

掌叶大黄不同组织器官中主要资源性化学成分的分析评价

刘杰¹, 刘培^{1*}, 郭盛¹, 钱大玮¹, 严辉¹, 韩智杰², 段金廛^{1*}

1. 南京中医药大学 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心 中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心, 江苏 南京 210023
2. 甘肃步云农牧科技有限公司, 甘肃 陇南 742500

摘要: 目的 对蓼科植物掌叶大黄 *Rheum palmatum* 的不同组织器官(主根、根头、支根、根皮、叶柄和叶片)的主要资源性成分进行分析评价。方法 采用高效液相色谱(HPLC)法、紫外可见分光光度(UV)法、粗纤维检测(Weende)法、电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)法对掌叶大黄不同组织器官中的蒽醌类、可溶性多糖类、总纤维素和无机元素进行测定。结果 掌叶大黄主根、根头、支根、根皮中分别含芦荟大黄素 3.22~4.33、1.33~2.32、3.21~3.68、3.22~3.76 mg/g, 大黄酸 0.77~1.36、2.46~2.52、1.16~1.46、1.02~1.21 mg/g, 大黄素 0.27~0.39、0.28~0.34、0.30~0.42、0.31~0.67 mg/g, 大黄酚 2.85~3.70、2.78~3.01、4.02~4.81、4.05~4.72 mg/g, 大黄素甲醚 1.88~2.44、1.82~2.01、2.48~3.02、3.61~4.46 mg/g。而叶中含芦荟大黄素 0.56~1.07 mg/g, 大黄酸 0.45~0.69 mg/g, 大黄素 1.41~1.91 mg/g。主根、叶柄、叶片中可溶性多糖质量分数分别为 9.76%~10.42%、5.76%~7.63%和 3.50%~5.72%。叶柄和叶片中纤维素质量分数分别为 15.54%和 10.20%。掌叶大黄叶片中 Ca 量最高, 达 88.53 mg/g, K、Mg、Al、Fe 依次为 32.42、12.93、1.22、1.17 mg/g; 叶柄中 Ca、K 量分别为 80.60、28.73 mg/g, 高于主根 21.08、14.09 mg/g; 叶柄中 Na 量为 2.66 mg/g, 高于主根 0.26 mg/g 和叶片 0.57 mg/g。结论 蒽醌类成分在根中的种类和量总体高于叶柄和叶片, 符合传统入药部位的认识。叶片中大黄素量大致为根中的 5 倍, 叶柄、叶片中还含有一定量的纤维素和可溶性多糖类成分, 元素种类丰富, 可进一步深入开发利用。

关键词: 掌叶大黄; 大黄非药用部位; 分析评价; 芦荟大黄素; 大黄酸; 大黄素; 大黄酚; 大黄素甲醚

中图分类号: R286.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2017)03-0567-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.03.023

Main components analysis in different parts of *Rheum palmatum*

LIU Jie¹, LIU Pei¹, GUO Sheng¹, QIAN Da-wei¹, YAN Hui¹, HAN Zhi-jie², DUAN Jin-ao¹

1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Nation and Local Union Project Research Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Innovative Drug from TCM Formulae, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China
2. Gansu Buyun Farming Technology Co., Ltd., Longnan 742500, China

