

· 专 论 ·

基于循环经济理论的中药资源循环利用策略与模式探讨

段金廛^{1*}, 张伯礼^{2,3}, 宿树兰¹, 郭盛¹, 刘培¹, 钱大玮¹, 朱华旭¹, 唐于平¹, 吴启南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. 中国中医科学院, 北京 100700
3. 天津中医药大学, 天津 300193

摘要: 随着经济社会的快速发展和健康产品消费能力的不断提升, 有力地拉动和促进了以消耗中药及天然药物资源为特征的资源经济产业强劲增长, 同时也造就了一批中药资源深加工制造企业。然而, 分析其经济发展现状和产业特征, 大多仍属于资源消耗量大、利用效率和产出效益低、废物排放量大的传统线性生产方式, 并由此导致药材原料的需求量大幅增长和药材价格的不断攀升, 依赖于自然生态提供的天然药物资源趋于紧缺或濒于枯竭。庞大的经济规模加速了自然资源的耗竭和人工替代与补偿资源的大量生产, 同时产生巨量的废弃物和环境承载压力。因此, 如何减少资源消费、提高资源利用效率、减少排放、绿色发展, 以保护人们赖以生存的生态环境等社会、经济、科学问题, 已是政府、学者及中药产业界必须面对的重大问题。在分析我国中药资源经济产业发展模式及生产方式的基础上, 基于循环经济理论探索性提出了中药资源循环利用策略与产业发展模式等, 以期为推进中药资源经济产业发展模式和生产方式的变革, 从根本上转变中药农业和中药工业的经济增长方式, 为实现生态系统和经济系统相互促进、相互协调、健康理性的循环经济发展做出应有的贡献。

关键词: 中药资源; 中药资源化学; 循环利用; 循环经济; 策略与模式

中图分类号: R282.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2015)12-1715-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.12.001

Strategy and mode of resources circulating utilization for Chinese materia medica based on circular economy theory

DUAN Jin-ao¹, ZHANG Bo-li^{2,3}, SU Shu-lan¹, GUO Sheng¹, LIU Pei¹, QIAN Da-wei¹, ZHU Hua-xu¹, TANG Yu-ping¹, WU Qi-nan¹

1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China
2. China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China
3. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China

Abstract: In recent years, Chinese materia medica (CMM) resources economy strongly grew with rapid development of society economy and gradual increase of health products consumption capacity, at the same time, many CMM resources deep processing enterprises were established. However, the producing pattern of most industries is the traditional mode of production with the industry characteristics of consumption of resources, low of efficiency and benefit, and high of waste emissions, which resulted in the demands for medicinal raw materials increased significantly and the medicine price raised, so the natural medicinal resources are going on the verge of exhaustion or shortage. The large scale economy has accelerated the depletion of natural resources and the replacement and compensation of resources production, which led to the generation of a huge amount of waste and environmental pressure. So how to reduce the resource consumption,

收稿日期: 2015-05-01

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAI29B02); 江苏高校中药资源产业化过程协同创新中心建设专项; 江苏省“333高层次人才培养对象资助项目(2013); 江苏高校中药学优势学科II期建设工程(2014-ysxk)

*通信作者 段金廛, 教授, 博士生导师, 南京中医药大学副校长, 中国自然资源学会中药及天然药物资源专业委员会主任委员, 国家“973”计划首席科学家, 主要从事中药资源化学与资源循环利用研究。Tel: (025)85811116 E-mail: dja@njutcm.edu.cn

improve the efficiency of resource utilization, reduce emissions, green growth, protect the ecological environment of the people has become the important problems. In this paper, based on the development status quo analysis of resources industrialization for CMM, the strategy and model of CMM resources circulating utilization has been discussed. The pattern and system of circulating utilization of CMM resources were tried to construct. These construction achievements would change the economic industry development mode and production mode of CMM resources, transform the style of economic increase of agriculture and industry of CMM. These would be contributing the achievement the mutual promotion, mutual coordination, healthy and rational circulation economy between the ecological and economic system.

