

Resources Utilization
of Chinese Herbal Medicine Wastes

中药废弃物的 资源化利用

段金廌 主编



化学工业出版社

Resources Utilization
of Chinese Herbal Medicine Wastes

中药废弃物的 资源化利用

段金廌 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中药废弃物的资源化利用/段金廛主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-122-19212-7

I. ①中… II. ①段… III. ①中药材-废物综合利用
IV. ①R282

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 290686 号

责任编辑: 傅四周
责任校对: 顾淑云

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 化学工业出版社印刷厂
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 33½ 字数 878 千字 2013 年 12 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 159.00 元

版权所有 违者必究

编写人员

主 编 段金廛

副主编 (按姓氏笔画排序)

成 俊	朱华旭	江 曙	汤卫国	吴启南	周嘉琳
赵步长	赵润怀	秦 勇	钱大玮	郭 盛	唐于平
唐仁茂	唐志书	曹龙祥	萧 伟	宿树兰	

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁安伟	丁 岗	王一民	王元清	王汉卿	王明耿
王振中	申俊龙	成 俊	朱华旭	刘 峰	刘 培
刘 睿	江 曙	汤卫国	严 辉	杨念云	肖 睿
吴启南	吴 皓	狄留庆	沈祥春	张永清	张 丽
张俊清	张爱华	陈 京	陈建伟	陈艳琰	邵江娟
欧阳嘉	尚尔鑫	周 卫	周嘉琳	赵步长	赵润怀
南景一	段金廛	秦 勇	桂双英	郭立玮	郭建明
郭 盛	钱大玮	徐向阳	徐伯颐	唐于平	唐仁茂
唐志书	陶伟伟	曹龙祥	萧 伟	宿树兰	鲁学军
樊文玲					

序 一

中草药资源已成为国家战略资源，是医药产业和健康服务业发展的物质基础。但是，野生中草药资源短缺，引种栽培品种退化，濒危药材抚育、替代品种研发面临种种困难，制约了产业发展。中药资源的高效利用是实现资源节约型、环境友好型的循环经济，保障医药事业可持续发展的重大战略问题。

我国中药材采收加工环节产生的非药用部位每年高达数百万吨，药材提取加工过程中产生的废弃物更是难以计量。这些药材废弃部位和废渣废水等，实际上是宝贵的可利用资源，其中含有大量植物纤维素类、多糖类、木质素类、有机酸类、皂苷类、黄酮类、脂类等多种类型的资源性化学物质，这些废弃物的再利用被忽视，也很少有系统研究。随着我国中医药事业的快速发展和资源产业链的拓展延伸，中药资源紧缺问题更加突出，利用率低下、中药废弃物处理和排放过程中造成的污染已成为行业发展面临的新问题，引起业内的广泛关注。

段金廛教授及其中药资源产业化过程协同创新团队，针对行业和社会发展的重大问题和迫切需求，在中药资源化学研究思路指导下，围绕中药废弃物的研究利用，学习借鉴国内外生物资源产业发展过程中的成功经验，与现代生物工程领域的适宜技术相结合，进行集成创新，开拓性地提出了中药废弃物利用策略和资源化开发模式，开展了系统研究和产业化实践，总结了来自生产实践的具有代表性的研究实例和经验，较系统地建立了中药废弃物资源化利用的理论基础和技术体系。这些工作为提高中药资源的综合利用效率、延伸资源经济产业链、促进中药资源优势转化为经济优势奠定了基础，为最终实现经济效益、社会效益和生态效益相统一的绿色发展目标做出了积极的贡献。

《中药废弃物的资源化利用》一书是由段金廛教授领衔，组织我国中药资源领域的专家学者和资源产业生产一线的企业家及技术人员共同编著的学术著作。该书全面总结了该领域的研究成果及应用情况，并从学科建设高度系统论述了中药资源产业化过程中废弃物的产生与分类、概念与性质、利用策略与资源化开发模式。此外，通过对各类型废弃物开发利用代表性案例的剖析，可起到引导和示范作用。该专著是一本指导性较强的应用基础性学术专著，既有理论的探索创新，又有丰富的实践成果。

