

## 黄芩不同种源对其药材品质的影响

王丹阳, 李璐含, 王 祥, 安 佳, 张 岗, 高 静, 颜永刚\*, 王昌利\*

陕西中医药大学药学院 陕西省秦岭中草药应用开发工程技术研究中心, 陕西 咸阳 712046

**摘要:** **目的** 筛选出适合陕西渭北汉源地区生长的黄芩优良种质。**方法** 将收集河北、山西、山东、陕西、安徽、甘肃、河南、内蒙古 8 个省份 38 批样品种质种植于淳化县种植基地, 通过外观指数、药典常规项、含量测定 3 方面指标观测, 综合评价药材品质, 进一步筛选出适合陕西渭北汉源地区生长的黄芩优良种质。**结果** 不同省份产的黄芩样品外观分布有显著性差异; 样品均符合《中国药典》2020 年版的规定, 其中河北产黄芩种源样品醇溶性浸出物水平最高, 含水量最低, 总灰分符合要求; 山西与河北产黄芩总成分含量最高。**结论** 综合评价得河北产黄芩种质种植后所得药材品质更为优良。

**关键词:** 黄芩; 种质; 药材品质; 外观指数; 含量测定

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253 - 2670(2021)07 - 2091 - 08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.07.026

## Effects of different provenances of *Scutellaria baicalensis* on quality of its medicinal materials

WANG Dan-yang, LI Lu-han, WANG Xiang, AN Jia, ZHANG Gang, GAO Jing, YAN Yong-gang, WANG Chang-li

Shaanxi Qinling Mountains Chinese Herbal Medicine Applied Development Engineering Technology Research Center, School of Pharmacy, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China

**Abstract: Objective** To screen the excellent germplasm of *Scutellaria baicalensis* suitable for growth in Hanyuan area of Weibei, Shaanxi Province. **Methods** A total of 38 batches of sample germplasm from Hebei Province, Shanxi Province, Gansu Province, Shaanxi Province, Anhui Province, Gansu Province, Henan Province and Inner Mongolia were collected and planted in the planting base of Chunhua County. By observing the appearance index, routine items of Pharmacopoeia and content determination, the quality of medicinal materials was comprehensively evaluated, and the excellent germplasm of *S. baicalensis* suitable for growth in Weibei Hanyuan area of Shaanxi Province was further screened. **Results** There were significant differences in the appearance distribution of *S. baicalensis* samples in different provinces, and the samples were in line with the provisions of 2020 Chinese Pharmacopoeia, in which the alcohol-soluble extract level of *S. baicalensis* provenance samples in Hebei Province was the highest, the water content was the lowest, and the total ash content met the requirements. The content of total components in Shanxi Province and Hebei Province were the highest. **Conclusion** Comprehensive evaluation showed that the quality of medicinal materials obtained from germplasm planting in Hebei Province was better.

**Key words:** *Scutellaria baicalensis* Georgi; germplasm; quality of medicinal materials; appearance index; content determination

黄芩药材为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的干燥根<sup>[1]</sup>, 主要具有清热燥湿、泻火解毒、止血、安胎的功效, 临床多见于治疗高热、病毒性感染、呼吸道类等疾病的成药组方中, 应用较为广泛<sup>[2-4]</sup>。现代研究表明<sup>[5-11]</sup>, 黄芩药材含

有的黄酮类成分, 具有良好的抗氧化、抗炎、镇痛、抗血小板聚集和抗肿瘤作用。黄芩野生资源分布广泛, 遍布全国, 但随着其应用领域的不断扩大和深入, 市场需求量呈现出逐年递增的趋势, 人工种植和栽培的黄芩药材已成为临床供应的主要来源。

收稿日期: 2020-08-09

基金项目: 陕西省科技厅项目 (2016KTTSSF01-01-01); 陕西中医药大学“秦药”品质评价与资源开发学科创新团队项目 (2019-QN01)

作者简介: 王丹阳 (1996—), 女, 2019 级硕士研究生。E-mail: 18804313056@163.com

\*通信作者: 颜永刚 (1978—), 男, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事中药品种、品种与资源开发及中药物质基础和质量标准研究。

E-mail: yunfeng828@163.com

王昌利, 男, E-mail: wcl3433@163.com

黄芩为著名“秦药”之一，在陕西省多地均有种植，且栽培面积逐年增大。渭北旱塬地区所产的黄芩药材品质较优也已逐渐成为专家学者的共识<sup>[12]</sup>，这不仅得益于其独特的地理条件、丰富优良的种质资源也是重要原因之一。虽然黄芩种植历史也较长，但优良的种质资源相对匮乏，这使得该地区所产黄芩药材质量参差不齐。此现状不利于该地区黄芩种植产业的发展，也在一定程度上也影响了陕西渭北旱塬地区黄芩规范化种植进程的推进。本研究基于课题组前期的研究基础<sup>[13-14]</sup>，收集陕西、安徽、甘肃、河北、山西、内蒙古、河南、山东 8 个省份共 38 个批次的黄芩药材成熟种子，于陕西省淳化县车坞镇南胡同村黄芩种植基地规范化种植后，对所得的三年生黄芩药材样品进行各项指标观测，考察不同省份间黄芩样品外观指数和内在品质的差异性，深入探讨种源对黄芩药材质量的影响，进一步筛选适合陕西渭北旱塬地区种植的黄芩优良种质。

