

大黄产业化过程废弃物的资源价值发现与利用探讨

张文广¹, 贾春艳¹, 王丹¹, 张云鹤¹, 苗小楼², 冯银平¹, 帖晓燕¹, 胡芳弟³, 李芸^{1*}

(1. 甘肃中医药大学, 兰州 730000;

2. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 兰州 730050; 3. 兰州大学, 兰州 730000)

[摘要] 中药废弃物的循环再利用是当前中药资源产业化过程中亟待解决的重要研究课题。大黄作为我国传统大宗中药材,主要来源于掌叶大黄、唐古特大黄和药用大黄。目前,3种大黄均已实现规模化栽培,广泛应用于医药、保健、食品、化妆品和兽药等领域,年需求量达5 500余吨(1吨=1 000 kg)。然而,在生产及深加工过程中产生的大量非药用部位和药渣等废弃物,因无有效利用途径而废弃,造成了严重的资源浪费和环境污染。大黄非药用部位有类似于根及根茎的化学成分和药理作用,还富含多种氨基酸、矿物质元素和常规营养成分,且使用历史悠久,某些资源性成分含量较根及根茎高,尤其是大黄茎叶安全性高、药食用价值潜力巨大;大黄药渣蒽醌类成分含量较高,具有良好的抗菌活性。可见,大黄产业化过程废弃物具有较高的利用价值。鉴于此,笔者在查阅国内外相关文献和产地应用调研的基础上,对大黄药用部位和非药用部位的利用状况进行总结,对其产业化过程废弃物的产生及其资源性物质和利用途径进行综述,并提出大黄废弃物多层次和多途径的资源化利用策略,以为大黄资源的合理开发和应用提供参考,促进大黄废弃物的有效利用和绿色发展。

[关键词] 大黄; 非药用部位; 药渣; 废弃物; 资源价值; 资源化利用

[中图分类号] R284.2;R289;R22;R2-031;R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2021)21-0214-09

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20211317

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20210914.1417.002.html>

[网络出版日期] 2021-09-14 16:42

Resource Value Discovery and Utilization of Wastes in Industrialization of Rhei Radix et Rhizoma

ZHANG Wen-guang¹, JIA Chun-yan¹, WANG Dan¹, ZHANG Yun-he¹, MIAO Xiao-lou², FENG Yin-ping¹,
TIE Xiao-yan¹, HU Fang-di³, LI Yun^{1*}

(1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Institute of Husbandry and Pharmaceutical Sciences of Chinese Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou 730050, China; 3. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] The recycling of traditional Chinese medicine (TCM) wastes is an important research topic to be solved urgently in the industrialization of TCM resources. Rhei Radix et Rhizoma is a bulk Chinese herb mainly derived from *Rheum palmatum*, *R. tanguticum*, and *R. officinale*. At present, these three medicinal plants have been cultivated on a large scale and widely used in the fields of medicine, health care, food, cosmetics, and veterinary medicine, with an annual demand of more than 5 500 tons (1 ton=1 000 kg). However, a large number of wastes such as non-medicinal parts and residues produced in the production and deep processing are discarded because there is no effective way of utilization, resulting in serious waste of resources and environmental pollution. The non-medicinal parts contain not only the chemical components and pharmacological effects similar

[收稿日期] 20210804(024)

[基金项目] 全国中药特色技术传承人才培养项目(T20184828005);甘肃省高等学校产业支撑引导项目(2020C-26);甘肃省中医药管理局科研课题(GZK-2018-6)

[第一作者] 张文广,在读硕士,从事中药炮制与制药工艺研究,E-mail:2573059502@qq.com

[通信作者] *李芸,博士生导师,教授,从事中药化学成分分离分析、中药加工炮制工艺研究与中药大健康产品开发,E-mail:liyun-herb@163.com

to those of roots and rhizomes but also a variety of amino acids, mineral elements, and conventional nutrients. They have a long history of use, and the content of some resource components is higher than that in roots and rhizomes. In particular, their stems and leaves exhibit great potential to be consumed as food and medicine due to high safety. Besides, the content of anthraquinones in Rhei Radix et Rhizoma residue is high and it possesses good antibacterial activity. It can be seen that the waste from the industrialization of Rhei Radix et Rhizoma has high utilization value. Hence, based on the relevant literature and investigation on the application of producing areas in China and abroad, the paper summarized the utilization status of their medicinal and non-medicinal parts, the waste production in the industrialization, as well as the active substances and utilization ways and put forward the multi-level and multi-path utilization strategy of Rhei Radix et Rhizoma wastes, in order to provide reference for the rational development and application of Rhei Radix et Rhizoma resources and promote the effective utilization and green development of the corresponding wastes.

[Keywords] Rhei Radix et Rhizoma; non-medicinal parts; medicinal residue; waste; resource value; resource utilization

中药产业作为我国生物医药产业的重要组成部分,对经济发展有着重要意义。近年来,政府加大扶植中药产业的力度,重视和鼓励中药产业的发展,全国中药产业生产总值不断增长,中药产业形成了规模发展的态势^[1]。现今发现的中草药资源已达12 807种,其中药用植物11 146种,我国300余种常用中药种植面积已达 $4.67 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[2]。然而,在中药产业飞速发展的同时,中药在原料生产、加工、制造过程中不可避免地产生大量废弃物。因此,综合提升中药废弃物的资源利用率,发展低碳、环保的循环经济,是衡量一个国家及其行业科学技术、生产力水平高低的重要标志,也是关系到国家经济社会与生态环境健康可持续发展的重大战略问题^[3]。据统计,中药制药等深加工产业过程消耗药材量约 8.5×10^8 吨(1吨=1 000 kg),每年直接产生非药用部位、废渣等中药废弃物高达数百万吨,这些废弃物富含丰富的蛋白质、氨基酸、微量元素以及粗纤维等成分,是一类典型的生物质,具资源量丰富、低成本、可利用等特点^[2]。目前,除焚烧、堆放及填埋等简单技术处理中药固体废弃物外,还采用了以热化学转化、生化转化为主的新型先进技术,已将中药废弃物应用于能源、材料、化学品等资源产品的开发研究,在工业化应用中前景广阔^[4]。