Abstract: Objective To analyze the main components in different parts of *Rheum palmatum*. **Methods** The anthraquinones, soluble polysaccharides, cellulose, and mineral elements in the taproots, root heads, fibrous roots, root barks, petioles and leaves were detected by HPLC, UV, Weende, and ICP-AES. **Results** The contents of aloe-emodin, rhein, emodin, chrysophanol, and physcion in taproots, root heads, fibrous roots, and root barks were 3.22—4.33, 1.33—2.32, 3.21—3.68, 3.22—3.76 mg/g, 0.77—1.36, 2.46—2.52, 1.16—1.46, 1.02—1.21 mg/g, 0.27—0.39, 0.28—0.34, 0.30—0.42, 0.31—0.67 mg/g, 2.85—3.70, 2.78—3.01, 4.02—4.81, 4.05—4.72 mg/g and 1.88—2.44, 1.82—2.01, 2.48—3.02, 3.61—4.46 mg/g, respectively. The contents of aloe-emodin, rhein, and emodin in leaves were 0.56—1.07, 0.45—0.69, 1.41—1.91 mg/g. The soluble polysaccharides in the taproots, petioles and leaves were 9.76%—10.42%, 5.76%—7.63%, and 3.50%—5.72%. The cellulose contents in petioles and leaves were 15.54% and 10.20%. Ca was the most abundant with 88.53 mg/g in leaves, followed by K with 32.42 mg/g, Mg with 12.93 mg/g, Al with 1.22 mg/g, and Fe with 1.17 mg/g. In the petioles, Ca with 80.60 mg/g and K with 28.73 mg/g were higher than those in roots with 21.08 and 14.09 mg/g. Na

收稿日期: 2016-09-13

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目(ysxk-2010); 江苏省“333 高层次人才培养工程”项目资助(2013)

作者简介: 刘杰(1992—), 在读硕士研究生, 主要从事中药资源化学研究。E-mail: liujie041210123@163.com

*通信作者 刘培 Tel: (025)85811917 E-mail: liupeij@njucm.edu.cn

段金廛 Tel: (025)85811116 E-mail: dja@njucm.edu.cn

with 2.66 mg/g was also higher than that in roots with 0.26 mg/g and in leaves with 0.57 mg/g. **Conclusion** The types and contents of anthraquinones in roots are higher than those in petioles and leaves, with the understanding of traditional medicinal parts. Emodin in leaves is five times as those in roots, petioles, and leaves, and also contains a certain amount of cellulose and soluble polysaccharide component, a wide variety of elements. From above analysis, the petioles and leaves could be deeper utilized.

Key words: *Rheum palmatum* L.; non-medicinal parts; analysis and evaluation; aloe-emodin; rhein; emodin; chrysophanol; physcion

蓼科植物掌叶大黄 *Rheum palmatum* L. 是中药大黄的基原植物之一, 主产于甘肃、青海、西藏和四川等省区, 以栽培为主。其根和根茎具有泻下攻积、清热泻火、凉血解毒、逐瘀通经、利湿退黄的功效, 是重要的清热泻火药, 目前, 国家药品标准中有 800 多个品种使用了大黄, 是在中药组方中应用范围较大、使用频率较高的中药品种之一^[1]。大黄主要含有蒽醌及其苷类成分, 具有泻下、保肝、利胆、调血脂、抗肿瘤、抗病毒、抗炎等功效^[2-4]。掌叶大黄除根及根茎为传统药用部位外, 叶片、叶柄等非药用部位也有入药习惯。藏医典《四部医典》和《妙音本草》中记载, 我国四川、西藏、甘肃、青海地区的农民, 在以大黄的根部作药材的同时, 也使用大黄属植物地上部分的叶柄和幼嫩的叶片解渴、除翳等^[5-6]。

而在传统产地加工过程中, 会产生大量大黄叶柄、叶片、根皮、支根等废弃物, 造成大量的药用资源的浪费。因此, 对掌叶大黄非药用部位的研究, 对节约资源、增加收入和综合利用资源有着重要的意义。本实验对掌叶大黄不同部位(主根、根头、支根、根皮、叶柄、叶片)中蒽醌类、可溶性多糖类、总纤维素和无机元素成分进行分析评价, 以期对掌叶大黄新资源的开发利用提供参考。

1 仪器与材料

1.1 仪器

Waters-2695 型液相色谱仪(四元泵、在线脱气及自动进样系统、2996 型二极管阵列检测器); UV-2000 紫外-可见分光光度计(北京莱伯泰科仪器有限公司); Sartorius BT125D 电子分析天平(德国塞利多斯公司); EPED 超纯水系统(南京易普达易科技发展有限公司); KQ-250E 型超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司); FIWE 3/6 纤维素测定仪(北京盈盛恒泰科技有限公司); Anke GL-16GII 型离心机(上海安亭科学仪器厂), 马福炉(上海洪纪仪器设备公司); Milestone Ethos T 微波消解系统(意大利 Milestone 公司); Optima 2100DV 型电感耦合等离子发射光谱仪(美国 Perkin Elmer 公司)。

