

川芎无公害栽培技术体系探讨

梁乙川^{1,2} 刘思京³ 李西文²

(1 成都中医药大学药学院,成都,611137; 2 中国中医科学院中药研究所,北京,100700; 3 四川川村中药材有限公司,成都,610031)

摘要 川芎为著名川产道地药材,为临床常用中药,栽培历史悠久,但川芎在栽培过程中仍存在盲目引种、苓种繁育不规范、病虫害严重等问题,尤其农残和重金属镉超标问题一直未得到有效解决,严重影响川芎产业可持续发展。开展无公害栽培技术研究是保障川芎产业可持续发展的有效途径之一,同时也是现阶段中药材生产的发展方向。本文基于课题组基地生产数据,结合国内其他基地成功经验及文献调研,构建了川芎无公害栽培技术体系,该体系包括基于 GIS 技术基地选址、土壤综合改良、良种的选育、合理施肥、病虫害综合防治等,为解决川芎镉超标问题提供了新途径,同时可促进川芎品质提升和产业可持续发展。

关键词 无公害;GMPGIS;土壤改良;良种选育;病虫害综合防治

Discussion on Pollution-free Cultivation Technology System of Rhizoma Ligustici Chuanxiong

Liang Yichuan^{1,2}, Liu Sijing³, Li Xiwen²

(1 College of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China; 2 Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 3 Sichuan Chuancun Traditional Chinese Medicine Co., Ltd, Chengdu 610031, China)

Abstract Rhizoma Ligustici Chuanxiong is one of the well-known medicinal materials located in Sichuan origin. It is a traditional Chinese herbal medicine commonly used in clinic with a long history of cultivation. However, some problems still exist in the production of Rhizoma Ligustici Chuanxiong, such as blind introduction and non-standard breeding of Rhizoma Ligustici Chuanxiong, serious diseases and pests. Especially, the problem of pesticide residue and cadmium exceeding the standard have not been effectively solved, which seriously affects the sustainable development of Rhizoma Ligustici Chuanxiong industry. The effective way to ensure the sustainable development of Rhizoma Ligustici Chuanxiong industry is to carry out the research of pollution-free cultivation technology, and it is also a developing direction for the production of traditional Chinese medicine at present. Based on the production data of base and combined with the successful experience of other bases in China and literature investigation, this paper showed the pollution-free cultivation technology system of Rhizoma Ligustici Chuanxiong. The system includes site selection based on GIS (Geographic Information System) technology, comprehensive soil improvement, breeding of improved varieties, rational fertilization, integrated control of diseases and pests, etc. It can provide a new way to solve the problem of excessive cadmium and scientifically guide the cultivation of Rhizoma Ligustici Chuanxiong without pollution, improve the quality, and promote the sustainable development of Rhizoma Ligustici Chuanxiong industry.

Key Words Pollution-free; GMPGIS (Good Manufacturing Practice); Soil improvement; Cultivation of improved varieties; Integrated control of diseases and insects

中图分类号: [R282.2] 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2018.12.004

川芎,原名芎藭,为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的干燥根茎,《中华人民共和国药典(2015版)》收录^[1]。始载于《神农本草经》,被列为上品,是著名的川产道地药材,具有活血祛瘀、祛风止痛的功效,为临床常用中药。据统计《中华人民共和国药典(2015版)》一部有227个成方制剂中含有川芎,占所收载成方制剂的15.2%,其对中药临

床用药的有效性和安全性有重要影响。川芎除销国内市场外,还大量出口日本、马来西亚、新加坡、韩国等国家和地区。

川芎栽培历史悠久,蜀地自1500年前梁代陶弘景《本草经集注》已有川芎栽培的记载,明、清代成蜀地为川芎道地产区,此划分沿用至今。四川省都江堰金马河上游以西地区是川芎长期栽培集

中地，直到 20 世纪 70 年代后才逐渐向南扩展到彭州、郫县、崇州、温江和新都，现主要分布于都江堰、彭州、崇州、眉山、新都等地。虽然川芎在云南、贵州、湖南、湖北、江西、甘肃等地都有栽培，但以“蜀川产者为胜”，是著名的川产道地药材^[2-3]。道地产区独特的生态环境与栽培技术为川芎药材优质的品质提供基础和保障。但川芎在栽培过程中仍存在盲目引种、苓种繁育不规范、病虫害严重等问题，尤其农残和重金属镉超标问题一直未得到有效解决，影响川芎产业可持续发展。无公害中药材栽培技术研究是保障产业可持续发展的重要途径，同时也是现阶段中药材生产的发展方向^[4]。本文基于课题组在都江堰示范基地生产数据，结合国内其他基地成功经验及文献调研，构建了川芎无公害栽培技术体系，可为无公害川芎药材规范化生产提供技术参考，促进川芎资源的可持续利用。