段金廛教授所开拓的中药资源废弃物的再开发利用新研究领域，具有时代特色，又具有重要经济、社会和生态效益，综合效益突出。该书为这个领域的开山之作，相信将为该领域的产业化发展、科学研究、学科建设和人才培养做出奠基性的贡献。

予玫余香，欣然为序！

中国工程院院士
中国中医科学院院长
天津中医药大学校长



2013年初秋，东直门

序 二

自然资源是人类社会赖以生存和发展的物质基础。人类社会在发展过程中，逐步揭示其资源的形成、演化、时空规律与质量特征，不断认识其资源的现实价值和潜在利用价值，有效提升其资源的开发利用技术和能力，进而形成了资源科学。资源科学是一门研究资源与人类社会发展相互关系的复杂科学。随着人类社会发展和科技进步，资源科学的内涵和外延不断拓展和深化，资源的种类、数量、规模、范围以及利用程度均取决于人口数量、技术水平、利用效率，从而使之成为人类社会财富的源泉。

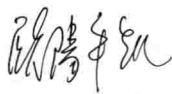
中药资源是自然资源的重要门类。在中药资源产业化过程中产生的大量废弃物的处理与资源化利用不仅关系到资源的利用效率和环境生态，同时与中药资源的可持续发展和循环经济密切相关。因此，中药废弃物资源化利用的应用性基础研究显得尤为重要。中药废弃物中资源性化学成分研究、废弃物利用价值发现、废弃物资源化利用技术集成、资源性产品开发研究等，决定着废弃物的利用效率及其产业化水平。

中药废弃物资源化过程是一复杂的系统工程，既涉及中医药领域，又与农牧渔业、林业及林产化工、生物工程、化工技术等行业密切相关。中药废弃物资源化利用过程体现了资源的综合利用和多途径、多层次利用方式。应用现代科学方法和集成技术，结合中药资源及其废弃物的特点，促进中药资源产业化过程中由传统粗放式加工方式向高效精细化利用过程转化，逐步建立起中药资源循环经济发展和模式和体系，以实现节约资源和可持续发展的目的，对行业和社会具有重要的现实价值和长远的战略意义。

段金廛教授及其中药资源产业化过程协同创新团队，在长期从事中药资源化学研究及其资源产业化实践过程中，围绕中药资源产业发展的关键科学问题，辛勤耕耘，将国内外生物资源开发利用领域的先进理念与现代生物工程等方面的适宜技术相结合，领衔组织编写了我国第一部“中药废弃物的资源化利用”专著。创新性地构建了中药废弃物“三大利用策略”和“三类资源化模式”，系统论述了中药资源产业化过程中废弃物的产生与分类、概念与性质、利用策略与资源化开发模式，构建了中药废弃物资源化利用的理论基础和技术体系，并开展了较为系统的研究和产业化实践，选择各类型中药废弃物再利用的代表性实例进行示范。因此，该专著是一本指导性较强的应用基础性学术专著，既有理论的探索创新，又有丰富的实践成果。必将为推动我国中药资源产业化过程废弃物的资源化利用以及生态环境保护起到重要引导和技术支撑作用，为实现资源节约型、环境友好型、低碳型循环经济发展做出重要的贡献。

本书付梓之际，我欣然赋序，希望该书的出版发行能为从事和关心我国中药资源的生产、加工和产业化的科技与管理工作者提供有益的帮助。

中国工程院 院士
江苏省科学技术协会 主席
南京工业大学 原校长



2013年7月于南京

前言

中药资源的高效利用是实现资源节约型、环境友好型循环经济发展理念，保障中医药事业健康可持续发展的重大战略问题。随着中药资源产业链的不断延伸，以消耗药用生物资源为标志的中药资源产业迅猛发展。近年来，以中药制药为主体的中药资源产业化过程中产生的废弃组织器官、废渣等高达数百万吨，废渣、废水、废气的排放和处理已成为产业发展面临的棘手问题，对生态环境带来了巨大的压力。因此，在中药资源产业化过程中遵循循环经济理念，遵循经济效益、生态效益和社会效益相统一的发展原则，提高资源综合利用价值，提升资源产业价值的资源性产品开发，延伸资源经济产业链，是培育具有产业价值的资源优势的重要源泉和途径。