大黄作为我国传统大宗中药材,主要来源于大黄属植物掌叶大黄 *Rheum palmatum*, 唐古特大黄 *R. tanguticum* 和药用大黄 *R. officinale* 的干燥根及根茎,具泻下攻积、清热泻火、凉血解毒、逐瘀通经、利湿退黄之功效^[5],广泛用于医药、保健、食品、化妆品和兽药等领域,年需求量达5 500余吨^[6],其供给主要依赖人工种植。目前,2020年版《中华人民共和

国药典》(以下简称《中国药典》)收录的3种大黄均已实现规模化栽培。然而,在种植、产地加工和制药过程中产生的非药用部位和药渣等废弃物资源量巨大,因无有效利用途径而废弃,造成资源浪费和环境污染严重。随着中药非药用部位和药渣综合开发利用研究的不断深入,大黄非药用部位也被证明含类似于根及根茎的化学成分和药理作用^[7-10],还富含多种氨基酸、矿物质元素和常规营养成分^[11-13];大黄药渣中蒽醌类成分含量较高,且具有良好的抗菌活性^[14-15]。可见,大黄产业化过程废弃物具有较高的利用价值,但还是缺少研究者们广泛关注 and 深入研究。因此,笔者主要结合3种正品大黄资源利用状况,对其产业化过程废弃物的产生及资源性物质和利用途径进行总结分析,并提出资源化利用策略,以期为大黄废弃物的进一步研究和综合开发利用提供参考。

1 大黄资源利用状况

1.1 传统药用部位的利用 药智网(<https://www.yaozh.com/>)是集药智数据、药智咨询、药智传媒、产业生态云集和解决方案专家于一体的健康产业大数据服务与赋能平台。其中,药智数据面向全球汇集信息,整合亚、欧、美主要经济体的医药情报资源,涵盖医药全产业链的100余个专业数据库集群,是国内医药数据库专家,提供权威专业的数据库查询和数据库定制服务。登录药智数据(<https://db.yaozh.com/>),以大黄为关键词,检索到以其为原料应用于各领域的数据库具体见表1。大黄的开发利用主要是用于临床配伍、药品、兽药、保健品及化妆品等领域,相关产品种类丰富。值得注意的是,掌叶大黄叶柄提取物已开发作为化妆品原料使用。

表1 药智网检索到以大黄为原料在各领域的应用

Table 1 Drug intelligence network retrieves the application of Rhei Radix et Rhizoma as raw material in various fields

应用领域	数量/条	代表产品
中成药	807	千斤肾安宁胶囊、大黄利胆胶囊、大黄清胃丸、九制大黄丸、京制牛黄解毒丸、上清片、黄疸茵陈颗粒
中药方剂	2 527	大(小)承气汤、大黄牡丹汤、三化汤、大黄附子汤、大黄黄连泻心汤、三物备急丸
国产药品	206	大黄廋虫丸、大黄碳酸氢钠片、大黄利胆片、大黄通便颗粒、小儿大黄碳酸氢钠片
国产保健食品	69	夏都牧童牌大黄茶、奇正牌荷叶肉碱胶囊、宝雪康牌曲楂胶囊、宁红牌一杯清颗粒、东星牌灵芝益甘粉剂
化妆品原料	12	掌叶大黄根或叶柄提取物、唐古特大黄及药用大黄提取物
兽药产品	784	大黄芩蓝散、大黄五倍子散、大黄解毒散、大黄流浸膏、大黄末

1.2 非药用部位的利用

1.2.1 文献记载 诸多中医药书籍记载了大黄非药用部位的使用,见表2。此外,有文献称《四部医典》和《妙音本草》记载了我国西藏、四川、青海、甘肃等地区的群众,不但以大黄根作为药材,还使用大黄属植物地上部分叶柄(味酸,多汁)和幼嫩茎叶(称为“秋久”)用来解渴、除翳等^[16];乾隆末期至民国时期,“番人以大黄叶晒干以代烟,吸之以代大黄,亦所食皆牛羊乳酪,吸此可食火耳”,可看出藏人有吸食大黄烟的习俗,一是因大黄叶具辛辣味,确与烟类似,二是以代替大黄泻火^[17]。以上结果表明,大黄非药用部位使用历史悠久,古代典籍记载大黄茎味酸,即可食用,也可药用,提醒多食不利

人,多用于治疗“培根”寒症,胃肠道疾病等。但关于其药性记载不一致,唐代《新修本草》记载其“解热”,可判断为寒性;藏医典籍《晶珠本草》记载“大黄茎叶性温,治培根寒症”,与文献记载藏人吸食大黄叶以代大黄泻火相悖。两书均是具权威性的中医药典籍,可能是使用大黄茎时所遵循的理论存在各自特色,因此所载药性存在出入,在后续研究中有待进一步验证。现代书籍也记载了大黄茎叶的使用,所述与古籍记载的味酸、解热、治疗“培根”病相一致,同时还多了治疗实热便秘、狐臭、癫痫等疾病和大黄的干燥支根及主根(直径小于3 cm)俗称水根,作为一种商品大黄规格在市场上流通的内容。

表2 中医药书籍中有关大黄非药用部位使用的记载

Table 2 Records of use of non-medicinal parts of Rhei Radix et Rhizoma in traditional Chinese medicine books

