

*Studies on Heavy Metals in Soils and Traditional  
Chinese Materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort  
in the Bases of Good Agricultural Practice*

# 中药材川芎GAP基地 土壤和中药材中重金属研究

邓天龙 等著

四川出版集团·四川科学技术出版社

中药材川芎 GAP 基地土壤和  
中药材中重金属研究

Studies on Heavy Metals in Soils and Traditional Chinese  
Materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort. in the Bases of  
Good Agricultural Practice

邓天龙 廖梦霞 贾敏如 著

四川出版集团

四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中药材川芎 GAP 基地土壤和中药材重金属研究/  
邓天龙等著. - 成都: 四川科学技术出版社, 2005.2  
ISBN 7 - 5364 - 5705 - 7

I. 中... II. 邓... III. ①川芎 - 土壤 - 研究②中  
药材 - 土壤污染: 重金属污染 - 研究  
IV. S567.230.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011694 号

中药材川芎 GAP 基地土壤和  
中药材重金属研究

---

著 者 邓天龙 等  
责任编辑 杜 宇  
封面设计 韩健勇  
版面设计 李 敬  
责任出版 周红君  
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社  
成都盐道街 3 号 邮政编码 610012  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印张 7.5 字数 200 千  
印 刷 成都拓展印务有限公司  
版 次 2005 年 2 月成都第一版  
印 次 2005 年 2 月成都第一次印刷  
定 价 30.00 元

ISBN 7 - 5364 - 5705 - 7/R · 1199

---

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。



### 作者简介

邓天龙博士，教授。先后入选教育部优秀青年教师资助计划、教育部留学回国人员资助计划，被列为四川省学术与技术带头人后备人选。曾先后在加拿大劳伦希大学和成都中医药大学作博士后研究工作。主持或承担国家自然科学基金、国家科技攻关项目等在内的省部级及其以上科研项目14项，获科技成果奖2项，国家发明专利2项。在国内外学术刊物和国际会议上发表学术论文60余篇，被国际三大检索系统SCI收录12篇、EI收录10篇、ISTP收录2篇。独立指导硕士研究生12人、合作指导博士研究生3人。现为成都理工大学材料与生物工程学院副院长，校化学与材料科学学科组织职称评审委员会委员，美国化学学会会员，中国地质学会岩矿测试专业委员会委员，四川省有色金属学会重轻冶专委会副理事长。

## 序

环境污染问题是 21 世纪全球面临的重大问题之一。长期以来,因中药材川芎中重金属含量超标而影响出口,严重地制约了我省地方经济的发展。本书著者在中国博士后科学基金等项目资助下,开展的川产道地中药材川芎 GAP 基地有害元素铅、镉、砷、汞迁移、循环和转化规律研究,具有重要的学术理论意义。并取得如下重要成果:

建立了痕量、超痕量元素砷、汞的蠕动进样—氢化物—原子荧光形态分析方法,尤其是发现对重金属干扰元素具掩蔽作用的 8—羟基喹啉,同时对 As(V)亦具选择性的掩蔽,为 As(III)、As(V)同时存在时,实现对 As(III)测定的重大发现,具有原始创新性。

本书揭示了四川省都江堰市、彭州市中药材川芎种植基地和较高海拔川芎种基地中主要有害重金属元素的分布特征。发现了药用川芎植株不同部位及其亚细胞中有害重金属元素的分布规律。目前国内外尚未见该类报道,本项目研究填补了相应空白。

本书采用单项污染指数和综合污染指数评价法,揭示了川芎种基地(汶川县水磨镇、什邡市八角镇)达到国家 GAP 种植基地土壤质量要求,而川芎种植基地土壤环境质量存在重金属含量超标问题。发现川芎与大豆 [*Glycine max* (L.) Merr.] 轮作,可较好地清除土壤中有害重金属元素,是一种值得推广的种植方法。