《中药废弃物的资源化利用》一书正是面对行业和社会发展的迫切需求，通过将国内外农、林、药、食等生物资源产业发展过程中的成功经验与现代生物工程等相关领域的适宜方法技术进行集成创新，探索性地提出了与我国科技水平及其转化能力相适宜的中药废弃物利用策略和资源化模式，并与来自生产实践的具有代表性和典型性研究实例有机结合，将为有效推进中药资源产业化过程废弃物的资源化利用提供理论支撑和技术保障；为提高中药资源的综合利用价值，延伸资源经济产业链，促进中药资源优势转化为经济优势和生态优势提供引导和借鉴。以实现将中药资源产业链向高端延伸，而不是停留在产业链前端、价值链低端，提高生产效率、保护自然资源、引导资源流向、转变消费模式，践行尊重自然、顺应自然、保护自然的理念，贯彻节约资源和保护环境的基本国策。这正是广大中药资源领域的生产者、科技工作者和管理者的责任和义务，也是本书作者所希冀的目的和追求。

本书是由我国中药资源学领域长期从事科研工作的专家学者和资源产业生产一线的企业家和专业技术人员等共同编写而成的国内外第一部相关领域的专著。书中系统阐述了中药资源产业化过程中废弃物的来源、种类、概念与性质；基于循环经济、生态经济理念，构建中药废弃物三级循环利用策略和三类资源化模式，通过多层次利用途径、利用技术集成等方法和技术实现中药废弃物的资源化，实现其生态、经济和社会效益；较为详尽地论述了中药废弃物中资源性物质的性质、用途、产业化开发途径及资源性产品开发等；最后通过代表性实例加以具体详尽的说明。因此，本书是实践性较强的应用基础性学术专著，既有理论方面的探索创新，又有丰富的实践性成果。

本专著共计五章，第一章由段金廪、赵步长、吴启南、唐志书编写，第二章由段金廪、赵润怀、宿树兰、申俊龙、曹龙祥、萧伟、唐仁茂、尚尔鑫编写，第三章由段金廪、宿树兰、郭盛、刘培、杨念云、刘睿、陶伟伟编写，第四章由段金廪、钱大玮、朱华旭、江曙、秦勇、樊文玲、欧阳嘉、肖睿、邵江娟、狄留庆、王明耿、郭立玮、王一民、成俊、徐伯颐、鲁学军、周嘉琳、南景一、刘峰、汤卫国、徐向阳等编写；第五章由丁安伟、唐于平、郭盛、宿树兰、陶伟伟、吴启南、赵润怀、唐志书、张永清、桂双英、丁岗、沈祥春、张俊清、张丽、吴皓、郭建明、王振中、王汉卿、周卫、陈京、陈艳琰、王元清、张爱华、严辉

等编写。全书由段金廛统一审改定稿。

本专著可作为从事中药资源原料生产、产地加工，以及资源深加工产业化过程废弃物的科学处理与资源化利用的科研人员、工程技术人员、管理人员，以及高等院校、科研院所等有关专业师生（尤其是博士生和硕士生）和关心中药资源产业化过程产生的废弃物及其资源化利用的各界人士的参考书。

由于本书为国内外第一部针对中药资源产业化过程废弃物资源化利用的专著，加之编者对相关领域的学习和行业发展的认识有限，书中可能存在不少缺点和错误，恳请广大读者不吝赐教，批评指正和互动交流，共同为我国中药资源事业发展做出应有的贡献。

段金廛

2013年7月于南京

目 录

第一章 绪论 / 1

第一节 中药废弃物的资源化利用概述	1
一、中药资源与中药废弃物的资源化	1
二、中药废弃物资源化的目的与意义	3
三、中药废弃物资源化现状与分析	4
四、中药废弃物资源化利用政策与产业化对策	10
五、中药废弃物循环利用特点及其经济学评价	12
第二节 中药废弃物的产生与分类	13
一、中药废弃物的产生	13
二、相关概念	14
三、中药废弃物的分类	15
【参考文献】	16