Key words: Chinese materia medica resources; resources chemistry of Chinese materia medica; resources circulating utilization; circular economy; strategy and pattern

中药资源是国家战略资源,是人类健康用药需求和中医药事业发展的物质基础与根本保障,中药资源的可持续利用是社会经济的可持续发展的基础和前提^[1-3]。近年来,我国以消耗中药及天然药物资源为特征的资源经济产业得到了快速发展,社会贡献率强劲增长。随着中药资源性原料消耗量的激增,庞大的经济规模加速了自然资源的耗竭和人工替代与补偿资源的大量生产,同时产生巨量的废弃物和环境承载压力,由此导致的诸多生态与环境问题引起社会广泛关注。“既要金山银山,也要绿水青山”已成为我国经济发展方式根本性转变的时代最强音。从当前我国和国际社会提倡和推行的资源循环利用和循环经济发展趋势判断,科学技术进步与生态环境保护已成为关乎企业发展兴衰的生命线,关乎国家经济社会可持续发展及促进人与自然和谐共存的重要因素。

资源循环利用 (resources circulating utilization) 的概念起源于 20 世纪 60 年代,渐至 90 年代随着依赖于自然资源的重要工业资源危机和相伴而来的生态环境破坏等社会经济问题不断加剧。如何减少资源消费、提高资源利用效率、减少排放以保护人们赖以生存的生态环境等社会、经济、科学问题已无法回避地摆在了世界各国政府、学者及产业界面前^[4-5]。资源循环利用的理念及其新型的社会经济发展模式和生产方式逐渐被认同并推行。发达国家更是率先将循环利用的策略和经济变革方式有效应用于实践,一大批遵循循环利用方式的工业园区、产业集群、示范企业在政府及优惠政策的引导下迅速崛起,循环利用再生产业得到了社会的尊重和认可,循环经济带来了企业新的经济增长空间和发展前景^[4-5]。

为了实现中药资源的有效利用与可持续发展,必然要求人们围绕中药资源经济产业链全过程,集成相关学科及其科学技术领域的最新成果,对其蕴含的资源性物质进行深入系统的生产与利用研究。通过资源循环利用策略的引导和推行,从根本上转

变中药农业和中药工业的经济增长方式,推进中药资源经济产业发展模式和生产方式的变革,改变长期以来依赖自然资源的耗竭式发展方式和层次结构相对较低的发展模式,解决我国经济发展对资源的需求量大而资源又相对短缺的社会问题^[6-7]。以中药资源循环经济产业体系的构建和可持续发展为目标,集成多学科知识与技术交叉融合形成的中药资源化学 (resources chemistry of Chinese materia medica) 学科,依靠科技进步必将创新中药资源的利用方式和产业发展模式^[8-10]。

本文在分析中药资源产业现状的基础上,基于循环经济理论探索性的提出了中药资源循环利用策略及其中药资源产业发展模式,为从事中药资源产业及其相关领域的管理者、企业家、学者等提供参考和借鉴,以期共同努力推进我国中药资源循环经济发展模式和生产方式的转变作出应有的贡献。

1 中药资源产业发展现状与中药资源循环利用的必要性

中药原料及深加工生产全过程整体呈现出高消耗、高排放的产业化模式与生产方式。政府、社会和企业共同倡导和引入循环经济的发展理念,改变传统的生产方式,将中药农业药材生产环节产生的传统非药用部位,以及中药工业深加工制造过程产生的废渣、废水、废气等所谓的中药废弃物纳入循环利用闭合系统,以有效延伸资源经济产业链,提升资源利用效益,减少生态环境压力,追求和实现在中药资源产业化过程形成系统性、整体性、结构性和动态性的节约策略和制度约束已成为中药资源产业化发展的必然趋势。

1.1 中药农业生产发展现状

中药资源作为中医药产业的物质基础,是中药资源产业链的源头,是资源产业化过程的基础和核心^[11]。目前,依赖自然生态提供的野生药用生物资源种类和数量已不能满足社会需求,百余种常用药

材生产现状分析表明,大约30%的药材品种和70%药材商品是通过人工生产进行替代和补偿以保障供给。据初步统计,近年来我国中药及天然药用生物资源生产面积已超过 $2.40 \times 10^6 \text{ hm}^2$,药材产量达 $5.40 \times 10^6 \text{ t}$,由此在药材采收过程中产生的传统“非药用部位”生物量高达 $1.1 \times 10^7 \sim 1.6 \times 10^7 \text{ t}$ ^[11]。同时,在药材产地加工(初加工)过程中则可产生大量的根头、尾梢、栓皮、木心、果核、果肉、果皮、种皮等“下脚料”及破碎组织、碎屑粉渣等废弃部位,且大多被作为废物而弃之。因此,在药材生产过程的采收及初加工环节中形成的大量废弃物随意抛弃,不仅造成了严重的资源浪费,也加剧了农田连作障碍和生态环境的污染,已成为大生态系统和行业可持续发展所面临的重大问题。