1 无公害川芎栽培基地选址

1.1 无公害川芎生产基地环境要求 川芎适宜性较强，喜阳和温暖湿润气候。较耐旱，耐寒性不强，怕荫蔽水涝。选地时以土层深厚、疏松肥沃、排水良好、有机质丰富、中性或微酸性的油砂石或夹砂土等沙质土壤为宜，土质黏重或过沙、低洼积水地不宜栽种，忌连作^[5]。生产基地 1 500 m 内无厂矿、企业和城镇生活等易污染源区，距离主要交通主干线 300 m 以上。

无公害川芎生产的产地环境应符合国家《中药材生产质量管理规范（试行）》；NY/T 2798-2015 无公害农产品生产质量安全控制技术规范；GB15618—1995 土壤环境质量标准；GB15618 和 NY/T391 的一级或二级土壤质量标准；GB5084—1992 农田灌溉水质标准；GB3095—1996 环境空气质量标准；GB3838—2002 国家地面水环境质量标准等对环境的要求。

1.2 基于 GIS 信息技术指导精准选址 “诸药所生，皆有境界”，中药材都有特定的生长环境和地理区域分布。无公害中药材栽培基地选择必须遵循地域性原则，根据中药材生物学特征，分析药材适宜生长区域，确定中药材栽培基地，是实现无公害中药材生产的首要环节。GMPGIS 信息系统可以精准对无公害中药材生产基地进行选址^[6-7]，避免盲目引种。

在川芎道地产区、野生分布区和主产区选择代表样点，通过 GMPGIS 信息系统提取 22 个与川芎生理、生态学相关的生态因子。见表 1。

表 1 川芎产区生态因子值

生态因子	生态因子值范围
年平均温(℃)	3.2 ~ 22.8
昼夜温差均值(℃)	4.8 ~ 12.3
等温性	0.22 ~ 0.49
温度季节性变化标准差	0.015 ~ 0.037
最暖周最高温度(℃)	16.4 ~ 33.7
最冷周最低温度(℃)	-12.8 ~ 11.5
年均温变范围(℃)	19.3 ~ 40.1
最湿季节平均温度(℃)	10.5 ~ 27.8
最干季节平均温度(℃)	-4.4 ~ 18.4
最暖季节平均温度(℃)	10.5 ~ 28.5
最冷季节平均温度(℃)	-4.5 ~ 16.4
年均降水量(mm)	528 ~ 2149
最湿周降水量(mm)	25.9 ~ 88.6
最干周降水量(mm)	0.5 ~ 12.1
降水量季节性变化标准差	0.4 ~ 1.3
最湿季度降水量(mm)	299 ~ 997
最干季度降水量(mm)	12 ~ 190
最暖季度降水量(mm)	283 ~ 959
最冷季度降水量(mm)	12 ~ 234.553
年均日照(W/m ²)	111.5 ~ 156.2
年均相对湿度(%)	54.7 ~ 76.5
主要土壤类型	强淋溶土、红砂石、黑钙土、铁铝土、粗骨土、黑土、薄层土、潜育土等

基于以上生态因子值数据分析，川芎适宜引种栽培区域为四川、云南和广西等省^[8]。另外，川芎对重金属镉有富集作用，在选择种植基地时应当对土壤、空气、灌溉水含镉情况进行检测，未达标的生产基地不应考虑。

2 土壤综合改良

土壤是中药材生长发育的直接环境，对其品质有重要影响。川芎采用无性繁殖和连续种植会导致土壤理化性状劣变、土传病害增加、化感物质累积、微生物群落和营养物质失衡等问题。土壤微生物环境的失衡是复杂的系统性问题，单一的方法技术难以解决。项目组基于宏基因组学研究基础^[9-11]，在大量田间试验基础上，建立了川芎“土壤消毒 + 绿肥回田 + 菌剂调控”的综合策略，可改善根际微生态环境，改良土壤理化性状和调节营养物质平衡，从而减少土传病害和化感物质积累。土壤 pH 是影响川芎镉富集的重要环境因子。在 pH 较低土壤中，H⁺ 与结合态镉发生离子交换，导致土壤中活性态 Cd²⁺ 含量升高，活性增强，进入川芎镉增加^[12-14]。何春杨等^[15]使用土壤改良剂（磷酸二氢钾 - 氢氧化钠缓冲溶液）有效提高土壤 pH，使川芎中镉含量降低率达 52.82%。周丽英等^[16]从水稻根际土壤中分离得到 2 株假单胞菌属(*pseudomonas* sp.) 细菌，2 株菌株对