第二章 中药废弃物的利用策略与资源化模式 / 18

第一节 中药废弃物的资源化利用策略	18
一、中药废弃物的资源化利用策略提出	18
二、中药废弃物的资源化利用途径与方法技术	19
第二节 中药废弃物的资源化模式	22
一、粗放低值资源化模式与研究实践	22
二、转化增效资源化模式与研究实践	24
三、精细高值资源化模式与研究实践	26
第三节 中药废弃物的资源化价值评估体系	29
一、中药资源经济与核算体系	29
二、中药资源价值核算方法	30
三、环境价值估算方法	31
四、循环经济与资源价值创新	35

五、中药资源价值链的管理	37
【参考文献】	38

第三章 中药废弃物中可利用的资源性物质 / 41

第一节 功能性多糖类资源性物质	41
一、多糖的分类及性质	41
二、多糖类物质的生物活性及应用	46
三、中药废弃物中多糖类物质的资源化利用	49
第二节 纤维素类资源性物质	50
一、纤维素类物质的分类与结构类型	50
二、纤维素类资源性物质的理化性质	52
三、纤维素类资源性化学成分的利用途径	54
四、中药废弃物中纤维素类物质的资源化利用	56
第三节 植物胶类资源性物质	61
一、植物胶类概述	61
二、植物胶的化学结构类型	61
三、植物胶的物理化学性质	74
四、粗胶的生产工艺	74
五、植物胶的生物活性及应用价值	74
六、植物胶及其资源化利用	75
第四节 油脂类资源性物质	76
一、油脂类物质及其资源化利用	76
二、磷脂类物质及其资源化利用	79
三、油脂的提取分离与改性	82
四、磷脂的提取分离与改性	85
五、油脂和磷脂的生物活性与资源化利用	86
第五节 氨基酸、肽及蛋白质类资源性物质	88
一、氨基酸、肽及蛋白质的化学结构	88
二、氨基酸、肽及蛋白质的功能与性质	90
三、氨基酸、肽及蛋白质的生物活性与资源化利用	94
四、氨基酸、肽及蛋白质类的资源开发利用	95
五、中药废弃物中蛋白质类物质的资源化利用	96
第六节 酚类资源性物质	97
一、酚类化学成分与资源化利用	97
二、酚类化学成分的理化性质	107

三、酚类资源性化学成分的生物活性·····	108
第七节 鞣质类资源性物质 ·····	109
一、鞣质类资源性化学成分·····	110
二、鞣质类化学成分的理化性质·····	116
三、鞣质的提取与分离·····	117
四、鞣质资源性物质及其生物活性·····	119
第八节 挥发油类资源性物质 ·····	120
一、挥发油的化学组成·····	120
二、挥发油类化学成分与分布·····	124
三、挥发油的生物活性及其资源化利用·····	127
第九节 天然树脂类资源性物质 ·····	128
一、天然树脂的化学组成与分布·····	128
二、天然树脂类的物理化学性质·····	132
三、天然树脂类的获取方法·····	132
四、天然树脂类的生物活性及其资源化利用·····	132
第十节 激素类、胆酸类资源性物质 ·····	136
一、激素类物质的化学特征·····	137
二、激素类资源性物质的分布·····	138
三、激素类物质的生理活性·····	141
四、激素类物质的资源化利用·····	144
五、胆汁酸类资源性物质的化学结构·····	144
六、胆汁酸类物质的生理活性·····	145
七、胆汁酸类物质资源化利用·····	146
第十一节 维生素类资源性物质 ·····	148
一、维生素类化学成分及其来源·····	148
二、维生素类物质的生物活性·····	153
三、中药废弃物中维生素类物质的资源化利用·····	156
第十二节 色素类资源性物质 ·····	157
一、天然色素的化学类型·····	157
二、天然色素的物理化学性质·····	173
三、天然色素类的生物活性及应用·····	175
四、天然色素及其资源化利用·····	176
第十三节 矫味类资源性物质 ·····	178
一、天然甜味物质·····	178
二、天然酸味物质·····	190
三、天然苦味抑制物质·····	191