中国有着全世界22%的人口,却只有7%的耕地,且由于水土流失及环境污染,导致可耕种面积不断减少。随着我国人口的不断增加和粮食的短缺迫使中国农业走向非洲和东亚等地租赁土地生产谷物和肉类,但充满着风险。加之近年来经济社会的快速发展和人口老龄化的到来,以及人们崇尚自然和回归自然理念的不断提升,国内外市场对中药资源性健康产品的需求大幅增长,也将会进一步加剧传统依赖于自然生态提供的天然药用生物资源种类和数量日趋紧缺或濒于枯竭,导致占有大量生产力要素人工生产的药材品种日益增多,药材的种植面积不断扩张,种药与种粮争夺土地空间和水资源的矛盾不断加剧。药材生产过程产生的巨量“非药用部位”和药材加工下脚料等若不能进行有效的回收利用和循环发展,不仅造成中药资源的极大浪费,同时将进一步加剧由此形成的任性排放产生的负面影响和生态环境压力^[12]。

从资源经济学角度来看,药材原料生产和加工过程产生的废弃物是一类具有特殊形态和蕴含着巨大利用潜力的农业固体废弃物,充分有效地将其加工转化不仅可以合理有效地发掘利用其资源价值、减少环境污染,且对改善药材种植及加工基地生态环境等均具有十分重要的社会、经济和生态效益,也是依据循环经济原理构建生产-生活-生态-生命一体化协调发展的富裕、健康、文明的社会主义新农村的必然要求^[13]。

1.2 中药工业生产发展现状

据初步统计数据表明,2014年我国中药工业产值超过6000亿元,其GDP的贡献率已占全国医药

产业总额的1/3份额。同时也造就了一大批年产值超过10亿、50亿,乃至百亿元人民币的标志性中药资源深加工制造企业。当前而言,就其企业规模、装备水平、GMP硬软件条件,以及产业能力来看部分企业已达到国内外同行业一流水平。然而,分析其经济发展模式和生产方式,大多却处于大量消耗资源性原料、大量排放固液废弃物、资源利用效率低下、再生利用能力及再生产业发展薄弱等传统线性生产方式,滞后于现代经济产业发展的范式和循环经济产业结构要求。

分析表明,药材作为中药工业深加工制造产业的原料,经水提、醇提或其他方式进行富集、纯化等工艺环节,进入口服制剂或标准提取物等各类型资源性产品生产阶段,药材原料的利用率平均低于30%,约70%的剩余物被作为废物排放或简单转化为低附加值产品利用。中药注射剂在中药资源产业体系中占有举足轻重的地位,然而其终端产品中资源性化学物质的量仅占药材原料量的1%~10%,也就是说用于中药注射剂生产的药材资源利用率大多不足10%,其90%的物质大多被废弃,造成了中药资源的大量浪费和废渣、废水的排放,对生态环境带来了巨大压力。因此,不难看出若不能有效地推进中药资源产业化过程的循环利用和再生产业发展,必然结果是中药资源产业的GDP越大,中药资源经济活动中的实物流量和资源消耗量就越大,生产过程产生的废渣、废水、废气等中药废弃物的排放量和环境压力就越大。这种传统工业的“高投入、高消耗、高排放、低产出”的落后经济发展方式和经济形态将日益受到更多的社会与环境制约,承担更大的资源消耗和环境保护责任。

1.3 中药资源循环利用的必要性与发展趋势

循环经济作为新型经济模式,具有节约材料、节约土地空间、节水、生态环保、低碳、创新资源价值和经济增长点、延伸资源经济产业链、增加就业等综合效益^[14-16]。资源循环利用对于建立和发展循环经济社会、推进循环经济产业模式的转变具有重要意义,没有资源循环利用产业的发展,就不可能建立真正意义上的循环经济和循环型社会。

中药资源循环利用是提升资源利用效率、节约资源的需要。围绕中药资源生产过程的减量化、再利用和资源化开展深入系统的科学研究,深入研究发展循环经济的技术支撑和保障,开发出一系列适宜于中药资源深加工产业化过程所需的环境无害

化、资源节约化的科学技术体系,有效推进中药资源的高效利用和循环利用,从根本上转变中药农业和中药工业的经济增长方式,改变长期以来依赖自然资源和依靠粗放、廉价、低效的资源耗竭式发展方式和层次结构相对较低的发展模式,解决和缓解我国经济发展对资源的需求量大而资源又相对短缺,以及庞大的经济规模和经济总量所带来的巨量废弃物和环境承载压力^[13,17]。

