

黄芩种质资源及培育技术研究进展

王兰珍 刘勇

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室)

摘要:在黄芩野生资源日益匮乏与人类对黄芩需求量日益增长的今天,黄芩资源的培育倍受重视,人工栽培黄芩已成为人们关注的重要领域。该文对近年来关于黄芩种质资源生物学特性、繁殖方法、田间管理、合理采收及生物技术的应用等几个方面的研究进行了综述。为提升黄芩资源的人工培育水平积累基础资料,进而为提高我国人工栽培黄芩的产量与质量,为推进黄芩培育产业化发展提供技术信息。

关键词:黄芩,种质资源,培育技术

中图分类号:S567.23⁺⁹ 文献标识码:A 文章编号:1000-1522(2007)02-0138-09

WANG Lanzhen; LIU Yong. Advance in germplasm resources and cultural techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi. *Journal of Beijing Forestry University* (2007) 29(2) 138-146 [Ch, 71 ref.]

Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, College of Natural Resources & Environment, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

Scutellaria baicalensis Georgi is a plant species of baical skullcap in the family of Labiate. Its root is one of the most important organs for medicinal materials in China. More attention has been paid on artificial culturing of *S. baicalensis* resources because of the wild resources deficiency and human demand increase ceaselessly. In this paper, the research progress on the germplasm resources and cultural techniques in recent years was reviewed in terms of the biological nature of germplasm resources, propagation methods, management in growth period, harvest methods and biotechnology application in culture. It aims to provide technical information bases for enhancing cultural techniques and developing industrial culture, finally for increasing the quality and quantity of artificially cultured *S. baicalensis*.

Key words *Scutellaria baicalensis* Georgi, germplasm resources, cultural techniques

黄芩(*Scutellaria baicalensis* Georgi)为唇形科黄芩属植物,又名空心草、黄芩茶、山茶根、魁芩、子芩、条芩、枯芩等,以根入药,是我国常用大宗中药材之一,应用历史悠久,历代本草均有记载。具有清热燥湿、泻火解毒、凉血安胎等功效。用于治疗发热烦渴、肺热咳嗽、泻痢热淋、湿热黄疸、胎动不安、痈肿疮毒等症,疗效确切,最近研究还发现黄芩具有抗菌、抗病毒、抗氧化、抗肿瘤、抗癌、调节免疫力和抑制艾滋病毒 HIV-RT 的作用^[1-5]。近年来,临幊上对黄芩药材的需求量大增,有限的野生资源遭受了掠夺式采挖,导致黄芩野生资源破坏严重,野生资源储量锐减,有些地区濒临灭绝的危险。据杨全等^[6]对黄芩资

源现状的调查发现,野生黄芩大部分以散生为主,未见大面积群落,河北承德等黄芩的道地产区也由于近年来的过度采挖,野生资源也正逐步减少,日益匮乏。随着黄芩供需矛盾日益突出,人工栽培研究成为关注的焦点,许多研究者从其种质资源、生物学特性、繁殖技术、田间管理、采收加工、生物技术快速繁殖和生产次生代谢产物等各个方面进行了研究,为实现其产业化培育奠定了基础。然而,虽然现有栽培面积较大,却存在种源混乱,水平较低,使栽培黄芩产量和质量均不理想。本文通过对近年来黄芩种质资源、培育技术、田间管理及生物技术在资源培育的应用等几个方面的研究进行综述,探讨今后的研究

收稿日期:2005-12-21

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室项目(JD100220535)。

第一作者:王兰珍,副研究员,博士生。主要研究方向:森林培育。电话:010-62338234 Email:yjsy@bjfu.edu.cn 地址:100083 北京林业大学53号信箱。

方向,为提升黄芩资源的人工培育水平积累技术信息,这对于弘扬和发展祖国的中医药事业具有重要意义。

1 种质资源的研究

1.1 原种及同属近缘种植物

黄芩属(*Scutellaria*)植物全世界共有300多种,据《中国植物志》中记载,我国黄芩属植物有102种,50个变种,南北方均有分布,也有栽培,《新华本草纲要》中收载其药用种类26种^[7]。黄芩属植物多入药,只有少部分植物不能入药,药效成分不尽一致,疗效也不完全相同,相同的代谢产物在不同的种中含量也存在差异。从本草考证来看,历代用的黄芩至少有4种原植物,而正品为《中国药典》2000年版中收载的 *Scutellaria baicalensis* Georgi^[8]。这是黄芩属植物中黄芩苷含量最高的,其余多为地方习用品、代用品或者是用在其他的治疗上^[9-11]。药用黄芩除来源于黄芩(*S. baicalensis* Georgi)外,在部分地区有其同属近缘植物的根也可作药。主要有滇黄芩(*S. amoena* C. H. Wright)、粘毛黄芩(*S. viscidula* Bunge)、大黄芩(展毛韧黄芩)(*S. tenax* W. W. Smith var. *patentipilosa* (H. M.) C. Y. Wu)、甘肃黄芩(*S. rehderiana* Diels)、丽江黄芩(*S. likiangensis* Diels)、川黄芩(*S. hypericifolia* Lev.) (又叫连翘叶黄芩)、薄叶黄芩(*S. ikonnikovii* Tu)等^[8]。这些品种只在主产区使用,还没得到广泛应用。它们都与黄芩有类似的药效而在地方上作为正品黄芩的代用品,但其药效与黄芩苷的含量都不如正品黄芩。

对于不同种类药用黄芩之间的相互关系,已经有人做了一些比较研究,如苏薇薇等^[12-14]采用聚类分析、主成分分析、数量分析等方法分析了正品黄芩与非正品黄芩间的关系,证明在众多的黄芩属植物中作为地方习用品或代用品的几种药用黄芩与正品黄芩的亲缘关系最近,其中粘毛黄芩、甘肃黄芩、丽江黄芩与正品黄芩的差异最小,且资源丰富,可考虑作为正品代用品使用。马林等人^[15]、宋万志^[16]、齐美玲^[17]通过研究也得出了相同的结论。此外,宋万志^[16]对药用黄芩原植物的系统位置也作了初步探讨,发现可供药用的黄芩都属于黄芩属的黄芩亚属(Sect. *Scutellaria* A. Hamit)的顶生黄芩组(Sect. *Stachymacris* A. Hamit),除大黄芩系宽叶黄芩亚组(Subsect. *Peregrinae* Boiss.)外,其余均属于狭叶黄芩亚组(Subsect. *Angustifolia* Benth),认为本亚组为药用黄芩分布最集中的植物群,因此可以对本亚组其他植物进行研究来扩大药源种质,为寻找新药提供基础。