四、天然甜味抑制物质	193
【参考文献】	195

第四章 中药废弃物资源化过程适宜的方法与技术 / 203

第一节 中药固态废弃物组织结构破碎及糖化技术	203
一、中药废弃物组织结构破碎技术及其应用实例	204
二、中药废弃物糖化技术及其应用实例	210
第二节 中药固态废弃物生物质能开发利用技术	218
一、中药固态废弃物生物质能转化技术	218
二、中药废弃物生物质能转化应用实例	225
第三节 中药废弃物的生物转化技术	227
一、生物转化的基本原理	227
二、中药废弃物适宜的生物转化技术	233
三、中药废弃物生物转化应用实例	247
第四节 中药固态废弃物中资源性物质适宜的提取与富集技术	259
一、中药废弃物中资源性物质适宜的提取与富集技术	259
二、中药废弃物中资源性物质提取富集技术应用实例	271
第五节 中药液态废弃物中资源性物质的回收利用技术	276
一、中药液态废弃物的产生及其基本特点	276
二、中药液态废弃物中资源性物质的回收利用技术	277
三、中药液态废弃物中资源性物质的回收利用实例	287
第六节 中药气态废弃物的处理与资源性物质回收利用技术	292
一、中药气态废弃物的产生及其基本特点	292
二、中药气态废弃物中资源性物质的回收利用技术	292
三、中药气态废弃物中资源性物质的回收利用实例	293
【参考文献】	294

第五章 中药废弃物资源化的研究与实践 / 301

银杏	301	芍药类	325
桑蚕类	306	五味子类	328
大黄	312	核桃仁	333
莲	314	杜仲	336
芡	319	厚朴	341
乌头类	322	山楂	343

亚麻	347	薄荷	436
甘草	351	紫苏	438
黄芪	357	枸杞	441
葛根类	361	地黄	446
苦豆子	365	桔梗	449
葫芦巴	368	菊	454
柑橘类	371	艾纳香	457
雷公藤	379	红花	463
酸枣	383	青蒿	467
大枣	388	水飞蓟	471
黄蜀葵	394	牛蒡	474
沙棘	396	薏苡	476
人参	403	麦冬	480
三七	411	薯蓣类	485
白芷	416	益智	489
当归	419	艳山姜	493
川芎	422	姜黄类	496
连翘	424	珍珠	499
丹参	427	四角蛤蜊	502
黄芩	432	牦牛角	505

主题词索引 / 509

植物拉丁学名索引 / 522

第一章

绪论

中药资源是国家战略资源，是保障国民健康、发展民族医药产业重要的物质基础，也是彰显中医药国际竞争力的优势所在。中药资源的高效利用是实现资源节约型、环境友好型循环经济，保障中医药事业健康可持续发展的重大战略问题。然而，随着我国中医药事业的快速发展和资源产业链的拓展延伸，药材采收加工环节产生的非药用部位等废弃组织器官每年高达数百万吨，中药及天然药物资源深加工产业化过程中形成的大量废渣、废水、废气更是难以计量，由此导致的我国中药资源利用效率低下和巨大浪费，以及中药废弃物处理和排放过程中造成的环境污染等，已成为行业发展所面临的棘手问题和瓶颈，引起了社会各界的广泛关注。

第一节

中药废弃物的资源化利用概述

中药资源是指源于自然资源中可供预防和治疗人类疾病，并规定有适应证、用法和用量的物质。中药资源性产品是国家重要的战略物资，是保障国民健康、发展民族医药产业的物质基础，中医药事业的发展有赖于中药资源的高效利用和可持续发展。中药资源是自然资源的一部分，依其自然属性可分为：植物药资源、菌物药资源、动物药资源和矿物药资源，前三者合称生物药资源，属于可再生性资源（Renewable resources）；后者为非生物药资源，属于不可再生性资源（Nonrenewable resources）或耗竭性资源。中药资源除源自天然的资源外，也包括人工栽培和养殖的药用植物、菌物和动物，以及利用生物技术生产的生物个体与种群、组织细胞和资源性化学物质等^[1,2]。

