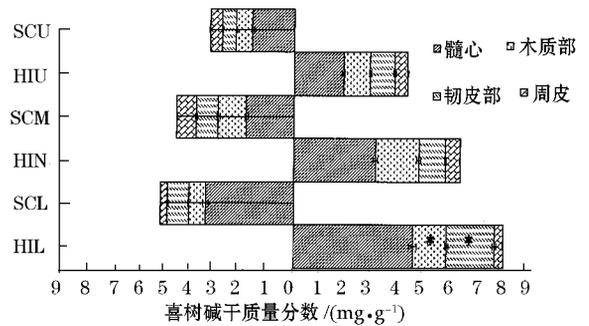
* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ HI vs SC

SCB-普通喜树半木质化枝条 HIB-海喜 1 号半木质化枝条
 SCF-普通喜树木质化枝条 HIF-海喜 1 号木质化枝条
 SCB-semi-lignified branch of SC HIB-semi-lignified branch of HI
 SCF-lignified branch of SC HIF-lignified branch of HI

图 2 不同木质化程度枝条喜树碱量的组织分布

Fig 2 Distribution of CPT content in different tissues of branch with different lignified degrees



海喜 1 号(HI)与普通喜树(SC)喜树碱量比较: * $P < 0.05$

* $P < 0.05$ HI vs SC

SCU-普通喜树主干上部 HIU-海喜 1 号主干上部 SCM-普通喜树主干中部 HIM-海喜 1 号主干中部 SCL-普通喜树主干下部 HIL-海喜 1 号主干下部

SCU-upper part on main stem of SC HIU-upper part on main stem of HI
 SCM-middle part on main stem of SC HIM-middle part on main stem of HI
 SCL-lower part on main stem of SC HIL-lower part on main stem of HI

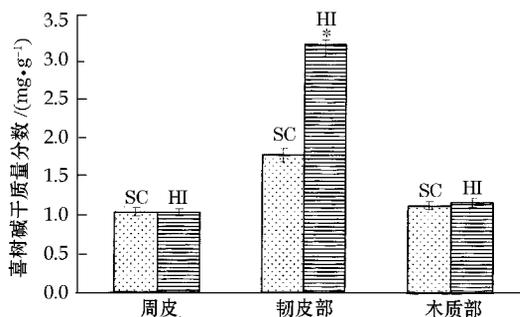
图 3 海喜 1 号和普通喜树主干各组织喜树碱量

Fig 3 CPT Content of tissue in main stem of *C. acuminata* of SC and HI

海喜 1 号韧皮部喜树碱量与普通喜树差异显著($P < 0.05$),其量达到普通喜树的 1.81 倍,周皮和木质部喜树碱的量差异不明显(图 4)。

3 讨论

喜树碱的组织分布特点涉及到喜树的采收利用模式,因而受到较多关注,一般认为喜树碱更倾向于向幼嫩组织积累,但有关研究多以温室内生长的喜树植株为对象,对田间生长植株,特别是不同品系的



海喜 1 号 (HI) 与普通喜树 (SC) 喜树碱量比较: * $P < 0.05$
* $P < 0.05$ HI vs SC

图 4 海喜 1 号和普通喜树主根各组织喜树碱的量
Fig 4 CPT Content of each tissue in main root of *C. acuminata* SC and HI

喜树碱组织分布特点研究较少。

3.1 海喜 1 号喜树碱整株分布特点及其采收利用模式: 喜树碱在不同器官、不同组织中的分布特点是其采收利用方法的主要依据之一, 对于多年采收利用而言, 以枝条、叶片为主要采收对象, 对于最终的一次性收获, 主干、主根及粗壮枝条木质部以内的组织很难利用, 因此, 枝叶、主干、主根皮层、种子及其萌发过程的喜树碱量更受研究者关注^[9]。例如, 张显强等^[10]以田间生长的喜树成株为实验材料的研究表明, 6 月份以前, 喜树根皮的喜树碱量保持很高的水平, 并在 6 月份以后急剧下降, 降幅达 12 倍, 并在 11 月份起回升。但是, 传统工艺以果实(种子)、茎皮和根皮为喜树碱提取原料, 导致野生资源的严重破坏, 其中重要的原因之一是没有获得枝叶喜树碱量较高的喜树栽培品系, 以枝叶为利用对象时后期生产成本偏高。

