

不同生育期黄芩各部位活性成分动态变化

张琳^{1,2}, 刘伟², 王晓², 段文娟², 周洁², 刘峰², 张钦德^{3*}

- (1. 山东中医药大学药学院, 济南 250355;
2. 山东省科学院中药过程控制研究中心/山东省分析测试中心, 济南 250014;
3. 山东中医药高等专科学校, 山东烟台 264199)

[摘要] **目的:** 研究不同生育期山东产黄芩各部位活性成分含量的变化。**方法:** 采用 HPLC 测定山东莱芜和平阴两地 2 年生黄芩不同生育期地上和地下部分活性成分的含量。**结果:** 两地黄芩地上部位的野黄芩苷含量最高, 分别为 15.46, 11.83 mg·g⁻¹。地下部分, 莱芜黄芩所含黄芩苷和汉黄芩苷在整个生育期呈下降趋势, 最高含量在展叶期, 分别为 173.60, 34.31 mg·g⁻¹, 平阴黄芩所含黄芩苷和汉黄芩苷则出现 2 个最高含量, 分别为 176.40, 212.94 mg·g⁻¹ 和 28.93, 34.21 mg·g⁻¹。两地黄芩的黄芩素和汉黄芩素含量分别有 2 个高峰期, 莱芜黄芩所含黄芩素在始花期和采收期达到高峰, 分别为 8.05, 9.49 mg·g⁻¹; 汉黄芩素含量分别在始花期和采收期达到高峰, 分别为 1.94, 3.75 mg·g⁻¹。平阴黄芩所含黄芩素和汉黄芩素在展叶期和成熟期达到高峰, 分别是 12.80, 8.27 mg·g⁻¹ 和 2.70, 1.48 mg·g⁻¹。**结论:** 野黄芩苷以地上部位较高, 而黄芩苷则以地下部位为高; 地下部的黄芩苷和汉黄芩苷含量(从展叶期到采收期)基本呈“M”型变化趋势, 黄芩素和汉黄芩素基本呈倒“N”型变化趋势。

[关键词] 黄芩; 生育期; 不同部位; 活性成分; 含量

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)19-0127-05

[doi] 10.11653/syjf2013190127

Dynamic Changes of Active Constituents in Different Growth Stage of *Scutellaria baicalensis*

ZHANG Lin^{1,2}, LIU Wei², WANG Xiao², DUAN Wen-juan², ZHOU Jie², LIU Feng², ZHANG Qin-de^{3*}

- (1. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Ji'nan 250355, China;
2. Process Control Research Center of TCM, SDAS/Shandong Analysis and Test Center, Ji'nan 250014, China;
3. Shangdong College of Traditional Chinese Medicine, Yantai 264199, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the changes of active composition in different parts and growth stages of *Scutellaria baicalensis* in Shandong Province. **Method:** HPLC technology was employed to detect the content of active composition in two-years old plant samples which collected from Laiwu and Pingyin in five different growth stages. **Result:** The content of scutellarin got to the highest value of 15.46, 11.83 mg·g⁻¹ in the part of aboveground in the beginning of flowering stage and leaf-expansion stage, respectively. The content of baicalin and wogonoside in the root which collected from Laiwu decreased in the whole growth stage, the content was 173.60, 34.31 mg·g⁻¹ respectively, while the content in the samples collected from Pingyin was 176.40, 212.94 mg·g⁻¹ in flower stage and 28.93, 34.21 mg·g⁻¹ in mature stage respectively. The content of baicalein in the sample of Laiwu was 8.05, 9.49 mg·g⁻¹ in the beginning of flowering stage and maturity stage respectively. The content of wogonin was 1.94, 3.75 mg·g⁻¹ in the beginning of flowering stage and withering stage respectively, while the content was 12.80, 8.27 mg·g⁻¹ and 2.70, 1.48 mg·g⁻¹ in leaf-expansion and withering stage in the samples collected from Pingyin. **Conclusion:** The content of scutellarin in aboveground is higher than that in underground

[收稿日期] 20130306(016)

[第一作者] 张琳, 在读硕士, 从事中药资源与活性成分研究, Tel: 18866868655, E-mail: zhanglin_0637@yahoo.cn

[通讯作者] * 张钦德, 教授, 从事中药资源与质量控制研究, Tel: 13723959990, E-mail: zhangqinde0929@163.com

which opposite to the content of baicalin; the content of baicalin and wogonoside from leaf-expansion to withering stage shows a trend of M style, while the content of baicalein and wogonin shows a trend of N style.