在中药资源产业化过程中,通过现代提取分离、精制纯化等工业技术集成和材料科学的有效运用,通过深加工过程的工程技术革新与工艺条件优化,通过生物活性系统评价,发现药用生物资源的多宜性价值和新用途,实现综合利用,减少资源投入和消耗,降低生产成本,提升资源利用效率,节约生产力成本^[7]。通过适宜技术集成和工艺条件优化,促进药材中资源性化学物质的有效转移和得率提高,减少资源投入;通过对药用生物资源各类资源性化学物质的利用价值不断发现,以逐步实现有限资源的多元化、精细化利用,已成为减少资源消耗、推进低碳经济发展的推广模式;通过降低原料成本以提升产品竞争力,实现资源节约型和环境友好型的循环经济发展目标^[8]。

中药资源循环利用是保护生态环境、减少排放的需要。在传统的线性经济发展模式中,社会经济运行体系主要由生产系统和消费系统构成,自然资源通过生产系统转变为产品,产品又通过消费系统转变为废弃物,废弃物进入自然环境而对生态环境造成污染和破坏。这种线性经济运行模式导致的最终结果必然是自然资源的枯竭和环境的恶化,是一种不可持续的发展模式。随着经济社会转型升级,我国的经济增长方式也在发生着转变,最终形成循环经济的发展 and 绿色产业的兴起。循环经济的内涵既是减少资源的消耗、提高资源的利用效率和效益,通过节约资源、减少排放,以实现环境保护、绿色发展的现代经济社会可持续发展理念的需求。中药资源的再利用、资源化和绿色产业发展的核心思想和主体内容包括在中药农业生产过程中建立生态中药农业规程,减少资源投入、减少废弃物排放和资源回收利用;在中药工业生产过程中推行和逐步实施工业废水的自然处理技术、水体富营养化的生态处理工程、固体废弃物的无害处理以及污染治理生物技术等绿色企业标准。目的是推动中药农业、中药工业及中药产品消费等产业链在循环经济理念的

引领下走向“绿色”和“无害”,促进资源节约和环境友好型中药资源产业循环经济的发展^[5]。

2 中药资源循环利用发展策略探讨

20 世纪 90 年代后期,我国引入循环利用的经济发展理念,一批经济学家、资源学家、管理专家和企业家结合本领域和行业实际进行了卓有成就的理论研究和具体实践,积累了经验,取得了良好成效。但从整体性和系统性角度来看,各行业循环利用及其循环经济发展模式的推进和转型尚不平衡,中药资源循环利用的程度和水平以及中药资源循环经济产业模式的构建和生产方式的转型发展尚处于起步阶段^[18]。通过构建可承载药用生物资源良性运行的生态系统与庞大而复杂的中药资源产业经济系统间的耦合协同及和谐发展关系,以改善不断增长的经济系统对资源供给系统无止境的索取和欲求,以推动中药资源产业经济发展模式和生产方式的创新与转变,以实现生态系统与经济系统相互促进、相互协调、健康理性的生态经济发展模式。

2.1 中药资源循环利用再生产业价值链的构成与形成机制

中药资源产业化制造过程产生大量的药渣和排放的废水、废气等,其中尚包含着未被利用的部分资源性化学成分,若不能得到有效地回收利用和推行循环经济发展,不仅造成宝贵的中药资源巨大浪费,同时污染环境加重生态负担。中药资源循环经济价值链中的资源价值可分为外显价值和潜在价值 2 个部分,前者是传统价值链所反映的,后者存在于循环经济价值链中。中药资源循环利用再生产业结构及其产业价值链的重构包括:基于循环经济的产业链耦合机制;基于生产者责任延伸的环境成本重置机制;基于互惠互利的社会资本整合机制等多方面交互作用与共同推进^[14]。循环利用产业经济的发展,首先需要政府部门研究制定并出台一系列行之有效的激励机制和政策保障体系,以形成企业革新发展的驱动力和生产者责任延伸的新型制度,以及良好的社会舆论与监督环境。从价值的再分配来触发企业遵从循环经济发展模式、调整和延伸产业结构、配置循环利用再生产所需资源,将节约资源、减量消耗、减少排放、保护生态的社会行为与提高资源利用效率及产业发展效益有机融合,构建中药资源循环利用再生产业链和价值链,形成中药资源产业经济效益与环境生态效益相互兼顾、协调发展的稳定的中药资源生态经济产业良性发展局面。