首次发现蕨类植物肾蕨 [*Nephrolepis auriculata* (L.) Triman] 对有害元素砷、汞具有超富集性能,并揭示了肾蕨植株不同部位及其亚细胞中砷、汞的富集特征。肾蕨植物生物通量大,且砷、汞主要富集于叶中,是理想的砷、汞污染土壤的绿色修复植物,具有广阔的应用前景。

本书以其丰富的研究内容、创新的研究方法,取得了重要的发现,揭示了中药材川芎 GAP 基地土壤和药材中主要有害元素迁移、循环和转化规律,提出了污染土壤的植物修复技术。它的出版发行可为全国中药材 GAP 基地建设提供借鉴,更有助于推动我省中药材 GAP 基地的深入研究。在此,我将此著作推荐给广大的读者们。

成都理工大学名誉校长

刘宗培 (院士)

2005 年 2 月于成都

## 序

中药材 GAP 的实施, 已经成为近年来中药现代化的紧迫任务。国家科技部从 1999 年开始将中药材种植规范化示范列入国家中药现代化工程。我省是国家几个主要的中药材 GAP 基地之一。纵观我国中药材生产和中成药出口现状, 一直存在重金属含量超标等问题, 这既危及人民健康, 也直接影响中药材生产和中药材出口, 更严重地制约我国中药现代化的进程。

本书的著者邓天龙教授作为负责人主持了包括国家自然科学基金在内的省部级及其以上科研项目多项, 尤其是他主持并完成的中国博士后科学基金项目, 通过近 3 年的艰辛努力, 在国外著名学术期刊和国际学术会议上发表论文多篇, 获国家发明专利 1 项, 论文学术水平受到了国内外同行专家的高度评价。

本专著的特色有: 针对砷、铅、镉、汞在土壤和中药材中的主要存在价态及其不同赋存价态的生物有效性不同, 成功地解决痕量、超痕量元素的价态分析这一国际前沿热点问题。

由于砷、汞各赋存状态的含量甚低, 著者自行设计制作样品采样器, 并结合化学、生物学、地学的思路 and 手段进行富氮处理、冷冻保存等方法, 研究工作具有源头创新。

本书运用环境化学、生物化学、植物生物学和地球化学的原理和方法对于痕量、超痕量元素砷、汞等污染物质在 GAP 基土壤、药用植物川芎和修复植物中的迁移、转化规律等研究独具特色, 学术理论意义重大。

著者从四川省都江堰市等地中药材川芎 GAP 基地入手, 以水—土壤—药用植物为研究体系, 揭示了重金属的分布行为, 进而发现了砷、汞超富集植物, 提出了重金属污染土壤的绿色植物修复技术, 具有重要的理论创新。

我曾推荐该著作由四川省学术和技术带头人培养资金资助出版, 现该著作正式面世, 内心由衷的高兴。本著作不仅值得生物工程、环境科学、环境工程、分析化学、应用化学、地球化学等专业的研究生和高年级本科生学习, 更可为全国从事中药材 GAP 基地建设的科研和技术人员借鉴和参考。

成都理工大学 阎树旺 (教授)

2005 年 2 月于成都

## 内 容 提 要

四川省都江堰市和彭州市是川产道地中药材川芎规范化种植基地。长期以来,因中药材川芎中重金属含量超标而影响出口,严重地制约了地方经济的发展。本著作针对基地土壤采用 Tessier 连续浸提法,针对药用植物川芎及污染土壤修复植物肾蕨采用高选择性提取方法,辅以微波消解(Microwave digestion),运用原子吸收分光光度计(Graphite furnace atomic absorption spectrometry, GF-AAS; Flame atomic absorption spectrometry, FAAS)和蠕动进样—氢化物—原子荧光光度法(Flowing injection hydride generation atomic fluorescence spectrometry, FI-HG-AFS)为主要示踪手段,首次系统地研究了道地中药材川芎基地土壤中有害元素铅、镉、砷、汞赋存形态及其分布规律,重金属在川芎药用植物和肾蕨修复植物中的富集行为及其富集机制。