1.2 生态习性

黄芩属植物适应性较强,除热带非洲分布极少外,世界各地广为分布,在我国几乎每个省区或多或少都有分布,主要分布区是在“三北”地区^[18]。其分布的地理区域为北纬31°30'~50°00'、东经99°50'~129°29'之间,最北界达黑龙江省爱辉县,最南至四川省甘孜县,东起黑龙江省宁安县,西到新疆天山山麓^[19]。传统认为以山西产量最大,河北承德质量最好。黄芩喜温凉、半湿润、半干旱环境,耐寒、耐旱^[20-21],多野生于山坡、林缘、路旁、中高山地或高原草原等向阳和较干旱的山区丘陵薄地。适宜生长的地区年太阳总辐射量以501.6 kJ/cm²为最适宜,年平均气温4~8℃,适宜生长的年降水量在33.2~892.7 mm之间,不耐水涝^[22-24]。黄芩适宜生长在肥沃的沙质土壤或壤土上,分布区多为棕壤、褐土、棕钙土,pH值在5~8之间。张燕等^[24]通过研究不同黄芩分布区土壤的常量和微量元素对野生黄芩叶片营养和根部黄芩苷含量的影响,确定了野生黄芩的需肥特性,表明黄芩对P的主动吸收作用非常明显、对K的吸收能力也相对较强、而对N的主动吸收作用相对较弱;黄芩对微量元素吸收能力相对较强的是Fe和Cu,对Zn和Mn吸收都相对较弱^[24]。

1.3 生物学特性

黄芩为多年生草本植物,株高30~120 cm。主根粗壮,略呈圆锥形,外皮棕褐色,折断面鲜黄色,渐变黄绿色,老根中心腐朽,中空。茎四棱形,基部多分枝,叶对生,具短柄,叶片披针形,全缘,叶面深绿色,叶背淡绿色,有黑色腺点。7~9月开花,总状花序顶生,花序紧密,偏生于花序的一边;苞片叶状;花萼二唇形,蓝紫色,花冠管近基部作直角向上弯曲使花直立。8~10月结果,小坚果近球形,黑褐色,无毛,包围于宿萼中。果皮与种皮较难分离,含种子1粒,种子椭圆形,表面淡棕色,千粒重1.49~2.25 g。黄芩种子虽小但发芽率较高,一般在80%左右,而且寿命较长。据测定,室温贮藏3年的种子,发芽率仍可达70%左右。种子发芽的温度范围较宽,但以20℃左右为最适宜,高于或低于20℃,发芽率均相应降低;不同温度下黄芩的发芽时间不同、不同产地的种子的发芽率、生活力、千粒重、生物学性状及质量之间均存在差异^[25-29]。陈君等^[26]对收集的不同种源黄芩在北京地区同样条件下栽培,发现不同种源黄芩种内生长发育特性存在差异,因此应根据不同产地黄芩种质上的差异来选育出适宜不同生境的优质高产品种。这些研究都为黄芩的良种选育及规范化种植提供了依据。

1.4 遗传多样性研究

2002年冯学锋等^[30]用随机扩增的DNA多态性

分析(RAPD)方法,对13个居群62个黄芩和并头黄芩(*S. scordifolia*)样本,进行了遗传多样性及黄芩居群遗传变异测定,结果表明黄芩样本RAPD聚类分析(UPGMA)没有表现出明显的分支,但显示出与地理位置有关3个类群,黄芩居群间的遗传变异占总变异的18.83%,居群内变异占81.17%,首次在分子水平上证明黄芩道地性与遗传变异和地理环境有关系。2005年邵爱娟等^[31]又对34个黄芩不同种源进行了RAPD分析,表明:不同种源黄芩间具有丰富的遗传多样性,34个黄芩种源可明显聚为A、B、C、D等4大类,山东蒙阴3、山东蒙阴2、山东平邑种源间的遗传距离(0.315)较近,可考虑在黄芩系统选育中作为单一品种育种,黄芩种源间的遗传背景较为复杂,在遗传学上的分析结果与其外观形态大体上相似,但是与地理分布却没有一定的相关性,所以,在黄芩良种选育过程中必须加强优良种子的选育和管理。

2 繁殖方法的研究

黄芩的更新繁殖既可由种子进行有性繁殖,又能利用地下根和茎等营养器官进行无性繁殖。由于在黄芩的人工驯化栽培中以有性繁殖为主,所以关于黄芩有性繁殖特性的研究报道较多。除此之外,国内外学者还就生物技术在黄芩资源培育方面进行了大量研究。

2.1 种子繁殖

2.1.1 直播法

种子繁殖是最常用的育苗繁殖方法,大多采用直播法和育苗移栽法。直播法对播种季节要求不严,春、夏、秋均可,各地方可视当地气候、土壤条件而灵活掌握,但不同播种期对黄芩根部黄芩苷有极显著影响^[32]。直播黄芩多采用开沟条播,应选择2~3年生发育良好植株上的种子,播种温度为15~18℃^[33]。由于黄芩种子小,覆土浅,极易因土壤的失水而导致大量缺苗断垄。因此,如何保证直播法出全苗的关键在于保证种子或土壤的水分。苏淑欣等^[34]通过试验黄芩种子萌发所需要的水分和温度,田间观察叶、茎等的生长发育情况,认为家种黄芩必须足墒播种,并在播种后加覆盖物保墒,才能保证全苗。春播黄芩在土壤水分有保证的情况下,春播不宜太早,以气温达到20℃时播种为宜。

2.1.2 育苗移栽法

在灌溉很困难的旱地或退耕的山坡地上,直播法是难以保苗的,这种条件下多可采用育苗移栽法。李敬忠等^[35]通过试验认为:黄芩生产的育苗移栽法优于直播法,因为育苗移栽法具有节约土地、用种量