书籍名称	记载内容	文献
《新修本草》	大黄茎味酸,堪生啖,亦以解热,多食不利人	[18]
《本草纲目》	大黄茎高六、七尺而脆,味酸堪生啖,叶粗长而浓	[19]
《四部医典》	亚大黄叶等用水浸泡后煎煮,热敷,能医治木布病与脏腑绞痛合并者,中毒者和胃瘀血;大黄叶可治紫症肠溃瘍病	[20]
《晶珠本草》	大黄(君札)叶、茎性温,治培根寒证	[21]
《中华藏本草》	大黄茎和叶治“培根”寒证	[22]
《镇原县志》	大黄(辑志)邑中多圃种,茎肥可生啖	[23]
《中国医学大辞典》	大黄茎通大便,清肠热	[24]
《甘肃中草药资源志》	大黄茎,苦、酸,寒。泻火,通便。用于实热便秘	[25]
《甘肃省中药材标准》	历史上甘肃省大部分产区,习惯将大黄的干燥支根及主根(直径小于3 cm)称为水根,具泻热通肠,凉血解毒之功效,为商品大黄规格之一,甘肃省年产量大,不但供应本省医药市场,而且外调	[26]
《药到病除——民间土单验方精选》	鲜大黄茎叶适量,捣烂绞汁涂腋下,每天1~2次,可治狐臭	[27]
《癫痫综合防病》	大黄茎适量,研成细末。每次5~10 g,每日3次,长期服用。适用于各型癫痫	[28]

1.2.2 产地应用调研 本课题组调研发现,甘肃产大黄地上部分资源量巨大,造成环境负担非常严重;甘肃永登,大黄地上部分被大量出售至敦煌,当地人供骆驼饲用时发现,对于流鼻血的骆驼有很好的治疗效果;甘肃甘南的牧民发现牛羊在饲用大黄

地上部分时,更多的是去食唐古特大黄和掌叶大黄,而很少食药大黄,可能是因口感不同而致;甘肃礼县、岷县地区有食用大黄嫩茎及叶柄的习惯,更值得一提的是,在农贸市场、水果店,大黄嫩茎与蔬菜水果一起售卖,味酸爽口,且受孕妇青睐,多为

掌叶大黄和唐古特大黄。其中甘肃民间食用大黄嫩茎和叶柄的习惯与文献记载一致,其他调查结果有待进一步研究与验证。

综上所述,目前对于大黄资源的开发利用仍以其根及根茎为主,水根亦有应用。从文献和实际调研中发现,大黄非药用部位使用历史悠久,尤其是茎叶,有食药用历史,民间更是有食用的习惯。但多年来受传统用药习惯影响,这些资源一直得不到广泛关注,不仅未产生应有的价值,反而给种植户带来了处理负担,附加值极低。因此,加快大黄非

药用部位药食用价值的研究利用,尤其是大黄茎叶的食用价值,对于其综合开发具有重要意义。

2 大黄产业化过程废弃物的产生及其资源性物质

2.1 种植过程 大黄为多年生宿根草本植物,一般栽培品生长期达3年后,才能采收根及根茎。然而占全草1/2的地上部分(茎、叶、花序、种子)常被丢弃。目前,大黄地上部分研究主要集中在茎叶,已从药用大黄茎叶中分离得到40余种化合物,主要为蒽醌类和黄酮类^[7-9]。此外,研究表明大黄地上部分有些资源性物质含量较根及根茎高,见表3。

表3 大黄地上部分较根及根茎含量高的资源性物质

Table 3 Resource substances with higher contents in the upper part of Rhei Radix et Rhizoma than in roots and rhizomes

部位	资源性物质	参考文献
茎	大黄素含量较高	[29]
叶片及叶柄	大黄素,大黄素甲醚,芦荟大黄素,大黄素-8-O-葡萄糖苷,没食子酸,番泻苷B,常规营养成分、多种氨基酸和矿物质元素	[11,29-32]
花序	大黄素,芦荟大黄素,番泻苷A(B)	[32]
种子	大黄酚	[29,33]

2.1.1 茎 不每年春季茎出土生长、秋季自然枯萎。除留种外,通常在生长初期将其(花茎)除去,此时幼嫩多汁、味酸爽口,被任意丢弃,利用效率低。研究表明,大黄茎含蒽醌类、蒽酮类^[7-8]、鞣质类^[34]及多糖类^[29,35-36],不同年限及品种所含资源性物质含量有差异,总体表现出大黄素含量较高。大黄茎使用历史悠久,但药食用物质基础和治疗疾病的作用机制等研究甚少。后续研究还有待进一步加强。

2.1.2 叶片及叶柄 每年6~7月为叶茂期,叶片繁茂,叶柄发达。部分基生叶和茎生叶会在种植生产中除去而被丢弃。研究表明,掌叶大黄叶除含蒽醌类外,还含有甾苷体、内酯、有机酸、香豆精及其苷类、酚类及鞣质类等化学成分,叶片及叶柄粗蛋白含量分别为0.571 2%,1.896%(干重),还富含16种氨基酸,必需氨基酸所占比例较高^[12];三年生掌叶大黄叶片芦荟大黄素,四年生没食子酸、番泻苷B,五年生大黄素-8-O-葡萄糖苷,药用大黄叶片大黄素甲醚含量均与根相当或较根茎高^[30-31]。栽培掌叶大黄叶片结合蒽醌总量均高于地上其他部位,以大黄素最高^[29];掌叶大黄叶片大黄素为根的5倍,芦荟大黄素和大黄酸含量约为根的1/5和1/2,叶片和叶柄可溶性多糖质量分数分别为5.76%~7.63%和3.50%~5.72%,纤维素质量分数分别为15.54%和10.20%,叶中Na,Mg,K,Ca,Al,Fe等元素含量均为主根的数倍^[11];唐古特大黄叶芦荟大黄素、番泻苷A