本书可作为环境科学、环境工程、分析化学、应用化学、地球化学等专业专业的研究生和高年级本科生使用,也可供相关专业科研工作者和生产技术人员参考。

# **Studies on Heavy Metals in Soils and Traditional Chinese Materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort. in the Bases of Good Agricultural Practice**

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to understand the distribution behavior and elimination of heavy metals in the soils of Chinese medical materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort. A sequential seven-step extraction procedure frequently used by agrochemists and agroenvironmental protectors combined microwave digestion, GF-AAS/FAAS and HG-AFS were adapted to research the species and vertical distributions of lead, cadmium, arsenic and mercury in the good agricultural practice (GAP) bases of local Chinese medical materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort and the plants of this herb and the phytoaccumulator of *Nephroleps auriculata* (L.) Triman in Dujiangyan City and Penzhou City, Sichuan province, P. R. of China. Solutions presented in the monograph can be summarized as follows:

- A sensitive and interference-free procedure had been successfully established for the arsenic speciation in the samples of natural water, soil and the Chinese herb using flowing injection hydride generation atomic fluorescence spectrometry (FI-HG-AFS). It has been observed that As(V) has an atomic emission to interfere the signals of As(III) in the 10% HCl matrix. However, interferences from heavy metals such as Pb(II), Cu(II) can cause severe increase of the signals as compared to the insignificant effects caused by Zn(II), Mn(II), Cd(II) and Fe(III). It is the first time to discover that the masking agent of 8-hydroxyquinoline was found to be an efficient agent to eliminate interference of transition metals in the determination of arsenic species, especially to eliminate As(V) emission with high selection in the matrix of As(III) and As(V) coexisted solution.

- A sensitive and interference-free procedure for mercury species was then developed for samples of natural water, soil and the Chinese herb using cold vapor hydride generation atomic fluorescence spectrometry (CV-HG-AFS).

- The vertical distributions of the lead, cadmium, arsenic, mercury, iron and manganese



were carried out in the soils related to the GAP of Chinese medical materials of *Ligusticum chuanxiong* Hort in the five regions corresponding to Xudu contriside and Minxing countryside in Dujiangyan City, Aoping twon in Penzhou City, Shimo town in Wenchuan City, and Bajiao town in Shifang County, Sichuan Province, China.

- Based on the Chinese national evaluation standard issued by The Bureau of National Environmental Protect (GB15618-1995), the evaluation methods of pollution index both single-factor and multi-factor were used to evaluate the soil quality in the mentioned five places. It is found that: ① the soil quality in the two places of Xudu and Minxing belongs to class 4 of the third grad because of the middle level pollution by cadmium and arsenic; ② the soil located in Aoping town was in class 3 of the third grad due to the lightly cadmium pollution; ③ In Wenchuan and Bajiao, the soil qualities in both places, which are well answered for the request for national conditions of GAP are class 3 of the first grad and class 2 of the second grade, respectively.

- Based on research resluts, it is find that the plant of *Glycine max* (L.) Merr. has the characters of lead, cadmium enrichment and absorption, which is not reported in the literature. Using *Glycine max* (L.) Merr. alternate planting with *Ligusticum chuanxiong* Hort. is a valuable recommended method to produce a high quality Chinese medical materials in order to eliminate the barrier on the beyond the heavy metal limit for the import and export of *Ligusticum chuanxiong* Hort. whereas the alternate planting of paddy with *Ligusticum chuanxiong* Hort. is very inadvisable.

- The distributions of heavy metal of lead, cadmium, arsenic, and mercury in the plant of *Ligusticum chuanxiong* Hort have been discovered in the first time. The distributive behaviors of heavy metals are that: the concentration orders are that frondage and root > stem > rhizome & root for lead, frondage > rhizome and root > stem for arsenic and mercury. The elemental cadmium can not be absorbed and accumulated as high as the elemental arsenic by the medicinal used plant.

