

· 中药农业 ·

无公害竹节参生产技术探讨[△]徐燃^{1,2}, 沈亮², 张绍鹏¹, 游景茂³, 徐江^{2*}

(1. 武汉轻工大学 生物与制药工程学院, 湖北 武汉 430000;

2. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700; 3. 湖北省农业科学院 中药材研究所, 湖北 恩施 445000)

[摘要] 竹节参生产中农残超标、无序种植等问题是竹节参产业发展的障碍, 无公害生产技术和优质竹节参生产的保障。本文探讨无公害竹节参精细栽培技术, 主要包括无公害生产基地选择标准、优良品种选育、规范化栽培体系及病虫害综合防治技术等, 建立无公害竹节参种植技术体系, 以提高竹节参药材品质、减少竹节参药材生产农残及重金属含量, 促进其种植产业的可持续发展。

[关键词] 竹节参; 无公害栽培; 产地环境; 品种选育; 病虫害综合防治

Investigations in Production Technology of Pollution-free *Panax japonicus*XU Ran^{1,2}, SHEN Liang², ZHANG Shao-peng¹, YOU Jing-mao³, XU Jiang^{2*}

(1. School of Biology and Pharmaceutical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430000, China;

2. Institute of Chinese Materia Medica; China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100700, China;

3. Institute of Chinese Herbal Medicines, Hubei Academy of Agriculture Science, Enshi 445000, China)

[Abstract] Pesticide residues and disorder in the production of *Panax japonicus* lead to a significant hindrance of development of *Panax japonicus* industry, and pollution-free planting is an effective guarantee to ensure its yield and quality. This paper discusses the pollution-free and precision cultivation system of *P. japonicus*, mainly including the selection of suitable production areas, breeding of excellent varieties, pollution-free planting, reasonable methods and integrated pest control. By establishing a pollution-free planting technology system for *P. japonicus*, it will achieve the goal of reducing the content of pesticide residues and heavy metals and producing high-quality medicinal materials, and promote sustainable development of its planting industry.

[Keywords] *Panax japonicus*; pollution-free cultivation; habitat environment; varieties breeding; integrated pest and disease management

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20180913002

竹节参来源于五加科人参属药用植物竹节参 *Panax japonicus* C. A. Meyer., 以干燥根茎入药, 别名竹节三七、竹节人参、白三七等^[1]。竹节参具有散瘀止血、消肿散结、祛痰止咳、补虚强壮等功效。由于其兼具人参和三七的部分功效, 被土家族、苗族等少数民族地区誉为“草药之王”^[2-3]。现代药理学研究表明, 竹节参对心血管系统、免疫系统、中枢神经系统、消化系统等具有有效的保护作用^[4-5]。野生竹节参主要分布于我国西南地区的云南、贵州、四川、湖北恩施州等地区。长期以来, 竹节参药材的主要来源为野生资源, 因其药效好、

价格高, 诱发了各地药农的滥采乱挖, 从而严重破坏了这一珍贵药用植物的生境, 致使竹节参野生资源已处于濒危状态^[6]。

20世纪90年代, 竹节参野生转家种的人工驯化工作, 在湖北恩施栽培成功。现竹节参的栽培品种已逐渐取代野生品种资源, 成为商品药材的主要来源。然而, 目前竹节参生产仍大多沿用传统的技术与经验, 种植方式粗放、田间管理混乱、绝大多数药农各自为战, 难以形成规范化、精细化、规模化的种植基地, 严重影响了竹节参药材产量、质量的提升^[7-8]。为此, 大力推进无公害竹节参精细栽培技术

[△] [基金项目] 湖北省教育厅中青年人才项目(20171705)

* [通信作者] 徐江, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向: 中药基因组学与分子生物学; E-mail: jxu@icmmac.cn

势在必行。本研究团队针对竹节参盲目引种、无序生产、农残超标等问题,通过系统总结全球产地生态适宜性区划信息系统(GMPGIS)精准选址,并探讨优良品种选育、土壤复合改良、田间精细栽培管理、合理施肥及病虫害综合防治等措施,在满足自然环境正常有序发展要求的栽培模式条件下,全面建立竹节参无公害精细栽培技术体系,以期生产高品质、低农残的无公害竹节参药材提供参考,为竹节参产业获得更显著的经济、社会及生态效益奠定基础^[9]。

1 竹节参无公害生产基地选择标准

1.1 竹节参适宜生态因子及种植产区

竹节参适宜生长的生态幅较窄,一般分布于海拔800~2400 m的山坡、山谷林下阴湿处或竹林阴湿沟边。据文献记载,竹节参野生资源主要零散分布于云南、贵州、陕西、湖北、四川、湖南、江西和浙江等省的北纬31°附近的高山地区。刘海华等^[6]对文献中记载的竹节参产区进行实地调查,仅在湖北恩施新塘乡太山庙发现竹节参野生资源,且数量极少,表明竹节参产区野生资源已濒临枯竭。