和番泻苷B含量均比根茎高^[32];唐古特大黄叶游离蒽醌含量高于其他部分,以大黄素最高,叶柄总糖、蛋白质、粗纤维和粗脂肪含量分别为18.96%,5.84%,14.86%,0.59%(干重),维生素C质量分数为0.129 1 mg·g⁻¹(干重),有机酸含量较高,主要为苹果酸(77.047 2 mg·g⁻¹),草酸含量较常见蔬菜水果高,富含18种氨基酸和多种人体必需矿物质元素,钾含量更是超过了66种常用新鲜蔬菜矿质营养素含量^[13,37]。药用大黄叶茂期蒽醌含量最低,鞣质含量最高,果期蒽醌含量最高,鞣质含量最低,为确定其最佳采收期提供了参考^[34]。此外,本课题组研究发现,掌叶大黄叶柄主要成分为有机酸及其酯类,可能为叶柄的主要呈味物质,与典籍记载“味酸”相一致。

综上所述,大黄叶含类似于根及根茎的化学成分,其中尤以大黄素、番泻苷B和没食子酸等的含量较根及根茎高。大黄素具抗癌症^[38-39]、保护肝脏^[40]等功能。番泻苷A,B广泛用于泻下药品和减肥类保健品^[41]。没食子酸对心血管系统、神经系统、糖尿病等都有防治作用^[42]。此外,大黄叶还富含多种氨基酸、矿物质元素和常规营养成分,且民间有食用叶柄的习惯。氨基酸在能量代谢、基因表达和脂质转运中发挥着重要作用^[43]。因此,大黄叶,尤其是叶柄在医药、保健、食品等领域前景广阔,值得更深入的开发利用。

2.1.3 花序及种子 每年5~7月为花期,7~9月为果期,花序通常会随大黄嫩茎的摘除而一同除去,种子除育苗生产外,常被丢弃。研究表明,大黄花序和种子均含五种代表性游离蒽醌和番泻苷类,其中花序大黄素、芦荟大黄素和番泻苷A、B含量均比根及根茎高^[32],种子蒽醌含量显著高于地上其他部位,尤以大黄酚最高^[29,33]。大黄酚可改善学习认知功能障碍,临床广泛用于保护神经^[44-45]。此外,种子中含有丰富的蛋白质、多糖和淀粉^[46]。本课题组研究发现,大黄花中蛋白质含量丰富,较其他部位高,且含有花色素,具较强的体外抗氧化活性。因此,花序和种子具有开发为药品、天然抗氧化剂、食品添加剂的潜在价值。

2.2 产地加工过程 大黄产地加工过程会除去大量的根头、支根、细根及根皮等,只有部分支根及主根(直径小于3 cm)俗称水根,流通于市场,用于兽药原料或提取活性物质,其余均被丢弃。研究表明,掌叶大黄支根和根皮中4种游离蒽醌成分含量高于主根^[11];栽培掌叶大黄须根游离蒽醌总量高于其他部位,以大黄酚最高^[29,33]。此外,水根中蒽醌含量基本能达到2020年版《中国药典》要求,且某些产区的水根蒽醌含量显著高于根及根茎,可能是与水根韧皮部所占比例较大有关^[47-49]。因此,大黄水根、根皮等仍具较高的药用价值,为保证大黄质量的同时减少资源浪费,大黄产地加工方式的科学性还有待商榷。

2.3 制药过程 中药制药过程中大黄主要用水或低浓度的乙醇等作为提取溶媒,产生的药渣以填埋和焚烧等简单方式处理为主,不但浪费资源而且污染环境。因中药提取方法或溶媒的局限性,均不能完全提出所有的活性成分,药渣一般都含有纤维素、木质素、粗蛋白、氨基酸、维生素、萜类等物质^[50]。研究表明,大黄经水或50%乙醇提取后,药渣中未被提取的总蒽醌分别高达70.07%,33.41%,且经水提后的药渣对多种菌有较好的抑制效果^[14]。掌叶大黄水提残渣经超声辅助提取法可有效提取到5种蒽醌类化合物,且大黄酸对灰霉病菌的抑菌活性最强,可作为替代、环境友好的生物杀菌剂^[15]。因此,大黄药渣在工业、农业及畜牧业等领域仍有很好的利用价值。

3 大黄产业化过程废弃物的利用途径

3.1 大黄地上部分利用途径

3.1.1 加强茎叶药食用价值挖掘 目前3种大黄地上部分化学成分已与传统入药部位进行了对比研究,结果表明,所含化学成分类似,且各组织器官中

某些化学成分含量较根及根茎高,尤其是大黄叶片和叶柄还富含多种氨基酸、矿物质元素、有机酸类和常规营养成分,在一定程度上解释了民间使用的合理性,为其食用和药用创造了可能性,但关于大黄茎在中医药书籍记载和实际调研中可食药用的物质基础研究还有待加强。此外,研究表明药用大黄茎叶具泻下、止血、抗炎和抗氧化等药理作用,其中茎叶提取物可在一定程度上导致小鼠腹泻,缩短正常及实热模型小鼠首次排黑便时间并增加排便数量,与书籍中记载“通大便,清肠热,用于实热便秘”相一致;药用大黄叶柄、叶片醇提水沉液具明显止血作用,叶柄低剂量作用最为明显,相当或略优于阳性组与大黄组,可初步解释调查中发现治疗流鼻血的骆驼效果很好的现象^[8,10]。唐古特大黄地上部分、叶柄和茎分别具抗氧化、抗炎和降血脂作用^[51-53]。但针对掌叶大黄茎叶的药效学评价和大黄茎治疗狐臭、癫痫等疾病的研究尚未见文献报道,后期有待加强。