2.2 中药资源循环利用再生资源价值创新策略与发展模式

通过对中药资源产业化过程产生的副产物及废弃物所蕴含的资源价值或潜在价值进行挖掘,重新规划与构建循环利用再生经济产业链,并合理调整其资源配置和利用,实现资源创新价值的发现及资源最大限度的利用,由此逐步推行对取自于自然资源或是人工替代资源的中药原材料使用的“减量化”;逐步通过实施精细化、高值化科技产业发展策略,驱动中药资源利用效率的有效提升,充分体现其“资源化”的客观价值;逐步将中药资源产业化过程各环节产生的尚未被有效利用的“废弃物”纳入循环利用体系中加以拓展延伸,直至吃干榨尽、物尽其用。在此过程中,既体现了“再利用”的循环经济再生资源价值创新策略,又提升了产业效益,实现了节约资源、维护生态、绿色发展的目的。中药资源循环利用再生资源价值创新策略与发展模式主要表现在以下几个方面。

2.2.1 基于中药资源产业经济的特点和客观条件 因地制宜、因资源品种制宜、因产业基础和再生利用能力制宜,围绕中药资源产业化过程产生的非药用部位、初加工下脚料、深加工产业化过程产生的废渣、废水、废气中资源性化学物质的再生利用价值发现,创新多途径、多层次、多元化再生利用策略,创建各具特色、适宜的中药资源循环经济产业发展模式^[19-20]。

2.2.2 基于精细化、高值化资源价值提升策略 在现代医药制造产业及其集成性工程技术体系支撑下,对资源消耗量和产品规模大的中药资源性原料及其深加工产品进行提质增效和升级改造,以优化和提升生产工艺和工程化过程,提高资源性化学成分的提取、富集和转化利用率;通过拆分和解析传统药材多元功效及其物质组分(成分),以及资源产业化过程产生的理化性质各不相同的废弃物,构建形成由复杂混合物-组分(群)-成分(群)-结构改造(修饰物)等不同科技含量、不同资源价值、不同产品形态、体现资源循环经济特征特征的中药资源新型产业结构,以有效提升资源利用效率和效益^[13]。

2.2.3 基于良好的生态环境本身就是生产力 保护生态环境就是保护和发展生产力的循环经济发展理念。针对中药深加工产业化过程产生的固体或液态废弃物具有可生化性较好的理化性质特点和潜在的再生资源价值,多采用生物转化-化学转化-物理转化的联用手段,既要通过循环利用获得

高附加值的资源性物质并延伸为再生产业,又要满足达标排放的要求,不能造成二次污染。由此推进中药资源产业向绿色产业转型发展,逐步实现经济发展与生态保护相伴而行、和谐共生的生态经济发展模式^[18]。

因此,通过中药资源产业化全过程各环节推行资源循环利用发展理念和生产方式,有效地延伸和拓展资源经济产业链,系统深入地揭示中药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物质,不断挖掘和创新再生资源价值与发展模式,是实现中药资源产业可持续发展的必由之路^[21-22]。

3 构建中药资源循环经济模式

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。这既是我国政府向国际社会作出的承诺,也指明了我国经济社会未来发展的方向。

3.1 中药资源循环经济体系建设与发展的基础

目前,以消耗中药和天然药物资源性原料进行中药制药、多类型健康产品、标准提取物、配方颗粒等深加工产业化过程存在着资源利用效率不高、产品单一,不能形成有效的循环利用再生产业等问题,亟待通过循环经济发展理念的引导和政府经济政策的激励,有效地改变目前仅利用药材原料中部分资源性物质所造成的高投入、低产出的传统落后生产方式,推动产业改造升级,实现经济效益和生态效益的同步提升与健康发展。

随着人类社会的进步和科学技术的飞跃发展,加快了工业生态文明到来的步伐,我国的中药资源产业发展模式和生产方式也必将遵从循环经济发展方向发生根本性的转变。资源经济学家与工业经济学家均认为,现代工业生产中最大的商机来自于对传统工业废弃物的有效利用,资源产业化过程产生的各类废弃物被分门别类回收利用和循环生产,不仅创造了良好的经济效益,还带来了含金量更高的生态环境效益。从循环经济发展的角度,分析评价一家中药资源深加工企业是否具有可持续发展潜力和远大前景,对其资源产业化过程废弃物的资