课题组通过GMPGIS产区区划系统分析竹节参最适生长区域21个环境因子范围,表明竹节参喜肥趋湿,忌强光直射,耐寒而惧高温;适宜生长的气候属亚热带季风气候,产地内山脉纵横,丘陵起伏,夏无酷热,冬无严寒,水热源丰富,年平均气温约14.8℃左右,无霜期220 d,中性或偏酸性(pH=5.5~6.5)的土壤为适宜竹节参生长的土壤环境(见表1)。竹节参着生的土壤为黄棕壤、黄壤和红壤,并以潮土和腐殖土为主,腐殖土厚度5~30 cm,

pH 6.0~6.8,含水量16.8%~24.2%,土壤容重1.39~2.12,其生长伴生植物群落特征主要为乔木层-灌木层-草本层,垂直结构较明显。以上研究结果为竹节参引种栽培和保护抚育提供了科学依据,为农田规模化栽培精准选址提供了理论参考^[10-11]。

1.2 竹节参栽培无公害环境要求

无公害竹节参生产基地应远离城市、公路、工业区、周围无潜在的工矿污染源。其产地环境应符合国家《中药材生产质量管理规范(试行)》,NY/T 2798.3—2015中对中药材生产的规定;空气环境质量应符合《环境空气质量标准》GB/T 3095—2012中一、二级标准值要求;种植地土壤必须符合《土地环境质量标准》GB 15618—2008和NY/T 391—2013的一级或二级土壤质量标准要求;灌溉水的水源质量必须符合《农田灌水质量标准》GB 5084—2005的规定要求,同时依据国家地面水环境质量标准GB 3838—2002的二级和三级标准实施。并定期对竹节参种植基地及周边环境水质、大气、土壤进行检测和安全性评价。此外,还应把握水源、肥源及肥料处理,生产、加工、贮藏地及周围场地均应保持清洁卫生。

2 竹节参优良品种选育

选育推广优质、高产、抗逆的品种是实施竹节参无公害生产的有利保障。竹节参育种研究主要以提高竹节参产量、质量为主。2006年,湖北省农科院中药材所科技人员从人工驯化栽培的大量野生竹节参中选育出“鄂竹节参1号”新品种,获得了湖北省品种审定委员会审(认)定。该品种每亩产量可

表1 竹节参全球范围内主要生长区域生态因子值

气候因子	因子范围	气候因子	因子范围
湿度(%)	49.53~75.49	最暖季度平均温度/℃	3.16~28.55
光照/W·m ⁻²	118.83~157.45	最冷季节平均温度/℃	-10.57~15.06
年平均温	-3.46~22.30	年均降水量/mm	445.00~2 233.00
昼夜温差值	6.57~15.82	最湿周降水量/mm	25.13~96.02
等温性	0.24~0.50	最干周降水量/mm	288.40~1 013.07
温度季节性变化标准差	0.01~0.03	降水量季节性变化标准差	0.17~1.04
最暖周最高温度/℃	8.04~34.16	最湿季降水量/mm	288.40~1013.07
最冷周最低温度/℃	-19.92~9.75	最干季降水量/mm	4.77~417.56
年均温度变化范围/℃	19.66~38.64	最暖季降水量/mm	286.44~975.68
最湿季度平均温度/℃	25.13~96.02	最冷季降水量/mm	4.81~558.78
最干季节平均温度/℃	-10.58~15.06		

达138.2 kg (1 亩 = 666.7 m²), 主要适宜于海拔1400 m 以上地区种植。目前, 该品种已在竹节参原产地湖北省恩施、宣恩、咸丰3个县市推广种植, 并建立了规范种植基地。但总体来说, 该品种种植应用面积还不小^[12]。林先明等^[13]采用性状与产量通径分析法, 比较了竹节参各生物学性状对根茎产量的相对重要性, 得出新品种选育中茎粗、最大的小叶宽、叶片与花序的夹角是值得充分重视的性状, 为进一步培育更优质、高产、高效的竹节参新品种提供了研究基础。除此之外, 竹节参在抗病品种选育方面的研究几乎为空白, 而竹节参种植过程中面临大规模的土传病害, 尤其是高温多雨季节发病更为严重, 几乎可导致绝收, 因此该方面系统性的研究工作亟待加强。

竹节参属于分布最为广泛的人参属药用植物, 存在遗传群体混杂、整齐度差、产量低、品质不稳定等特点, 因此增加了竹节参优良品种选育的难度。宋佳^[14]研究表明栽培竹节参与野生竹节参种群间的高水平的居群间基因交流、产区环境因子以及人类的历史活动均影响了竹节参的遗传多样性。因此, 进一步系统深入研究竹节参及其变种的遗传背景, 导入外源基因, 利用分子设计与基因工程技术, 并有机结合传统育种技术与现代生物、分子技术进行辅助育种, 是目前提高竹节参育种效率的有效手段, 也是快速改变竹节参良种匮乏的有效途径^[15]。