1.2 试剂

芦荟大黄素对照品(批号 LDHS20140914)、大黄酸对照品(批号 DHSA20141023)、大黄素对照品(批号 DHS20140815)、大黄酚对照品(批号 DHF20140721)、大黄素甲醚对照品(批号 DHJM20140926), 购自南京春秋生物制品公司, 质量分数均大于 98%。葡萄糖对照品(批号 SZBD1680V)购自 Sigma 公司, 葡萄糖醛酸对照品(批号 648-200001), 购自中国食品药品检定研究院。甲醇(色谱纯), 购自江苏汉邦科技发展有限公司, 其他试剂均为分析纯。

1.3 材料

新鲜掌叶大黄全株 6 批采自甘肃步云农牧科技有限责任公司大黄种植基地(批号 DH20140901~DH20140906), 经南京中医药大学段金廛教授鉴定为掌叶大黄 *Rheum palmatum* L. 栽培品。采收时间为 2014 年 9 月。每批次分别分取主根、根头、支根、根皮、叶柄、叶片 6 个不同部位, 40 °C 鼓风干燥后, 粉碎成粗粉, 置干燥器中备用。

2 方法

2.1 蒽醌类成分分析方法

2.1.1 供试品溶液制备 精密称取掌叶大黄主根、根头、支根、根皮、叶柄、叶片粗粉各 1 g, 置于具塞锥形瓶中, 精密加入 70% 甲醇 40 mL, 静置 30 min, 称定质量, 室温超声提取 1 h, 放冷, 称质量, 用 70% 甲醇补充损失质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 用 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 即得供试品溶液。

2.1.2 对照品溶液制备 分别精密称取大黄酸、大黄素甲醚、大黄酚、大黄素、芦荟大黄素对照品适量, 加甲醇溶解定容, 配成质量浓度分别为 82.0、85.0、72.0、73.0、106.0 μg/mL 的混合对照品溶液。

2.1.3 色谱条件 汉邦 Phecdac C₁₈ 色谱柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相: 甲醇(A)-0.05% 磷酸水(B), 梯度洗脱: 0~10 min, 10%~30% A; 10~20 min, 30%~50% A; 20~30 min, 50%~70% A; 30~40 min, 70%~90% A; 40~50 min, 90%~100% A。体积流量 1 mL/min, 检测波长 254 nm, 柱温 40 °C, 进样量 10 μL。典型样品色谱图见图 1。

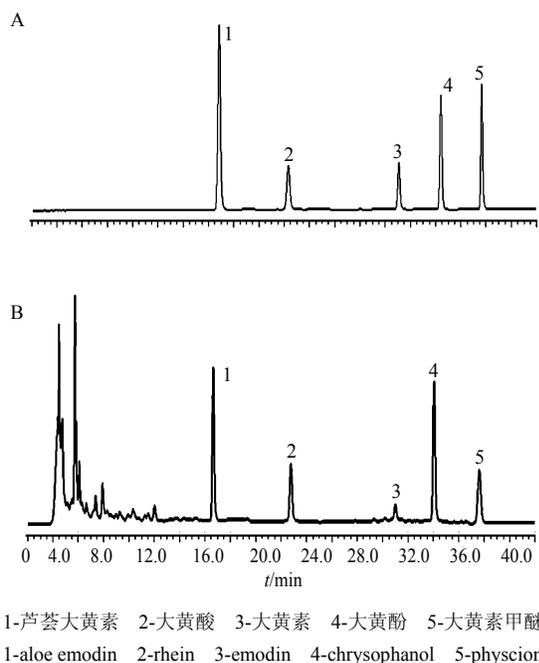


图 1 混合对照品 (A) 和掌叶大黄主根 (B) 的 HPLC-PDA
Fig. 1 HPLC-PDA of the mixed reference (A) and taproot (B)