资源化利用程度和再生产能力的分析是重要的考量指标。因为这不仅反映了该企业的经济发展模式是否属于循环经济先进的生产力发展方向,也体现了企业在生产方式上是否由传统落后的线性经济产业向循环经济产业发展模式的转变,更彰显出该企业在“减量化、再利用、资源化”循环经济方面所承担的社会责任与公共义务。

因此,大力开展中药资源产业化过程废弃物的资源化利用与再生产发展,不仅可节约资源、有效降低企业生产成本、增加收益,同时可遏制其对生态环境造成的负担和压力,也是增强企业综合竞争能力的内在要求。

3.2 中药资源循环经济发展模式的构建与意义

中药资源循环经济的本质是发展生态经济。强调经济与生态的协调发展,注重于整个资源产业链各环节物质的循环利用和生产、流通、消费全过程的资源节约,逐步实现中药资源产业向着强调生态系统与经济系统相互促进、相互协调的生态经济发展模式转变^[23-24]。循环经济发展模式要求实现中药资源产业从数量型的物质增长到质量效益型增长的变革,从中药资源经济产业链环状末端的终端治理到整个环状系统全过程的生态性与经济性双效益协调发展的过程设计与控制的变革,从而实现在中药资源产业化整个经济流程中系统地节约资源和减少废弃物,实现资源经济增长的减物质化。

从经济活动主体规模分析,中药资源循环经济发展模式主要表现为企业自身发展模式、区域生态工业园模式和社会层面的循环模式^[23]。在企业内部的循环特征为:推行绿色生产、资源和能源的综合利用、尽量减少废弃物的排放,最大限度地利用中药资源,同时提高中药资源利用效率及产品的品质等;区域生态工业园模式的基本特征为:通过中药及其生物医药领域企业间的物质集成、能量集成和信息集成与交换,形成产业间的代谢和共生耦合关系,使一家中药产品相关企业生产的废渣、废液等成为另一家企业的原料和能源,建立共生产业群;社会层面的循环发展模式则表现为:中药废弃物的回收再利用体系和社会循环经济体系,以实现消费过程中和消费后物质与能量的循环,以提高资源利用效率,减少废弃物的排放量。

在中药农业生产领域,通过对大宗常用中药材是以生产区域的科学规划和基地建设,实施机械化、规模化生产,有效提高生产力水平,真正改变目前

千家万户、千差万别的生产方式和产品质量,以提升资源的生产效率,节约宝贵的土地空间。同时,在中药材种植生产、田间管理和采收过程中,因间苗、疏枝、疏果产生的废弃植株、枝条、茎叶、幼果,以及大量的非药用部位等,以及在药材初加工过程中因去栓皮、去核、去木心等,产生大量栓皮、果核、木心等废弃组织器官,尚具有多方面的应用价值和潜在利用价值。由此而减少资源消耗、减少排放、节约土地空间和减轻生态负担^[24-25]。

在中药工业生产过程中不可避免地产生大量的固态、液态和气态废弃物。中药固态废弃物以药渣为主体,尚包含固形沉淀物等。中药药渣的产生主要源于中药提取物、中药制剂、中药配方颗粒以及其他含中药的资源性产品等制造过程,其中以中药制剂生产带来的废渣量最大,约占废弃药渣总量的70%。中药产品制造过程中产生大量的液态废弃物,其主要组成为水溶性的糖类、氨基酸、肽类及蛋白质、无机盐等营养性物质和糖苷类、生物碱类等次生代谢产物,以及分离纯化过程中的各种有机溶剂等。中药深加工产品生产过程中的气态废弃物,主要涉及芳香全草类药材挥发产生的单萜、倍半萜等小分子混合物,果实种子类药材挥发逸出的气态废弃物,以及富含蒽醌类等物质的药材及饮片干燥加工或处置过程产生的升华产物等。中药产品商业流通和消费过程中所产生的废弃物亦可将其进行回收利用或无害化处理,以减少资源浪费和造成环境污染。

中药资源循环经济发展模式及其循环利用体系的构建,不仅注重资源的综合系统利用,还强调资源减量使用与高效利用,以实现资源节约和环境友好。循环经济是全过程、系统化地对其经济产业链进行规划和管理的经济活动方式。中药资源循环经济不仅包括中药工业环节及其产业形态,还包括中药农业原料生产的产业发展及服务流通环节;不仅包括中药资源产业化过程所涉及的生产领域,还包括中药资源性产品的消费领域以及整个社会的资源循环利用;不仅通过符合循环经济发展模式和生产方式的规划设计和科学管理,还需要通过政府和相关行业的统筹协调、市场经济驱动和社会公众积极参与下推动实施^[26-27]。

