

· 专题 ·

无公害党参生产关键技术探讨[△]

李孟芝¹, 胡芳弟², 陈士林¹, 孙裕³, 董林林^{1*}

(1. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700; 2. 兰州大学 药学院, 甘肃 兰州 730000;

3. 兰州佛慈制药股份有限公司, 甘肃 兰州 730046)

[摘要] 党参生产中不规范使用农药、农残以及重金属超标等问题, 严重制约了党参产业的可持续发展, 无公害种植是保证党参高品质的有效策略。本文概述了无公害党参生产的产地环境、适合当地党参生产的优良品种及其特性、规范化的综合农艺措施、病虫害综合防治技术, 提出加强现代组学技术在党参分子育种中的应用、建立无公害党参病虫害综合防治平台、完善无公害党参种植体系等建议, 以达到无公害化标准, 促进党参产业的健康、可持续发展。

[关键词] 无公害党参; 产地环境; 品种选育; 综合防治

Discussion of Pivotal Production Techniques of Pollution-free *Codonopsis pilosula*

LI Meng-zhi¹, HU Fang-di², CHEN Shi-lin¹, SUN Yu³, DONG Lin-lin^{1*}

(1. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

2. College of Pharmacy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

3. Lanzhou Foci Pharmaceutical Co. Ltd., Lanzhou 730046, China)

[Abstract] The issues of non-standard use of pesticides, pesticide residues and excessive heavy metal in the production of *Codonopsis pilosula*, has seriously restricted the sustainable development of *Codonopsis pilosula*, and pollution-free planting is an effective strategy to ensure its yield and quality. This manuscript summarized the environment of production area, selection of improved varieties for the production in the local stations and its characteristics, the standardized comprehensive agronomic management and the control techniques of pests and diseases. Additionally, this paper also puts forward the application of modern genomics in the molecular breeding of *Codonopsis pilosula*, the establishment of pollution prevention and control platform for pests and diseases, the establishment of pollution-free planting system, which promoted the healthy development of the *Codonopsis pilosula* industry and achieved pollution-free standards.

[Keywords] Pollution-free *Codonopsis pilosula*; The environment of production area; Breeding; Comprehensive control
doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20180910007

党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. 为桔梗科党参属植物。中药党参为党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、素花党参 *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 或川党参 *Codonopsis tangshen* Oliv. 的干燥根^[1], 为药食两用的传统中药, 具有补中益气、和脾胃、除烦渴等功效, 常作为人参的替代品, 俗称“小人参”^[2]。党参是《中国药膳大辞典》收录的 86 种药膳食疗常用中药中 10 种补气药之一, 记载使用频次为 188 次。现代药

理研究表明, 党参有增强免疫力、扩张血管、降压、增强造血功能等作用^[2]。随着科研工作者对党参作用机制的解析, 市场需求量大幅增加, 由于乱采滥挖现象严重, 野生资源逐年枯竭, 产量急剧下降, 各地已开展人工栽培来满足市场需求。党参是目前全国种植面积最大的中药品种之一, 总面积达 80 多万亩 (1 亩 = 666.7 m²), 其中甘肃种植面积 76 万亩, 产量约 7 万 t, 党参综合产值达 100 亿元以上^[3]。2015 版《中华人民共和国药典》收录的含党

[△] [基金项目] 北京市科技新星项目 (Z181100006218020); 国家自然科学基金青年基金项目 (81603238)

* [通信作者] 董林林, 博士, 副研究员, 分子育种研究室副主任, 研究方向: 中药资源与分子生物学研究;
E-mail: lldong@icmm.ac.cn

参中成药有124种^[2],全国共有1800家企业生产含有党参的制剂。然而在党参种植过程中存在管理方式混乱,农药、化肥不规范施入,病虫害等问题;严重影响了党参的品质及产量,阻碍了党参产业的可持续健康发展^[4]。对党参实行无公害种植是保障其品质的有效措施,是未来党参产业发展的重要方向。为指导党参无公害规范化种植,本文结合党参的生物学特性,概述了无公害党参种植基地选址、品种选育、综合农艺措施、病虫害的综合防治等技术,以期对党参的无公害种植提供指导。

1 无公害党参种植基地选址

1.1 无公害党参种植基地环境要求

按照国家《中药材生产质量管理规范(试行)》(GAP)^[5]的要求,党参产地环境应符合GAP的规范要求及NY/T 2798.3—2015无公害农产品生产质量安全控制技术规范^[4-6];空气环境质量应符合国家《环境空气质量标准》二类区要求^[7],农田灌溉水的水源质量应符合国家《农田灌溉水质标准》^[8-9],种植地土壤应符合国家《土壤环境质量标准》的二级标准^[10]。无公害党参生产基地应选择传统道地产区,避开公路主干线、土壤重金属含量高的地区,远离城市,周围无污染源,附近无工矿企业,不能选择冶炼工业(工厂)下风向3 km^[11]区域。

党参在土层深厚、疏松,排水良好、富含腐殖质的沙土中生长良好,重黏土、岗地及低洼地不利于党参生长^[12]。土壤中铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)、铬(Cr)等重金属含量应符合《无公害农产品产地环境评价准则》^[13-14]。土壤中六六六和滴滴涕的质量分数均不得超过0.1 mg·kg⁻¹^[14]。

1.2 党参产区生态因子

无公害党参种植基地选址要依据党参生物学特征,生长区域满足其对生态因子、前茬作物、轮作等的要求,确定种植基地,是实现无公害党参种植的重要环节。基于“药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统”(GMPCIS)^[15-16],得到党参主产区生态因子值范围(见表1),包括年平均气温-0.8~13.4℃、平均气温日较差8.1~14.3℃、年均降水量314.0~989.0 mm、年均日照124.8~157.9 W·m⁻²、年均空气相对湿度50.0%~66.0%等,主要土壤类型包括人为土、始成土、冲积土、黄绵土等。