## 1 仪器与试剂

### 1.1 仪器

DHG-9030 型电热鼓风干燥箱（上海一恒科学仪器有限公司）、BS2202S 型万分之一电子分析天平（德国 Sartorius 公司）、BP211D 型十万分之一电子分析天平（德国 Sartorius 公司）、BJ-800A 型拜杰

超高速多功能粉碎机（上海天祺盛世科技有限公司）、40 目尼龙检验筛（浙江上虞瑞志仪器）、KQ-500DE 型数控超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）、Waters2998 PDA Detector 极管阵列检测仪（美国 Waters 公司）、Waters SunFireTMC18 色谱柱（美国 Waters 公司）、Waters2695 高效液相色谱仪（美国 Waters 公司）、Ultra C18 120A 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）（美国 Waters 公司）。

### 1.2 试剂

对照品黄芩苷（批号 110715-201806）、汉黄芩苷（批号 10183-201805）、千层纸素 A（批号 110796-201815）、野黄芩素（批号 10153-201711）、黄芩素（批号 10217-201711）、汉黄芩素（批号 10184-201702）、白杨素（批号 10150-201508）、野黄芩苷（批号 10513-201610）、芹菜素（批号 10143-201607）均购于天津贝塔生物科技有限公司，质量分数均大于 98%；甲醇、乙腈（美国 Fisher 公司）；其他试剂均为分析纯。

黄芩种子由课题组人员采集于陕西、安徽、甘肃、河北、山西、内蒙古、河南、山东 8 个省份共 38 个批次，并经由陕西中医药大学王继涛高级实验员鉴定为唇形科植物黄芩 *S. baicalensis* Georgi 的干燥成熟种子，信息见表 1。

表 1 种子来源信息

Table 1 Seed source information

样品编号	产地	采收年份	样品编号	产地	采收年份
S1	陕西商洛商州区	2015	S20	甘肃陇南康县	2015
S2	陕西商洛凤县	2015	S21	甘肃天水甘谷县	2015
S3	陕西商洛丹凤县	2015	S22	甘肃天水甘谷县	2015
S4	陕西渭南淳化县	2015	S23	甘肃庆阳合水县	2015
S5	山东莱芜莱城区	2015	S24	甘肃庆阳合水县	2015
S6	安徽亳州谯城区	2015	S25	甘肃白银会宁县	2015
S7	河南安阳汤阴县	2015	S26	甘肃省白银市会宁县	2015
S8	河南商丘梁园区	2015	S27	甘肃武威民勤县	2015
S9	甘肃陇南文县	2015	S28	甘肃武威民勤县	2015
S10	甘肃陇南文县	2015	S29	内蒙古包头市	2015
S11	甘肃陇南西和县	2015	S30	内蒙古呼和浩特市	2015
S12	甘肃陇南西和县	2015	S31	山西运城绛县	2015
S13	甘肃天水清水县	2015	S32	山西运城夏县	2015
S14	甘肃天水清水县	2015	S33	山西运城万荣县	2015
S15	甘肃庆阳华池县	2015	S34	山西朔州应县	2015
S16	甘肃庆阳华池县	2015	S35	河北省承德市承德县	2015
S17	甘肃武威古浪县	2015	S36	河北承德市滦平县	2015
S18	甘肃武威古浪县	2015	S37	河北沧州盐山县	2015
S19	甘肃陇南康县	2015	S38	河北廊坊永清县	2015

## 2 方法

### 2.1 种植及其生长年限的确定

2016年7月上旬于陕西省淳化县黄芩种植基地,利用2015年采集的黄芩种子以直播的方式进行试验田布置。试验依照黄芩种子不同来源设置种植试验小区(每个小区为4 m×6 m=24 m<sup>2</sup>, n=3),其余处理均相同,按照同一水平进行统一管理。

市售黄芩饮片大多为2~3年生药材炮制而成,结合种植现状及经济因素,本研究涉及黄芩样品均为三年生,从播种之日起到第三年适宜季节采样。

### 2.2 外观指数测定

药材品相是反映植株生长状况的重要指标,于2019年10月随机取样,各试验小区采挖黄芩样品15株,除杂,净制。并对其根长、根粗、根中部直径、地上分支数、鲜重等指标并记录,旨在初步探讨其品质优劣。