[Key words] *Scutellaria baicalensis*; growth stage; different parts; active composition; content

黄芩为唇形科植物黄芩的干燥根,具有清热燥湿、泻火解毒、止血、安胎的功效^[1],为我国常用的大宗药材。现代研究表明,黄芩主要含有黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、野黄芩苷等黄酮类成分^[2-3],其中黄芩苷具有抗菌、抗病毒、抗氧化等作用,黄芩素具有抗氧化、抗癌、调节血管收缩舒张等作用,汉黄芩素具有调节免疫等作用^[4],而野黄芩苷具有扩张血管,减少血小板计数和抑制血小板凝集等作用,且野黄芩苷主要分布于地上部分^[5]。黄芩的药用部位为地下根,地上部分多被抛弃,本研究利用高效液相色谱法对山东莱芜和平阴两个主产区不同生育期的黄芩进行活性成分含量测定,为黄芩药材的规范化栽培和综合利用提供科学依据。

1 材料

1.1 样品的采集和制备 黄芩样品分别采集于山东莱芜苗山镇莱芜紫光生态园中药材规范化种植基地和平阴禾宝中药材规范化种植基地,五点法采集,每点 3 株,每次 15 株。从 2011 年 6 月开始,依次在展叶期(2011-06-23)、始花期(2011-07-25)、盛花期(2011-08-23)、果实成熟期(2011-09-29)和采收期(2011-10-24)进行采样。样品经山东中医药大学李佳副教授鉴定为黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi。

鲜品采回后室温阴干至恒重,粉碎,装入封口袋中密封冷藏备用。

1.2 仪器与试剂 AE 240 型分析天平(METTLER 公司),SB-5200D 型超声仪(宁波新芝生物科技股份有限公司),Agilent 1200 型高效液相色谱仪(Agilent DAD 检测器,Agilent Chemstation 工作站,美国安捷伦公司)。

野黄芩苷、黄芩苷(由本实验室纯化制备,纯度 $\geq 98\%$),黄芩素、汉黄芩素、汉黄芩苷(批号 MUST-12020902, MUST-11040501, MUST-11052312)购自成都曼斯特生物科技有限公司,无水乙醇为分析纯(天津市广成化学试剂有限公司),甲酸、甲酸铵分别为色谱纯和分析纯(天津市科密欧化学试剂有限公司),乙腈为色谱纯(美国 TEDIA 公司)。

2 方法与结果

2.1 方法

2.1.1 色谱条件 Hypersil ODS 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),流动相 0.2% 甲酸和 10 mmol·L⁻¹

甲酸铵作为水相,乙腈作为有机相进行梯度洗脱^[6-9],梯度洗脱时间程序见表 1,检测波长 275 nm,流速 1.0 mL·min⁻¹,柱温 30 $^{\circ}\text{C}$,进样量 2 μL 。

表 1 梯度洗脱程序

t/min	流动相		%
	A(0.2% 甲酸 10 mmol·L ⁻¹ 甲酸铵)	B(乙腈)	
0	85	15	
5	85	15	
10	80	20	
15	77	23	
17	75	25	
30	70	30	
35	60	40	
40	55	45	
43	0	100	
55	0	100	