循环经济按照自然生态系统中物质循环共生的原理设计生产体系,将一个企业的废弃物或副产物,用作另一个关联企业的生产原料,通过废弃物交换和再生利用将不同企业联系在一起,形成“自然资源-

产品-资源再生利用”的物质循环过程，使生产和消费过程中投入的自然资源最少，将人类生产和生活活动对环境的危害或破坏降低到最小程度。按照工业生态学的原理，通过企业间的物质集成、能量集成和信息集成，形成产业间的代谢和共生耦合关系，建立共生

型生态工业发展模式。中药资源循环利用过程体现了资源的多途径、多层次利用价值，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由传统线性生产方式向循环经济生态发展方式的根本性转变^[24]。中药资源循环经济发展模式见图1。

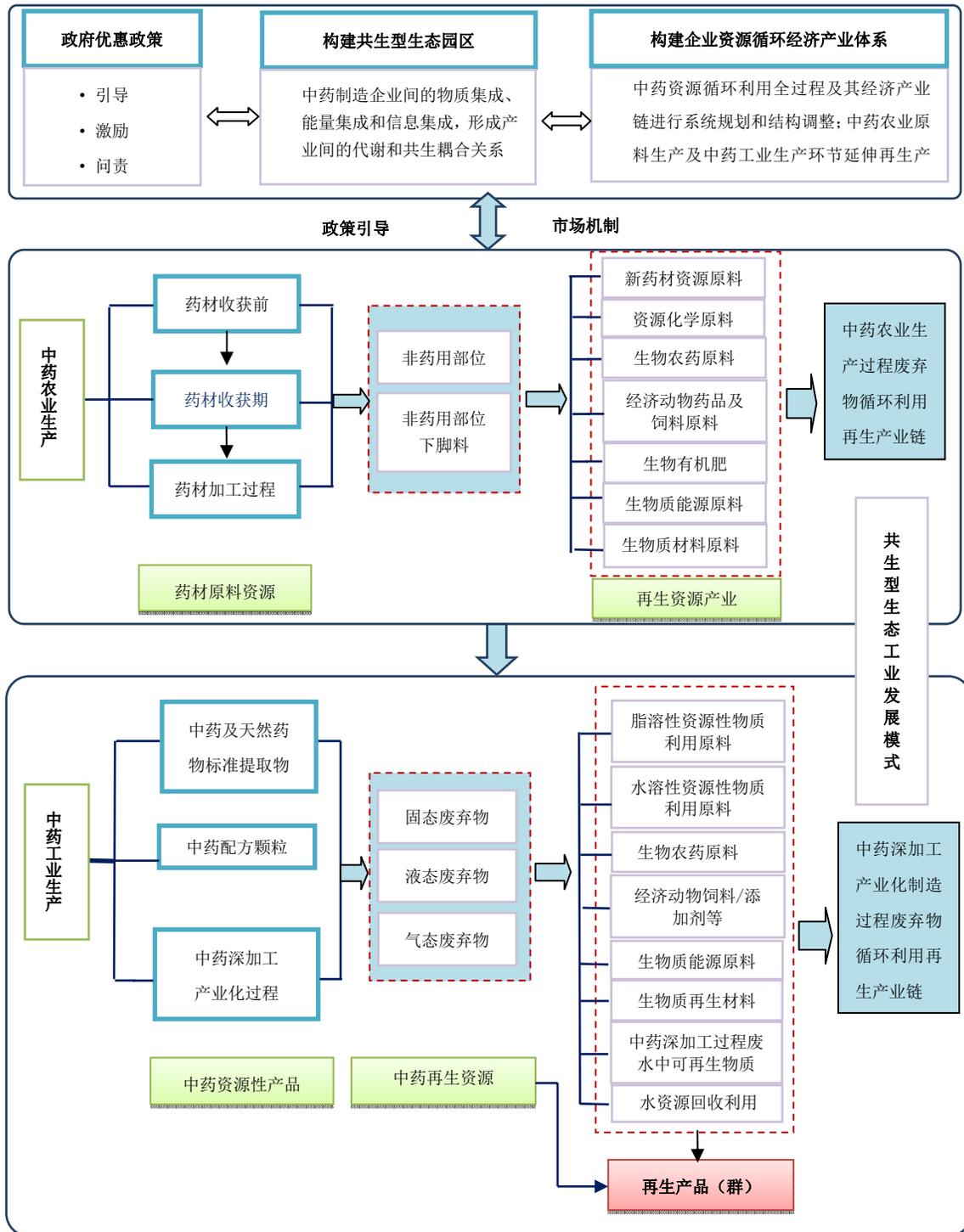


图1 基于循环经济理论的中药资源循环利用发展模式结构图

Fig. 1 Development mode structure of CMM resources recycling based on circular economy theory