少、药材品质好等特点。徐峰等^[36]认为育苗移栽的药材须根多,质量差、产量低,而直播种植的根长且粗壮、质量好、等级高,产量也高。育苗时起垅种植有利于灌水和排水,也利于直根向深处生长,少长须根,同时便于收获。陈万翔等^[37]通过不同栽培方式对黄芩产量及黄芩苷含量影响的研究,结果表明平畦宽行条播剪花枝、窄行条播蹲苗控上的方法与窄行条播对照相比,产量增长极显著。黄芩苷含量也明显提高。王增理等^[38]通过考察黄芩的不同栽培方法对黄芩苷含量及黄芩产量影响的研究,认为不同栽培方法对黄芩中黄芩苷的含量有显著的影响,秋育春栽法分别比春育密植法、地膜春播法和春播法高61.3%、57.4%和58.4%;不同栽培方法对黄芩产量也产生显著影响,以秋育春栽法对黄芩产量最高,分别比地膜春播法、春育密植法和春播法增产了12%、27.8%和37.5%,因此认为秋育春栽法既能提高黄芩产量,又能提高含苷量,是生产优质高产黄芩的较佳方法。但周长征^[39]认为种子直播或育苗移栽都存在种子发芽率低、发芽不齐和成本高等缺点。

2.2 扦插繁殖

扦插繁殖是从优质高产型的黄芩母株上剪取8~10 cm长的茎稍,去掉下半部的叶片,按一定的行株距插于床内,搭荫棚、浇水保湿,插后40 d即可移栽。陈震等^[42]人于1999年采用不同部位的茎段作插条及激素处理,探索了黄芩的扦插繁殖技术,证明用茎梢作插条成活率最高达95%以上,而且生长最快,用茎基部作插条,成活率很低(10%~30%);用激素处理可大幅度提高茎中段插条的成活率,其中IAA(吲哚乙酸)100 μg/mL处理3 h的成活率最高,比对照高35.6%;在北京地区最适宜的扦插期是6月中旬前的营养生长期。用无性繁殖扦插育苗法栽植的黄芩,加强田间管理,不但产量高(6 400 kg/hm²),而且有效成分黄芩苷的含量高达13.4%,远高于有性繁殖或野生样品的含量^[40]。

2.3 分根繁殖

分根繁殖是一种常用的黄芩无性繁殖方法,一般情况下黄芩从播种到收获至少要花2~3年时间,为缩短栽培年限,有的便采用分根繁殖方法,在收获时选用高产优质植株,把根剪下供药用,留下根茎部分作繁殖材料。国外有分根繁殖黄芩属植物的记载,我国裕载勋^[41]进行过分株繁殖方面的研究,认为分株繁殖能缩短生长周期,可大面积推广。蒋传中^[40]也认为以此法无需移栽,缩短生长周期,成活率较高,生长正常,许多黄芩老产区当地有足够的老苗作为分根繁殖材料,因地制宜就地繁殖,对扩大栽培面积是极为有利的。

3 田间种植管理及合理采收的研究

3.1 中耕除草、定苗及摘除花蕾

无论是直播法还是育苗移栽法,黄芩的幼苗生长相对较缓慢,出苗后至封垄前,要松土除草3~4次,结合中耕除草,要对黄芩及时进行间苗、定苗和补苗^[40]。在抽出花序前将花梗剪掉,减少养分消耗,可以促使根系生长,提高产量^[43]。

3.2 科学施肥

土壤是黄芩生活的基质,也是影响植物生长发育的重要生态因子,科学施肥,补充营养元素,就成为提高药材质量的重要措施。苏淑欣等^[44]通过研究黄芩根部黄芩苷含量发现,人工栽培黄芩时,单一施用和复合施用氮、磷、钾化肥,在提高黄芩根部产量的同时,多数情况下还能提高黄芩苷的含量,尤其是施用磷肥,效果更显著。张燕等^[24,45]通过研究不同氮、磷、钾施肥组合对黄芩生长、生物量、产量和生理指标的影响,认为黄芩地上部分各项生长指标基本均为复肥型高于单肥型,复肥型中又以营养平衡型N3P3K1、N2P4K4为理想施肥组合,并初步确定了最佳施肥量是N为1.195 g/盆,P为1.763 g/盆,K为0.784 g/盆;通过比较不同年龄黄芩的氮肥和复合肥的施肥效果,认为合理配比的复合肥比适量氮肥效果显著,相同用量的肥料对1年生播种苗各项指标的影响效果要比二年生移栽苗明显,通过对不同微量元素对黄芩的施肥效果研究,初步筛选出B、Zn两种元素作为黄芩专用微肥的首选微量元素;通过研究不同有机肥料种类对黄芩生长、产量和质量的影响,认为鸡粪对黄芩的生长和产量有很大的促进作用。何福林等^[46]通过对有机肥种类及其施用数量与黄芩根部主要有效成分总黄酮、黄酮甙百分含量之间关系的研究,认为人工栽培黄芩施用鸡粪、人粪、猪粪、骡马粪等有机肥种类及其施用量的不同,对黄芩总黄酮的百分含量没有显著影响,但对黄芩苷百分含量影响显著或极显著。另外,在黄芩栽培管理上,对黄芩病虫害的防治也是十分重要的。

3.3 病虫害防治

黄芩在生育期间病虫害较少。虫害有地老虎和蛴螬等地下害虫,但一般危害不太严重,可视情况及时加以防治。①叶枯病:在高温多雨季节容易发病。开始从叶尖或叶缘发生不规则的黑褐色病斑,逐渐向内延伸,并使叶干枯,严重时扩散成片。防治方法:一是秋后清理田园,除尽带病的枯枝落叶,消灭越冬菌源。二是发病初期喷洒1:120波尔多液,或用50%多菌灵1 000倍液喷雾防治,每隔7~10 d喷药1次,连用2~3次。②根腐病:栽植2年以上者易发此