2.1.2 对照品溶液的制备 精密称取野黄芩苷 1.3 mg,黄芩苷 14.9 mg,汉黄芩苷 1.6 mg,黄芩素 1.5 mg,汉黄芩素 1.6 mg,加乙醇溶解,并分别定容于 5,10,25,5,25 mL 量瓶中,然后分别取 1,2,5.5,1,0.5 mL 定容于 10 mL 量瓶中,配成野黄芩苷为 0.036 g·L⁻¹,黄芩苷为 0.298 g·L⁻¹,汉黄芩苷为 0.035 2 g·L⁻¹,黄芩素为 0.03 g·L⁻¹,汉黄芩素为 0.002 6 g·L⁻¹ 的混合对照品溶液。

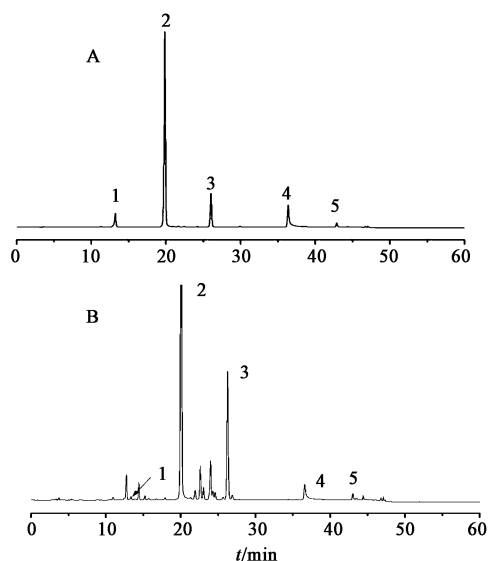
2.1.3 供试品溶液的制备 按照文献^[11]的方法,取黄芩粉末约 0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,加体积分数 70% 乙醇 20 mL,称定质量,超声提取 1 h,放冷,称重,以体积分数 70% 乙醇补重,滤过,续滤液过 0.45 μm 微孔滤膜,取续滤液作为供试品溶液。

2.2 结果

2.2.1 线性关系考察 取上述供试品溶液,分别进样 3,5,10,15,20 μL ,按实验方法测定峰面积。以对照品进样量为横坐标(X),峰面积积分为纵坐标(Y),绘制标准曲线,得 5 种标准样品的回归方程,见表 2。结果表明各成分在相应进样量范围内与各自峰面积积分成良好线性关系。对照品溶液的色谱图见图 1(A)。

表2 黄芩活性成分标准曲线

名称	标准曲线	R^2	线性范围 / μg
野黄芩苷	$Y=2\ 532.5X+6.122\ 7$	0.998 6	0~0.2
黄芩苷	$Y=3\ 265.6X+130.41$	0.999 3	0~5
汉黄芩苷	$Y=5\ 052.9X+5.214\ 2$	0.999 9	0~0.6
黄芩素	$Y=6\ 060.4X-175.1$	0.993 4	0~0.7
汉黄芩素	$Y=8\ 107.7X-4.981\ 7$	0.999 3	0~0.06



A. 对照品溶液; B. 样品溶液; 1. 野黄芩苷;
2. 黄芩苷; 3. 汉黄芩苷; 4. 黄芩素; 5. 汉黄芩素

图1 黄芩高效液相色谱

2.2.2 精密度试验 取混合对照品,连续进样5次,测定野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素5种成分的峰面积,平均峰面积分别为967.100 0, 14 177.82, 2 469.534, 2 709.230,

319.293 0。RSD 分别为 2.6%, 1.0%, 1.0%, 2.7%, 5.1%。

2.2.3 稳定性考察 取同一批黄芩样品5份,按**2.1.1**中色谱条件进行测定,测定时间分别为0, 2, 4, 6, 8 h,结果野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素5种成分峰面积平均值分别为97.653 48, 14 936.70, 363 9.289, 919.019 2, 287.147 2。RSD 分别为 3.8%, 0.3%, 0.2%, 1.6%, 3.4%,表明样品溶液在8 h内稳定。