3 竹节参规范化栽培体系

3.1 种植土壤改良

竹节参种植一般选择排水良好、坡度5°~20°、地势背风向阳、pH 值在5.5~7.0的沙质壤土或腐殖质土。熟地选栽培前茬以玉米、花生、黄豆等作物为宜。选好地后, 荒地于6—7月耕翻, 熟地于前茬收获后耕翻。犁耙多次, 使土地细碎, 充分风化, 并通过日晒杀死土中部分病菌和虫卵。有条件的地方, 可于耕地时地上铺一层山草进行烧地处理, 增加土壤肥力, 杀死虫卵。最后一次犁耙时, 每亩用生石灰40~50 kg 均匀撒于地面, 耙细整平作畦, 畦面呈瓦背形, 畦宽120 cm, 高20 cm, 畦间距30 cm。畦长视地形及栽培管理需要而定。播种前或种植前, 每亩施肥2500 kg, 其中腐熟的农家肥50%~60%, 草木灰40%~50%, 并拌入钙镁磷肥30~40 kg, 撒在畦面上, 翻入表土内^[16]。

3.2 无公害竹节参综合农艺措施

无公害竹节参种植综合田间管理应贯穿播种、栽培、收获以及留种的全过程。依据竹节参生长发育的特点, 因时因地采用促进和控制相结合的调控措施, 以满足其生长发育所需求的环境条件, 从而达到收获优质药材、提高产量的目的。

3.2.1 选种及播种 竹节参的一般繁殖方法为就地采籽播种, 可于8月中、下旬在田间选择生长健壮、无病虫害、粒大、成熟早的4年生以上植株果实采籽, 除去果皮, 并用0.3%高锰酸钾溶液或10%福尔马林溶液浸种10 min, 捞出用清水冲洗, 再用湿沙进行保存, 种子-河沙(1:4)。在保存期内, 要注意防止湿沙干燥, 一般以湿沙捏之成团, 扔之即散为度。保存过的种子在播种前还需进行精选, 将瘦小和保存过程中发生霉变或失水的种子除掉, 再用上述方法进行1次消毒处理, 即可播种^[17]。

竹节参播种方法以撒播为主, 播种期为11月中、下旬, 由于竹节参多在海拔较高的高寒山区栽培, 该区一般雪期较早, 并不利于播种。过早播种, 田间易生长杂草, 不利于来年田间管理; 过迟播种, 会直接影响出苗率及根的生长。具体播种方式为: 每亩播种量20 kg, 将处理好的种子均匀撒于整好的畦面上。播种后盖火土灰, 以畦面见不到种子外露为度。肥料必须经过充分堆积、拌匀、细碎, 盖肥厚度约1 cm, 厚薄要均匀, 以利出苗整齐^[15]。

3.2.2 栽培技术 竹节参属于喜阴作物, 在强光照射下, 易导致叶片发黄, 植株矮小, 尤其是1~2年生参苗在阳光直射条件下极易枯萎死亡。因此在竹节参栽培过程中, 采用人工搭建阴棚, 是保证竹节参正常生长发育的一项基本农业措施。搭建阴棚按6 cm×8 cm×200 cm规格定制钢筋水泥桩, 排行3 m, 桩距2 m, 深度40~50 cm在田间栽桩, 排行桩应栽在畦面中间, 每隔一畦栽一排, 顺畦栽桩, 顶部用铁丝按“#”字形固定, 内空150~160 cm。育苗地覆盖遮阳布, 要求荫蔽度65%左右, 移栽地要求荫蔽度55%左右, 遮阳布用扎丝与“#”字形铁丝网固定。搭设整体阴棚, 但要根据地势分段搭设, 并留好作业道, 四周亦用遮阳布围棚。

竹节参从播种到药材收获需要6年时间, 其中育苗为2年时间, 移栽定植栽培4年时间。幼苗出土后, 要及时撤除盖头草, 并除草间苗, 苗高3~

5 cm时,可按株距6 cm定苗,并追肥1~2次。竹节参的产量与单位面积上的苗数直接相关,在移栽出苗后发现缺苗现象时,应及早采取移苗补苗措施,也可去病换健或去弱补强,以保证苗全苗壮。宜在5月中、下旬的阴天或傍晚时,选择健壮的同龄竹节参苗带土移栽,栽后浇定根水并加强管理。已进入开花期的植株,不宜再移栽,缺苗严重时,可在冬季叶片黄萎时进行。保持参园清洁,全年除草4~5次,雨季过后,结合除草松土2~3次,并追施肥料1~2次^[3,18-19]。

3.2.3 除草灌溉 竹节参早春齐苗后,应勤除杂草以保证田园清洁。除草时如发现裸露于土面的芽苞或根茎,应及时培细土,并适当镇压土面,以保证植株的正常生长。全年除草4~5次,经常保持参园清洁,做到除早、除了。雨季过后,结合除草松土2~3次。竹节参不耐高温和干旱,所以,高温和干旱季节要勤浇水,始终保持畦面湿润,土壤含水量25%~40%,园内相对湿度达到60%~70%。雨季来临时,要疏通好排水沟,严防田间积水,并要注意降低田间的空气湿度^[20]。