土壤中镉有富集作用,富集系数分别为 90.4、285.8,为川芎根际土壤中对镉具有富集作用微生物的筛选提供借鉴和示范。此外,川芎可与适合当地生长的超富集镉植物间作,达到降低土壤中镉含量的目的^[17]。

栽培川芎整地以“深沟高厢”为原则,机耕 2 次,深翻 25~28 cm,整细整平后,開箱埋沟,厢宽 1.5~2.0 m,沟宽 20~30 cm,沟深 25~30 cm,以确保排水良好,防止川芎根茎腐烂^[5]。

3 无公害川芎良种选育及繁殖栽种

3.1 良种选育 选育优良的川产川芎品种,对其产量、质量和抗逆性有关键性作用。目前川芎新品种主要采用系统选育法,审定通过的川芎新品种包括川芎 1 号^[18]、绿芎 1 号^[19]、新绿芎 1 号^[20]等,但该方法选育周期长,效率低^[21-22]。利用基因组大数据开展 DNA 标记辅助育种可缩短选育时间、提高选育成功率^[23],如苗乡抗七 1 号和中研油苏 1 号等,通过基因组测序获得大数据,筛选出抗逆基因或关联标记进行新品种选育,其中抗七 1 号可降低病虫害发生率达 62.9%^[19,24],该方法为抗病、优质、高产和对镉低富集川芎优良品种快速选育提供借鉴和示范。

3.2 良种繁育栽种

川芎繁殖采用无性繁殖,其材料为地上茎的茎节,称苓种或苓子。繁育方式有 3 种,分别是山区(海拔 1 000~1 500 m)育苓、坝区(500~800 m)育苓和本田(海拔 1 000 左右)育苓。本田育苓直接使用川芎收获时地上茎来繁殖,品种容易产生退化现象。川芎传统的繁育方式是山区育苓,山区苓种栽种的川芎药材质量比坝区苓种栽培药材质量略好,植株生长发育和药材产量前者明显优于后者^[25]。本文基于课题组在都江堰示范基地生产数据,结合国内其他基地成功经验及文献调研,阐述山区育苓的生产技术。

3.2.1 苓种地选择和整地 苓种繁殖选择气候阴凉的高山(海拔 1 000~1 500 m),生荒地或沙壤地,忌重茬。栽前翻耕除草,耙细整平。開箱埋沟,箱宽 1.6~1.8 m,沟宽 27~35 cm,沟深 18~25 cm。

3.2.2 抚芎栽种 抚芎为提前挖起用于繁殖苓种的川芎(非江西“抚芎”),一般在 12 月至翌年 1 月中旬,不宜迟于 2 月上旬挖起,除侧茎、须根和泥土,立春前后栽种。选取外形较圆、紧实、芽多、根壮的抚芎,剔除带病抚芎,运到山区栽种。每窝放 1~2 抚芎,芽向上,窝内施腐熟农家肥,盖土填平。3 月

上旬出苗,苗高 10~15 cm 时宜疏苗,拔土至露出根茎顶端,留健康、粗细均匀地上茎 9~12 枝,剩余地上茎从基部清除。4 月川芎株高 35 cm 左右时容易倒伏,茎节和土壤接触后发芽而失去活性,需“插枝扶杆”防止倒伏,中耕除草,追肥 3 次。见表 2。

3.2.3 苓种选择 7 月中旬,川芎茎结显著膨大,略带紫红色时为收获期。选择晴天或阴天,露水干后全株挖出,清除感染病虫害植株,摘除叶片,保留茎秆,割下根茎部分。将茎秆因成小束,运至阴凉山洞或室内,地上铺一层稻草,茎秆需逐层堆放,高约两米。5~7 d 上下翻动 1 次,堆内温度超过 30 ℃时,需立即翻堆降温,防止茎秆发热腐烂^[26]。8 月上、中旬取出茎秆,剪成中部带节盘的小段,长 4~5 cm,作为坝区种植基地栽培的繁殖材料。苓种健壮与否直接影响川芎产量和质量。尽量选择节盘直径 14~19 mm,茎秆直径 4~9 mm,苓子系数 2.2~2.9 的苓种(苓子系数=节盘直径/节盘下 5 mm 处茎秆直径)。同时去除有病虫害的劣质苓种。节盘直径 8 mm、茎秆直径 4 mm 以下、苓子系数 1.5 以下的“茴香杆”和基部土苓子不得使用。川芎苓种等级划分。见表 2。