病,根部呈现黑褐色病斑以致腐烂,全株枯死。防治方法:一是雨季注意排水、除草、中耕,加强苗间通风透光并实行轮作。二是冬季处理病株,消灭越冬病菌。三是发病初期用50%多菌灵可湿性粉剂1 000倍液喷雾,每7~10 d喷药1次,连用2~3次,或用50%拖布津1 000倍液浇灌病株。③黄芩舞蛾:是黄芩的重要害虫,以幼虫在叶背作薄丝巢,虫体在丝巢内取食叶肉。防治方法:一是清园,处理枯枝落叶及残株。二是发病期用90%敌百虫或40%乐果油喷雾防治。④菟丝子病:幼苗期菟丝子缠绕黄芩茎秆,吸取养分,造成早期枯萎。防治方法:一是播前净选种子。二是发现菟丝子随时拔除。三是喷洒生物农药“鲁保1号”灭杀。如发生较重,可在为害初期用100倍胺草磷或地乐胺药液喷雾防治,每公顷用药液750 kg左右^[50-51]。

3.4 合理采收

合理确定采收年龄对于提高黄芩的产量和保证质量是非常重要的,蒋传中^[40]研究认为栽培1年的黄芩虽然可以刨收,但质量较差,通常种植2~3年的才能收获,以3年质量最佳,产量最高,于秋后茎叶枯黄至年末发芽期间均可采收。李滨等^[47]通过测定栽培黄芩不同时期根的折干率和主要有效成分黄芩苷的含量,认为栽培2年生黄芩根的产量在秋季达最高,在8月末果实期黄芩苷的含量最高,因此综合药材产量和质量两方面因素,秋季果期至果后期采收黄芩药材质量最优。唐波等^[48]采用高效液相色谱法对不同栽培年限黄芩中的有效成分黄芩苷进行含量测定,认为3年生黄芩中黄芩苷的含量最高,从黄芩苷的含量来考虑,黄芩栽培以3年为好。而黄芩第4年就会出现部分主根开始心腐,随着年龄的增长这种现象会逐年加重^[40],王秀敏等^[49]的研究也得出同样的结论。

4 生物技术在资源培育中的应用

4.1 组织培养

日本学者最早于1986年将黄芩茎切成5 mm长的节段接种于LS培养基中,得到了淡褐色的愈伤组织^[61]。后来又从黄芩幼苗的叶柄、子叶和根部取材进行培养,获得三者的愈伤组织,用HPLC测定其中黄芩苷含量分别为8.5%、7.1%和0.6%;黄芩素分别为0.3%、1.2%和0.2%。以上含量均以鲜重计,如果60℃低温干燥后再测定,黄芩苷含量下降90%以上,而黄芩素则升高约2倍^[62]。可见组织培养材料的选择和提取加工方法对这2种成分的生产极为关键。黄芩愈伤组织叶原基表皮和腺毛细胞中 β -葡萄糖醛酸酶具有很强的活性,与植物体的抗病机能

和黄酮合成有关^[63]。用反相 HPLC 测定黄芩试管苗根部黄芩素为 7%，汉黄芩素为 1.9%，千层纸黄素 A 为 1.3%，这一结果的意义在于这两种苷元的多种活性都比苷强，可以用这种途径来大量生产黄芩素和汉黄芩素。9 种黄芩的愈伤组织都能产生黄芩苷、汉黄芩素 7-葡萄糖苷、黄芩素、汉黄芩素、黄芩新素-I、黄芩新素-II、白杨黄素、acteoside 等 8 种黄酮类成分，但以含量高低可分为 4 组：爱约黄芩 (*S. iyoensis*) 和范氏黄芩 (*S. ventenatii*) 以黄芩苷、汉黄芩素 7-葡萄糖苷和汉黄芩素为主；侧花黄芩 (*S. lateriflora*) 以黄芩素和汉黄芩素为主；灰毛黄芩 (*S. incana*)，东方黄芩 (*S. orientalis*) 和牛黄芩 (*S. taurica*) 以汉黄芩素 7-葡萄糖苷和汉黄芩素为主；*S. pontica*，并头草 (*S. galericulata*) 和 *S. alpina* 以黄芩苷为主。爱约黄芩中黄芩苷在光照培养和暗培养条件下的含量分别为 4.04% 和 4.06%，没有明显的差异^[64]。该项研究表明黄芩苷等是广泛存在的黄酮化合物，如果中药黄芩有特殊药效的话，一定还有别的类型的活性成分。利用 MS 培养基增殖外植体来高效繁殖黄芩的技术，是另一个扩大资源的途径。

我国学者丁如贤等^[52] 于 1997 年将黄芩带节茎段培养在 MS + 6-BA 1 mg/L + NAA 0.2 mg/L 的培养基上，诱导形成了愈伤组织，然后出现许多绿色小芽。进一步移至 MS 培养基上产生大量的丛生芽，丛生芽培养于 1/2 MS + IBA 0.5 mg/L 培养基上可诱导生根，形成完整植株。后来李永红等^[53] 用黄芩无菌茎段为外植体进行了快速繁殖研究，认为 MS + 6-BA 2.0 mg/L 培养基有利于促进腋芽萌发和生长，并筛选了最有效的芽增殖培养基和生根培养基。高山林等^[54] 在组织培养条件下进行了黄芩愈伤组织的诱导、分化、试管苗复壮和生根等一系列技术优化实验，表明黄芩试管苗的节是诱导愈伤组织的理想外植体，在培养基中适当添加 PP₃₃₃ 能显著改善试管苗的素质，PP₃₃₃ 与激素的配合使用能十分有效地调控黄芩愈伤组织的分化、试管苗的生长与生根，并能显著提高移栽成活率。

4.2 细胞悬浮培养

早在 1995 年通过细胞培养生产黄芩苷的上游技术，已经基本成熟，在黄芩的细胞悬浮培养过程中，维生素 C 的浓度不断增加，到 21 d 达到最高，大约 120 ng/g(干细胞重)，而且证明 L-半乳糖和 L-半乳糖-1,4-内酯是黄芩细胞培养中维生素 C 生物合成的重要前体^[65]。悬浮培养过程中细胞代谢产生大量 H₂O₂，并由于 β-葡萄糖醛酸酶的作用，使得黄芩苷水解成黄芩素，而黄芩素又很快被过氧化物酶氧化，影响黄芩素收率，采用 β-葡萄糖醛酸酶抑制剂糖酸 1,4-内酯来降低 H₂O₂ 的产生^[66]。实际上黄芩素本身就是 β-葡萄糖醛酸酶的抑制剂，可以阻止下一步的分解氧化反应^[67]。因此黄芩细胞悬浮中黄酮葡萄糖苷酶、葡萄糖酸酶和葡萄糖醛酸酶的活性成为调控关键。用酵母激发可使黄芩细胞悬浮培养诱导产生三萜类成分^[68]。我国吴晓玲等^[55-57] 采用不同激素配方，对黄芩细胞悬浮培养过程中的生长动态、干物质积累及次生代谢物总黄酮的生产能力进行了研究，筛选出了适合黄芩细胞生长并且次生代谢产物总黄酮产量较高的培养基配方为：MS + 2, 4-D (0.5 mg/L) + 6-BA (1.0 mg/L)，为黄芩的大规模工厂化生产提供理论依据。