3.2.4 疏花留种 竹节参4年生植株多数抽苔开花,但极少结实,故应在出土展叶而未抽苔时摘除整个花序,以减少养分消耗。5年生以上植株主花苔多生侧花序,而侧花序果实较难成熟,为保证主花序种子的有效性,应当及时摘除多余的侧花序。

3.2.5 防寒越冬 竹节参喜肥趋湿的特性造成其地下根茎横走向上生长,每年增生一节,且芽孢生于根茎顶端,因而易于露出表土。据观察凡经冬季凌冻根茎及越冬芽裸露地表面呈现绿色的植株,展叶反而较晚、瘦弱且大部分早衰。为保证地下根茎及芽孢的正常生长和发育,每年越冬前,结合追施盖头肥,加盖一层厚5 cm的防寒土,并于第2年春季

出苗前10 d撤除。

3.2.6 留种 竹节参留种多选择4年生以上的健壮植株,3年生苗种子一般不能成熟,因此,3年生及不留种的田块,当花序柄长2 cm左右时,将整个花序摘除。测试结果表明,摘蕾可使产量提高20%左右。留种植株应在6—7月间结合中耕除草,由于侧花序上的种子一般是不能正常成熟,因此,一般通过摘除侧花序、保留主花苔的方式,促进种子成熟和提高种子质量^[20]。

3.3 无公害竹节参合理施肥

栽培竹节参每年都要追肥1~2次,尽量施用无害化处理有机肥料(如堆肥、沤肥、厩肥、沼气肥、绿肥、饼肥等)及经国家有关部门审批合格的化肥、微生物肥、腐殖质类肥料、叶面肥等^[21]。竹节参追肥多用稀释的人畜粪水及磷肥、复合肥等。追施人畜粪水一般在开花期进行,每亩2000~3000 kg,花期结合松土,每亩施过磷酸钙50 kg,或每亩施复合肥20 kg,以促进果实成熟或根茎生长。林先明等^[3]研究表明从增产效果来看,每亩施腐熟有机肥2500 kg能显著提高竹节参产量。无公害竹节参生产肥料施用具体方法见表2。

4 无公害病虫害综合防治

无公害竹节参病虫害防治应贯彻“预防为主、防重于治”的原则,按生态区竹节参药材病虫害发生规律(种类和频次),优化竹节参生长环境,利用资源多样性研究适宜无公害综合防治技术,减少化学农药的投入。通过有机物理防治、无公害化学防治、生态平衡生物防治、配套综合防治之间的相互协调与配合,利用生物与环境之间的关系,充分发挥自然控制因素的作用,因地制宜综合应用必要措施,使竹节参病虫害得以有效控制,以获得最佳的经济、生态和社会效益^[23]。

表2 无公害竹节参生产肥料施用方法

施用类型	肥料种类及施用方法	施用时期	作用
基肥	施入腐熟的农家肥或稀人粪尿,一般每亩2000~3000 kg,之后可稍减。	幼树定植后,每年早春	提供养分基础
追肥	稀释的人畜粪水及磷肥、复合肥等	成苗期	壮苗
追肥	人畜粪水,每亩2000~3000 kg	5—6月	壮苗保花
追肥	结合松土,施过磷酸钙每亩50 kg,或复合肥每亩20 kg	6—7月	保果壮苗
基肥	每亩施入农家肥约1000 kg或混合肥料(每株用绿肥或厩肥1~3 kg,饼肥及磷肥0.1~0.3 kg,混匀腐熟后施用)	在8—11月果实采收后	复壮

注:参考文献[21-22]。

4.1 农业防治

通过提高中药材的生长势和繁殖率, 搭配肥料促进竹节参药用植物生长, 保障其自身抗病抗虫免疫能力。通过农业种植上的适期播种、阔窄行密植和适当施肥等, 配合不同药药、粮药轮作、间作、套作等耕作方式, 结合深耕细作、冬耕晒土、老土换新土等田间管理, 预防病虫害频繁发生。在竹节参种子、苗木、药材成品的引进和调出环节中, 实施严格的病虫害检疫制度, 防止地区间危害性大的病害和检疫对象相互传播。

4.2 化学防治

竹节参无公害生产化学防治的原则是对症下药、适时有药、合理用药、科学施药, 包括采用土壤处理、药剂拌种、根部灌药、撒施毒土、毒饵诱杀、植株喷药、涂抹茎干等措施。竹节参的主要病害有疫病、立枯病、根腐病等。化学防治应采取农业综合措施与药剂防治并举方案, 多雨季节注意及时清沟排涝, 松土施肥, 在雨天或露水未干时, 不能开展田间作业, 发现病株应及时清除, 并用生石灰消毒病穴, 控制传染。