表 1 回归方程及 LOD 和 LOQ 结果

Table 1 Regression equations and results of LOD and LOQ

对照品	回归方程	r^2	线性范围/ $(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$	LOD/ $(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$	LOQ/ $(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$
芦荟大黄素	$Y=5.9\times 10^4 X-1.9\times 10^4$	0.999 8	10.60~159.00	2.8	9.2
大黄酸	$Y=2.2\times 10^4 X-2.8\times 10^3$	0.999 9	8.20~123.00	2.3	7.5
大黄素	$Y=4.2\times 10^4 X-4.3\times 10^3$	0.999 9	7.30~110.00	1.8	5.9
大黄酚	$Y=3.0\times 10^6 X-6.2\times 10^4$	0.999 8	8.30~124.00	2.1	7.1
大黄素甲醚	$Y=7.6\times 10^4 X-1.7\times 10^3$	0.999 7	7.50~112.00	1.9	6.3

芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚峰面积的 RSD 依次为 0.8%、0.8%、0.9%、1.0% 和 1.4%，结果证明供试品溶液在 12 h 之内稳定。

2.1.8 加样回收率试验 精密称取掌叶大黄 (DH20140901) 主根粗粉 6 份，分别加入与样品中各分量等量的对照品，依法制备供试品溶液并进样分析，计算回收率。结果芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚平均回收率分别为 104.3%、98.1%、98.3%、101.5% 和 103.1%，RSD 为 2.3%、2.6%、1.9%、1.6% 和 2.0%。

2.1.9 样品测定结果 掌叶大黄主根、根头、支根、根皮、叶柄、叶片中蒽醌类成分分析结果见表 2。掌叶大黄主根中含有的芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚依次为 3.22~4.33、0.77~1.36、0.27~0.39、2.85~3.70、1.88~2.44 mg/g；根头中芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大

2.1.4 标准曲线的建立 分别精密吸取“2.1.2”项下制备的对照品溶液 1、2、5、8、10、15 μL ，注入液相色谱仪中，以对照品质量浓度为横坐标 (X)，峰面积的积分值为纵坐标 (Y)，绘制标准曲线，得回归方程 (表 1)。最低检测限 (LOD) 与最低定量限 (LOQ) 分别在信噪比 (S/N) 为 3 和 10 时测定 (表 1)。

2.1.5 精密度试验 取混合对照品溶液，按上述色谱条件重复进样 6 次，测定峰面积的积分值，芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚峰面积的 RSD 依次为 0.2%、0.3%、0.5%、0.2% 和 1.2%。

2.1.6 重复性试验 精密称取掌叶大黄 (DH20140901) 主根粗粉 6 份，按照前述方法制备供试品溶液，依法进样，分别记录芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚的峰面积积分值，计算其质量分数 RSD 依次为 0.8%、0.9%、1.2%、1.3% 和 1.9%。

2.1.7 稳定性试验 精密称取掌叶大黄 (DH20140901) 主根粗粉 1 份，按照前述方法制备供试品溶液，12 h 内每隔 2 h 进样 1 次，记录峰面积，

大黄素甲醚依次为 1.33~2.32、2.46~2.52、0.28~0.34、2.78~3.01、1.82~2.01 mg/g；支根中芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚依次为 3.21~3.68、1.16~1.46、0.30~0.42、4.02~4.81、2.48~3.02 mg/g；根皮中芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚依次为 3.22~3.76、1.02~1.21、0.31~0.67、4.05~4.72、3.61~4.46 mg/g；叶片中芦荟大黄素、大黄酸、大黄素量依次为 0.56~1.07、0.45~0.69、1.41~1.91 mg/g。叶柄中检测出大黄素，但远低于定量限。