4 结语

中药资源循环利用是一项复杂系统工程,既涉及中医药领域,又涉及农业、工业、服务业等行业^[13]。基于系统化的思维对整个中药资源产业与资源生态系统进行分析设计,明确产业经济与生态经济的关系及其相关方面各自所承担的责任和义务,延伸生产责任制度,并通过立法等约束手段强调生产者的责任,刺激生产责任方改变生产工艺、改进产品设计,采取绿色生产和循环利用的生态型经济模式,大力开发环境低负荷的产品,延伸资源经济产业链,产生新的经济增长点,构建代表先进的社会管理和经济发展模式的循环经济体系,促进中药资源产业结构按照循环发展、绿色发展的区域性资源经济布局、单元性行业集聚、结构性产业链延伸等方式进行调整和变革。通过资源循环利用策略的引导和推行,从根本上转变中药农业和中药工业的经济增长方式,推进中药资源经济产业发展模式和生产方式的变革,改变中药产业“高投入、高消耗、高排放、低产出”的线性经济发展模式和生产方式,推进资源节约型和环境友好型中药资源循环经济体系的构建,保障中医药事业可持续发展。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 段金廛,周荣汉. 天然药物资源的有效利用与可持续发展 [J]. 自然资源学报, 1998(增刊): 98-102.
- [3] 冯之俊. 循环经济导论 [M]. 北京: 人民出版社, 2004.
- [4] 郑志国. 循环利用资源的六种方法——以马克思的分析为基点 [J]. 岭南学刊, 2007(5): 82-86.
- [5] 沈 镭. 资源的循环特征与循环经济政策 [J]. 资源科学, 2005, 27(1): 32-38.
- [6] 段金廛,周荣汉,宿树兰,等. 我国中药资源学科发展现状及展望 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 378-386.
- [7] 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(3): 333-340.
- [8] 段金廛,吴启南,宿树兰,等. 中药资源化学学科建立与发展 [J]. 中草药, 2012, 43(7): 1-8.
- [9] 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.
- [10] 段金廛,陈士林. 中药资源化学 [M]. 北京: 中国中医

药出版社, 2013.

- [11] 张伯礼. 中医药事业发展与中药材资源 [A] // 2014 中药及天然药物资源国际学术研讨会暨 CSNR 天然药物专业委员会第十一届学术年会 [C]. 南京: 南京中医药大学, 2014.
- [12] 肖培根,王永炎. 中药资源与科学发展观 [J]. 中国中药杂志, 2004, 29(5): 5-6.
- [13] 段金廛. 中药废弃物的资源化利用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [14] 周宏春,刘燕华. 循环经济学 [M]. 北京: 中国发展出版社, 2005
- [15] 沈满洪. 资源与环境经济学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007
- [16] 王 军. 资源与环境经济学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009
- [17] 段金廛,黄璐琦,陈士林,等. 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心建设思路与目标体系 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(12): 1019-1025.
- [18] 朱玉丽,王丽萍,徐嘉怿. 基于循环经济的再生资源及其产业发展 [J]. 中国资源综合利用, 2007, 125(1): 10-13.
- [19] 孙可伟. 基于循环经济的工业废弃物资源化模式研究 [J]. 中国资源综合利用, 2000(1): 10-14.
- [20] 杨军锋,王 军. 循环经济: 学理基础与促进机制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [21] 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): 1-9.
- [22] 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(24): 1-7.
- [23] 王 军. 资源与环境经济学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009.
- [24] 孙智君. 基于农业废弃物资源化利用的农业循环经济发展模式探讨 [J]. 生态经济: 学术版, 2008(1): 197-199.
- [25] 邓家刚,侯小涛. 中药非传统药用部位的研究概况 [J]. 广西中医药大学学报, 2012, 15(3): 68-72.
- [26] 张静波,刘志峰. 基于循环经济的工业废弃物资源化模式的社会效益评价 [J]. 铜陵学院学报, 2006, 5(6): 76-79.
- [27] 杨 磊,夏禄华,张衷华,等. 植物提取生产中固形废弃物生态化利用的现状与发展趋势 [J]. 现代化工, 2008, 28(4): 14-18.