本研究表明, 在喜树不同器官中, 幼嫩叶片喜树碱量最高, 特别是海喜 1 号这一品系的幼嫩枝叶喜树碱量较普通喜树有明显提高, 且其树冠结构比普通喜树更加紧密, 枝叶产量更高(另文讨论)。另外, 对于主干和主根, 韧皮部及其以外的组织是喜树碱提取的主要原料, 本研究表明, 韧皮部是喜树碱在主根的主要积累部位, 在主干部位也表现出随成熟度增加的趋势, 相应部位海喜 1 号的喜树碱量高于普通喜树。因此, 海喜 1 号非常适合于枝叶一年多次及连年采收利用, 达到一定年龄后轮伐并将茎皮、根皮作为提取原料的利用模式。

3.2 海喜 1 号喜树碱组织分布的生态适应机制及其培植模式: 虽然已有学者针对喜树碱的组织分布特点开展了研究工作, 但由于研究对象的种植方法、生态环境以及采样时间、部位、分析方法等的不同,

研究结果并不完全一致^[7]。例如, 杨磊等^[8]以温室内普通喜树幼株(10 年)为对象开展的研究表明, 木质化茎中喜树碱量是皮部 > 髓心 > 木质部, 喜树主干中喜树碱量为髓心 > 皮部 > 木质部。在薄壁组织、特异细胞的液泡以及叶片、茎的表皮腺毛中均发现了喜树碱晶体的存在, 这表明, 喜树碱的组织分布更倾向于幼嫩器官, 特别是幼嫩器官的表面^[9-11]。

针对田间栽培喜树幼树的研究结论表明, 不同器官的喜树碱量分布模式有所变化, 即幼嫩器官倾向于离心式分布(外围保护组织喜树碱量高于内层组织), 成熟的主干、木质化枝条等器官则倾向于向心式分布(髓心喜树碱量最高), 主根总体上也倾向于离心分布, 由离心式向向心式的转变, 发生在枝条木质化增加的过程中。同时, 这种分布模式受品系影响较小, 表现出良好的物种稳定性。

不同成熟度器官表现出不同的喜树碱组织分布模式, 与喜树碱化学防御功能的重要性有直接关系, 即: 幼嫩器官外周组织(幼枝、幼叶的表皮、表皮毛等)物理防御功能较弱, 以较高量喜树碱等次生代谢产物为主体的化学防御功能在适应光照条件等环境中发挥主要作用, 因此表现为离心式分布; 对于逐渐成熟的地上器官, 如木质化的主干和枝条, 首先是周皮的物理和化学防御功能代替了以表皮为主的化学防御功能, 最后又由韧皮部部分替代了周皮的防御, 因此表现出随年龄增加, 周皮喜树碱量下降而韧皮部喜树碱量上升的现象; 由薄壁细胞组成、发挥营养贮存功能的髓心, 是成熟的枝条、主干等器官各组织中营养最丰富、抵御微生物侵染最脆弱的部分, 喜树碱仍然发挥重要的化学防御功能, 因此表现为向心式分布; 植物根部需要应对较空气基质更恶劣的土壤基质, 但周皮能发挥的物理防御功能有限, 而韧皮部相对丰富的喜树碱能够发挥重要的化学防御功能并与周皮的物理防御作用协同维持根部的正常生长、发育和生理功能。

喜树碱的组织分布特点及其生态适应机制对于 GAP 种植显示出重要的意义, 即对于枝叶采收利用的栽培模式, 可通过去顶等方式维持更高的幼嫩枝叶产量, 并在达到一定株龄后取其韧皮部作为生产原料。

参考文献:

[1] 李连强, 潘夕春, 谈 锋. 喜树碱的生物合成途径及生物技术研究进展[J]. 中草药, 2006, 37(4): 623-626.
[2] Li S, Yi Y, Wang Y, et al. Camptothecin accumulation and variations in *Camptotheca* [J]. *Planta Med*, 2002, 68(11): 1010-1016.
[3] 于景华, 唐中华, 祖元刚. 喜树高温和干旱逆境生态适应的分子机理[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