表 2 川芎苓种等级划标准

项目	1 级	2 级	3 级
苓子系数	2.1~3.0	2.9~4.1	1.7~2.3
混杂率(%)	8.1	10.6	12.2
芽体数	2~3	1~2	1
芽体重	扁圆锥形、饱满、肥大	扁圆锥形、饱满	瘦弱、细小

3.2.4 栽种 栽种前苓种进行消毒杀虫,能减少后期烂苓,提高出苗率。用农家传统方法烟骨头与麻柳叶的混合煎煮液浸泡苓种 20~30 min。浸种后需阴干约 2 d,下地栽种。川芎一般在 8 月上、中旬晴天栽种,不宜迟于处暑。开沟栽种,沟深 2~4 cm。采取等行距或宽窄行栽种。等行距栽种行距为 30~34 cm,窝距 20~24 cm。宽窄栽种规格为(40+20)×20~25 cm。栽种时苓种平放沟内,芽口朝上,用手将苓子按入土中,茎节入土 1~1.5 cm,部分节盘露出土表,每亩(666.7 m²)栽 6 500~7 500 窝,每亩苓种 30 kg 左右。栽后覆盖 1.6 cm 薄土,浇少量腐熟清粪水,或用堆肥覆盖苓种,并铺盖 1 层稻草,减少暴雨冲刷和强光直射^[26]。

4 无公害川芎合理施肥

肥料可提供中药材所需营养物质,是生长发育的基础,合理施肥是提升产量和品质的重要环节。无公害川芎选肥原则:选用国家生产绿色食品的肥

料使用准则中允许使用的肥料种类,施肥应逐步提高土地的生产性能,同时不会造成生态环境污染和产品重金属、有害元素超标。合理施肥技术应根据植物整个生育期的需肥规律,再结合土壤供肥能力和肥料效率等信息数据合理调节用肥量。施用的肥料以有机肥为主,其他肥料为辅,限量施用化肥,有机肥料必须经过高温发酵,达到无公害化标准^[27-28]。川芎是喜肥作物,除了施足底肥外,还要结合各个生长期适时追肥。川芎栽培施肥主要包括良种繁育(苓种)施肥和生产施肥。苓种繁育时,一般 4~5 月追肥 3 次;苓种移植基地后,每隔 20 d 左右追肥 1 次,霜降前完成 3 次追肥和 1 次根外追肥,翌年 1~3 月完成 2~3 次追肥,对长势偏弱的川芎可适当增加施追肥次数,并适当延迟收获期^[7]。肥料以腐熟人畜粪便、饼肥、油枯有机肥为主,尿素、硫酸钾、磷酸二氢钾等化肥为辅,肥料的重金属含量应当符合相应质量标准,禁用镉超标的肥料。川芎镉含量与土壤 pH 呈显著负相关关系^[12-14],应选用钾、磷等碱性化肥升高土壤 pH,降低活性镉的百分含量。Cai 等^[29-31]研究发现种植水稻土壤中存在影响 Cd²⁺ 吸收的拮抗离子 Fe²⁺、Zn²⁺、K⁺ 和 Se⁴⁺ 等,拮抗离子竞争 Cd²⁺ 的转运蛋白结合位点,能抑制根系对镉的吸收,降低水稻籽粒中镉的含量。有机肥和化肥配合施用,可维持土壤中影响 Cd²⁺ 吸收的拮抗离子平衡,降低水稻籽粒镉超标风险,为降低川芎中镉含量提供参考和借鉴。梁琴等^[32]研究表明有机肥和钾肥对川芎产量有重要影响,应当适量多施有机肥和钾肥,川芎高产的有效施肥方案为每亩氮肥 10~11.5 kg,磷肥 34~40 kg,钾肥 16.5~18.8 kg,有机

肥 62.6~73.6 kg。无公害川芎生产肥料的施用方法。见表 3。

5 无公害川芎病虫害综合防治

病虫害表现为多样性,例如川芎生长期的主要害虫有茎节蛾、斜纹夜蛾、蛱蝶、红蜘蛛和种蝇等。在苓种阶段,害虫主要有茎节蛾、斜纹夜蛾、蛱蝶和种蝇;在大田期间,种蝇为害最重;主要病害为根腐病、白粉病、灰霉病、斑枯病和菌核病等^[35]。需掌握川芎病虫害发生规律,确定病虫害发生机理,构建高效合理的无公害病虫害综合防治技术,对病虫害进行有效防治。该综合防治技术主要包括:农业防治、物理防治、生物防治和化学防治,以“预防为主,防治结合”为原则,以中药材质量为前提,不使用农业部规定的禁用农药,慎用含镉的农药。优先选用农业防治、生物防治和物理防治方法,最大限度的减少化学农药的使用^[36]。农药使用应参照 NY/T393 绿色食品农药使用准则、GB12475 农药贮运、销售和使用的防毒规程、NY/T1667 农药登记管理术语。