3.1.2 安全性评价 大黄非药用部位安全性评价,可为后期产品开发提供科学依据。目前,已有研究者对药用大黄茎叶和唐古特大黄基生叶柄提取物进行了毒性试验,结果表明两者均为安全性物质^[8,54]。此外,本课题组研究表明,掌叶大黄茎水提物安全剂量大,无明显毒副作用,短期内服用无损伤,安全性较高,在一定的可食用安全范围。针对孕妇食用大黄嫩茎,其生殖毒性还有待探究。

3.1.3 以活性为导向开发系列产品 目前,大黄地上部分有应用于化妆品、保健品、食品、药用的研究,见表4。首先,大黄嫩茎和叶柄食药用历史悠久,且安全性高,因此可用于食品、保健品和药品开发,如开发为果酱、蜜饯、罐头、饮料、果酒等休闲产品和其他功能产品等;药效研究显示大黄茎在高血脂的预防和治疗方面具很好的研究和利用价值,后期可将其开发为减肥降脂产品;大黄叶柄是否存在止血的特殊活性成分与机制,有待进一步研究与验证,开发成为止血类药物的替代治疗剂。花富含花色素类物质,且体外抗氧化活性较强,可作为化妆品原料,制成口红、洁面乳等日化产品;种子油脂类成分的研究有待加强,尤其是防治心脑血管疾病、调节免疫力的不饱和脂肪酸类物质,进而开发为产品。其次,各组织器官可替代大黄药材提取和分离化学物质,降低成本,提高其资源利用效率;地上部分因含纤维素类及营养成分多,可用于造纸、制备纤维素酶、工业乙醇、生物炭和饲料添加等。

表4 大黄地上部分的应用

Table 4 Application of aboveground part of Rhei Radix et Rhizoma

编号	应用领域	名称	原料	信息来源
1	化妆品	化妆品原料	掌叶大黄叶柄提取物	药智网
2	保健品	“丽人茶”颗粒剂、“排毒消脂”饮料、“排毒消脂”含片	青海野生唐古特大黄地上部分	[55]
3	食品	一种大黄降脂减肥茶饮品及其制备方法	唐古特大黄叶柄	[56]
4	食品	一种大黄茎发酵饮料的制备方法	唐古特大黄茎	[57]
5	药用	唐古特大黄茎降血脂颗粒	唐古特大黄茎	[51]
6	药用	大黄地上部分提取物及其提取纯化方法和用途	药用大黄地上部分	[58]
7	药用	一种来源于大黄非药用部位的活性提取物及其应用	大黄地上部分	[59]

3.2 大黄根头、支根、根皮及细根利用途径 针对该类资源的利用,首先,商榷大黄产地加工技术科学性迫在眉睫。其次,回收该资源,代替药材提取蒽醌类等化合物,并深入研究,有望成为开发新药的先导化合物。药效研究显示水根具有一定的抑菌活性^[60]和泻下作用^[61],可开发为抗菌剂、牙膏、洗

手液和减肥茶等产品。此外,作为大黄色素的提取原料,用于纺织业领域^[62];也可跟目前的研究热点结合,用于替代抗生素饲用产品的开发^[63]。

3.3 大黄药渣利用途径 目前,大黄药渣利用大致涉及畜禽饲料、有机肥和活性炭等领域,使用效果多种多样,见表5。

表5 大黄药渣资源化利用领域

Table 5 Field of resource utilization of Rhei Radix et Rhizoma residue

应用领域	研究内容	使用效果	参考文献
畜禽饲料	畜禽用中药渣发酵饲料及其制备方法	可为畜禽清热解毒	[64]
有机肥	蔬菜种植土壤调节剂	提高土壤肥力,改良土壤,提高作物产量及质量	[65]
	无花果种植有机复合肥及其制备方法	利于无花果的生长	[66]
	具防虫功能的生物有机肥的制备方法	防治土传病害	[67]
	用于兰花的有机肥料	促进根部生长,提高增长率	[68]
	发酵生态环保有机肥及其制备方法	提高作物产量、对环境无污染	[69]
	油菜秆发酵有机肥及其制备方法	提高农作物的抗病能力	[70]
	防玉米茎腐病有机肥及制法	可改良土壤、防治玉米茎腐病、促进植物生长	[71]
活性炭	制备超级活性炭	用于苯酚污染水体的修复	[72]

此外,大黄药渣具明显的抑菌作用^[14];优化后的大黄药渣培养基可明显提高毛云芝菌产酶能力及漆酶活性^[50];还可利用膜分离、热化学转化及生化转化等新型处理技术,再提取有效成分、作为生物油、燃料、生物炭、重金属吸附剂、有机肥替代品、替抗饲用产品、化学药品等的原料。

综上所述,目前大黄废弃物资源化利用和产业化开发并未形成规模,需要更为深入的系统研究。依据段金廛教授团队所创建的“三大利用策略”和“三类资源化模式”体系^[73],笔者结合废弃物各自特点,围绕制剂、日化、保健、饲料、肥料及工业原料等资源性产品开发,提出了大黄废弃物多层次和多途径的资源化利用策略,见图1。大黄废弃物资源量巨大,给种植户和企业带来处理负担严重,因此回收可行性高,并通过粗放低值化、转化增值化和精

细高值化利用模式,采用各种技术,通过提取纯化其中的资源性物质,以活性为导向,开发为各种资源性产品。

4 小结与展望

大黄非药用部位使用历史悠久,但多年来受传统用药习惯影响,常被丢弃,附加值极低。随着近年来相关化学成分和药理作用研究的不断深入,其食药价值逐渐被挖掘,并研制出了相关产品。同属植物食用大黄的嫩茎和叶柄早在19世纪欧美地区,就作为蔬菜广泛食用,至今美国还保留有“大黄节”盛会^[74],且研究表明食用大黄与掌叶大黄亲缘关系最近,可见掌叶大黄嫩茎和叶柄具有作为食品的潜在价值^[75]。但由于大黄地上部分还未被各省食品地方标准所收载,也未被《中国药典》收载,即使相关产品上市销售,也不符合国家相关规定。因