4.3 多倍体诱导

陈柏君等^[59] 应用组织培养技术对黄芩进行了多倍体诱导，发现在培养基中添加一定浓度的秋水仙素，或者把带有绿色芽点的黄芩愈伤组织经 0.2% 秋水仙素溶液浸泡一定时间后再进行培养，均可诱发多倍体产生，而后者效果较好，诱导率可达 40%。认为通过多倍体育种选育黄芩优质品种是一条有效的资源培育途径。高山林等^[60] 用胶束电动毛细管电泳色谱 (MEKC) 法对通过组织培养诱导获得的 20 个黄芩多倍体株系、黄芩不同部位和不同采收期进行了黄芩苷含量的测定，结果表明：绝大部分四倍体株系黄芩苷的含量高于二倍体，且明显高于商品药材；黄芩主根、须根中黄芩苷的含量最高，根皮次之，茎叶中含量最低；黄芩种子成熟后期和冬季黄芩苷含量较高，春季发芽前后黄芩苷的含量就开始下降。此项研究结果说明在组织培养的基础上，采用多倍体育种方法可以有效地提高药用植物的有效成分含量，可望从中选出有效成分含量高的优良品系，为黄芩药材优良品种选育、黄芩苷含量的测定和黄芩质量评价建立了快速可靠和准确的测定方法。

4.4 克隆技术的应用

日本学者用聚合酶链式反应 (PCR) 技术将 T-DNA 直接植入获得黄芩的转基因毛状根，并从中分离到一种新的黄酮苷 5, 7, 2', 6' 四甲氧基黄酮 2'-O-β-葡萄糖苷^[69]。从黄芩克隆体根部分离到黄芩新素 I 和 acteoside 两种已知黄酮和一种新化合物^[70]。

5 展望

黄芩的栽培已有多年历史，许多研究者从种质资源、分布特点、繁殖技术、田间管理、采收加工及生物技术的应用等各个方面进行了研究，为实现其产业化培育奠定了基础。但由于各项研究之间的实验材料、实验方法、实验环境之间的关联性很小，多数

成果都具有很强的地域性,覆盖面比较窄,有些研究成果的推广还有待实践。另外,对于黄芩有效成分形成的生理机制和养分机理之间的关系、产业化培育中的施肥技术体系仍还需深入研究探讨,所以在黄芩的产业化培育中还有很多方面的工作要开展,主要应该考虑以下几个方面:

1)人工种植黄芩是一项系统工程,在人工培育黄芩的过程中从选择优良种质材料和适合的产地环境,选用成熟、优质的种子,掌握合理的播种量、种子的催芽处理、合适的播种时间、播种方式等播种和育苗技术,到定苗、间苗、补苗、灌溉、排水、摘花除蕾、病虫害防治、施肥、采收年限、采收季节、方法等田间管理技术和栽培措施,及药材采收与初加工、包装储运等每一个环节都会影响到药材的质量和产量,所以要生产优质的黄芩药材就要在产业化培育中注意每一个环节的科学培育和系统管理。

2)人工培育的规范化、规模化,要因地制宜发展适栽品种,发展道地药材。在对黄芩种质资源研究的基础上,筛选出适应不同生态环境且有效成分含量高、毒性低的优良品种,加强黄芩药材种植的规范化,推广先进栽培技术,在黄芩的道地产区建立黄芩的人工种植基地,规模化发展,提高黄芩药材的产量与质量。

3)“保护与培育”并重,实现生态效益、经济效益和社会效益协调发展。在黄芩野生资源的主产区,各级政府必须根据国家颁布的《野生药材资源保护管理条例》以及地方各级政府颁布的有关资源保护的各项法律法规,依法加强黄芩野生资源的保护和管理,建立采育结合的制度,大面积推广黄芩的扦插繁殖、分株繁殖等无性繁育技术,使野生资源得到保护和恢复的同时,保存了母本的优良性状、缩短了生长周期,保证了药材的质量和产量,使生态效益、经济效益和社会效益协调发展。另一方面,可以充分依靠科技进步,立体经营,采取林药间作、林草间作等多种经营模式,实现生态效益、经济效益和社会效益的协调发展。

4)加强生物技术在黄芩资源培育中的应用研究。一方面是利用组织培养技术、多倍体诱导技术加快黄芩优良种质的繁殖利用,另一方面开展利用生物反应器直接生产黄芩药用有效成分的研究和技术成果转化。