农业防治是通过调整栽培技术措施减少或防治病虫害的方法。具有安全易行、简单有效、低成本的优点。主要措施有选育抗病虫害品种、选留健康种苗、合理调整品种布局、轮作、深耕、调节播种期、合理施肥、及时灌溉排水、适度整枝打杈、搞好田园卫生和安全运输等。川芎收获后应及时清园,去除残枝病叶,合理轮作,减少病源积累;深耕细作,清除杂草,增强抗病性能;充分腐熟农家肥;合理调整布局,优化群体结构;注意田间排水。

物理防治是利用温度、光、电磁波、核辐射等物理因子防治病虫害的方法。如使用诱虫灯、杀虫灯

表 3 无公害川芎栽培肥料施用方法

施用类型	肥料种类及施用方法	施用时间
苓种地追肥	每亩草木灰 140~160 kg + 腐熟饼肥 140~160 kg + 人畜粪水 1 t 左右;或每亩人畜粪水 1 t 左右 + 尿素 15~20 kg + 腐熟油枯 50~75 kg + 堆肥 280~320 kg	4 月上旬疏苗后
苓种地追肥	每亩人畜粪水 500~1000 kg + 腐熟饼肥 48~52 kg	4 月下旬
苓种地追肥	每亩尿素 0.8~1.2 kg + 磷酸二氢钾 200~210 g	5 月封行后
基地基肥	每亩腐熟饼肥 38~42 kg + 碳铵 28~32 kg;或每亩农家肥 1.5 t 左右 + 磷肥 110~130 kg	整田
基地追肥	每亩人畜粪水 1.5 t 左右 + 腐熟饼肥 25~35 kg;或每亩人畜粪水 1 t 左右 + 碳铵 2.5~3.0 kg + 磷酸二铵 2.5~3.0 kg	8 月下旬至 9 月上旬
基地追肥	每亩人畜粪水 1.5 t 左右 + 腐熟饼肥 40~45 kg;或每亩人畜粪水 1 t 左右 + 45% 硫酸钾复合肥 8~10 kg + 磷酸二铵 5~6 kg	9 月中旬至下旬
基地追肥	农家肥 1.0 t 左右 + 油饼 30~35 kg + 草木灰 100~110 kg + 碳酸铵 20~25 kg + 过磷酸钙 35~40 kg + 硫酸钾 8~10 kg;或每亩腐熟油枯 100~110 kg + 堆肥 300~120 kg + 过磷酸钙 50~55 kg 混匀窝丢	10 月上旬至中旬
根外追肥	饼肥、草木灰、堆肥、土肥各 120~130 kg 混合穴施,覆土盖肥	霜降前
基地追肥	每亩干粪 0.8~1 t	翌年 1 月
基地追肥	每亩人畜粪水 0.8 t 左右(薄粪水),并培土	翌年 2~3 月

注:数据来源于参考文献^[33-34]

表 4 无公害川芎病虫害防治方法

种类	防治方法			
	农业防治	物理防治	生物防治	化学防治
茎节蛾	清洁田园;深耕细作;合理轮作;精选冬种;清除残株病叶及杂草。			阿维菌素;高效氯氟氰菊酯
地老虎	清洁田园;深耕细作;中耕除草;冬耕;清除杂草;充分腐熟农家肥;与玉米、小麦轮作或间作。	糖、醋、酒诱杀液;黑灯光。		阿维菌素;高效氯氟氰菊酯
红蜘蛛	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;新种植地实行冬耕。		利用天敌中华草蛉、大草蛉、食螨瓢虫、和捕食螨类。	炔螨特;噻虫嗪
种蝇	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;充分腐熟有机肥。	糖醋水诱杀液		
蛴螬	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;冬耕;充分腐熟农家肥;与玉米、小麦轮作或间作。	黑光灯;频振灯。	石蒜茎浸出液;白僵菌	高效氯氟氰菊酯
斜纹夜蛾	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;在点片发生阶段,进行挑治。	黑光灯;糖醋水诱杀液		阿维菌素;高效氯氟氰菊酯
根腐病	排水通畅;冬种放置于通风阴暗处;抚芎清除“水冬瓜”,选留健康植株。		哈茨木霉 T23 生物制剂。	福美双、丙森锌、甲基硫菌灵
白粉病	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;合理轮作;加强水肥管理;排水通畅。		春雷霉素水剂;多氧霉素可湿性粉剂	氟硅唑;腈菌唑;戊唑醇;苯醚甲环唑
斑枯病	清洁田园;深耕细作;清除残株病叶及杂草;田间土壤干湿适宜;合理轮作;忌连作。			波尔多液;甲基硫菌灵