■一、中药资源与中药废弃物的资源化

1. 中药资源与中药废弃物

依据自然资源废弃化和废弃物的资源化理论^[3]，在中药资源产业化过程中不可避免地产生大量废弃物，大体可分为：①药材生产与加工过程中产生的非药用部位和废弃组织器官；②中药制药等资源性产品生产过程中产生的大量废渣、废水、废气以及废弃的可利用物质；③由于人们对中药多元功效物质基础的科学认知和精细化利用水平尚处于较为滞后的状态，中药资源的利用大多尚处于“总提取物”、“部位（群）”等粗放式利用状态，致使资源性化学成分的利用价值或潜在利用价值未能得到有效挖掘和充分利用；④以中药制药为主体的资源性

产品制造过程中,由于提取和精制工程集成度不高、工艺技术水平相对落后,资源性物质的利用效率较低,造成部分可利用物质重新回到自然环境而导致资源的浪费和环境的污染等。

从资源经济学角度看,中药废弃物是某种物质和能量的载体,是一种可转化的资源^[4~6]。因此,如何有效、合理地实现中药废弃物的资源化利用是推动中医药发展过程中不可避免的重要社会问题。由于中药废弃物的产生和种类的多样性,不同阶段、不同药材品种,以及不同产品制造过程中产生的废弃物理化性质差异颇大,因而,中药废弃物资源化利用是一项涉及多领域、多学科、复杂而系统的综合性工程。在中药资源产业化过程中,提高中药资源利用效率,实现中药废弃物资源化和综合利用价值,开发提升资源产业价值的资源性产品,延伸资源产业链,是培育具有产业价值和资源优势的重要源泉和途径^[4,5]。

2. 中药废弃物资源化

所谓资源化 (Resources),是指通过集成技术、经济手段和有效管理措施,使废弃物实现再循环利用、回收资源和能量、加工转化成可利用物质及其系列产品的过程^[6]。中药废弃物的资源化过程将充分有效地挖掘其可利用价值和开发潜力,最大限度地加以利用,减少环境污染,改善生态环境,提升中药资源的综合利用价值,产生良好的经济效益、生态效益和社会效益,使之持续发展和利用。资源化过程的关键在于加强资源化科技创新,集成资源化技术,实现节能减排,发展循环经济、绿色产业和低碳技术的要求。可见,中药废弃物资源化利用是一个涉及经济、环境、社会效益等多个目标的连续过程,在其资源化过程中经济效益目标和环境效益目标之间的权衡及其动态演变特性与资源化利用模式密切相关,对生态文明建设和可持续发展具有重要意义。

中药废弃物资源化理论基础在于中药资源学及中药资源化学理论、物质循环理论与资源再生理论等相关知识领域的交叉融合^[6,7]。

(1) 中药资源化学理论

中药资源化学 (Resources chemistry of Chinese materia medica, RCCMM) 是中药资源学的分支学科,是药用生物学、生理生态学、药材生产与加工学、中药化学与分析学、生物工程学、生物效应与功能评价、综合利用与产品开发、信息科学等多学科相互渗透、交叉融合形成的一门综合性新兴学科^[8]。

从广义上讲,中药资源化学是一门揭示自然资源中对人类健康及其相关领域具有应用价值或潜在价值的资源性化学成分的性质、分布、积累与消长规律,并通过适宜技术集成以实现资源的合理生产与科学利用的综合性与应用性特色突出的基础学科。

中药资源产业化过程中废弃物的资源化利用与产业化是中药资源化学主要研究任务之一。通过多学科交融、适宜技术集成和工艺条件优化,促进中药废弃物的回收利用与资源化;或促使原料中资源性物质的有效转移和得率提高;或通过对药用生物资源各类物质利用价值的不断研究,以逐步实现有限资源的多元化、精细化综合利用。因此,相关方面的研究已成为减少资源消耗,推进低碳经济发展,降低原料成本,提升产品竞争力,实现资源节约型和环境友好型经济发展的重要内容。