2.2.4 重复性试验 取黄芩粉末约0.5 g,共5份,精密称定,按**2.1.3**项下方法制样,分别进样20 μL ,按**2.1.1**中色谱条件进行测定,结果野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素5种成分含量的平均值分别为1.861 675, 228.627 2, 36.994 77, 8.958 244, 1.659 63 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, RSD 分别为 4.3%, 4.2%, 4.8%, 3.9%, 5.8%。

2.2.5 样品测定 精确称取2个产地不同部位、不同生育期的黄芩样品各0.5 g,按**2.1.3**制备供试品,进样量2 μL ,测定野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素的峰面积,分别按干燥品计算含量,见表3,4。

表3是莱芩不同生育期各部位黄芩活性成分的含量。表明地上部位的野黄芩苷含量明显高于其他4种成分,而地下部位的野黄芩苷含量明显低于其他4种成分。地上部位的野黄芩苷在始花期含量达到最高,且与其他4个生育期存在显著性差异。地下部位的黄芩苷含量明显高于汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素,在展叶期时含量最高,与始花期差异不大,但与其他3个生育期存在显著性差异,之后逐渐降

表3 莱芩不同生育期黄芩各部位活性成分含量测定($\bar{x}\pm s$) $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

部位	生育期	成分含量				
		野黄芩苷	黄芩苷	汉黄芩苷	黄芩素	汉黄芩素
地上	展叶期	12.1 \pm 1.61Bb	5.04 \pm 0.98	0.12 \pm 0.03Cd	-	-
	始花期	15.46 \pm 0.69Aa	-	0.17 \pm 0.01BCcd	-	-
	盛花期	10.77 \pm 0.05Bb	1.34 \pm 0.06	0.24 \pm 0.01Bb	-	-
	成熟期	3.96 \pm 0.16Cc	-	0.19 \pm 0.05BCbc	-	-
	采收期	2.12 \pm 0.07Cc	2.10 \pm 0.11	0.41 \pm 0.01Aa	0.65 \pm 0.05	0.29 \pm 0.01
地下	展叶期	0.54 \pm 0.002Cc	173.60 \pm 14.18Aa	34.31 \pm 3.31Aa	7.53 \pm 0.27Ab	1.64 \pm 0.02Bbc
	始花期	3.03 \pm 0.05Aa	156.30 \pm 1.65Aab	26.03 \pm 0.57ABb	8.05 \pm 0.61Aab	1.94 \pm 0.05Bb
	盛花期	0.99 \pm 0.06Bb	140.85 \pm 15.56Ab	24.76 \pm 2.41Bb	4.72 \pm 0.28Bc	0.78 \pm 0.07Cd
	成熟期	0.46 \pm 0.07Cc	141.63 \pm 15.60Ab	22.10 \pm 1.99BCb	9.49 \pm 0.82Aa	1.42 \pm 0.19BCc
	采收期	0.48 \pm 0.02Cc	84.13 \pm 4.79Bc	15.61 \pm 0.85Cc	8.52 \pm 1.04Aab	3.75 \pm 0.37Aa

注:采用最小差异显著法进行多重比较分析,其中A,B,C表示1%极显著差异;a,b,c表示5%显著性差异(表4同)。

低,在果实成熟期略有上升。地下部位的汉黄芩苷在展叶期含量最大,之后逐渐降低,且始花期与其他 4 个生育期存在显著性差异。黄芩素含量基本呈降低-升高-降低-升高的趋势,且在其果实成熟期含量达到最高,除与展叶期和盛花期存在显著性差异,与其他生育期差异不大。汉黄芩素含量在采收期达到最大且与其他 4 个时期存在显著性差异,基本呈倒“N”型趋势。