- It is discovered in the first time that *Nephroleps auriculata* (L.) Triman has the character of arsenic and mercury accumulation, which is not reported in the literature. It is an ideal phytoremediator for its large flux and arsenic and mercury enrichment. Further studies are found that: ① mercury is mainly accumulated in the wall of the plant cells; ② the distributions of arsenic in the cell compositions of phytoaccumulator are in the order of wall of cells >> proteins > organic acid and other soluble composition >> plant fat, pigment, waxiness and etc mainly with the speciation of arsenite, and its frondage is the main part and apparatus other than stem and rhizome for arsenic accumulation, i.e. arsenic concentration in the plant is in the order of frondage >> rhizome & root > stem.

- The mechanism of phytoremediation was disclosed in elementary.

# 目 录

1 绪论	1
1.1 我国中药材 GAP 基地建设进展	1
1.2 川芎 GAP 基地建设概况	4
1.2.1 都江堰市川芎种植 GAP 基地	4
1.2.2 彭州市川芎种植 GAP 基地	4
1.2.3 川芎 GAP 基地存在的关键问题	5
1.3 微痕量元素形态分析研究进展与发展趋势	5
1.3.1 土壤质量、土壤中重金属形态划分及其分析研究进展	5
1.3.2 痕量、超痕量元素砷、汞形态分析研究进展	7
1.4 重金属污染土壤修复研究进展	7
1.4.1 污染土壤的物理修复技术	8
1.4.2 污染土壤的化学修复技术	8
1.4.3 污染土壤的微生物修复技术	8
1.4.4 污染土壤的植物修复技术	9
1.5 项目的科学意义、学术价值及其应用前景	10
1.5.1 本项目研究的科学意义、学术价值	10
1.5.2 本项目研究的应用前景	11
1.6 拟解决的关拟问题	12
1.7 项目的创新之处及主要特色	12
1.8 项目的研究目标	13

<b>2 川产道地中药材川芎 GAP 基地地质概况</b> .....	<b>14</b>
2.1 地质背景.....	14
2.2 研究区域水系、土壤类型、土壤背景值.....	14
<b>3 实验方法</b> .....	<b>16</b>
3.1 主要仪器设备.....	16
3.2 主要药品试剂及其配制.....	16
3.3 研究区域水体、土壤、药用植物样品采集与处理方法.....	18
3.4 土壤样品重金属不同形态的连续提取方法.....	20
3.5 川芎植株中有害元素的形态提取方法.....	21
3.6 污染土壤修复植物盆栽试验方法.....	22
3.7 川芎与修复植物不同部位及其亚细胞中砷汞的连续提取方法.....	22
3.8 砷、铅、镉、汞的分析方法.....	23
3.8.1 微痕量元素铅、镉的 AAS 分析方法.....	23
3.8.2 痕量、超痕量元素砷的 HG-AFS 分析方法.....	23
3.8.3 痕量、超痕量元素汞的 HG-AFS 分析方法.....	24
<b>4 砷、铅、镉、汞的分析方法研究</b> .....	<b>26</b>
4.1 微痕量元素铅、镉的 AAS 分析方法验证性研究.....	26
4.1.1 铅的 FAAS 或 GF-AAS 分析时基体干扰及其消除.....	26
4.1.2 镉的 FAAS 或 GF-AAS 分析时基体干扰及其消除.....	26
4.2 痕量、超痕量元素砷的 HG-AFS 分析方法研究.....	27
4.2.1 As(III)、As(V)的工作曲线.....	27
4.2.2 HG-AFS 测定中共存元素干扰实验研究.....	28
4.2.3 砷 HG-AFS 测定干扰的消除及还原剂的选择.....	30
4.3 痕量、超痕量元素汞的 CV-HG-AFS 分析方法研究.....	35
4.3.1 酸度与 $\text{KBH}_4$ 浓度的选择.....	35
4.3.2 干扰元素的影响.....	36