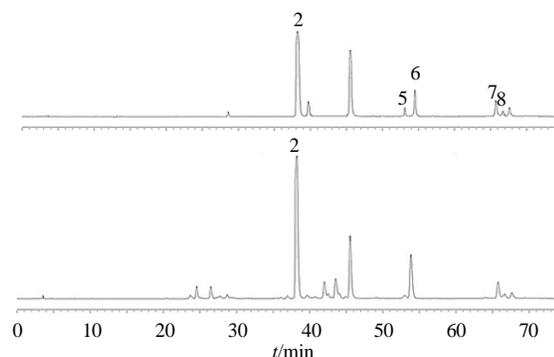
### 2.3 药典常规检测项

按照《中国药典》通则的规定,对各个处理因素下黄芩样品进行了水分、总灰分和醇溶性浸出物含量测定<sup>[1]</sup>,判断各批次黄芩样品是否符合国家药典标准。

### 2.4 定量测定

**2.4.1 色谱条件** 基于课题组前期建立方法<sup>[14-15]</sup>,本研究采用二元洗脱方式, Ultrasil C<sub>18</sub> 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm) 色谱柱; 流动相为乙腈(A)-0.1%甲酸水溶液(B), 梯度洗脱: 0~10 min, 10%~15% A; 10~20 min, 15%~20% A; 20~30 min, 20%~25% A; 30~60 min, 25%~45% A; 60~70 min, 45%~60% A; 70~75 min, 60%~10% A; 检测波长 274 nm; 柱温 30 °C; 体积流量 1.0 mL/min; 进样量 10 μL。色谱图见图 1。

**2.4.2 供试品溶液的制备** 黄芩样品品粉末 0.500 g, 置 100 mL 具塞三角瓶中, 加 70%乙醇 20 mL,



1-野黄芩苷 2-黄芩苷 3-野黄芩素 4-汉黄芩苷 5-芹菜素 6-黄芩素 7-汉黄芩素 8-白杨素 9-千层纸素 A  
1-scutellarin 2-baicalein 3-scutellarin 4-wogonin 5-apigenin 6-baicalein 7-wogonin 8-chrysin 9-oroxylin A

图 1 黄芩药材对照品 (A) 和黄芩样品 (B) 色谱图  
Fig. 1 Diagram of *S. baicalensis* (A) and sample (B)

超声处理(功率 500 W, 频率 80 kHz) 30 min, 放至室温, 滤过, 收集滤液, 滤渣再加入 70%乙醇 20 mL, 同等条件下超声 30 min, 滤过, 合并 2 次滤液于 50 mL 量瓶中, 加 70%乙醇至刻度, 摇匀, 滤过, 取滤液过 0.45 μm 微孔滤膜, 作为供试品溶液, 平行制备 3 份, 4 °C 保存备用。

**2.4.3 对照品溶液的制备** 黄芩 9 种对照品适量, 加入色谱甲醇溶解, 得质量浓度为 1 mg/mL 的 9 种对照品储备液。再用甲醇分别稀释, 得野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、白杨素、千层纸素 A 质量浓度分别 77.38、733.34、12.376、287.92、9.94、182.08、44.81、9.15、52.04 μg/mL 的混合对照品溶液。

**2.4.4 线性关系考察** 吸取“2.4.3”项下 9 种混合对照品溶液, 分别进样 2、4、6、8、10、12 μL, 测定峰面积, 以质量浓度为横坐标(X), 峰面积为纵坐标(Y), 所得线性方程见表 2。野黄芩苷、黄

表 2 黄芩 9 种化学成分线性关系

Table 2 Linear relationship of nine chemical components

活性成分	线性方程	R <sup>2</sup>	线性范围/μg
野黄芩苷	Y=1 981 111.47 X-17 784.38	1.000 0	0.15~1.55
黄芩苷	Y=2 847 815.79 X-495 786.42	0.999 5	1.47~14.47
野黄芩素	Y=3 699 461.18 X-24 135.16	0.999 7	0.02~0.25
汉黄芩苷	Y=3 454 151.88 X-55 906.18	0.999 8	0.58~5.76
芹菜素	Y=1 434 923.71 X-5 059.82	0.998 0	0.02~1.99
黄芩素	Y=6 869 837.01 X-270 508.69	1.000 0	0.36~3.64
汉黄芩素	Y=7 021 765.55 X-42 622.02	0.999 9	0.09~0.90
白杨素	Y=6 453 562.18 X-13 061.15	0.999 7	0.02~0.18
千层纸素 A	Y=5 701 907.46 X-48 747.56	0.999 9	0.10~1.04

芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、白杨素、千层纸素 A9 种成分线性回归的  $R^2$  均大于 0.999, 线性关系良好。