注:数据来源于参考文献^[35,37,40]

等诱捕、诱杀害虫;通过覆膜的方式利用太阳能提高土层温度,冬季翻地冻土,都能达到抑制病虫害的目的。例如采用黑光灯、频振灯、糖醋等诱杀川芎中斜纹夜蛾、蛴螬、地老虎、种蝇^[37],使虫害得到抑制和控制。

生物防治是利用生物或其代谢产物防治病虫害,具有对环境污染小,无农药残留的特点。生物防治方法主要包括:1)应用天敌昆虫防治害虫;2)利用拮抗微生物防治根病;3)使用抗生素农药防治病虫害;4)使用植物源农药防治病虫害。例如保护利用天敌中华草蛉、大草蛉、食螨瓢虫、和捕食螨类等,可有效杀灭川芎中的红蜘蛛^[37]。从木霉菌株筛选出的哈茨木霉 T23、T158 对川芎根腐病菌有明显的防治效果^[38]。

针对病虫害种类科学合理应用化学防治技术,采用高效、低毒、低残留的化学农药对症适时施药。为减少病虫害抗药性的产生,化学农药可单用、混用、交替使用。不使用农业部规定的禁用农药,注意用法用量,防止农残和重金属超标,同时注意施药的安全间隔期^[39]。

6 无公害川芎质量标准与检测

无公害川芎质量标准有助于川芎质量的安全控制和市场流通,同时也是检验川芎是否达到无公害水平的基本法律依据。

6.1 无公害川芎真伪鉴定 川芎为伞形科植物 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的干燥根茎,其外观性状、显微、理化鉴别遵照《中华人民共和国药典》2015 年版执行。基原鉴别参照《中华人民共和国药典中药材 DNA 条形码标准序列》的方法和规定^[41]。

6.2 农药残留限量 无公害川芎农药残留和重金属及有害元素限量应符合川芎相关的国家标准、团体标准、地方标准以及 ISO 等相关规定。通过多年来川芎产地、市场、进出口检验等数据分析,可参考《中华人民共和国药典》、美国、欧盟^[42]、日本^[43]及韩国^[44]对川芎的相关标准以及 ISO18664:2015《Traditional Chinese Medicine-Determination of heavy metals in herbal medicines used in Traditional Chinese Medicine》^[45]、GB2762-2016《食品安全国家标准 食品中污染限量》^[46]、GB2763-2016《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》等现行标准规定^[47],制定无公害川芎农药残留限量控制指标,为高品质川芎提供保障。

6.3 其他 无公害川芎的检查(包括水分、总灰分、酸不溶性灰分)、浸出物、指标性成分或有效性成分含量参照《中华人民共和国药典》2015 年版对药材规定执行。

7 讨论

川芎无公害栽培体系的建立涉及中药学、农学、

生态学、病理学、植物营养学、分子生物学、计算机信息工程学等多个学科,包含栽培选地,结合土壤综合改良措施整地,良种选育与繁殖栽种、合理施肥、病虫害综合防治技术及质量标准等。

川芎采用地上茎作无性繁殖材料,繁殖方法较为独特,多采用“异地育苓法”即“山区育苓,坝区种芎”。近年来川芎市场需求增加,在全国种植范围扩大,川芎、苓种价格波动加剧,加之苓种繁殖过程繁琐,部分坝区种植农户 5~6 月采收川芎时,留一部分继续生长,到 8 月栽种时直接采收地上茎做繁殖苓种,导致苓种繁殖不规范,应制定相应操作规程,规范生产。同时,目前优良品种选育方法周期长,效率低,无公害川芎育种可结合现代分子生物技术加快川芎育种进程,提高高抗、优质川芎新品种选育效率。

川芎农残、重金属超标问题已严重影响其产业可持续发展,亟待解决方法。农残和重金属超标是多个影响因素综合作用的结果,其中产地环境是重要因素之一。产地环境包括大气、土壤和灌溉水等^[48],是农残和重金属的主要来源,应当制定相应质量标准,从源头上对农残和重金属量进行控制。中药材按照不同的分类标准,其分类结果不同。此外,中药材有自身特定的生物学特性,对不同农残和重金属富集程度不同。因此解决川芎农残、重金属超标问题,无公害川芎产地环境质量标准难以完全参照《无公害农产品 种植业产地环境条件》(NY/T 5010-2016),可借鉴现有标准,并根据川芎自身生物学特性和农残、重金属污染规律选择不同的指标与限量制定,使该标准更具有实用性和可推广性^[49]。