参 考 文 献

- [1] 弥树勇,崔浩.黄芩的药理作用研究现状[J].伤残医学杂志,2005,13(2):53-55.
- [2] 迟戈夫,丁丽,常丽敏.目前国内黄芩药理研究进展[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2005,20(2):207-209.
- [3] CHI G F, DING L, CHANG L M. The present domestic pharmacological advance on *Scutellaria baicalensis* [J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences)*, 2005, 20(2):207-209.
- [4] 袁伯勇,袁慧.黄芩属植物化学成分研究进展[J].泰山医学院学报,1998,19(3):277-279.
- [5] YUAN B Y, YUAN H. Advances in the research of chemical constituents of *Scutellaria* [J]. *Journal of Taishan Medical College*, 1998, 19(3):277-279.
- [6] 于长江,田福利.中药黄芩药用成分研究现状[J].内蒙古石油化工,2002,27(1):9-10.
- [7] YU C J, TIAN F L. Current research situation of medical constituents of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Inner Mongolian Petrochemical Industry*, 2002, 27(1):9-10.
- [8] 张建春,张华,施瑛,等.黄芩苷的研究近况[J].时珍国医国药,2005,16(3):247-249.
- [9] ZHANG J C, ZHANG H, SHI Y, et al. Current research work on *Scutellaria baicalensis* [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2005, 16(3):247-249.
- [10] 杨全,白音,陈千良,等.黄芩资源现状及可持续利用的研究[J].时珍国医国药,2006,17(7):1 159-1 160.
- [11] YANG Q, BAI Y, CHEN Q L, et al. The investigation current situation utilization of *Scutellaria baicalensis*'s resources [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2006, 17(7): 1 159-1 160.
- [12] 陈柏君,高山林,余国奠.黄芩及其同属药用植物研究进展[J].中国野生植物资源,1999,18(3):20-24.
- [13] CHEN B J, GAO S L, YU G D. The research progress of *Scutellaria* on the resources [J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 1999, 18(3):20-24.
- [14] 李欣,黄璐琦,邵爱娟,等.黄芩种质资源的研究概况[J].世界科学技术——中医药现代化,2003,5(6):54-58.
- [15] LI X, HUANG L Q, SHAO A J, et al. A survey of studies on gemplasm resources of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *World Science Technology—Modernization of Traditional Chinese Medicine*, 2003, 5(6):54-58.
- [16] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会.中国植物志:65卷第2分册[M].北京:科学出版社,1977:136-249.
- [17] Editorial Committee of *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* of Chinese Academy of Sciences. *Flora reipublicae popularis sinicae*, Vol. 65, No. 2[M]. Beijing: Science Press, 1977: 136-249.
- [18] 周守标,郭新弧.黄芩属(唇形科)一新种[J].植物研究,2001,21(4):504-505.
- [19] ZHOU S B, GUO X H. A new species of *Scutellaria* (labiateae) [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2001, 21(4):504-505.
- [20] 张重岭.黄芩——新变型[J].内蒙古林学院学报,1999,21(1):26-28.
- [21] ZHANG C L. A new form of *Scutellaria baicalensis* Georgi from Neimenggu [J]. *Journal of Inner Mongolia Forestry College*, 1999, 21(1):26-28.
- [22] 苏薇薇.聚类分析法在黄芩鉴别分类中的应用[J].中国中药杂志,1996,16(10):579-582.

- SU W W. Clustering analysis for discrimination of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1996, 16(10): 579-582.
- [13] 苏薇薇. 主成分分析法评价中药材黄芩的质量[J]. 现代应用药学研究, 1990, 7(4): 9-11.
- SU W W. Assessment of the quality of *Scutellaria baicalensis* Georgi by principal component analysis [J]. *Study of Modern Applied Pharmacy*, 1990, 7(4): 9-11.
- [14] 苏薇薇. 数量分类方法用于中药材黄芩的鉴定[J]. 现代应用药学研究, 1992, 9(3): 109-112.
- SU W W. Numerical taxonomic method for appraisal of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Study of Modern Applied Pharmacy*, 1992, 9(3): 109-112.
- [15] 马林, 宋万志, 吴丰. 中药黄芩类的品质评价及资源利用[J]. 天然产物研究与开发, 1993, 5(4): 9-12.
- MA L, SONG W Z, WU F. Assessment of the quality and application of *Scutellaria* [J]. *Natural Product Research and Development*, 1993, 5(4): 9-12.
- [16] 宋万志. 药用黄芩的资源研究[J]. 药学学报, 1981, 16(2): 139-144.
- SONG W Z. A study on the resource of the Chinese drug huang-qin [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 1981, 16(2): 139-144.
- [17] 齐美玲. 黄芩品种及代用品的模糊聚类分析[J]. 沈阳医学院学报, 1990, 9(2): 127-129.
- QI M L. Analysis of fuzzy cluster of *Scutellaria* cultivars and their substitutes[J]. *Journal of Shenyang Medical College*, 1990, 9(2): 127-129.
- [18] 郑汉臣, 蔡少青. 药用植物学与生药学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003, 289-291.
- ZHENG H C, CAI S Q. *Pharmaceutical botany and pharmacognosy* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003, 289-291.
- [19] 中国药材公司. 中国中药规划[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995, 68.
- China Pharmacy Company. *China herbal planning* [M]. Beijing: Science and Technology Press, 1995, 68.
- [20] 童公田. 黄芩的高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 1996(3): 9.
- TONG G T. Fertile culture techniques of *Scutellaria baicalensis* [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 1996(3): 9.
- [21] 陆善且, 黄辉. 野生中草药栽培技术[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2000.
- LU S D, HUANG H. *Cultivating techniques of wild herbal* [M]. Shanghai: Shanghai Science Distribution Press, 2000.
- [22] 董关水. 人工栽培黄芩的气象条件研究[J]. 内蒙古气象, 1996(5): 23-26.
- DONG G S. Study of climate conditions of artificial *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Meteorology Journal of Inner Mongolia*, 1996(5): 23-26.
- [23] 赵永华. 中草药栽培与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001, 141-159.
- ZHAO Y H. *Cultivation and ecological environment protection of herbal* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001, 141-159.
- [24] 张燕. 黄芩营养特性及施肥效应的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2003.
- ZHANG Y. *Studies on the nutrition characteristic and fertilization domino effect in *Scutellaria baicalensis* Georgi* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2003.
- [25] 洪志强, 高明, 宋春波, 等. 黄芩的人工栽培及质量研究述评(一)[J]. 中医药学刊, 2006, 24(4): 630-633.
- HONG Z Q, GAO M, SONG C B, et al. Assessment on the cultivation and quality evaluation of *Scutellaria baicalensis* Georgi (I) [J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2006, 24(4): 630-633.
- [26] 陈君, 杨世林, 程惠珍. 不同种源黄芩生长发育特性初步观察[J]. 中药材, 2002, 25(11): 777-778.
- CHEN J, YANG S L, CHENG H Z. Preliminary study on the growth and development of *Scutellaria baicalensis* Georgi of different provenances[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2002, 25(11): 777-778.
- [27] 于晶, 陈君, 肖新月, 等. 不同来源黄芩产量及质量性状的比较研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(7): 491-494.
- YU J, CHEN J, XIAO X Y, et al. Study on yield and quality of *Scutellaria baicalensis* from different habitats[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2005, 30(7): 491-494.
- [28] 陈君, 杨世林, 丁万隆, 等. 不同来源黄芩种子的质量比较[J]. 中药材, 2002, 25(9): 617-619.
- CHEN J, YANG S L, DING W L, et al. Quality evaluation of seed of *Scutellaria baicalensis* from different habitats [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2002, 25(9): 617-619.
- [29] 于晶, 陈君, 朱兴华, 等. 不同产地黄芩种子质量及物候期研究[J]. 中药研究与信息, 2004, 6(10): 17-19.
- YU J, CHEN J, ZHU X H, et al. Study on seed quality and phenophase of *Scutellaria baicalensis* Georgi in different areas [J]. *Research & Information of Traditional Chinese Medicine*, 2004, 6(10): 17-19.
- [30] 冯学锋, 胡世林, 郭宝林, 等. 黄芩种群遗传多样性初步研究[J]. 世界科学技术——中药现代化, 2002, 4(4): 38-43.
- FENG X F, HU S L, GUO B L, et al. A preliminary study on genetic diversity of populations of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *World Science and Technology — Modernization of Traditional Chinese Medicine*, 2002, 4(4): 38-43.
- [31] 邵爱娟, 李欣, 黄璐琦, 等. 不同种源黄芩的 RAPD 分析[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(6): 452-455.
- SHAO A J, LI X, HUANG L Q, et al. RAPD analysis of *Scutellaria baicalensis* from different germplasms [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2006, 31(6): 452-455.
- [32] 何福林, 李世, 陈万祥, 等. 播种期对黄芩根部黄芩苷含量影响研究报告[J]. 承德民族职业技术学院学报, 2002, 7(2): 60-61.
- HE F L, LI S, CHEN W X, et al. A research report of effects on the seeding time upon the Mount of Baicalin [J]. *Journal of Chengde Vocational and Technical College for Nationalities*, 2002, 7(2): 60-61.
- [33] 刘维仁. 黄芩人工栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2003(10): 51-52.
- LIU W R. The artificial cultivation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2003(10): 51-52.