**2.4.5 精密度试验** 精确吸取混合对照品溶液 10  $\mu\text{L}$ , 连续进样 6 次, 记录野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、白杨素、千层纸素 A、芹菜素峰面积积分值, 计算 RSD 分别为 1.18%、0.90%、21.63%、0.67%、0.73%、0.83%、0.99%、1.46%、0.87%, 表明仪器精密度良好。

**2.4.6 稳定性试验** 精确吸取样品的供试品溶液, 按“2.4.1”项下的色谱条件分别于制备后的 0、2、4、8、12、16、24 h 进样 10  $\mu\text{L}$  测定, 记录野黄芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、黄芩素、黄芩苷、汉黄芩素、白杨素、千层纸素 A、芹菜素峰面积积分值, 计算 RSD 分别为 1.06%、1.22%、0.77%、1.37%、1.56%、1.85%、1.78%、1.30%、0.98%。表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

**2.4.7 重复性试验** 取黄芩药材粉末适量, 精密称定, 按“2.4.2”项下方法平行制备供试品溶液 6 份, 分别进样, 计算所得芩苷、黄芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A、白杨素、芹菜素平均质量分数的 RSD。最终结果分别为 2.01%、1.78%、1.23%、1.35%、1.66%、1.15%、1.17%、1.01%、1.72%, 表明该方法重复性良好。

**2.4.8 加样回收率试验** 取黄芩供试品溶液 9 份, 分别精密加入低、中、高 3 个质量浓度的对照品溶液(分别相当于原黄芩样品质量分数的 80%、100%、120%), “2.4.1”项下的方法测定, 计算各成分的加样回收率和平均 RSD, 结果野黄芩苷、黄芩苷、野黄芩素、汉黄芩苷、芹菜素、黄芩素、汉黄芩素、白杨素及千层纸素 A 的平均加样回收率, 分别为 97.81%、96.93%、100.86%、98.53%、95.94%、100.12%、98.96%、99.64%、99.88%, RSD 分别为 0.87%、0.89%、1.90%、1.24%、0.68%、1.24%、1.25%、0.81%、0.93%, 回收率良好。

**2.4.9 定量测定** 按照“2.4.2”项下方法制备不同处理因素下黄芩样品供试品溶液, “2.4.1”项下的方法测定, 所得各类峰面积代入“2.4.4”项下线性方程进行计算, 得各类活性成分含量。

### 3 结果与分析

实验测定数据均采用  $\bar{x} \pm s$  表示, 运用 Microsoft Office Excel 2007 软件对各黄芩外观指标进行统计, SPSS 16.0 进行数据统计分析。各个不

同因素组间比较采用单因素方差分析 (ANOVA), 以  $P < 0.05$  表示有显著性差异,  $P < 0.01$  表示有极显著性差异。SIMCA-P 7.0 软件进行主成分分析, 并运用 GraphPad Prism 5.0 软件进行图表绘制。

不同种源间黄芩样品品质评价采用主成分加权法, 即采用主成分分析法从所有测定指标中筛选出累积贡献率大于 95% 的指标作为关键指标, 再以关键指标作为总特征, 提取主成分中初始特征  $> 1$  的各指标主成分值, 结合其对应的矩阵值和其特征值贡献率对各指标进行加权, 估算不同因素下样品的综合指数, 进而对黄芩药材品质进行品质评价。

#### 3.1 外观指数分布

不同种源黄芩样品根长有一定差异, 分布范围为 16.0~39.0 cm; 根冠直径差异较大, 分布范围为 0.7~4.0 cm; 根中部直径分布范围为 0.50~1.60 cm; 各个批次间黄芩样品平均分支数分布在 0~13; 折干率分布在 27.20%~53.42%; 不同省份种源间外观性状有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。见图 2。