(2) 物质循环理论

物质循环理论主要涉及两方面含义:①世界是物质的,无论有用物品还是废弃物,都是物质在自然界和人类社会中的循环;②能量是守恒的,一切物质在运动、变化过程中吸收或释放能量,能量在运动过程中相互转化,并遵循能量守恒定律。

(3) 资源再生理论

资源再生理论是指由于各种可再生资源的物理形态、化学性质等特征不同,人们对其利用途径的选择和利用价值的期望也不同,故不同门类的可再生资源其再生利用的过程和再生

的机理也不同。

总而言之,资源和废弃物同处“自然—社会”系统之中,不论资源还是废弃物,均以人类需求为着眼点,能被人类利用并带来效益的则称为资源,不能被人类利用、并可能危害社会的被称为废弃物。如果换一个角度看,将资源和废弃物进行若干层次的分解,就会发现资源中有许多不能利用的“废弃物”,废弃物中也有部分可利用的资源。因此,资源和废弃物两个系统不断地进行着物质和能量的交换,资源利用和废弃物排放是自然系统与社会经济系统运行并进行的物质交换和转化。

■二、中药废弃物资源化的目的与意义

2013年7月20日,在贵阳举行的生态文明国际论坛上,社会学家、生态学家、经济学家和社会管理者共同指出并大声疾呼:世界上许多国家或地区包括中国,都出现了“生态赤字”。人类消耗的资源已经需要1.5个地球提供,远远超过生态承载能力。因此,“转变发展模式”已成为社会共识,是当前我国乃至全球都无法回避的重大课题,“绿色转型”已到了关键时期。提出了将资源产业链向高端延伸,而不是停留在产业链的前端、价值链的低端的发展策略,以提高生产效率、保护自然资源、引导资源流向、促进绿色融资、转变消费模式、加强机制建设,实现“绿色转身”,改变“生态赤字”。

中国将按照尊重自然、顺应自然、保护自然的理念,贯彻节约资源和保护环境的基本国策,更加自觉地推动绿色发展、循环发展、低碳发展,把生态文明建设融入经济—政治—文化—社会建设的各方面和全过程,形成节约资源、保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式,为子孙后代留下天蓝、地绿、水清的生产生活环境。

1. 中药废弃物的资源化利用是亟待解决的重大社会问题

目前,我国中药行业每年要消耗植物类药材70万吨左右,每年产生的植物类药渣和废水高达数百万吨。中药药渣排放和妥善处理是社会和中药企业都面临的棘手问题,给环境保护也带来了巨大的压力。随着我国中医药事业的发展,中药资源产业化过程产生的中药废弃物日益增多,如何有效地对中药资源产业化过程产生的大量废渣、废水、废气进行合理的综合利用,使其发挥应有的资源价值,提升资源利用效率,不仅可有效节约资源,延伸资源经济产业链,为人类生产生活提供丰富的资源性产品,而且可节能减排,减少对生态环境的污染和社会压力。因此,中药废弃物的资源化利用具有重大的社会效益、生态效益和经济效益。

2. 中药废弃物的资源化利用是实现资源节约型社会的迫切需求

近年来,随着人口剧增和人们崇尚自然、回归自然理念的提升,国内外市场对中药及天然药物资源性产品的需求量激增,利用资源与节约资源、保护资源之间的矛盾日益突出。为了实现中药资源的有效利用与可持续发展,必然要求人们对赖以生存的有限资源中可利用物质的生产与利用等科学问题展开深入系统研究,以寻求可持续发展的策略与方法。因此,中药废弃物资源化利用过程体现了资源的综合利用和多途径、多层次利用价值,是实现中药资源可持续发展的重要途径之一。中药废弃物种类多样、化学物质复杂、应用途径和价值空间较大,通过废弃物资源化可有效提升资源利用效率,实现节约资源,形成循环利用的资源经济产业链。因此,中药废弃物资源化是一项富于挑战性、又具有广阔发展前景、社会迫切需要的研究领域。