另外, 在竹节参病虫害化学防治过程中, 还要遵循使用高效、低毒、低残留的农药(如菊酯类农药等)或剂型(如微胶囊悬浮剂)的原则, 禁止使用高毒、高残留农药防治竹节参病虫害。此外, 利用化学生态学手段防治地下害虫也是重要的无公害防治方法。如利用性信息素、聚集信息素、寄主挥发物等化学信息物质, 诱引和杀灭地下害虫成虫, 以压

低虫口数量减少幼虫为害, 是一种特异性强、环境友好的害虫控制手段^[23-25]。竹节参具体病虫害名称及化学防治方法见表3。

4.3 物理防治

竹节参的主要虫害有蛴螬、地老虎、蝼蛄等, 主要危害其根茎及幼苗。蛴螬、地老虎、蝼蛄等成虫对黑光灯有很强的趋向性, 可在3—4月用黑光灯诱杀小地老虎成虫, 在5—6月用黑光灯诱蝼蛄。高燕^[26]研究发现使用4 591. 913 x亮度的频振式杀虫灯对蝼蛄等地下害虫有较好的引诱效果。另外, 在竹节参移植、播种用地前一年秋季进行翻地, 可以使卵、蛹、幼虫翻到土外, 经冬季低温将其冻死。在竹节参苗期, 还可采用人工捕杀害虫的方式, 定期清晨到田间扒开被害苗周围的土壤表层, 捕捉地下害虫, 集中处理。在害虫产卵期增加松土除草次数, 将卵、蛹暴露在土壤表面, 使卵、蛹不能孵化、羽化而死亡。日常及时清洁田园, 将参园及园边的杂草、枯枝、落叶清除烧毁, 减少害虫寄生、产卵的场所, 以减少虫源。竹节参具体虫害种类及物理防治方法见表4。

4.4 生物防治

利用生态环境群体多态的异质效应、稀释效应、微生态效应、诱导抗性效应、生理学效应和化感效应, 在被破坏或失调的药用植物生态系统中, 人为地恢复和优化生态系统, 以达到生物防控病虫害的目的。目前, 主要采用的生物防治方法有: 以菌控病、

表3 无公害竹节参病虫害化学防治方法

防治对象(主要病原种)	发病症状	防治方法
疫病 <i>Phytophthora</i> spp.	病叶变成暗绿色水渍状病斑, 严重时叶片枯萎, 根部受害, 造成倒伏	以发病前施药为主, 施以0.5%~2% 几丁聚糖, 或8%霜脲、64%锰锌配置72%可湿性粉剂等进行防治; 发病时使用80%三乙膦酸铝可湿性粉剂进行防治, 严重时拔除病株, 并用生石灰消毒病穴
根腐病 <i>Fusarium</i> spp.	根部腐烂, 苗木直立枯死	发病时及时拔掉已经死亡或濒死的苗木, 并用托布津液喷雾处理病株
灰霉病 <i>Botrytis cinerea</i>	叶背病部可见灰色霉层, 病叶易从叶柄处脱落, 还可通过叶柄或直接侵入茎秆造成茎枯, 果实受害后病部呈黑褐色湿腐状	发病时施以70%甲基硫菌灵可湿性粉剂, 或250 g·L ⁻¹ 啞菌酯悬浮剂, 或50%异菌脲可湿性粉剂等防治
蛴螬 <i>Holotrichia oblita</i> , <i>Holotrichia parallela</i> , <i>Anomala corpulenta</i> 等	幼虫危害竹节参根部, 把参根咬成缺刻和丝网状; 幼虫也危害接近地面的嫩茎, 严重时, 参苗枯萎死亡。成虫危害参叶, 咬成缺刻状, 影响竹节参的光合作用和植株的正常生长	发病时施以20%高效氯氟氰菊酯乳油, 或使用29%石硫合剂等进行防治
地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i> , <i>Agrotis segetum</i> , <i>Agrotis tokionis</i>	幼虫取食子叶、嫩叶, 造成孔洞或缺刻。成虫食植物近土面的嫩茎, 使植株枯死, 造成缺苗断垄	发病时施以20%高效氯氟氰菊酯乳油, 或1.5%阿维菌素水乳剂, 或使用29%石硫合剂等进行防治

注: 参考文献[23-25]。

以虫治虫、以鸟治虫、以菌治虫等。而主要应用于人参属药用植物生物防治的真菌主要是木霉菌属 (*Trichoderma*) 真菌, 常见的有哈茨木霉 *T. harzianum*、绿色木霉 *T. viride*、钩状木霉 *T. hamatum*、长枝木霉 *T. longibrachiatum* 和康宁木霉 *T. koningii* 等。它们广泛存在于土壤及植物表面, 容易分离和培养, 可以在许多基质上快速生长, 对多种植物病原菌有抑制作用^[29]。因此, 推广生物农药真菌、细菌、昆虫病毒、原生动物, 或经遗传改造的微生物等生物制剂的应用, 可从根本上解决中药农药污染和农残超标问题, 尽可能保持原有药用植物的性质和品质^[29-30]。竹节参具体病害种类及生物防治方法见表5。