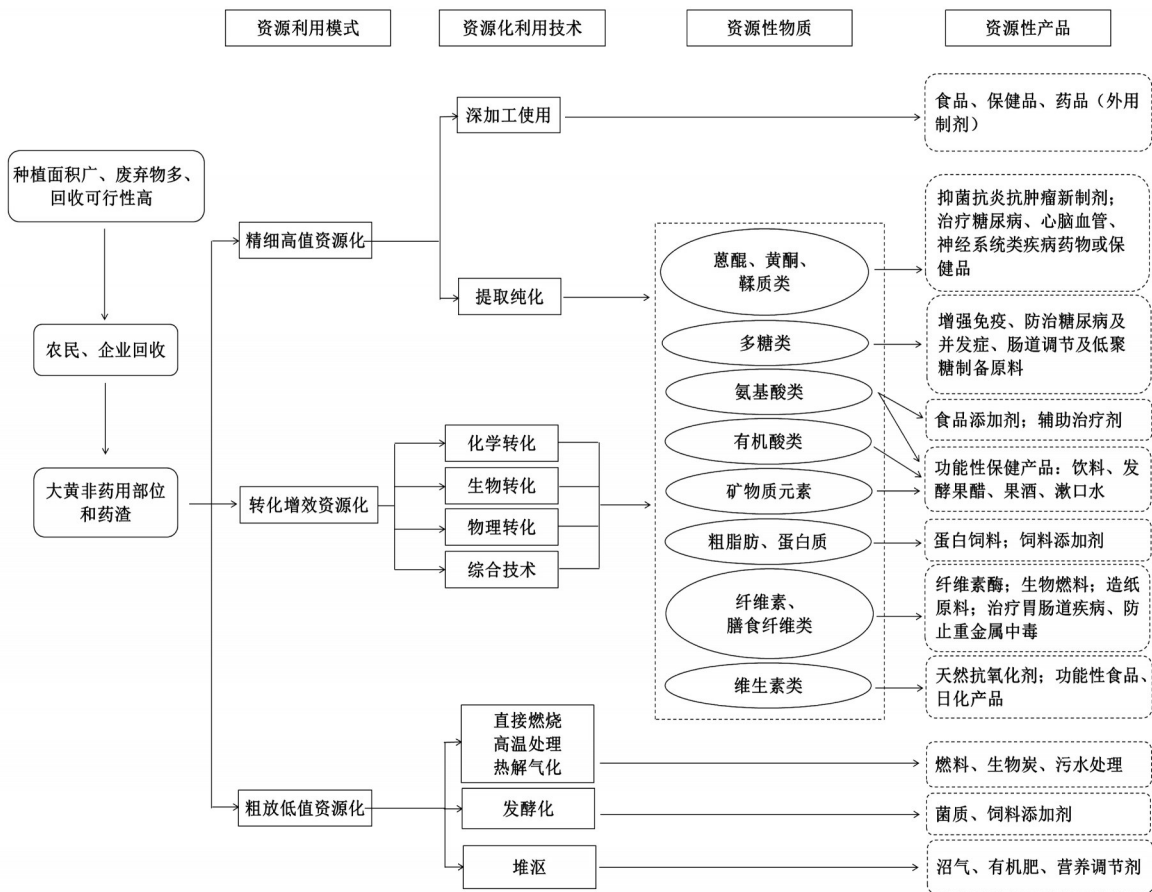


图1 大黄废弃物多层次和多途径的资源化利用策略

Fig. 1 Multi-level and multi-way resource utilization strategy of Rhei Radix et Rhizoma medicinal plant waste

此,当务之急是按照各省食品安全地方标准管理办法或国家卫计委颁布的《新食品原料安全性审查管理办法》,围绕其食用历史、毒理学评价、安全性评估等方面开展系统研究,使之早日进入省级食品安全地方标准或国家新食品原料目录,为其产品开发打开政策大门。同时,大黄非药用部位在止血、抗炎、抑菌、降血脂等方面的研究具有一定意义,其茎叶治疗狐臭、癫痫、胃肠道等疾病的作用机制及生殖毒性还有待挖掘;大黄产地加工方式的科学性有待商榷;大黄水根、须根、根皮和药渣等废弃物用于替抗饲用添加剂前景广阔。

此外,已有研究者对掌叶大黄和药用大黄叶进行了生药学研究^[10,76];可对其质量标准建立提供参考。后期仍需围绕大黄非药用部位的食药价值及药效学、安全性评价、质量标准建立、基本产品开发、新资源食品申报等方面加强研究,将对于提升大黄废弃物利用效率和延伸大黄产业链具有重要意义。

【利益冲突】 本文不存在任何利益冲突。

【参考文献】

[1] 李杨,曾旭,陈娟,等. 食用菌对中药废弃物的转化利用研究进展[J]. 食用菌学报,2021,28(2):123-129.
 [2] 龙旭,郭惠,靳如意,等. 中药固体废弃物的热解气化技术利用策略[J]. 中国中药杂志,2021, doi: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20210429.601.
 [3] 段金廛,宿树兰,郭盛,等. 中药废弃物的转化增效资源化模式及其研究与实践[J]. 中国中药杂志,2013, 38(23):3991-3996.
 [4] HUANG C, LI Z X, WU Y, et al. Treatment and bioresources utilization of traditional Chinese medicinal herb residues: recent technological advances and industrial prospect [J]. J Environ Manage, 2021,299.
 [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
 [6] 陈艳琰,唐于平,陈嘉倩,等. 大黄资源化学研究进展与利用策略[J]. 中草药,2018,49(21):5170-5178.
 [7] 戚婧. 药用大黄地上部分化学成分及生物活性研究[D]. 北京:中国中医科学院,2017.
 [8] 童婷婷. 药用大黄茎叶化学成分及提取物的研究[D]. 成都:成都中医药大学,2013.