3. 中药废弃物资源化利用有利于推动中药制造行业向循环经济、环境友好型经济发展

中药废弃物的处理与资源化利用不仅关系到资源的回收利用和环境生态,同时与中药资源的可持续发展和循环利用经济的建设密切相关。按照循环经济理论,以中药废弃物的循环利用为切入点,链接农业、林业、渔业、畜牧业以及资源工业和服务业等领域,以构建中药

资源经济循环发展模式。从生态工艺学的观点来看,发展“无废”或“少废”生产工艺,实施对废弃物的无害化处理,从一定量的资源中开发出多种产品和最大产量,形成高效低耗、高产低碳的生产循环模式。

中药废弃物资源化过程是应用现代科学方法和集成技术,结合中药资源及其废弃物的特点,促进中药资源产业化过程中由传统工艺向生态工艺转化,摒弃“生产—使用—报废—排放”的传统系统,建立一种“生产—利用—回收—再资源化”的循环经济理念^[9],综合开发利用有限的中药资源,以达到可持续、循环利用的目的,对促进中医药事业的发展具有重要的现实意义和长远的战略意义。

4. 中药废弃物资源化是国家和行业科技发展的重要任务之一

我国在药材/饮片生产与加工过程以及以消耗中药资源为主的资源性产品制造过程中废弃物资源化总体技术水平仍滞后于产业发展与资源供给的需求,普遍存在废弃物资源化产品附加值低、消纳量有限、再生产品市场效益低、专业人才与创新型企业缺乏等问题。因此,提高中药废弃物资源化水平的关键是依靠科技进步与创新。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》指明了环境科技发展思路,提出了“综合治污与废物循环利用”优先主题。《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》明确了推进典型废弃物资源化利用与构筑链接循环产业体系的任务要求。《国家“十二五”科学和技术发展规划》要求实施“废物资源化科技工程”。按照国家和行业规划部署及相关要求,以科技进步与创新为支撑,完善废弃物资源化产业创新链,推进废弃物资源化利用,已成为未来科技发展的重要任务。

三、中药废弃物资源化现状与分析

(一) 中药废弃物产生的现状

据近年统计数据显示^[7],我国中药及天然药用生物资源种植面积达240多万公顷,传统药用部位产量达540万吨,而废弃的根、茎叶等非药用组织器官产量高达1100~1600万吨,造成严重的资源浪费和环境污染。据不完全统计,随着我国中医药事业的迅速发展,以消耗中药原料为主的各类企业日益增多,我国每年产生的中药废渣、废水等排放量达3000万吨以上,其中约5%被低值化粗放利用外,大部分中药废弃物通过填埋、焚烧、排放等方式以土壤、水、大气为媒介进入人类生产生活环境中。

由于长期以来对中药废弃物资源化利用缺乏足够的重视与研究投入,其利用策略较为简单,资源化方式和利用途径较为局限,导致利用效率总体水平相对低下。例如,以中药废渣作为有机质肥料补充来源,通过发酵处理,用于土壤有机质的改善,进而有利于经济作物生长收获;富含多糖、蛋白质和氨基酸类成分废渣废水,经简单加工作为动物饲料补充剂用于养殖业;尚可可通过燃烧转化作为生物质能源用于获取热量或发电等。总体来看,相对于农业固体废弃物的资源化利用而言,中药废弃物的资源化利用广度和利用深度均有显著差距。近年来,随着中医药行业的快速发展和中药资源性产业的规模不断扩张,对中药资源性原料的需求量和消耗量呈快速上升态势,加之生态环境的压力和处理废弃物的经济成本不断增长等现状,各级政府、行业部门和资源消耗性企业对中药产业化过程中废弃物的产生、处理及再生利用等问题逐渐重视。国家发展和改革委员会在“十二五”循环经济及资源节约重大示范项目中立项资助“中药提取废弃物环保处理循环经济”等项目,各相关领域也相继出台引导性政策,设立专项支持节能减排、节约资源、保护环境的技术和产业,促进资源节约型、环境友好型绿色生态产业的发展。

目前,中药废弃物的综合利用方法与技术尚处于探索性阶段。废弃物的处理技术主要是通过采用各种物理、化学、生物的方法,将废弃物转变为适于运输、利用、储存及最终处置