- [34] 苏淑欣,李世,尚文艳,等.黄芩生长发育规律的研究[J].中国中药杂志,2003,28(11):1 018-1 021.
- SU S X, LI S, SHANG W Y, et al. Studies on laws of growth and development of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2003, 28(11): 1 018-1 021.
- [35] 李敬忠,赵书元,刘忠,等.黄芩的栽培技术要点试验[J].内蒙古畜牧科学,1998(2):30-31.
- LI J Z, ZHAO S Y, LIU Z, et al. Essentials of cultivating techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Inner Mongolian Journal of Animal Sciences and Production*, 1998(2): 30-31.
- [36] 徐峰,闫龙民,车勇.黄芩的高产栽培技术[J].时珍国医国药,2000(5):464-465.
- XU F, YAN L M, CHE Y. The high-yielding cultivating techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Lishizhen Medicine and Medica Research*, 2000(5): 464-465.
- [37] 陈万翔,李世,何福林,等.不同栽培方式对黄芩产量及黄芩苷含量的影响[J].承德民族职业技术学院学报,2003(2):79-80.
- CHEN W X, LI S, HE F L, et al. The effect of different cultivating methods upon total flavone and baicalin of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Journal of Chengde Vocational and Technical College for Nationalities*, 2003(2): 79-80.
- [38] 王增理,杨守军,王增淑.黄芩栽培方法与质量的研究[J].中药材,1996,19(6):271-273.
- WANG Z L, YANG S J, WANG Z S. The research on planting method and quality of *Scutellaria baicalensis* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1996, 19(6): 271-273.
- [39] 周长征,李建秀.黄芩研究概况[J].山东中医药大学学报,1994,18(3):198-200.
- ZHOU C Z, LI J X. The survey of research on *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Journal of Shandong University of Traditional Chinese Medicine*, 1994, 18(3): 198-200.
- [40] 蒋传中.黄芩的无公害栽培技术[J].中药研究与信息,2002,4(7):56-59.
- JIANG C Z. The free-pollutant cultivating techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Research and Information of Traditional Chinese Medicine*, 2002, 4(7): 56-59.
- [41] 裕载勋.黄芩分株繁殖的探讨[J].中药通报,1986,11(12):12-13.
- YU Z X. A discuss on sucker division propagation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Chinese Drugs Bulletin*, 1986, 11(12): 12-13.
- [42] 陈震,张丽萍,高微微.黄芩扦插繁殖的初步研究[J].中国中药杂志,1999,24(7):400-402.
- CHEN Z, ZHANG L P, GAO W W. Preliminary study on the cutting propagation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1999, 24(7): 400-402.
- [43] 杨晓明.黄芩栽培技术[J].四川农业科技,2002(6):25.
- YANG X M. The cultivating techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2002(6): 25.
- [44] 苏淑欣,李世,黄荣利,等.施肥对黄芩根部黄芩苷含量的影响[J].中国中药杂志,1996,21(6):343.
- SU S X, LI S, HUANG R L, et al. The effect of fertilizer upon baicalin of the rootage of skullcap [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 1996, 21(6): 343.
- [45] 张燕,刘勇,王继承,等.药用植物专用肥研究现状与展望[J].中国中药杂志,2004,29(8):719-722.
- ZHANG Y, LIU Y, WANG J Y, et al. Present situation and prospects of special fertilizer for traditional Chinese medicine herbs [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2004, 29(8): 719-722.
- [46] 何福林,李世,陈万翔,等.有机肥对黄芩总黄酮和黄芩苷含量影响研究报告[J].承德民族职业技术学院学报,2002(4):58-61.
- HE F L, LI S, CHEN W X, et al. A research report on the effect of organic fertilizer upon total flavone and baicalin of skullcap [J]. *Journal of Chengde Vocational and Technical College for Nationalities*, 2002(4): 58-61.
- [47] 李滨,都晓伟,孙慧峰,等.黄芩栽培质量的动态研究[J].中医药学报,1999(1):45.
- LI B, DU X W, SUN H F, et al. Study on dynamic cultivating quality of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Acta Chinese Medicine and Pharmacology*, 1999(1): 45.
- [48] 唐波,王康才.HPLC 法测定不同栽培年限黄芩中黄芩苷含量的变化[J].中药研究与信息,2000,2(7):15-16.
- TANG B, WANG K C. Baicalin content change of different years' *Scutellaria baicalensis* Georgi measured by HPLC [J]. *Research and Information of Traditional Chinese Medicine*, 2000, 2(7): 15-16.
- [49] 王秀敏,邓英杰,钟海军,等.河北怀柔栽培黄芩最佳采收期研究[J].中药材,2005,28(1):5-7.
- WANG X M, DENG Y J, ZHONG H J, et al. Study on optimal collecting periods of cultivating *Scutellaria baicalensis* Georgi in Huairou of Hebei, China [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2005, 28(1): 5-7.
- [50] 杨晓明.南方黄芩人工栽培技术[J].农技服务,2003(2):15-16.
- YANG X M. Cultivation techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi in southward [J]. *Agriculture Technical Service*, 2003(2): 15-16.
- [51] 门果桃,张汉达,吴晓华,等.黄芩的栽培技术[J].内蒙古农业科技,1997(5):32.
- MEN G T, ZHANG H D, WU X H, et al. Study on cultivation techniques of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Agriculture Science and Technology in Inner Mongolia*, 1997(5): 32.
- [52] 丁如贤,张汉明,付翔.黄芩茎段直接诱导丛生芽[J].中草药,1998,29(3):194-195.
- DING R X, ZHANG H M, FU X. Study on stem segment induced many buds formation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1998, 29(3): 194-195.
- [53] 李永红,赖秋雅,范淑君,等.黄芩的组织培养与快速繁殖研究[J].深圳职业技术学院学报,2003(2):16-18.
- LI Y H, LAI Q Y, FAN S J, et al. Tissue cultivation and rapid propagation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Journal of Shenzhen Polytechnic*, 2003(2): 16-18.
- [54] 高山林,陈柏君.黄芩组织培养快速繁殖技术的优化[J].中草药,2004,35(3):312-315.