4.3.3	最低检出限及精密度	37
4.3.4	标准物质及样品的分析检验	38
<b>5</b>	<b>中药材川芎 GAP 基地有害元素砷、铅、镉、汞分布规律研究</b>	<b>39</b>
5.1	研究区域土壤 pH 值、水体中有害元素分析与讨论	39
5.2	川芎 GAP 种植基地及其苓种基地有害元素土壤铅、镉、砷、汞赋存形态分析结果	40
5.3	都江堰市川芎 GAP 种植基地及其苓种基地土壤有害元素铅、镉、砷、汞分布特征	40
5.3.1	都江堰市川芎 GAP 种植基地——徐渡乡土壤有害元素分布特征	40
5.3.2	都江堰市川芎 GAP 种植基地——民兴乡土壤有害元素分布特征	55
5.3.3	都江堰市川芎 GAP 种植基地——徐渡乡与民兴乡土壤中有害元素分布对比	57
5.3.4	都江堰市川芎 GAP 苓种基地——汶川县水磨镇土壤中有害元素分布特征	59
5.4	彭州市川芎 GAP 种植基地及其苓种基地土壤中有害元素铅、镉、砷、汞分布特征	60
5.4.1	彭州市川芎 GAP 种植基地——熬平镇土壤中有害元素分布特征	60
5.4.2	彭州市川芎苓种基地——什邡市八角镇土壤中有害元素分布特征	63
5.5	川芎 GAP 基地土壤中铅、镉、砷、汞分布特征小结	65
5.6	川芎 GAP 种植基地及其苓种培育基地土壤质量评价	66
5.6.1	评价标准	66
5.6.2	土壤评价方法	66
5.6.3	川芎 GAP 基地土壤评价结果	70
5.7	川芎植株中有害元素的分布规律	73
5.7.1	GAP 基地幼苗期川芎植株中砷的赋存形态分析结果	73
5.7.2	GAP 基地川芎幼苗期植株中不同形态砷的分布特征	73
5.7.3	GAP 基地成苗期川芎植株中有害元素赋存形态分析结果	76
5.7.4	GAP 基地成苗期川芎植株中有害元素分布特征	79

5.8 不同施肥和农药对川芎植株中有害元素的分布行为的影响·····	81
5.8.1 研究区域施用肥料中有害元素分析与讨论·····	81
5.8.2 不同施肥和农药对川芎植株中有害元素的分析结果·····	81
<b>6 中药材川芎 GAP 基地土壤的植物修复研究·····</b>	<b>83</b>
6.1 实验室盆栽试验土壤中有害元素砷、汞的含量·····	83
6.2 川芎植物和肾蕨修复植物不同部位及其亚细胞中砷分布规律·····	83
6.2.1 无水乙醚提取川芎和肾蕨植物不同部位中脂肪、色素、蜡等成份中 赋存的砷·····	84
6.2.2 去离子水提取川芎和肾蕨植物不同部位中有机酸及其他可溶组份中 赋存的砷·····	84
6.2.3 稀碱提取川芎和肾蕨植物不同部位中总蛋白组份中赋存的砷·····	86
6.2.4 微波消解提取川芎和肾蕨植物不同部位与组织中细胞壁物质中 赋存的砷·····	87
6.3 肾蕨修复植物对砷的解毒机制研究·····	89
6.3.1 肾蕨植株具有砷富集特性的有力证据·····	89
6.3.2 肾蕨植株的砷富集积累特征·····	90
6.4 川芎植物和肾蕨修复植物不同部位及其亚细胞中汞分布规律·····	92
6.5 肾蕨修复植物对汞的解毒机制研究·····	95
6.6 科研基地现场植物修复试验·····	95
<b>7 结论·····</b>	<b>96</b>
<b>参考文献·····</b>	<b>99</b>
<b>符号及缩略词·····</b>	<b>112</b>
<b>后记·····</b>	<b>113</b>