2.2 可溶性多糖类成分分析方法

2.2.1 供试品溶液的制备 精密称定掌叶大黄主根、叶柄、叶片样品粗粉各 1 g，置于 100 mL 具塞锥形瓶中，加入 50 mL 的 80% 无水乙醇，室温静置 1 h 后超声提取 30 min，在 75 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 2 h 后，趁热抽滤，洗涤残渣，烘干，加入 40 mL 蒸馏水，称恒

表 2 掌叶大黄不同部位中的蒽醌类成分量

Table 2 Chemical composition of anthraquinones compounds in different parts of *R. palmatum*

部位	批号	质量分数/(mg·g ⁻¹)				
		芦荟大黄素	大黄酸	大黄素	大黄酚	大黄素甲醚
主根	DH20140901	3.22	1.03	0.39	3.15	1.88
	DH20140902	3.34	1.36	0.27	2.85	2.34
	DH20140903	4.33	1.00	0.28	3.45	2.44
	DH20140904	4.25	0.77	0.31	3.56	2.22
	DH20140905	4.06	1.04	0.29	3.70	2.05
	DH20140906	3.93	1.10	0.31	3.57	2.00
叶片	DH20140901	0.56	0.69	1.41	\	\
	DH20140902	0.63	0.45	1.69	\	\
	DH20140903	1.00	0.59	1.51	\	\
	DH20140904	1.07	0.54	1.60	\	\
	DH20140905	0.60	0.53	1.91	\	\
	DH20140906	0.66	0.51	1.51	\	\
根头	DH20140901	1.33	2.51	0.29	2.96	1.82
	DH20140902	1.50	2.49	0.34	2.94	1.89
	DH20140903	2.25	2.52	0.28	2.78	1.82
	DH20140904	2.32	2.48	0.31	2.94	1.98
	DH20140905	2.25	2.47	0.28	2.91	2.01
	DH20140906	2.13	2.46	0.29	3.01	1.89
支根	DH20140901	3.22	1.44	0.36	4.34	2.48
	DH20140902	3.21	1.16	0.30	4.24	2.61
	DH20140903	3.55	1.43	0.42	4.49	3.02
	DH20140904	3.48	1.42	0.40	4.64	2.99
	DH20140905	3.68	1.45	0.42	4.02	2.65
	DH20140906	3.58	1.46	0.41	4.81	2.70
根皮	DH20140901	3.25	1.02	0.31	4.27	4.11
	DH20140902	3.22	1.21	0.67	4.09	3.61
	DH20140903	3.63	1.03	0.56	4.05	4.46
	DH20140904	3.54	1.02	0.42	4.45	4.22
	DH20140905	3.76	1.02	0.56	4.72	3.87
	DH20140906	3.65	1.04	0.32	4.34	3.78

“\”表示未检出

“\” represents that be undetected

定质量, 100 °C沸水浴 1 h, 取出放冷, 加蒸馏水补足失质量, 摇匀, 离心, 取上清液, 微孔滤膜滤过, 取续滤液, 即得。用于中性和酸性多糖的测定。

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取经 105 °C干燥至恒定质量的无水葡萄糖对照品 9.91 mg, 置 100 mL 量瓶中, 加蒸馏水定容至刻度, 摇匀, 即得 99.1 μg/mL 的葡萄糖对照品储备液。

精密称取经 105 °C干燥至恒定质量的葡萄糖醛酸对照品 9.67 mg, 置 100 mL 量瓶中, 加蒸馏水定容至刻度, 摇匀, 即得 96.7 μg/mL 的葡萄糖醛酸对照品储备液。

2.2.3 标准曲线的绘制 参考文献方法^[7], 分别绘制葡萄糖和葡萄糖醛酸标准曲线, 以吸光度为纵坐标 (Y), 以对照品溶液浓度为横坐标 (X) 进行线性回归。葡萄糖对照品回归方程为 $Y=2.96 \times 10^{-3} X + 3.14 \times 10^{-3}$, $r^2=0.995$ 3, 线性范围为 12.6~126