- [9] 谭玉柱. 中药大黄地上部位开发利用研究[D]. 成都:成都中医药大学,2012.
- [10] 兰志琼. 川产药用大黄叶的生药学研究[D]. 成都:成都中医药大学,2005.
- [11] 刘杰,刘培,郭盛,等. 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[J]. 中草药,2017,48(3):567-572.
- [12] 黄剑,刘卫国,范巧佳,等. 掌叶大黄叶资源的开发与利用[J]. 资源开发与市场,2004,20(4):271-272.
- [13] 熊辉岩,张晓峰. 唐古特大黄叶柄的营养成分分析[J]. 天然产物研究与开发,2003,15(6):515-517.
- [14] 戴碧鑫,董碧莲,蔡延渠,等. 大黄原药材、药渣的总蒽醌含量测定及体外抗菌活性研究[J]. 亚太传统医药,2020,16(8):20-24.
- [15] DAI X, LI J C, MIAO X L, et al. Ultrasound-assisted extraction of five anthraquinones from *Rheum palmatum* water extract residues and the antimicrobial activities[J]. Ind Crops Prod, 2021, 162: 113288.
- [16] 熊辉岩,王振辉,杨淳斌,等. 大黄属植物资源及其地上生物资源的开发利用简述[J]. 青海科技,2003(5):29-31.
- [17] 林日杖. 何为大黄?——全球流动、历史演进与形象变迁[J]. 福建师范大学学报:哲学社会科学版,2020(1):160-170.
- [18] 苏敬. 新修本草[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1981.
- [19] 李时珍. 本草纲目[M]. 金陵版排印本. 王育杰,整理. 北京:人民卫生出版社,2004.
- [20] 宇妥·元丹贡布. 四部医典[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
- [21] 帝玛尔·丹增彭措著. 晶珠本草[M]. 上海:上海科学技术出版社,2012.
- [22] 罗达尚. 中华藏本草[M]. 北京:民族出版社,1997.
- [23] 李从图. 镇原县志:卷十一[M]. 刻本. 道光27年:22.
- [24] 谢观. 中国医学大辞典[M]. 北京:商务印书馆,1921.
- [25] 赵汝能. 甘肃中草药资源志:上册[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2003.
- [26] 甘肃省食品药品监督管理局. 甘肃省中药材标准[M]. 兰州:甘肃文化出版社,2009.
- [27] 赵玉玲. 药到病除——民间土单验方精选[M]. 北京:中国建材工业出版社,1999:4.
- [28] 刘梦华,毕建忠,贺迎昌. 癫痫综合防病[M]. 济南:山东科学技术出版社,2000.
- [29] 周浓,王光志,刘文燕. 栽培掌叶大黄不同部位中蒽醌类衍生物的含量分析[J]. 中药新药与临床药理,2012,23(6):670-675.
- [30] 李欢,黑小斌,李依民,等. HPLC分析不同年限药用大黄不同部位中10种成分的积累特征[J]. 中草药,2019,50(7):1690-1697.
- [31] 李欢,黑小斌,李依民,等. HPLC法分析不同年限及不同部位掌叶大黄9种成分的积累特征[J]. 天然产物研究与开发,2019,31(6):923-931.
- [32] 陈丽萍,李茂星,马幸福. HPLC同时测定唐古特大黄地上部分6种化学成分含量[J]. 中国中医药信息杂志,2017,24(10):76-80.
- [33] 邹亮,周浓,谢静,等. 栽培药用大黄不同部位中5种蒽醌类衍生物的含量分析[J]. 广东农业科学,2012,39(18):118-122.
- [34] 兰志琼,卢先明,蒋桂华. 药用大黄叶中蒽醌及鞣质类成分动态研究[J]. 时珍国医国药,2007,18(12):3068-3069.
- [35] 章英才. 掌叶大黄茎和叶多糖的贮藏分布特征[J]. 西北植物学报,2011,31(1):89-93.
- [36] 李瑞. 掌叶大黄多糖贮藏和分布特征的研究[D]. 宁夏:宁夏大学,2009.
- [37] 熊辉岩,张晓峰,王环,等. 大黄属3种大黄植物不同部分蒽醌含量的测定与比较[J]. 西北植物学报,2003,23(2):328-331.
- [38] YANG N, LI C, LI H, et al. Emodin induced SREB P1-dependent and SREBP1-independent apoptosis in hepatocellular carcinoma cells [J]. Front Pharmacol, 2019,10:709.
- [39] LI Z, LIN Y, ZHANG S, et al. Emodin regulates neutrophil phenotypes to prevent hypercoagulation and lung carcinogenesis [J]. J Transl Med, 2019, 17(1):90.
- [40] XIONG X L, DING Y, CHEN Z L, et al. Emodin rescues intrahepatic cholestasis via stimulating FXR/BSEP pathway in promoting the canalicular export of accumulated bile [J]. Front Pharmacol, 2019, (10):522.
- [41] 刁飞燕,谢强胜,吴晓云,等. 减肥类保健食品中番泻苷B、番泻苷A和大黄素甲醚的测定[J]. 卫生研究,2020,49(5):809-814.
- [42] 薛娜. 以中药单体没食子酸为基础的降糖超分子体系的筛选及评价[D]. 石家庄:河北医科大学,2019.
- [43] 殷骄阳,田书霞,夏亚飞,等. 血液中氨基酸含量测定方法的研究进展[J]. 中国医院药学杂志,2021,41(3):321-326.
- [44] YE T, LI X, ZHOU P, et al. Chrysophanol improves memory ability of D-galactose and $A\beta_{25-35}$ treated rat correlating with inhibiting tau hyperphosphorylation and the CaM-CaMKIV signal pathway in hippocampus [J]. 3 Biotech, 2020, 10(3):111.