5 讨论与展望

竹节参为生态幅度较窄的药用植物, 对生态环境条件要求严格, 在其栽培生产过程中, 易受自然因素和人为因素的影响。一方面, 竹节参在栽培中面临种源混乱、成苗率低、农残超标、连作障碍、病虫害威胁等问题; 另一方面, 竹节参生产缺乏规范化的种植管理措施, 存在药农各自为战、盲目引种扩种、无序生产、良种匮乏、粗放种植、农药滥

用等问题, 均严重阻碍了竹节参种植产业的健康可持续发展。本文主要综述了无公害竹节参精细栽培体系, 包含基于 GMPGIS 技术的竹节参精准选址、土壤综合改良、优良种质筛选、农田育苗、精细栽培模式、合理施肥及无公害病虫害防治模式。该体系的提出是一种全新的竹节参无公害生产系统工程, 它综合运用现代科学技术, 吸收传统农业、传统种植加工业的精华, 实现竹节参全程生产质量控制及系统管理, 形成一套科学的竹节参无公害生产模式。在竹节参无公害生产中精细化指导竹节参人工种植因素有选地整地、品种选育、中耕锄草、调节荫蔽度、施肥培土耕作制度、病虫害防治、农药的合理应用等栽培技术及生产管理措施等。在竹节参无公害生产模式中, 栽培技术与生产管理是核心和关键。因此, 应将无公害栽培关键技术作为竹节参生产模式中核心内容加以研究, 逐步建立和实现其生态系统的良性循环, 形成可持续发展的综合能力, 以获得最佳经济效益、社会效益和生态效益。

中药材生产一直以来都存在种质退化、农残超标、质量不稳、生产成本过高等问题, 严重影响了中药材的安全性及有效性, 也进而影响了中药材走向国际市场。农药残留及重金属超标等是影响中药

表4 无公害竹节参虫害物理防治方法

防治对象(主要病原种)	发病症状	防治方法
蛴螬 <i>Holotrichia obliata</i> , <i>Holotrichia parallela</i> , <i>Anomala corpulenta</i> 等	幼虫危害竹节参根部, 把参根咬成缺刻和丝网状; 幼虫也危害接近地面的嫩茎, 严重时, 参苗枯萎死亡。成虫危害参叶, 咬成缺刻状, 影响竹节参的光合作用和植株的正常生长	在害虫产卵期增加松土除草次数, 将卵、蛹暴露在土壤表面, 使卵、蛹不能孵化、羽化而死亡。人工捕杀成虫, 用黑光灯诱杀成虫
地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i> , <i>Agrotis segetum</i> Schiffermuller, <i>Agrotis tokionis</i>	幼虫取食子叶、嫩叶, 造成孔洞或缺刻。成虫食植物近土面的嫩茎, 使植株枯死, 造成缺苗断垄	在幼虫为害盛期, 剪除虫体虫茧, 人力摘除虫叶, 用黑光灯进行诱杀。将糖醋酒按 1:2:1 的比例混合, 加水稀释后放入塑料盆中, 用竹竿做成支架, 放置田间诱杀害虫
蝼蛄 <i>Grylloblatta orientalis</i> , <i>Grylloblatta unispina</i>	侵咬植株呈乱麻状, 或在地表活动, 钻成隧道, 使种子、幼苗根系与土壤脱离不能萌发、生长	用鲜马粪进行诱捕, 然后人工消灭; 蝼蛄有趋光性, 有条件的地方可设黑光灯诱杀成虫

注: 参考文献[27-28]。

表5 无公害竹节参病害生物防治方法

防治对象(主要病原种)	发病症状	防治方法
疫病 <i>Phytophthora</i> spp.	病叶变成暗绿色水渍状病斑, 严重时叶片枯萎, 根部受害, 造成倒伏	发病时采用木霉、曲霉、粘帚霉、漆斑菌、青霉等生物真菌进行防治
根腐病 <i>Fusarium</i> spp.	根部腐烂, 苗木直立枯死	在发病期, 用木霉菌处理土壤及种子, 并施以哈茨木霉 T23 (7.5 kg·hm ⁻²)、桔绿木霉 T56 等生防菌等进行防治
灰霉病 <i>Botrytis cinerea</i>	叶背病部可见灰色霉层, 病叶易从叶柄处脱落, 还可通过叶柄或直接侵入茎秆造成茎枯, 果实受害后病部呈黑褐色湿腐状	发病时施以重寄生菌木霉、粘帚霉等进行防治; 或利用生防菌代谢产物的抗菌作用, 如芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌等进行防治; 或喷洒抑菌植物的提取物, 如利用丁香提取物等进行防治