川芎在栽种过程中,重金属镉超标现象普遍,严重影响川芎临床用药的安全性和整个产业链的可持续发展^[50]。川芎中重金属镉超标是空气、土壤、肥料、灌溉水、化学农药和苓种种质等多个影响因素共同作用的结果。本文建立的无公害川芎栽培技术体系,可在多个生产关键环节介入,以降低川芎中重金属镉含量,包括 1) 选择土壤镉含量低的地块作为川芎生产基地,并且基地的空气和灌溉水应当符合相应质量标准;2) 使用土壤改良剂提高土壤 pH 值或筛选对镉具有富集作用微生物,降低川芎土壤中活性态镉含量;3) 与适合当地生长的超富集镉植物间作;4) 选育对镉低富集川芎优良品种;5) 选用碱性化肥,升高土壤 pH,降低土壤中活性态镉百分含量;有机肥和化肥配合施用,维持影响 Cd^{2+} 吸收的拮抗

离子平衡,降低川芎镉超标风险。6) 肥料和农药的重金属含量应当符合相应质量标准,少用或禁用含镉的肥料和农药。通过以上综合措施,可有效降低川芎中镉含量,提高川芎药材质量,有利于川芎人工种植的良好发展。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 1 部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 宋平顺, 马潇, 张伯崇, 等. 芎藭(川芎)的本草考证及历史演变[J]. 中国中药杂志, 2000, 23(7): 50-52.
- [3] 陈林, 彭成, 刘友平, 等. 川芎道地药材形成模式的探讨[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(16): 2303-2305.
- [4] 董林林, 苏丽丽, 尉广飞, 等. 无公害中药材生产规程研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(15): 3070-3079.
- [5] 张永清, 刘和刚. 药用植物栽培学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2013.
- [6] 沈亮, 吴杰, 李西文, 等. 人参全球产地生态适宜性分析及农田栽培选地规范[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(18): 3314-3322.
- [7] 孟祥霄, 黄林芳, 董林林, 等. 三七全球产地生态适宜性及品质生态学研究[J]. 药学报, 2016, 51(9): 1483-1493.
- [8] 陈士林, 李西文, 孙成忠, 等. 中国药材产地生态适宜性区划[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2017.
- [9] 董林林, 徐江, 牛玮浩, 等. 改良措施对农田土壤微生物生态及人参存苗率的影响[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(23): 4334-4339.
- [10] 董林林, 谷利婷, 徐江, 等. 三七无公害栽培体系的探讨[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(11): 1975-1980.
- [11] 陈士林, 董林林, 郭巧生, 等. 中药材无公害精细栽培体系研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(8): 1517-1528.
- [12] 任敏. 影响川芎重金属镉超标因素及控制措施的初步研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [13] 杨江, 李彬, 李青苗, 等. 川芎镉含量与栽培土壤 pH 及镉活性态含量的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(7): 142-147.
- [14] 徐琴, 李彬, 李青苗, 等. 川芎镉含量与栽培土壤 pH 及活性态 Cd 含量关系初探[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(3): 1044-1046.
- [15] 何春杨, 李彬, 李青苗, 等. 一种新型土壤改良剂对土壤活性态镉及川芎镉含量的影响[J]. 中药材, 2016, 39(2): 250-253.
- [16] 周丽英, 叶仁杰, 林淑婷, 等. 水稻根际耐镉细菌的筛选与鉴定[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(5): 597-603.
- [17] 何启贤. 镉超富集植物筛选研究进展[J]. 环境保护与循环经济, 2013, 33(1): 46-49.
- [18] 杨成民, 魏建和, 隋春, 等. 我国中药材新品种选育进展与建议[J]. 中国现代中药, 2013, 15(9): 727-737.
- [19] 陈中坚, 马小涵, 董林林, 等. 药用植物 DNA 标记辅助育种(三) 三七新品种——“苗乡抗七 1 号”的抗病性评价[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(11): 2046-2051.
- [20] 李敏, 赵文吉, 敬勇, 等. “十二五”川产道地药材种质资源和优良品种选育研究[J]. 中国现代中药, 2017, 19(6): 804-808.
- [21] 张大燕, 文欢, 王伟, 等. 甲基磺酸乙酯化学诱变川芎的方法研究[J]. 成都中医药大学学报, 2017, 40(3): 49-52.
- [22] 梅兰菊, 唐琳, 朱玲玲, 等. 农杆菌介导川芎遗传转化体系的初步研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2015, 52(6): 1359-