- [45] CHU X, ZHOU S, SUN R, et al. Chrysophanol relieves cognition deficits and neuronal loss through inhibition of inflammation in diabetic mice[J]. *Neurochem Res*, 2018, 43(4):972-983.
- [46] 刘何春, 谭亮, 徐文华, 等. 大黄种子中蛋白质、多糖和淀粉含量的测定[J]. *光谱实验室*, 2013, 30(6):3114-3121.
- [47] 李士博, 丁永辉, 张伯崇. 甘肃栽培大黄的组织化学研究[J]. *西北药学杂志*, 2003, 18(4):154-155.
- [48] 李芸, 苗小楼, 吴平安, 等. 大黄不同品种不同产地加工品的蒽醌含量比较[J]. *药物分析杂志*, 2012, 32(12):2257-2261.
- [49] 何英梅, 贺军权, 马潇, 等. 不同商品规格的甘肃大黄的綜合质量考察[J]. *中国药事*, 2006, 20(10):621-623.
- [50] 岳鹏, 潘志恒, 孙勇民. 混料设计及响应面法优化大黄药渣固态发酵生产漆酶的工艺[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(2):121-128.
- [51] 马幸福. 唐古特大黄茎降血脂颗粒的制备、质量控制及初步药效学研究[D]. 宁夏:宁夏医科大学, 2018.
- [52] 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.
- [53] 熊辉岩, 张晓峰, 杨燕蕊. 青藏高原唐古特大黄地上部分提取物抗炎活性的研究[J]. *高原医学杂志*, 2002, 12(4):24-26.
- [54] 张晓峰, 沈建伟, 王环. 唐古特大黄地上部分提取物毒理学安全性研究[J]. *高原医学杂志*, 2006, 16(1):55-56.
- [55] 张晓峰. 青海野生唐古特大黄地上生物资源的可持续利用及产品开发生态研究[D]. 西宁:中国科学院西北高原生物研究所, 2003.
- [56] 中国科学院西北高原生物研究所. 一种大黄降脂减肥茶饮品及其制备方法:中国, CN201711330493.5 [P]. 2018-03-23.
- [57] 南京中医药大学. 一种大黄茎发酵饮料的制备方法:中国, CN201811250495.8 [P]. 2018-12-28.
- [58] 成都中医药大学. 大黄地上部分提取物及其提取纯化方法和用途:中国, CN201310075063.9 [P]. 2013-06-05.
- [59] 甘肃首曲药源中藏药材加工有限公司. 一种来源于大黄非药用部位的活性提取物及其应用:中国, CN201710930027.4 [P]. 2018-02-16.
- [60] 刘成松, 贺沙沙, 田涇. 对掌叶大黄水根提取物体外抗菌活性的初步研究[J]. *西部中医药*, 2020, 33(4):39-41.
- [61] 李傲, 王家葵, 孟宪丽. 掌叶大黄不同商品规格等级间泻下作用及组分含量的相关性分析[J]. *中国药房*, 2010, 21(43):4036-4038.
- [62] 焦林, 刘隽垚. 大黄提取液对天丝织物的染色[J]. *印染*, 2017, 43(6):28-31.
- [63] 郭盛, 段金廛, 赵明, 等. 基于药材生产与深加工过程非药用部位及副产物开发替代抗生素饲用产品的可行性分析与研究实践[J]. *中草药*, 2020, 51(11):2857-2862.
- [64] 四川御鼎堂中药饮片有限公司. 一种畜禽用中药渣发酵饲料及其制备方法:中国, CN201711251736.6 [P]. 2018-04-13.
- [65] 南京化学工业园环保产业协同创新有限公司. 一种蔬菜种植土壤调节剂:中国, CN201711298286.6 [P]. 2018-05-08.
- [66] 青岛海之星生物科技有限公司. 一种无花果种植有机复合肥料及其制备方法:中国, CN201610280538.1 [P]. 2016-09-07.
- [67] 安徽尊贵现代农业科技有限公司. 一种具有防虫功能的生物有机肥的制备方法:中国, CN201811556431.0 [P]. 2019-03-22.
- [68] 吴绍玲. 用于兰花的有机肥料:中国, CN201711103717.9 [P]. 2018-01-30.
- [69] 平凉锐博知识产权服务有限公司. 一种发酵生态环保有机肥料及其制备方法:中国, CN201611107097.1 [P]. 2017-05-31.
- [70] 哈尔滨市广元种植有限公司. 一种油菜秆发酵有机肥料及其制备方法:中国, CN201611137315.6 [P]. 2017-05-31.
- [71] 郭文英. 以中药药渣为原料制备的防玉米茎腐病有机肥料及制法:中国, CN201611168230.4 [P]. 2017-05-31.
- [72] 葛晓利, 钟永科. 大黄药渣制备超级活性炭[J]. *炭素技术*, 2014, 33(2):34-38, 58.
- [73] 段金廛, 宿树兰, 郭盛, 等. 中药资源产业化过程废弃物的产生及其利用策略与资源化模式[J]. *中草药*, 2013, 44(20):2787-2797.
- [74] 郑军华, 果德安. 大黄的现代研究[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2007.
- [75] 李楨. 不同品种大黄生物活性物质分析及其亲缘关系鉴定[D]. 成都:西华大学, 2016.
- [76] 周浓, 王光志, 刘智谋. 掌叶大黄叶的生药学研究[J]. *时珍国医国药*, 2013, 24(1):148-150.

[责任编辑 顾雪竹]