# 1 绪 论

## 1.1 我国中药材 GAP 基地建设进展

1998 年 8 月, 欧共体通过了欧共体药用和芳香植物优化种植生产管理规范 (Good Agriculture Practice, GAP) 条例, 形成了欧共体 GAP。我国于 1998 年 11 月在海口召开了中药材 GAP 座谈会, 草拟了《中药材 GAP》(第一稿); 1999 年 5 月在天津讨论第一稿, 同年 9 月修改和制订了《中药材生产质量管理规范(GAP)指导原则》(第二稿), 2000 年 9 月在成都讨论第二稿, 经修改, 我国药品监督管理局于 2002 年 6 月 1 日发布了第 32 号局令《中药材生产质量管理规范(试行)》<sup>[1]</sup>, 成为国家药品质量管理的行业规范, 其核心是规范生产过程, 保证药材质量的安全、稳定、可控。这为我国加入 WTO 后, 中药进入国际市场提供了前所未有的机遇, 同时也给中药科技产业现代化提出了更严峻的挑战。

就我国实施中药现代化和产业开发项目以来, 在 1999 年后, 建立了按照《中药材生产质量管理规范》GAP 标准种植要求的基地。实施中药材 GAP, 对保证中药材、中药饮片、中成药质量具有十分重要的意义, 是促进中药现代化、国际化发展的重要基础。

自 1999 年以来, 国家科技部与部分省市先后建立了 60 个重点中药材规范化种植研究项目, 并建立了一批示范基地<sup>[2]</sup>。四川省科技厅紧紧围绕 GAP 基地建设, 2000 年后以川麦冬、附子、川芎、黄连、天麻、川贝母、丹参、红豆杉、鱼腥草、川银花、芦荟、麝香和熊胆共 13 种药材, 启动实施首批中药现代化科技产业(四川)基地药材种植科技示范区; 2001 年启动实施第二批川白芷、川泽泻、川牛膝、天冬、无花果、干姜、柴胡、银杏、川黄柏、旱半夏、川红花、黄栀子、乌梅、山茱萸、川明参等 17 种中药材种植科技示范区<sup>①</sup>; 初步形成了 8 大川药为主的规范化种植、产品开发和销售体系。广东省在种植方面实施了砂仁等 5 种中药材规范化种植研究, “十·五”期间将建设广东大宗中药