- 1364.
- [23] 尉广飞,董林林,陈士林,等. 本草基因学在中药材新品种选育中的应用[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(23):11-21.
- [24] 沈奇,张栋,孙伟,等. 药用植物 DNA 标记辅助育种(Ⅱ)丰产紫苏新品种 SNP 辅助鉴定及育种研究[J]. 中国中药志,2017,42(9):1668-1672.
- [25] 蒋桂华. 川芎零种标准化及种质保存技术的研究[D]. 成都:成都中医药大学,2012.
- [26] 韩春梅. 川芎的高产栽培技术[J]. 科学种养,2011,5(3):17-18.
- [27] 沈亮,李西文,徐江,等. 人参无公害农田栽培技术体系及发展策略[J]. 中国中药杂志,2017,42(17):3267-3274.
- [28] 沈亮,徐江,孟祥霄,等. 人参属药用植物无公害种植技术探讨[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(23):8-17.
- [29] Cai Y, Lin L, Cheng W, et al. Genotypic dependent effect of exogenous glutathione on Cd-induced changes in cadmium and mineral uptake and accumulation in rice seedlings(*Oryza sativa*). Plant, Soil and Environment, 2010, 56(11):516-525.
- [30] Feng R, Wei C, Tu S, et al. A dual role of Se on Cd toxicity: evidences from the uptake of Cd and some essential elements and the growth responses in paddy rice. Biological Trace Element Research, 2013, 151(1):113-121.
- [31] Solti Á, Sárvári É, Tóth B, et al. Cd affects the translocation of some metals either Fe-like or Ca-like way in poplar. Plant Physiology and Biochemistry, 2011, 49(5):494-498.
- [32] 梁琴,陈兴福,李瑶,等. 化肥与有机肥配施对川芎产量的影响[J]. 中药材,2015,38(10):2015-2020.
- [33] 张训,李维双,魏正东,等. 什邡市隐峰镇万亩川芎基地川芎栽培技术[J]. 南方农业,2016,10(15):18-19,22.
- [34] 熊丙全,阳淑,万群,等. 川产道地药材川芎优质高产栽培技术[J]. 四川农业科技,2009,8(5):48-49.
- [35] 曾华兰,叶鹏盛,倪国成,等. 川芎主要病虫害及其发生危害规律研究[J]. 西南农业学报,2009,22(1):99-101.
- [36] 沈亮,徐江,陈士林,等. 无公害中药材病虫害防治技术研究[J]. 中国现代中药,2018,20(9):1673-4890.
- [37] 陈莉华,张伟. 川穹栽培及病虫害防治技术[J]. 四川农业科技,2012,6(3):36-37.
- [38] 曾华兰,叶鹏盛,何炼,等. 木霉菌制剂对川芎生长及药理成分的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(1):187-190.
- [39] 陈君,张蓉,傅俊范,等. 中药材生产全过程病虫害防治共性技术研究与应用[J]. 中国现代中药,2011,13(8):3-8.
- [40] 李琼芳,曾华兰,叶鹏盛,等. 麦冬、丹参、川芎根腐病的发生及生物防治研究[J]. 西南农业学报,2007,8(6):1310-1312.
- [41] ISO 18664-2015, Traditional Chinese medicine-determination of heavy metals in herbal medicines used in traditional Chinese Medicine[S]. 2015.
- [42] Regulation EC 396/2005 and amendments, EU MRL Legislation[S]. 2018.
- [43] The Japan food chemical research foundation search engine for MRLs, FFCR website[S]. 2017.
- [44] MRL in pesticide of Korean, MFDS MRL database[S]. 2017.
- [45] 陈士林. 中华人民共和国药典中药材 DNA 条形码标准序列[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [46] GB2762-2016 食品安全国家标准 食品中污染限量[S]. 2016.
- [47] GB2763-2016 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S]. 2016.
- [48] 黄林芳,陈士林. 中药品质生态学:一个新兴交叉学科[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(1):1-11.
- [49] 孟祥霄,沈亮,黄林芳,等. 无公害中药材产地环境质量标准探讨[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(23):23.
- [50] 李彬,李青苗,陈幸,等. 川芎栽培土壤中重金属镉的动态监测[J]. 广东微量元素科学,2014,21(1):21-25.

(2018-11-10 收稿 责任编辑:徐颖)

(上接第 2961 页)

- [47] 邓素君,王会琴. 北沙参钻心虫的防治[J]. 农业科技开发, 2000,5(6):20.
- [48] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:100.
- [49] 《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》(GB 2762-2017)及

《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017)解读[J]. 中国食品卫生杂志,2018,29(2):154-250.

- [50] 朴秀英,单炜力,简秋,等. 食品安全国家标准:食品中农药最大残留限量(GB2763-2012)介绍[J]. 农药科学与管理,2013,34(2):238-243.

(2018-11-10 收稿 责任编辑:徐颖)