注: 参考文献[29-30]。

材品质及安全的重要因子,制约着中药材的可持续发展^[31-32]。为此,本课题组一直在此研究领域开展了大量工作,项目组创建了基于 ITS2 的中草药 DNA 条形码鉴定方法体系,为中药材的基原物种固有属性鉴定提供标准数据源^[33];自主研发开发了基于 GMPGIS 空间可视化技术,可定量分析评价中药材适宜地域性区划及生态因子指标^[34];成功选育了三七抗病新品种“苗乡抗七1号”,有效减少了三七抗根腐病害的化学农药使用量,提升了药材质量^[35];制定了《无公害三七药材及饮片的农药残留与重金属及有害元素限量》标准,并作为中药材领域首个无公害标准,引领了整个中药材产业的整体升级与市场的多元化发展^[36];制定了人参无公害农田栽培技术体系等种植规程,无公害种植基地通过 GAP 或 CGAP 认证,数据统计表明该体系下人参、三七、丹参、西洋参、五味子等中药材农药使用量降低 20%~80%^[37-38];并以人参全基因组草图为基础,通过基因结构及序列特征的生信分析,成功预测人参抗锈腐病基因,为筛选人参抗病性状的分子标记及优良品系选育等提供理论依据^[39]。这些名贵药材及大宗药材的无公害生产示范工作,促推中药种植跨入精细化无公害生产时代^[40]。由此,通过 GMPGIS 地理信息系统,可优选中药材适宜产区及环境因子范围;通过高产抗逆中药栽培新品种选育,为高产、优质中药材生产提供保障;通过建立无公害化栽培种植体系,能提升中药材种植的科技化内涵;通过基因组策略,为中药材新品种优质基因筛选提供标记,加快中药材育种进程。以上各项成熟的技术体系,均为指导中药材无公害栽培生产提供了重要保障,也为中药材产业健康、可持续、国际化发展等奠定了坚实基础^[41]。

参考文献

- [1] 罗正伟,张来,吕翠萍,等.竹节参离体培养及植株再生[J].中药材,2011,34(12):1818-1823.
- [2] 林光明,谢玲玲,由金文,等.竹节参名称及基原考[J].中药材,2007,30(6):742-743.
- [3] 林光明,刘海华,郭杰,等.竹节参生物学特性研究[J].中国野生植物资源,2007,26(1):5-7.
- [4] 袁丁.竹节参药效物质及药材质量分析研究[D].武汉:湖北中医药大学,2009:3-14.
- [5] 钱丽娜,陈平,李小莉,等.竹节参总皂苷成分的抗疲劳活性[J].2008,28(15):1238-1240.
- [6] 刘海华,林光明,艾伦强,等.竹节参种质资源现状及匮乏原因分析[J].现代农业科技,2014(17):118-121.
- [7] 孙万国,杨永康.竹节参人工栽培技术[J].湖北农业科学,1988,7(3):28-29.
- [8] 徐端妙,潘智慧,刘饶.人工驯化技术研究[J].中国科技信息,2008(19):69.
- [9] 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].2018,43(8):1517-1528.
- [10] Du Z X, Wu J, Meng X X. Predicting the Global Potential Distribution of Four Endangered Panax Species in Middle- and Low-Latitude Regions of China by the Geographic Information System for Global Medicinal Plants(GMPGIS)[J]. Molecules,2017,22(10):1630.
- [11] 涂星,徐新华,张燕.恩施地区濒危野生竹节参生态环境及伴生植物群落特征研究[J].中国中药杂志,2016,41(8):1596-1601.
- [12] 林光明.珍贵竹节参规范化栽培技术研究[M].武汉:华中农业大学,2002:2-7.
- [13] 林光明,由金文,郭杰,等.竹节参生物学性状与产量通径分析[J].中药材,2006,29(8):760-762.
- [14] 宋佳.竹节参的遗传多样性及活性评价研究[D].武汉:武汉轻工大学,2015:1-18.
- [15] 林光明,唐春梓,郭杰,等.中药材新品种选育的现状与发展趋势[C]//中国自然资源学会.全国第九届天然药物资源学术研讨会论文集,广州:中国自然资源学会天然药物资源专业委员会,2010:82-85.
- [16] 黄国启.鄂西竹节参野生变家种技术总结[J].中药材,1987,3(2):3-5.
- [17] 廖朝林,张国华,刘海华.竹节参种苗密度试验[J].现代农业科技,2008(1):7.
- [18] 张来.黔产竹节参种子萌发试验研究[J].种子,2015,31(5):75-77.
- [19] 关乔中,张海滨,毛帅.鄂西竹节参野生品与栽培品的比较研究[J].中药材,2013,36(2):171-173.
- [20] 杨永康,甘国菊.竹节参规范化生产标准操作规程[J].中药研究与信息,2004,6(5):25-27.
- [21] 陈士林,黄林芳,陈君.无公害中药材生产关键技术研究[J].世界科学技术—中医药现代化,2011,13(3):436-444.
- [22] 张国华,黄燕,郭汉玖.竹节参肥料试验研究[J].现代农业科技,2007(19):28.
- [23] 甘国菊,甘国莲,杨永康,等.竹节参主要病虫害及其防治[J].农技服务,2008,25(7):54-55.
- [24] 张春光,游景茂.竹节参根腐病防治初探[J].河南农业,2011(11):1.
- [25] 甘国菊,甘国莲,杨永康,等.竹节参主要病虫害及其防治[J].农业服务,2008,25(7):54-55.