<sup>①</sup> 四川省科学技术厅文件, 川科农[2001]22 号, 关于启动实施“第二批药材种植科技示范区”的通知。

材规范化种植基地及种子种苗繁殖基地获得国家 GAP 认证并达到产业化规模：广州市与广州中医药大学、白云山中药厂等单位组建了穿心莲、广佛手等 GAP 产业化基地。云南省在西双版纳、德宏两地建立砂仁、血竭、肉豆蔻等南药种植基地；文山作为三七种植基地；楚雄作为茯苓种植基地；丽江、大理作为当归、木香种植基地；昭通作为天麻种植基地。浙江省拥有浙贝母、白术、菊花、元胡等中药材，而且还有正大青春宝药业、胡庆余堂制药、康恩贝等知名企业，以生产、科研为重点，全面实施中药的现代化工程。山西省医药集团有限责任公司承担了科技部“十·五”攻关项目——党参、黄芪、柴胡、远志、款冬花 5 种道地药材规范化种植研究。安徽省亳州市计划在 5 年内制订出白芍、桔梗、板蓝根、丹皮等 8 种中药材规范化种植的 GAP 标准，并在安徽建立 20 个主流地道品种的 GAP 产品种植基地，同时联合全国的 GAP 研究单位和主产区，形成全国范围内的 GAP 产品生产、销售网络。江西省以江西中医学院等 5 个单位承担国家“十五”重点科技攻关项目——蔓荆子、夏天无、泽泻、掌叶覆盆子、丰城鸡血藤 5 种中药材规范化种植基地，并通过了科技部专家组的评审验收，使夏天无、泽泻、覆盆子的质量标准高于 2000 年版《中国药典》标准，夏天无、泽泻的指纹图谱研究取得了阶段性成果。重庆市中药研究院承担的“十五”国家重点科技攻关计划——黄连、金荞麦、仙茅 3 种中药材规范化种植基地研究项目。广西壮族自治区拟建立 12 个国家级中药材 GAP 规范化种植示范基地和 20 个中药材 GAP 规范化种植科技示范县，形成罗汉果、肉桂、八角、金银花、葛根等中药材 GAP 种植基地；建立罗汉果、广郁金、肉桂、八角、田七、蛤蚧、鸡骨草、鸡血藤、广豆根、扶芳藤、苦玄参、岩黄连等壮药、南药基地，并力争在 2010 年以前建成 10 个 1.3 万公顷以上的中药材 GAP 种植基地。内蒙古自治区建有黄芪、甘草基地，并在甘草进行规范化种植的同时，重视开展甘草进行综合开发利用。宁夏回族自治区在研究枸杞、麻黄规范化种植基地，约 1300 公顷麻黄全部收获并加工生产成药品后，将有数亿元的经济效益。青海省将在未来 5 年全力培育中藏药材种植基地，加快特色植物沙棘、枸杞等封育繁殖基地建设，培育藏茵陈、大黄、黄芪、秦艽、贝母、麻黄、红景天等地道药材 GAP 生产基地，实现青海省主流中藏药材的规范化种植，为中藏药产业可持续发展提供资源保障。

据不完全统计，我国 30 多个省进行 140 多个中药材 GAP 基地或示范区建设，这充分表明：中药材 GAP 在我国走上了规范化建设快车道，开展相应的中药材 GAP 基地建设如雨后春笋。

但值得指出的是：就我国 GAP 制定的过程而言，2000 年前后是大规模上马规范化种植基地的建设期，而 GAP 制定和实施不同步，GAP 制定、实施明显滞后。

纵观我国中药材规范化种植基地建设，研究工作概括而言主要集中在如下方面：

种源鉴定、栽培的种植模式、基地环境监测与评价（大气、水质、土壤的调查和检测）、繁育技术与田间管理、研制和筛选了品种专用肥、病虫害调查与防治技术与品种专用生物农药、采收加工与储运方式、制定了中药材生产标准操作规程（Standard operating process, SOP）、制定或完善药材质量标准等。

但是，纵观我国中药材基地建设和中药材生产和中成药出口现状，主要存在如下关键性问题：

尽管我国是世界上中药材生产大国，近年来国家和各级政府已加快了中药材基地建设和示范基地的培育步伐，但在中药生产质量上，存在着种质不清，种植、加工技术不规范，重金属含量和农药残存量偏高等问题。美、英、法等国对中成药产品中重金属含量均有十分严格的分析、检测和限制指标。若重金属含量超标，该产品则被明令严禁销售。1999 年，美国加利福尼亚卫生署公布了 260 种中成药的检测报告，123 个中成药产品重金属含量超标，其中中国大陆就占了 93 个<sup>①</sup>。著名的德国魁汀中医医院报道，截止于 1997 年的 6 年中，该院从中国进口大约 300 种不同中药饮片，被德国生药检查部门抽查发现不合格的达 66 种（占 20%），其中重金属含量超标的有 21 种，检查不符合《中华人民共和国药典》标准 9 种，而重金属中镉含量超过标准最为常见<sup>[3]</sup>。2000 年欧共体检测我省中药材川芎，提出镉、汞超标而影响出口。