μg/mL; 葡萄糖醛酸对照品回归方程为 $Y=7.94 \times 10^{-3} X - 0.019$ 2, $r^2=0.993$ 4, 线性范围为 11.2~112.0 μg/mL。

2.2.4 可溶性多糖类成分分析结果 掌叶大黄主根、叶柄、叶片中可溶性多糖类成分分析结果见表 3。主根中含可溶性多糖量范围 9.76%~10.42%, 叶柄中量范围 5.76%~7.63%, 叶片中质量分数 3.50%~5.72%。

2.3 总纤维素类成分分析方法

2.3.1 供试品的制备 精密称取干燥至恒定质量的掌叶大黄叶柄、叶片粗粉各 2 g, 用乙醚将试样在冷却器中脱脂, 脱脂后挥去乙醚, 干燥, 即得供试品。

2.3.2 试剂配制 1.25%的硫酸-水溶液, 1.25%的氢氧化钾-水溶液, 正辛醇作为消泡剂, 无水丙酮作为清洗剂。

2.3.3 样品测定 采用 weende 法测定, 根据公式

表 3 掌叶大黄不同部位中的可溶性多糖类化学成分量
Table 3 Chemical constituents of soluble polysaccharide in different parts of *R. palmatum*

部位	批号	质量分数/%		
		中性多糖	酸性多糖	总多糖
主根	DH20140901	7.34	3.08	10.42
	DH20140902	6.99	2.97	9.96
	DH20140903	7.01	3.01	10.02
	DH20140904	7.20	3.05	10.25
	DH20140905	6.89	2.87	9.76
	DH20140906	7.12	3.10	10.22
叶柄	DH20140901	4.01	1.98	5.99
	DH20140902	4.56	2.47	7.03
	DH20140903	5.01	2.34	7.35
	DH20140904	4.20	1.56	5.76
	DH20140905	4.38	1.48	5.86
	DH20140906	5.04	2.59	7.63
叶片	DH20140901	3.51	2.05	5.56
	DH20140902	2.50	1.79	4.29
	DH20140903	2.23	1.56	3.79
	DH20140904	3.30	2.13	5.43
	DH20140905	3.56	2.16	5.72
	DH20140906	2.15	1.35	3.50

计算总粗纤维量。

$$\text{粗纤维量} = (W_1 - W_2) / W$$

其中 W_1 是粗纤维含灰分的质量, W_2 是灰分的质量, W 是样品质量

2.3.4 总纤维素量分析结果 掌叶大黄叶柄、叶片中总纤维素量分析结果见表 4。叶柄、叶片中总纤维素平均量分别为 15.54% 和 10.20%。

2.4 无机元素测定方法

2.4.1 供试品的制备 取掌叶大黄 (DH20140901) 主根、叶柄和叶片 3 个部位干燥粉末样品各 0.5 g, 采用高压消解法消解样品: 样品置于聚四氟乙烯消解罐中加硝酸 5 mL 过夜, 加 3 mL 双氧水, 拧紧密封盖, 置于恒温烘箱 120 °C 加热 3~4 h, 直至消解液澄清透明

表 4 掌叶大黄叶柄、叶片中的总纤维素量

Table 4 Total cellulose contents in petioles and leaves of *R. palmatum*

批号	质量分数/%	
	叶柄	叶片
DH20140901	15.74	10.20
DH20140902	15.81	10.21
DH20140903	14.99	10.19
DH20140904	15.50	10.18
DH20140905	15.38	10.20
DH20140906	15.79	10.23
平均值	15.54	10.20

或略带黄色, 冷却后定容至 50 mL, 滤过待测。其中测 K、Mg 和 Ca 元素时均稀释 50 倍后测定。

2.4.2 测定方法 参照文献方法^[8], 使用 ICP-AES 测定样品中 Cu、Zn、Ni、Cd、Na、Fe、Mn、K、Mg、Ca、B、Al、Ti、Cr、Co、As、Se、Sr、Ba、Pb、Bi、Hg 22 种元素。将硝化液进样, 每份样品平行测定 3 次, 取平均值。