- GAO S L, CHEN B J. Optimization of tissue cultivation and rapid propagation of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2004, 35(3): 312-315.
- [55] 吴晓玲, 胡海英, 王俊, 等. 黄芩愈伤组织诱导条件的优化 [J]. 宁夏农林科技, 2005(1): 8-10.
- WU X L, HU H Y, WANG J, et al. Optimizing conditions for callus induction of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2005(1): 8-10.
- [56] 吴晓玲, 胡海英, 邓光存, 等. 黄芩愈伤组织诱导条件的研究 [J]. 生物技术, 2005, 15(2): 77-79.
- WU X L, HU H Y, DENG G C, et al. Study on condition of induced callus tissue in *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Biological Technique*, 2005, 15(2): 77-79.
- [57] 吴晓玲, 邓光存, 姜晓慧. 黄芩细胞生长特性及次生代谢产物生产性能的研究 [J]. 西北植物学报, 2005, 25(3): 557-561.
- WU X L, DENG G C, JIANG X H. Growth characteristics and productivity of secondary metabolites in *Scutellaria baicalensis* cell [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalis Sinica*, 2005, 25(3): 557-561.
- [58] 任振兴, 王梦亮, 刘滇生. 黄芩愈伤组织的诱导培养及其黄芩苷的含量测定 [J]. 山西大学学报(自然科学版), 2006, 29(1): 82-85.
- REN Z X, WANG M L, LIU D S. Study on callus culture and content test of baicalin in *Scutellaria baicalensis* George [J]. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 2006, 29(1): 82-85.
- [59] 陈柏君, 高山林, 卞云云. 黄芩组织培养同源四倍体的诱导 [J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(1): 9-11.
- CHEN B J, GAO S L, BIAN Y Y. The inducing of autotetraploid of *Scutellaria baicalensis* Georgi by tissue culture [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2000, 9(1): 9-11.
- [60] 高山林, 刘峻, 谢小群. 高效毛细管电泳法测定黄芩多倍体株系中黄芩苷的含量 [J]. 药物生物技术, 2002, 9(6): 349-352.
- GAO S L, LIU J, XIE X Q. The determination of baicalin content in polyploid lines of *Scutellaria baicalensis* by MEKC Method [J]. *Pharmaceutical Biotechnology*, 2002, 9(6): 349-352.
- [61] HISAKA Y, NOBUYASU C, KUME W, et al. Effect of carbon sources on the growth and flavonoid formation of *Scutellaria baicalensis* stem callus cultures [J]. *J Pharmacog*, 1986, 40(1): 19-21.
- [62] HIROTANI M, NAGASHIM S, YOSHIKAWA T. Baicalin and baicalin production of cultured *Scutellaria baicalensis* cells [J]. *Nat Med*, 1998, 52(5): 440-443.
- [63] MATSUDA T, HATANO K, HARIOKA T, et al. Histochemical investigation of β -glucuronidase culture cells and regenerated plants of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Plant Cell Rep*, 2000, 19(4): 390-394.
- [64] NISHIKAWA K, FURUKAWA H, FUJIOKA T, et al. Phenolics in tissue cultures of *Scutellaria* [J]. *Nat Med*, 1999, 53(4): 209-212.
- [65] AHN Y O, KWON S Y, LEE H S, et al. Biosynthesis and metabolism of vitamin C in suspension cultures of *Scutellaria baicalensis* [J]. *J Biochem Mol Biol*, 1999, 32(5): 451-452.
- [66] SATOSHI M, NORIFUMI T, TOMOKO M. Novel hydrogen peroxide metabolism in suspension cells of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *J Biol Chem*, 1998, 273(20): 12 606-12 608.
- [67] NISHIOKA T. NITES-Baicalein, an α -Glucosidase inhibitor for *Scutellaria baicalensis* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(11): 1 413-1 415.
- [68] YOON H J. Induced accumulation of triterpenoids in *Scutellaria baicalensis* suspension cultures use yeast elicitor [J]. *Biotechnol Lett*, 2000, 22(13): 1 071-1 075.
- [69] ZHOU Y. Flavonoids and phenylethanoids from hairy root cultures of *Scutellaria baicalensis* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(1): 83-87.
- [70] NISHIKAWA K, FURUKAWA H. Flavone production in transformed root cultures *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52(5): 885-890.
- [71] HIROTANI M. Cloning and expression of UDP- β -glucose: Flavonoid 7-O-glucosyltransferase from hairy root cultures *Scutellaria baicalensis* [J]. *Planta*, 2000, 210(6): 1 006-1 013.

(责任编辑 赵 勃)