#### 3.2 药典常规检测项

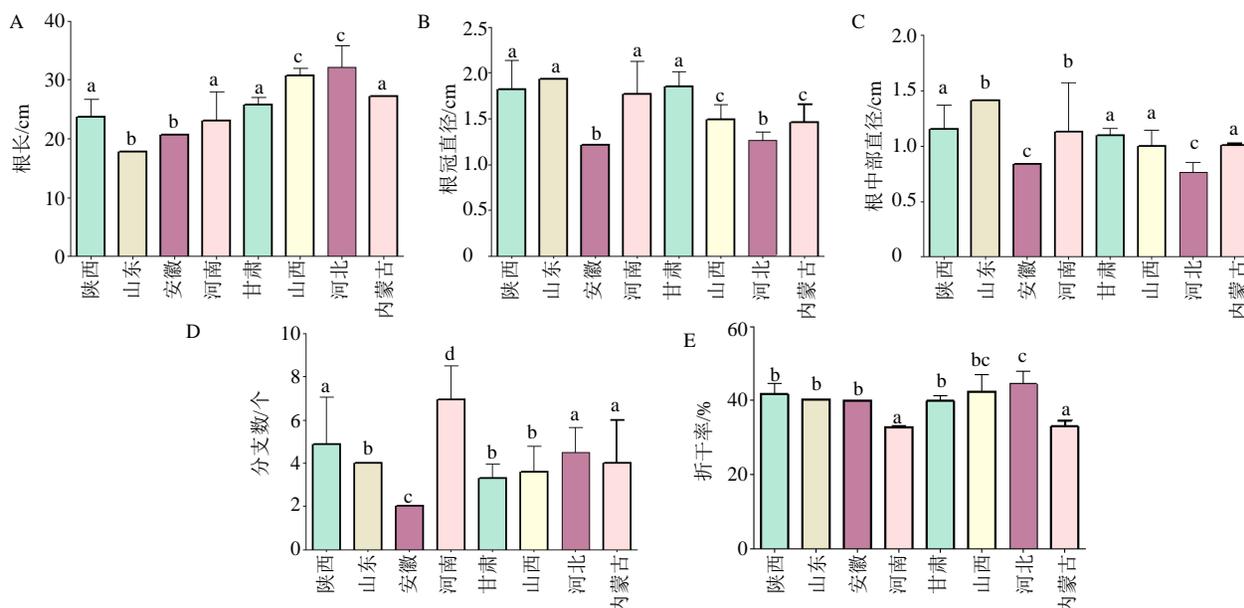
黄芩样品各项指标均符合药典标准, 其中含水量最高的种源为山东省。其次为陕西省, 种源为河南省其样品含水量水平最低。总灰分测定结果显示, 山西、河南、山东产种源黄芩样品总灰分最高, 总灰分较低的省份为河北省和安徽省。醇溶性浸出物测定结果共分为 4 个水平, 分别为陕西、山西 < 内蒙古、安徽、河南 < 山东、甘肃 < 河北, 这 4 个水平间有统计学差异, 这表明, 河北省种源的黄芩浸出物含量明显高于其余省份, 见表 3。

综上所述, 河北省黄芩种源样品醇溶性浸出物水平最高, 含水量较低, 总灰分符合要求, 提示药材质量具有一定的优势。

#### 3.3 含量测定

《中国药典》中对黄芩药材的质检主要以黄芩苷含量水平为指标, 不同批次黄芩样品活性成分测定结果如上, 8 各省份黄芩样品所含黄芩苷水平均符合该标准。见表 4。

不同省份种源黄芩样品各类成分含量高低有所不同, 如山西省种源的黄芩其黄芩素、野黄芩苷成分含量最高, 而黄芩苷、千层纸素 A、芹菜素等的含量却并非最高, 近年来研究发现除黄芩苷外, 其余成分也显示出了较大生理活性, 单一成分的含量已不能简单表征药材质量或者品质的优劣, 因此以活性成分总量来代替黄芩苷评价黄芩的质量具



相同字母表示该指数在同一水平上无统计学差异，不同字母为统计学  $P < 0.05$  上有显著性差异  
There was no statistical difference in the same level of the same letter, but there was statistical significance in different letters ( $P < 0.05$ )

图2 各个省份黄芩种源样品外观分布图

Fig. 2 Appearance distribution map of *S. baicalensis* provenance samples from each province

表3 不同种源黄芩药典指标测定结果

Table 3 Determination results of pharmacopoeia indexes of *S. baicalensis* from different provenances

省份	含水量/%	总灰分/%	醇浸出物/%
陕西	5.43	3.27	47.69
山东	5.75	3.33	44.01
安徽	4.69	3.64	51.32
河南	4.45	3.62	53.67
甘肃	4.76	3.34	50.16
内蒙古	4.84	3.32	47.22
山西	4.89	3.83	46.81
河北	5.21	3.70	42.75

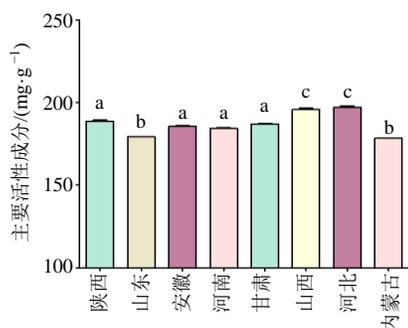
有一定的合理性。基于此，以各个省份每批样品所测得的9种成分总和作为总活性成分水平，结果见图3。总活性成分主要分为3个水平，山东、内蒙古 < 河南、陕西、安徽、甘肃 < 山西和河北，不同水平间含量差异有统计学意义。这表明，各个省份间不同种源黄芩样品除汉黄芩苷、芹菜素和千层纸素A外，总成分水平也有一定差异。山西省和河北省总成分含量最高，说明这2个种源的黄芩样品品质相较于其它省份具有一定的优势。