(下转第1269页)

参考文献

- [1] 梁倩,王俊儒,梁宗锁. 丹参花挥发油 GC 指纹图谱的建立[J]. 西北林学院学报,2008,23(4):152-155.
- [2] 陈燕文,李玉娟,胡晶红,等. 丹参花挥发油提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 山东科学,2017,30(4):19-25.
- [3] Sasan G, Nayer K, Samira F. Application of *Salvia multicaulis* essential oil-containing nanoemulsion against food-borne pathogens [J]. *Food Bioscience*, 2017, 19(3): 128-133.
- [4] 郭玉华,赵俊凌,李晓花,等. 响应面分析法优化依兰香提取 β -石竹烯工艺[J]. 香料香精化妆品,2015(4):13.
- [5] 李平,孙凤琴,赵惠敏,等. 香草醛的应用及制备[J]. 河北师范大学学报(自然科学版),1999,23(2):250-254.
- [6] 田树革,刘丛. 香草醛在中药材定性定量分析中的应用[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版),2006,25(4):38-41.
- [7] 李莉,张赛,何强,等. 响应面法在试验设计与优化中的应用[J]. 实验室研究与探索,2015,34(8):41-45.
- [8] 高茗,胡玉霞,余启荣,等. UV-Vis 法测定灵丹草油中总萜类含量[J]. 现代中药研究与实践,2011,25(1):60-62.
- [9] 唐昭领,莫建光,黄燕. 响应面优化香草醛-冰醋酸-高氯酸法测定金花茶叶中总皂苷含量[J]. 广东农业科学,2014(13):99-101.
- [10] 席晓志,王婉卿,崔晓伟,等. 响应面优化杜仲提取物抗氧化活性及其工艺研究[J]. 中国现代中药,2018,20(3):310-315.
- [11] 孙琛,宁静,宋忠兴,等. 星点设计. 响应曲面法优化沙棘果渣总黄酮的提取工艺[J]. 中国现代中药,2018,20(1):74-78,82.
- [12] Gupta S, Manohar C S. An improved response surface method for the determination of failure probability and importance measures [J]. *Structural Safety*, 2004(26):123-139.

(收稿日期 2018-03-29)

(上接第1261页)

- [26] 高燕. 花生田主要地下害虫灯光诱杀技术研究[D]. 武汉:华中农业大学,2013:1-7.
- [27] 李青超,樊景胜,连永利,等. 黑龙江省主要地下害虫种类及综合防治措施[J]. 黑龙江农业科学,2016(1):173-175.
- [28] 张美翠,尹娇,李克斌,等. 地下害虫蛴螬的发生与防治研究进展[J]. 2014,34(10):20-27.
- [29] 赵阿娜. 木霉菌防治人参根部病害研究及木霉田间种群动态监测[D]. 北京:中国协和医科大学,2006:2-10.
- [30] 张鸿雁. 人参连作根系病害发生的微生态机制及放线菌修复研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014:1-14.
- [31] 曹海禄,王卫权. 我国中药材种植业现状与发展建议[J]. 中国现代中药,2015,17(8):753-756.
- [32] 陈君,徐常青,乔海莉,等. 我国中药材生产中农药使用现状与建议[J]. 中国现代中药,2016,18(3):263-270.
- [33] Chen S L, Pang X H, Song J Y, et al. A renaissance in herbal medicine identification: From morphology to DNA [J]. *Biotechnol Adv*, 2014. 32(7):1237-1244.
- [34] 陈士林,索凤梅,韩建萍,等. 中国药材生态适宜性分析及生产区划[J]. 中草药,2007,38(4):481-487.
- [35] 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.
- [36] 王勇,余育启,陈士林,等. 三七药材及饮片农药残留与重金属含量限量标准研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2016,18(11):1955.
- [37] 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):3267-3290.
- [38] 黄林芳,陈士林. 无公害中药材生产 HACCP 质量控制模式研究[J]. 中草药,2011,42(7):1249-1254.
- [39] 初晔,徐燃,苏贺,等. 人参 NBS-LRR 抗病基因家族全基因组分析[J]. 中国科学,2018,48(4):423-435.
- [40] 董林林,苏丽丽,尉广飞,等. 无公害中药材生产技术规程研究[J]. 中国中药杂志,2018,(43)15:3070-3089.
- [41] 姜振俊,张红梅,于志斌,等. 中国中药材出口面对的国际市场标准[J]. 中国现代中药,2018,20(2):217-223.

(收稿日期 2018-09-13)