2.5 元素分析

通过 ICP-AES 测定掌叶大黄各部位中 22 种元素的量, 从表 5 可以得出, 掌叶大黄各部位中含有较丰富的元素, 种类较多。掌叶大黄叶片中 Ca 的量高达 88.53 mg/g, K、Mg 量也较高, 依次为 32.42、12.93 mg/g; 叶片中 Al、Fe 量分别为 1.22、1.17 mg/g, 高于主根 (0.91、0.64 mg/g) 和叶柄 (0.47、0.52 mg/g)。叶柄中 Ca、K 量略低于叶片, 分别为 80.60、28.73 mg/g, 高于主根 (21.08、14.09 mg/g); Na 量为 2.66 mg/g, 远高于主根 (0.26 mg/g) 和叶片 (0.57 mg/g)。

表 5 元素种类及其质量分数

Table 5 Element types and mass fraction

元素	质量分数/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		
	主根	叶柄	叶片
Cu	6.85	3.62	6.12
Zn	15.36	13.45	22.40
Ni	8.23	7.69	6.97
Cd	0.06	0.06	0.09
Na	258.39	2 660.90	573.39
Fe	638.32	525.18	1 168.98
Mn	40.79	56.76	132.19
K	14 090.00	28 731.00	32 423.00
Mg	2 843.00	3 661.00	12 929.00
Ca	21 078.00	80 603.00	88 531.00
B	15.66	22.50	26.08
Al	907.51	467.49	1 221.80
Ti	18.24	10.94	26.20
Cr	5.40	2.83	7.28
Co	0.26	0.30	0.34
As	0.27	0.20	0.53
Se	0.05	0.02	0.06
Sr	50.65	66.98	62.17
Ba	16.82	21.57	10.29
Pb	0.31	0.50	1.50
Bi	0.01	0.01	0.02
Hg	0.03	0.03	0.02

3 讨论

资源的利用价值在于其可利用物质的多用性和多宜性特点^[9-10]。实验结果表明,掌叶大黄中各部位中蒽醌类、纤维素和多糖类成分分布差异较大,蒽醌类成分在根中的种类和量总体高于叶柄和叶片,符合传统入药部位的认识。在产地加工过程中,会产生大量的大黄叶柄、叶片,根皮、支根等废弃物,一方面是对药用资源的浪费,另一方面也增加了环境负担。

该类资源性成分在掌叶大黄叶柄、叶片中也有分布,且叶片中大黄素量为根中的 5 倍。此外,叶片还含有芦荟大黄素和大黄酸,量约为根中的 1/5 和 1/2。大黄素、芦荟大黄素、大黄酸是中药大黄的主要有效单体成分,根据文献报道^[11],大黄素具有抗炎活性、保护肝肾等作用,而芦荟大黄素中蒽醌环和 2 个酚羟基决定其具有清除氧自由基和抗肿瘤等多种生物活性^[12],大黄酸和大黄素具有广泛而相似的药理活性,如抗肿瘤、抗炎以及调节肾功能^[13-14]等作用。掌叶大黄的叶片生物量约占总资源量的 1/2,可作为提取大黄素、芦荟大黄素、大黄酸的资源部位开发利用。

本研究中,掌叶大黄叶柄、叶片中还含有一定量的纤维素和可溶性多糖类成分,有报道^[15-19],大黄多糖具有降血糖、抗衰老、抗氧化、抗肿瘤和增强免疫的功能。国外 18 世纪就有食用大黄叶柄的记载。我国华北地区的波叶大黄、华北大黄属于可食用大黄,叶柄粗壮,撕去外皮可生吃,或作蔬菜食用,或作食品加工的原料。掌叶大黄各部位中含有种类丰富的元素,Ca、K、Mg、Al、Fe 在叶片中有较多分布,叶柄中 Ca、K、Na 量较高,因此在开发掌叶大黄叶柄、叶片保健产品时,应注意限定每日服用量,保证人体的安全。

掌叶大黄产地初加工废弃物和非药用部位资源丰富,目前尚未得到充分利用,本研究结果为该类生物资源的有效利用提供了一定的参考,对提升掌叶大黄利用价值、节约循环使用有限的生物资源具有重要的经济效益和生态效益。

参考文献

[1] 王 勤, 邸多隆, 蒋生祥. 大黄类药物分析方法研究概况 [J]. 中成药, 2007, 39(8): 1199-1202.