表4 不同种源黄芩样品9种化合物含量测定结果 ( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

Table 4 Determination of nine compounds in *S. baicalensis* samples from different provenances ( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

省份	质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )								
	黄芩苷	汉黄芩苷	黄芩素	野黄芩素	芹菜素	汉黄芩素	野黄芩苷	白杨素	千层纸素A
陕西	122.83 ± 12.38	30.239 2 ± 14.59 <sup>a</sup>	16.068 5 ± 6.57	0.909 1 ± 0.27	3.819 1 ± 1.65 <sup>a</sup>	6.804 7 ± 1.86	6.257 8 ± 2.23	0.580 4 ± 0.53	1.410 8 ± 0.23 <sup>a</sup>
山东	110.02 ± 1.46	28.948 7 ± 2.63 <sup>a</sup>	16.986 0 ± 0.03	0.965 4 ± 0.07	5.666 5 ± 0.46 <sup>c</sup>	6.159 4 ± 0.19	5.694 8 ± 0.71	0.766 6 ± 0.14	1.412 8 ± 0.21 <sup>a</sup>
安徽	123.65 ± 3.05	28.652 1 ± 1.35 <sup>a</sup>	15.333 0 ± 2.33	0.856 1 ± 0.58	3.651 7 ± 0.69 <sup>a</sup>	6.631 9 ± 0.11	6.206 1 ± 0.38	0.665 4 ± 0.04	1.591 7 ± 0.31 <sup>b</sup>
河南	121.78 ± 1.99	39.170 8 ± 8.23 <sup>b</sup>	16.336 5 ± 0.92	0.840 4 ± 0.63	4.706 3 ± 2.33 <sup>b</sup>	5.977 2 ± 3.23	6.057 1 ± 0.58	0.829 5 ± 0.23	1.421 4 ± 0.21 <sup>b</sup>
甘肃	121.38 ± 10.21	30.885 9 ± 15.63 <sup>a</sup>	14.597 7 ± 6.46	0.826 9 ± 0.38	3.996 8 ± 1.99 <sup>a</sup>	6.951 6 ± 1.59	5.215 6 ± 1.99	0.690 6 ± 0.33	1.329 5 ± 0.26 <sup>a</sup>
内蒙古	117.30 ± 2.89	55.406 4 ± 1.48 <sup>a</sup>	16.682 0 ± 4.88	1.123 1 ± 0.16	3.964 7 ± 0.99 <sup>c</sup>	5.716 9 ± 2.12	3.322 9 ± 2.36	0.446 3 ± 0.11	1.228 4 ± 0.15 <sup>a</sup>
山西	120.01 ± 4.39	24.553 8 ± 8.30 <sup>b</sup>	19.211 5 ± 2.92	1.095 1 ± 0.21	4.598 7 ± 0.78 <sup>a</sup>	5.532 1 ± 1.11	6.776 4 ± 2.08	0.704 2 ± 0.47	1.219 4 ± 0.47 <sup>a</sup>
河北	119.20 ± 2.31	32.676 9 ± 14.48 <sup>a</sup>	13.717 8 ± 2.49	0.813 7 ± 0.31	4.689 9 ± 1.73 <sup>b</sup>	5.241 4 ± 3.26	5.365 6 ± 1.36	0.787 9 ± 0.12	1.328 5 ± 0.36 <sup>a</sup>

相同字母为同一水平上无统计学差异，不同字母为有统计学上的显著性 ( $P < 0.05$ )  
There was no statistical difference in the same level of the same letter, but there was statistical significance in different letters ( $P < 0.05$ )



相同字母表示该指数在同一水平上无统计学差异，不同字母为统计学  $P < 0.05$  上有显著性差异

There was no statistical difference in the same level of the same letter, but there was statistical significance in different letters ( $P < 0.05$ )

图3 不同省份活性成分总量

Fig. 3 Total active components in different provinces

### 3.4 相关性分析

采用 SPSS 20.0 软件将黄芩样品的根长、根冠直径、折干率等 3 个指标与 9 种活性成分含量进行相关性关联分析，结果见表 5，样品外观确与含量

存在相关关系，与黄芩样品根冠直径具有显著性相关的活性成分为黄芩苷、汉黄芩苷、野黄芩素，相关系数分别为 0.312、0.635、0.723；与黄芩样品折干率具有显著相关的活性成分主要为汉黄芩苷和野黄芩苷，相关系数分别为 0.499、0.261。

综上，与黄芩样品根冠直径、折干率等指数主要相关的活性成分有黄芩苷、汉黄芩苷、野黄芩素、野黄芩苷 4 种。

### 3.5 不同种源黄芩聚类分析

采用 SIMCA-P14.1 软件对 8 个不同省份种源黄芩样品所有指标进行聚类分析，结果见图 4。由图 4-A 散点图，38 个样品 PCA 散点图均匀分布在椭圆内，无明显聚集。这表明种源间黄芩样品总体差异并不大。图 4-B 中，8 个种源的样品分为 3 类，第 1 类：山西省和河北省；第 2 类：河南省和内蒙古；第 3 类：山东省、安徽省、陕西省和甘肃省。这表明，采用聚类分析法并不能完全表征不同种质间所得黄芩药材的差异性。