表 4 是平阴不同生育期各部位黄芩活性成分的含量。结果表明野黄芩苷与莱菔黄芩一样主要存在于地上部位,其他 4 种成分含量很低,主要集中在

地下部位。地上部位的野黄芩苷在展叶期含量最大且与其他 4 个时期有显著性差异。地下部位的黄芩苷和汉黄芩苷呈升高-降低-升高-降低的趋势,基本呈“M”变化趋势,都在果实成熟期达到最大值,且与其他 4 个时期存在显著性差异。黄芩素与汉黄芩素在展叶期时含量最大,之后逐渐降低,在果实成熟期略有升高,在采收期降低。但是黄芩素的展叶期与始花期、果实成熟期含量没有显著性差异,而汉黄芩素的展叶期则与其他几个生育期存在显著差异,两种成分基本呈倒“N”型趋势。

表 4 平阴不同生育期黄芩各部位活性成分含量测定 ($\bar{x} \pm s$)

mg · g⁻¹

部位	生育期	成分含量				
		野黄芩苷	黄芩苷	汉黄芩苷	黄芩素	汉黄芩素
地上	展叶期	11.83 ± 1.32Aa	-	0.16 ± 0.01Dd	-	-
	始花期	8.43 ± 0.04Bb	1.34 ± 0.28Cc	0.19 ± 0.06Dd	-	-
	盛花期	5.81 ± 0.17Cc	0.60 ± 0.004Cd	1.63 ± 0.00Aa	2.85 ± 0.00Aa	-
	成熟期	4.22 ± 0.14Cd	7.95 ± 0.20Aa	1.28 ± 0.00Bb	0.44 ± 0.00Bb	0.06 ± 0.00
	采收期	5.60 ± 0.09Ccd	3.65 ± 0.22Bb	0.68 ± 0.08Cc	0.37 ± 0.00Cc	0.04 ± 0.00
地下	展叶期	1.13 ± 0.18Ab	158.04 ± 23.42ABcb	27.87 ± 4.39ABb	12.80 ± 1.32Aa	2.70 ± 0.02Aa
	始花期	1.59 ± 0.05Aa	176.40 ± 14.16ABb	28.93 ± 1.56ABab	10.53 ± 2.10Aab	1.83 ± 0.22Bb
	盛花期	1.24 ± 0.12Aab	117.55 ± 10.84Cc	21.07 ± 1.76Bc	4.72 ± 0.60Ab	1.06 ± 0.02Cd
	成熟期	1.29 ± 0.08Aab	212.94 ± 4.14Aa	34.21 ± 0.69Aa	8.27 ± 0.42Aab	1.48 ± 0.02BCc
	采收期	1.25 ± 0.19Aab	141.20 ± 8.05BCbc	24.12 ± 1.45Bbc	6.90 ± 0.96Ab	1.55 ± 0.10Bc

2.2.6 回归分析 表 5 为黄芩发育时间与其内部活性成分含量的回归分析,以时间为自变量,活性成分含量为因变量,分别利用 SAS 多项式回归程序进行模拟分析。结果表明,相同活性成分在不同区域的积累模式存在很大的差别,例如平阴野黄芩苷含量与发育时间之间的关系均不能用一次、二次和三次方程模拟,而莱菔产黄芩中野黄芩苷均可用一次、二次和三次方程模拟。除莱菔黄芩中的黄芩素和汉黄芩素不能用一次方程模拟外,其余几个成分均可用一次方程模拟。

3 讨论

3.1 高效液相色谱条件的优选 分别考察了 0.1% 甲酸水-乙腈体系和 0.2% 甲酸水-乙腈体系,但此条件下分离度和峰型较差,经过多次条件优化,最终采用 0.2% 甲酸和 10 mmol · L⁻¹ 甲酸铵作为水相,乙腈作为有机相进行梯度洗脱分离黄芩的 5 种成分,指纹图谱响应峰最多,且样品各峰分离良好。

3.2 不同部位活性成分的比较 总结黄芩不同部位活性成分含量的研究,一般都集中在对黄芩苷含

量的比较,发现地下部含量高于地上部,而茎叶中的含量无明显差别^[12-13],因此本实验将地上部位的茎叶合并提取,与地下部位进行对比,并增加对其他活性成分的分析。通过对莱菔和平阴两地黄芩中各成分的比较,发现同一产地不同部位的活性成分含量差异明显,这可能与黄芩各部位生长的微环境有关,地上部位的野黄芩苷含量最高,其他 4 种成分含量极低;除野黄芩苷外的 4 种成分主要集中在地下部位,且黄芩苷的含量在地下部位最高,符合黄芩以根入药的传统^[14],为更科学全面的评价黄芩的质量提供了依据,并且可以根据用药需求选择不同用药部位。