- [2] 南海江, 许旭东, 陈士林, 等. 大黄属植物研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(4): 690-701.
- [3] 毛春芳, 施 忠, 罗 琳, 等. HPLC 法同时测定大黄中芦荟大黄素等 11 种成分的量 [J]. 中草药, 2014, 45(16): 2400-2403.
- [4] Zheng Q X, Wu H F, Guo J, *et al.* Review of rhubarbs: chemistry and pharmacology [J]. *Chin Herb Med*, 2013, 5(1): 9-32.
- [5] 黄 剑, 邓良基, 范巧佳, 等. 掌叶大黄叶资源的开发与利用 [J]. 中国资源综合利用, 2004, 23(7): 15-17.
- [6] 熊辉岩, 张晓峰, 谭大风, 等. 大黄属三种植物不同部分提取物清除羟基自由基的体外实验研究 [J]. 食品科学, 2003, 24(1): 128-130.
- [7] 吕洁丽, 陈红丽, 段金廛, 等. 不同加工方法对当归多糖的影响 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(7): 846-849.
- [8] 任 浩, 宿树兰, 管汉亮, 等. 银杏花粉中核苷、氨基酸及无机元素的成分分析 [J]. 中草药, 2014, 45(19): 2839-2843.
- [9] 段金廛, 宿树兰, 钱大玮, 等. 中药资源化学研究思路方法与进展 [J]. 中国天然药物, 2009, 7(5): 333-340.
- [10] 段金廛. 中药资源化学研究技术体系的建立及其应用 [J]. 中国药科大学学报, 2012, 43(4): 289-292.
- [11] Chang C H, Lin C C, Yang J J, *et al.* Anti-inflammatory effects of emodin from *Ventilago leiocarpa* [J]. *Am J Chin Med*, 1996, 24(2): 139-142.
- [12] Chen R, Zhang J M, Hu Y Y, *et al.* Potential antineoplastic effects of aloe-emodin: A comprehensive review [J]. *Am J Chin Med*, 2014, 42: 275-288.
- [13] 林文琴, 杨 潇, 荆 河, 等. 大黄素对肝移植排斥反应相关细胞因子的影响 [J]. 中草药, 2008, 39(12): 1853-1855.
- [14] 笪红远, 曾 文, 江振洲, 等. 大黄酸对小鼠淋巴瘤 L5178Y 细胞 TK 基因的致突变作用 [J]. 中草药, 2008, 39(12): 1858-1860.
- [15] 蒋 滢, 马建民, 徐 颖, 等. 大黄多糖分离纯化及其功能的研究 (I) [J]. 药物生物技术, 2002, 9(6): 330-333.
- [16] 苗明三, 苗艳艳. 大黄多糖对衰老模型小鼠胸腺、脾脏影响的病理观察 [J]. 中华实用中西医杂志, 2004, 4(17): 146-147.
- [17] 姚广涛, 张冰冰, 何丽君, 等. 掌叶大黄多糖抗氧化作用的实验研究 [J]. 中医药学刊, 2004, 22(7): 1295-1311.
- [18] 李会会, 胡娜平, 刘美佑, 等. 大黄酸和羟基红花黄色素 A 单用及配伍对慢性肾病的保护作用研究 [J]. 药物评价研究, 2015, 38(6): 607-611.
- [19] 李道中. 掌叶大黄多糖对高血糖小鼠及正常小鼠的降糖作用 [J]. 中国医院药学杂志, 2007, 27(3): 309-310.