表 5 不同种源黄芩样品外观与活性成分相关性

Table 5 Correlation between appearance and active components of *S. baicalensis* samples from different provenances

成分	根长		根冠直径		折干率	
	相关性	P	相关性	P	相关性	P
黄芩苷	0.671	0.539	0.312	0.022	0.632	0.199
汉黄芩苷	0.265	1.049	0.635	0.035	0.499	0.044
黄芩素	0.136	0.727	0.199	0.919	0.908	0.727
野黄芩素	0.297	1.413	0.723	0.029	0.775	3.266
芹菜素	0.037	1.265	0.613	0.951	0.613	4.394
汉黄芩素	0.027	0.248	0.598	3.031	0.200	0.744
野黄芩苷	0.396	1.893	0.260	2.356	0.261	0.015
千层纸素 A	0.488	1.247	0.573	1.663	0.446	0.252
白杨素	0.158	1.061	0.059	1.381	0.0693	0.651

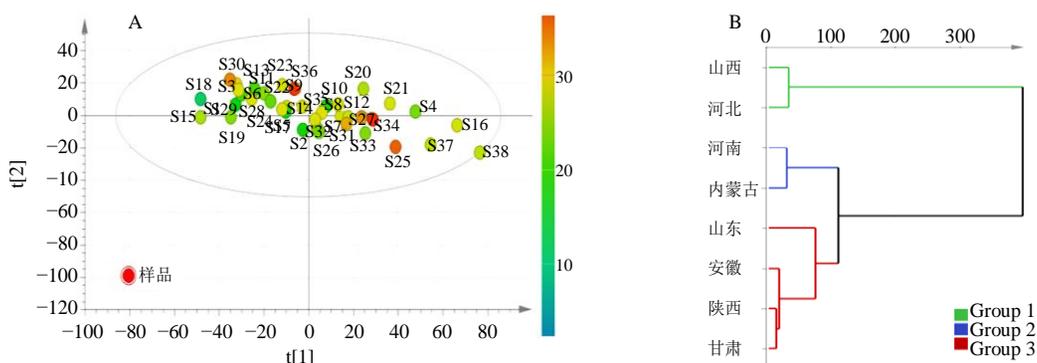


图4 主成分分析散点图 (A) 和聚类图 (B)

Fig. 4 Principal component analysis scatter diagram (A) and cluster diagram (B)

### 3.6 各省份种源样品品质评价

对各省份种源黄芩根长、根冠直径、折干率、浸出物、主要活性成分总含量进行主成分分析, 提取特征值>1的主成分1~5, 累积贡献率达96.75%。再以此5个成分进行主成分分析。提取特征值大于1的, 主要为1和2, 其贡献率分别为52.268%和20.225%, 累积贡献率达72.494%。提取此2个主成分矩阵值与各特征值的贡献率计算各指标的权重值, 再计算不同移栽密度黄芩各指标的隶属函数值, 根据各指标隶属函数值与权重值, 通过加乘法则合成运算得到各移栽密度综合指数, 并依据大小进行排序, 见表6。

所得黄芩样品指数评价方程为:  $Y=0.349\ 1\times$ 根长 $-0.269\ 2\times$ 根冠直径 $+0.450\ 1\times$ 折干率 $+0.382\ 4\times$ 浸出物 $+0.456\ 0\times$ 活性成分含量, 基于各类指标水平和其对应权重值计算其综合指数, 结果

表6 主成分矩阵

Table 6 Principal component matrix table

指 标	主成分		权重值
	1	2	
根长	0.825	-0.405	0.349 1
根冠直径	-0.638	0.318	-0.269 2
折干率	0.697	0.424	0.450 1
浸出物	0.443	0.746	0.382 4
活性成分含量	0.918	-0.098	0.456 0
特征值	2.613	1.011	
贡献率	52.268	20.225	
累积贡献率	52.268	72.494	

见表7。不同省份种源于黄芩基地种植后, 所得的药材样品中河北省种源的综合指数最高, 其余由高至低依次为山西、甘肃、河南、陕西、安徽、内蒙古, 最低的为山东, 这表明, 在所有省份中, 陕西渭北旱塬地区适宜种植的黄芩种源为河北省。