由此可见，中药材重金属含量超标已严重地制约了我国中药的出口，尤其是制约了我省中药产业化发展。究其原因：有害元素镉、汞、砷、铅含量偏高。长期以来，我国对中药材基地环境监测与评价（大气、水质、土壤的调查和检测），一直沿以重金属元素加和量（即合量）或铅、镉、砷、汞等重金属相应元素总量的测定来衡量和评价污染状况。然而，天然水、土壤等载体中重金属总量的测定，已不能客观地揭示中药材基地一定时期的污染状况及其发展趋势<sup>[4]</sup>。要解决中药材中成药生产和出口中存在的突出问题，必须抓住中药材的源头——加强基础和应用基础研究投入，揭示基地建设的深层次问题，以达到建设符合 GAP 的生产基地，才能最终生产出符合中药现代化需求的、质量稳定的道地中药材，实现人工抚育的可持续开发模式，实现经济和社会效益的最大化。

---

<sup>①</sup> 李焕普，中药生产当务之急：建设符合 GAP 的基地，中国医药报，2001.3.17，第二版。



## 1.2 川芎 GAP 基地建设概况

据刘园等<sup>[5]</sup>对中药川芎的品种和产地考证,川芎古本草名称为“芎藭”,早在南北朝四川就有栽种,其品种即现在川芎 *Ligusticum chuangxiong* Hort., 历史道地产区为现在四川省都江堰市(原灌县)金马河上游以西地区,是古今有名的川产道地药材。

川芎系草本植物,块茎药用,其鲜块茎断面肉质为乳白色,气芳香,富含多种有效成分,如挥发油、生物碱等,具有镇痛、镇静、祛风、舒筋、活血、麻痹神经的功效,主治心脑血管类疾病;国家 II 类新药“川芎嗪注射液”主治闭塞性血管疾病、心绞痛及心肌梗塞、脑供血不足及老年性脑功能紊乱等症<sup>[5]</sup>。同时,川芎可加工成多种药品饮片,仅国内每年约需 GAP 川芎 4000t,国内目前 GAP 生产总量不过 1000t,有很高的药用价值,具有很好的社会经济效益。

川芎喜温暖湿润和充足的阳光,但幼苗怕烈日高温。宜在土质疏松肥沃、排水良好、富含有机质的砂质壤土中栽培,忌涝洼地,不可重茬。在海拔 900~1500m 的山区培育苓种,收获后,于立秋前后,在海拔 500~600m 的平坝栽种,生长到翌年小满至芒种间收获。

四川省都江堰市、崇庆县为中药材川芎的全国地道主产区。目前,已扩大到新都、彭州、郫县、大邑、新津、什邡、苍溪等县市。四川省年产量占全国 90%以上,供应省内外并少量出口。目前,川芎已列为国家重点科技攻关项目,开展了由成都中医药大学、四川省中医研究所等单位为技术支撑的 GAP 基地建设研究,内容包括基地的选择、种子和繁殖材料、栽培、采收、加工、质量检测、包装、运输、贮藏等环节。

### 1.2.1 都江堰市川芎种植 GAP 基地

都江堰市是川芎的道地产区,其特有的区域性土壤和气候条件十分利于川芎生产。素以川芎品质好、药用有效成分含量高而著称。随着国家《中药材生产质量管理规范(试行)》的实施,药材生产、加工原料必须要以 GAP 基地购进。

目前,在都江堰市徐渡乡、石羊镇、民兴乡等共建立了约 1000 公顷川芎规范化栽培 GAP 基地,在汶川水磨镇等地建有川芎苓种繁育基地。

### 1.2.2 彭州市川芎种植 GAP 基地

盛称商贸物流中心的彭州市熬平镇,具有适宜川芎种植的土质、水分、气候等环境要求。以彭州熬平镇为中心,常年种植优质川芎面积 3300 公顷,在什邡八角镇等区域建