- [4] 张玉红,王洋,阎秀峰. 喜树种子萌发和幼苗发育过程中喜树碱含量的变化[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(6): 575-577.
- [5] Liu Z, Carpenter S B, Bourgeois W J, et al. Variations in the secondary metabolite camptothecin in relation to tissue age and season in *Camptotheca acuminata* [J]. *Tree Physiol*, 1998, 18(4): 265-270.
- [6] Lopez-Meyer M, Nessler C L, Mc Knight T D. Sites of accumulation of the antitumor alkaloid camptothecin in *Camptotheca acuminata* [J]. *Planta Med*, 1994, 60(6): 558-560.
- [7] Valletta A, Santamaria A R, Pasqua G. CPT accumulation in the fruit and during early phases of plant development in *Camptotheca acuminata* Decaisne (Nyssaceae) [J]. *Nat Prod Res*, 2007, 21(14): 1248-1255.
- [8] 杨磊,李晓娟,赵春建,等. 喜树生物碱在喜树株中的分布[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(5): 1-4.
- [9] Lorence A, Nessler C L. Camptothecin, over four decades of surprising findings [J]. *Phytochemistry*, 2004, 65(20): 2735-2749.
- [10] 张显强,乙引,洪鲲,等. 喜树各器官喜树碱(CPT)含量变化分析[J]. 贵州师范大学学报, 2004, 22(4): 12-14.
- [11] Pasqua G, Monacelli B, Valletta A. Cellular localisation of the anti-cancer drug camptothecin in *Camptotheca acuminata* Decne (Nyssaceae) [J]. *Eur J Histochem*, 2004, 48(3): 321-327.

秦艽细胞悬浮培养研究()

齐香君,陈如意,王薇

(陕西科技大学生命科学与工程学院,陕西 西安 710021)

摘要:目的 建立秦艽细胞悬浮培养体系。方法 通过小细胞团法优选细胞系并考察不同培养基、细胞种龄、初始pH值、培养温度、摇床转速对秦艽悬浮细胞生长及龙胆苦苷积累的影响。结果 适于秦艽细胞悬浮培养条件为:MS培养基为基本培养基,用15 d种龄的细胞接种,初始pH7.25, 110 r/min,摇瓶培养。结论 通过摇瓶培养建立了良好的秦艽细胞悬浮培养体系。不同培养基对细胞生长及龙胆苦苷积累的显著影响提示某些无机离子有重要的调控作用。

关键词:秦艽;龙胆苦苷;悬浮培养;培养条件

中图分类号:R282.1 **文献标识码:**A **文章编号:**0253-2670(2010)03-0472-04

Cell suspension culture of *Gentiana macrophylla* ()

QI Xiang-jun, CHEN Ru-yi, WANG Wei

(College of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi an 710021, China)

Abstract : Objective To establish cell suspension culture system of *Gentiana macrophylla*. **Methods** Good cell line was selected by the methods of small cell aggregate and the effects of different media, inoculation age of cells, initial pH value, culture temperature, and rotation speed on cell growth and gentiopicroside accumulation were investigated. **Results** The eligible cell suspension culture conditions were: MS media as the basic medium, cells with inoculation age of 15 d, initial pH 7, and rotation speed of 110 r/min at 25 °C, culturing in Erlenmeyer flasks. **Conclusion** Optimal cell suspension culture system of *G. macrophylla* has been established by shake flasks. The different effects of media on cell growth and gentiopicroside accumulation indicate that some inorganic ions have significant effects on regulation.

Key words: *Gentiana macrophylla* Pall.; gentiopicroside; suspension culture; culture condition

秦艽是我国重要的传统中药,其主要有效成分龙胆苦苷具有良好的保肝、健胃、利胆、抗炎、抗菌等作用^[1~4],目前已被开发为滴丸及胶丸等新药上市。但野生秦艽由于过度采挖临近濒危状态,栽培品种也因产量有限,远不能满足市场所需^[5]。李向阳等^[6]对青海栽培秦艽中龙胆苦苷的影响因素考察,

从而为科学合理种植秦艽提供重要依据。植物细胞培养生产次生代谢产物具有不受环境限制,生产周期短等优点,用秦艽细胞培养来生产龙胆苦苷可较好地解决药材资源及可持续发展问题。目前秦艽组培研究多限于愈伤组织诱导及植株再生,曹建平^[7]对秦艽毛状根诱导进行了研究,但尚未建立其

收稿日期:2009-06-12

基金项目:西安市科技局项目(YF07118)

作者简介:齐香君(1957—),女,河南博爱人,陕西科技大学生命学院院长,教授,长期从事生物制药及发酵代谢调控方向的教学、科研工作。

Tel: (029) 86168590 Fax: (029) 86168293 E-mail: qixj@sust.edu.cn