3.3 不同生育期活性成分的比较 李化等^[11] 研究结果发现,黄芩苷类成分的含量在不同生育期基本呈“M”趋势,黄芩素、汉黄芩素的含量基本呈“W”趋势,本实验表明生育期对黄芩各成分的影响作用不一致,回归分析结果表明,野黄芩苷、黄芩苷、汉黄芩苷一般在展叶期和始花期达到最大值,基本呈“M”变化趋势,与李化的研究基本相似,但黄芩素和

表5 黄芩发育时间与其内部活性成分含量的回归分析

产地	活性成分	回归方程	R ²
平阴	野黄芩苷	$Y = -0.01X + 1.32$	0.001 8
		$Y = -0.04X^2 + 0.25X + 1.02$	0.154 9
		$Y = 0.06X^3 - 0.59X^2 + 1.70X - 0.01$	0.237 3
黄芩苷	黄芩苷	$Y = 0.29X + 160.37$	0.973 7 **
		$Y = -1.85X^2 + 11.41X + 147.39$	0.970 3 **
		$Y = -7.49X^3 + 65.59X^2 - 165.45X + 273.29$	0.788 1
汉黄芩苷	汉黄芩苷	$Y = -0.22X + 27.91$	0.856 6 **
		$Y = -0.09X^2 + 0.33X + 27.26$	0.981 3 **
		$Y = -1.19X^3 + 10.63X^2 - 27.79X + 47.28$	0.185 9
黄芩素	黄芩素	$Y = -1.41X + 12.87$	0.457 5 *
		$Y = -0.02X^2 + 2.93X + 58.92$	0.662 8 *
		$Y = 0.000 5X^3 - 0.01X^2 + 6.03X + 48.26$	0.667 3
汉黄芩素	汉黄芩素	$Y = -0.27X + 2.52$	0.465 7 *
		$Y = -0.02X^2 + 2.26X + 44.45$	0.902 1 **
		$Y = 0.000 5X^3 - 0.10X^2 + 5.37X + 33.76$	0.915 5 **
莱芜	野黄芩苷	$Y = -0.27X + 1.91$	0.772 9 **
		$Y = -0.24X^2 + 1.19X + 0.20$	0.857 7 **
		$Y = 0.42X^3 - 4.05X^2 + 11.18X - 6.91$	0.987 8 **
黄芩苷	黄芩苷	$Y = -19.36X + 197.39$	0.769 3 **
		$Y = -4.58X^2 + 8.14X + 165.31$	0.829 6 **
		$Y = -5.01X^3 + 40.50X^2 - 110.08X + 249.46$	0.903 7 **
汉黄芩苷	汉黄芩苷	$Y = -4.13X + 36.96$	0.879 0 **
		$Y = 0.16X^2 - 5.07X + 38.06$	0.880 8 **
		$Y = -0.90X^3 + 8.29X^2 - 26.39X + 53.23$	0.941 3 **
黄芩素	黄芩素	$Y = 0.34X + 6.64$	0.083 3
		$Y = 0.37X^2 - 1.85X + 9.20$	0.216 7
		$Y = -0.16X^3 + 1.77X^2 - 5.54X + 11.82$	0.241 7
汉黄芩素	汉黄芩素	$Y = 0.37X + 0.79$	0.270 7
		$Y = 0.42X^2 - 2.15X + 3.73$	0.755 6 **
		$Y = 0.26X^3 - 1.94X^2 + 4.03X - 0.67$	0.950 2 **