表7 不同省份种源黄芩综合指数

Table 7 Comprehensive index of *S. baicalensis* from different provinces

省份	根长	根冠	折干率	浸出物	含量	综合指数	综合排序
陕西	23.750 0	1.820 00	0.417 40	46.365 0	188.802	110.60	5
山东	17.800 0	1.930 00	0.403 70	51.320 0	179.294	107.02	8
安徽	20.570 0	1.210 00	0.399 90	49.310 0	185.455	109.59	6
河南	22.965 0	1.770 00	0.328 80	48.670 0	184.457	111.15	4
甘肃	25.787 5	1.858 04	0.397 92	50.155 0	186.965	112.48	3
山西	30.750 0	1.489 50	0.424 65	46.812 5	195.817	117.11	2
河北	32.207 5	1.260 00	0.444 90	54.247 5	197.226	121.82	1
内蒙古	25.690 0	1.430 00	0.336 20	47.280 0	180.210	108.24	7

### 4 讨论

外观指数中根长和根冠直径一度成为将黄芩药材进行市售等级划分的主要参数<sup>[15-16]</sup>。本研究表明8个省份种源所产的3年生黄芩药材在外观指数上均有差异, 浸出物含量有统计学差异, 活性成分中, 汉黄芩苷、芹菜素、千层纸素A含量有显著性差异, 而指标中未有统计学差异的其高低水平也不尽相同。仅从单一的外观指数或活性成分含量方面来表征和评价不同种质间黄芩药材的差异性具有一定的局限性。而聚类分析也并不能准确显示出不同省份种源间黄芩药材品质的差异性。

本实验采用主成分分析法得出折干率、浸出物、根长、根冠直径为主要指标。综合指数方程具有一定的合理性。最终筛选出适宜于陕西渭北旱塬地区种植的黄芩种质为河北省, 为黄芩药材规范化种植技术的示范与推广提供了一定的理论基础。本研究

以最终获得黄芩药材品质对不同种源的黄芩种质进行比较分析, 旨在筛选优良种质, 先将种质资源筛选出来再考虑产量, 故本课题组在后期的研究中, 将继续进行相关研究。此实验种植基地只在淳化县, 本课题组在后期研究中将增加种植范围, 多选种植点进行评测, 旨在更大程度指导黄芩药材的实际生产。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 314.
- [2] 阳昌镒. 《全国中成药产品目录》(第一部) 的简评 [J]. 中成药研究, 1986, 8(5): 45.
- [3] 马天星, 邸莎, 朱向东. 黄芩临床应用及其用量 [J]. 吉林中医药, 2019, 39(11): 1444-1447.
- [4] 李莉. 中药材黄芩的药理分析及临床应用探讨 [J]. 基层医学论坛, 2017, 21(11): 1383-1384.

- [5] 黄燕, 付景丽. 黄芩素通过激活 Caspases 和 Bcl-2 家族蛋白诱导卵巢癌 HO-8910 细胞凋亡 [J]. 中草药, 2019, 50(11): 2620-2624.
- [6] 马天星, 邸莎, 朱向东. 黄芩临床应用及其用量 [J]. 吉林中医药, 2019, 39(11): 1444-1447.
- [7] 龙宇, 向燕, 谭裕君, 等. 黄芩苷药理作用及新剂型的研究进展 [J]. 中草药, 2019, 50(24): 6142-6148.
- [8] 高善颂, 王磊, 李华涛, 等. 黄芩苷经 Nrf2/Keap1 信号通路调控热应激小鼠子宫氧化损伤 [J]. 农业生物技术学报, 2019, 27(11): 2013-2022.
- [9] 刘昊, 赵自冰, 王新. 黄芩苷对大肠埃希菌的抗菌活性及其作用机制 [J]. 中国生物制品学杂志, 2019, 32(9): 983-986.
- [10] 刘莎莎, 赵杨, 申兴斌. 黄芩苷对食管癌细胞增殖及凋亡影响的研究 [J]. 河北医学, 2019, 25(11): 1887-1891.
- [11] 赵瑞刚, 韩秀花, 贾葆青. 黄芩苷对人乳腺癌 MCF-7 细胞凋亡机制研究 [J]. 内蒙古医科大学学报, 2019, 41(5): 508-510.
- [12] 姜丹. 黄芩道地性的遗传和化学物质基础研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
- [13] 郭玲玲, 刘毅, 禄梦杰, 等. HPLC 法同时测定陕西产不同生长年限野生和栽培黄芩中 9 种化学成分的含量 [J]. 中草药, 2018, 49(4): 935-940.
- [14] 卫昊, 郭玲玲, 李柳柳, 等. 不同海拔和光照对黄芩中 7 种黄酮类有效成分含量的影响 [J]. 中草药, 2019, 50(6): 1472-1476.
- [15] 葛迪, 葛秀允. 黄芩饮片质量控制方法研究 [J]. 上海中医药杂志, 2019, 53(2): 91-94.
- [16] 张阳, 范丽丽, 邵玺文, 等. 平作种植密度对黄芩生育性状和产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12): 6203-6204.

[责任编辑 时圣明]