汉黄芩素则变化不一致,基本呈倒“N”型趋势,且在展叶期最高。不同生育期内活性成分含量不同,这可能与黄芩各生育期的生理功能有关。研究不同生育活性成分的动态变化,可以根据成分需求在不同生育期对黄芩加强监管,以期获得更高含量。国家药典以黄芩苷的含量作为评定黄芩质量的标准,原药材含黄芩苷不得少于9.0%,对于不同生育期的黄芩苷在展叶期和始花期达到最大,但是最佳采收期却不是展叶期和始花期,因此采收期是要综合评定各成分含量比例,在宏观评定比例后确定其最佳采收期。

3.4 不同产地活性成分含量的比较 黄芩以山西产量较大,河北承德质量较好,不同产地、环境条件均可对黄芩的质量产生很大的影响^[15-16],本研究结果表明,黄芩中活性成分的含量受到栽培区域的影响,即便是在距离相近的范围内,也因为土壤、气候、栽培模式等因子的影响而发生较大的起伏,因此无法通过单一的活性指标来评价大范围栽培区域的黄芩质量。目前,黄芩栽培面积逐渐扩大,从而导致市场上的黄芩来源日益复杂,为满足临床药效需求,各医疗机构也要在治疗不同病症时,以不同产地黄芩

的综合质量指标为标准,选用不同的用药剂量。

3.5 药材综合利用 黄芩传统药用部位为地下根,对地上部的研究较少,本研究结果表明其地上部位的野黄芩苷含量较高,具有很大的药用价值,可以进一步开发利用,研究对扩大药源具有一定指导意义。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部 [S]. 北京:中国医药科技出版社, 2010:282.
- [2] 李凤,魏胜利,王文全. 黄芩药材主、侧根中黄酮类成分含量的比较及其相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(13):1703.
- [3] 李守拙,李沈明,范书铎. 黄芩茎叶中野黄芩苷含量测定[J]. 中草药, 2000, 31(12):910.
- [4] 胡世林,冯学锋. 黄芩研究的某些新进展[J]. 中国药学杂志, 2001, 36(11):728.
- [5] 万丽丽,郭澄. 野黄芩苷药动学研究进展[J]. 中国药房, 2007, 18(30):2385.
- [6] 李晓明,罗毓健,袁媛,等. 高效液相色谱法测定黄芩愈伤组织中黄芩苷、黄芩素含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2009, 15(8):1.
- [7] 赵丽华,黄昆. 黄芩中黄芩苷的提取工艺及高效液相色谱分析条件的优化[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(6):54.
- [8] 靳维荣,石俊英,孙强. HPLC 梯度洗脱法测定山东产黄芩中3种有效成分含量[J]. 山东中医药大学学报, 2007, 31(2):152.
- [9] 聂鑫,罗佳波,吕本强,等. 高效液相色谱法定量分析黄芩粗品中4种黄酮类成分[J]. 中国医院药学杂志, 2007, 27(2):191.
- [10] 赵胜男,李守拙. 不同采收期黄芩中黄酮类成分含量比例的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(21):86.
- [11] 李化,黄璐琦,蒋金成,等. 黄芩不同生长发育期的指纹图谱研究[J]. 中国药学杂志, 2008, 43(15):1140.
- [12] 何春年,彭勇,肖伟,等. 黄芩地上部分与根部的化学成分比较研究[J]. 中国现代中药, 2011, 13(12):32.
- [13] 宋兴良,冯尚彩,廖冬丽. 不同部位黄芩中黄芩苷含量的测定及其 HPLC 指纹图谱的建立[J]. 临沂师范学院学报, 2007, 29(6):44.
- [14] 龙月红,邢朝斌,劳风云,等. 高效液相色谱测定不同生境黄芩中的黄芩苷[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(6):97.
- [15] 陈宜鸿,胡螺华. 人工栽培黄芩的产地及生长期影响[J]. 中草药, 2006, 37(4):614.
- [16] 腾辉. 黄芩野生变家种的栽培技术[J]. 中国中药杂志, 1990, 15(8):19.

[责任编辑 顾雪竹]