依据党参的生态因子值范围,利用加权欧式距

离算法^[16]得到党参最大生态相似度主要区域全国分布图,主要包括黑龙江、吉林、内蒙古、辽宁、甘肃、陕西等省,其中居于前三的省份为黑龙江、吉林和内蒙古^[12](见图1)。

表1 党参主产区生态因子值

生态因子	生态因子值范围
年平均温/℃	-0.8~13.4
平均气温日较差/℃	8.1~14.3
等温性(%)	22.0~43.0
气温季节性变动(标准差,%)	6.03~14.90
最热月最高温度/℃	17.6~30.9
最冷月最低温度/℃	-28.1~-4.1
气温年较差/℃	30.7~54.3
最湿季度平均温度/℃	10.7~23.3
最干季度平均温度/℃	-19.4~1.5
最热季度平均温度/℃	10.7~25.0
最冷季度平均温度/℃	-19.4~1.5
年均降水量/mm	314.0~989.0
最湿月降水量/mm	82.0~258.0
最干月降水量/mm	2.0~11.0
降水量季节性变化(变异系数,%)	69.0~117.0
最湿季度降水量/mm	186.0~628.0
最干季度降水量/mm	7.0~37.0
最热季度降水量/mm	175.0~628.0
最冷季度降水量/mm	7.0~37.0
年均日照/W·m ⁻²	124.8~157.9
年空气均相对湿度(%)	50.0~66.0
主要土壤类型	人为土、冲积土、强淋溶土、黑土、黄绵土等

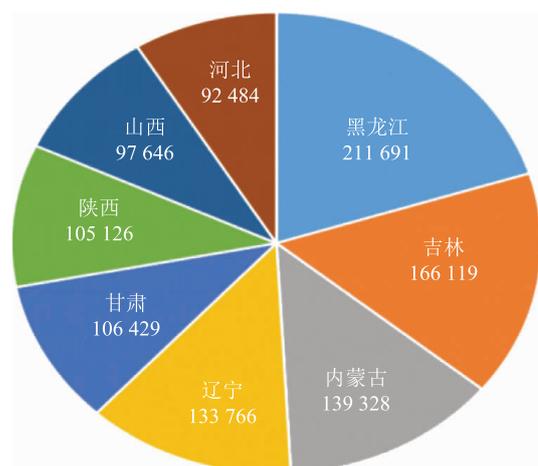


图1 党参最大生态相似度主要区域面积(单位: km²)

2 党参优良品种选育

选育高产、优质、抗逆的良种,是实现党参无公害种植的有利保障。针对党参产地生态环境的差异,采用有目的、有侧重的育种方法,将极大提高党参的产量和质量^[17]。在实际生产中各地应选择适合当地生态环境的优良品种,充分发挥品种的内在优势,不同产地的栽培党参有其品种特性,已形成不同产地特色的党参品种。甘肃省定西市旱农研究中心通过杂交选育的我国第一个党参新品种8917-2,具有丰产、稳产、抗旱、抗寒和适应性很强等优点^[18]。甘肃党参新品系98-01对根腐病具有较强的抗性,适宜在半干旱及二阴生态区推广种植^[19]。党参新品种DSZJ2004-01、DS98-01、DSZJ2003-01具有抗病性强和内在质量优等特点^[20]。甘肃省定西市农科院培育的高产、抗病、抗杂草的“渭党1号”、“渭党2号”和“渭党3号”,主产区域为定西市岷县、渭源、漳县、陇西、安定区等地^[17]。加强对党参新品种的选育,实现党参的无公害生产是现在及将来最具研究意义的课题。

3 无公害党参种植的综合农艺措施

为确保无公害党参生产,需要采取适当的农艺措施。在种植前进行土壤的翻耕修复,可以减少病原菌的传播。党参以种子繁殖为主,播种前要筛选优质的种子,选用适宜的播种期。种植后期加强田间管理,及时施肥、除草、灌溉、打尖,确保党参的正常生长。

3.1 土壤改良

土壤理化性质和肥力状况对党参产量、有效成分的含量影响极大,切忌连作,与大豆、小麦、玉米等作物实行3年以上的轮作^[21]。党参的育苗地应选择排水良好、土层深厚、疏松肥沃的沙壤或腐殖质多的背阴地,大田移栽地应选择土层深厚、土质疏松、排水良好的砂质土壤^[21],pH值在5.0~7.0^[13]。深耕可以提高土壤透气性,减少病虫害和杂草的滋生^[1]。党参属于深根系作物,育苗地征地时需要深翻25~30 cm,4.5万~6万kg·hm⁻²农家肥作基肥,农家肥必须充分腐熟达到无害化标准,然后整平作畦,畦宽约1.2~1.5 m,沟深15~20 cm,畦长因地势而定^[1]。大田移栽地在秋季收获作物后随即整地,施4.5万~6万kg·hm⁻²优质农家肥,移栽前要将地面整平,并且依据地势,修好排水沟^[22]。

3.2 优良种子种苗培育

党参以种子繁殖为主,第一年播种育苗,第二年移栽,党参的品质与种子种苗质量有密切的关系,培育优质种子种苗是无公害党参种植的关键技术之一^[22-23]。种子是中药材生产的源头,良种的使用对于减少农药化肥的使用有积极的意义,将促进党参生产的“无公害化”。党参育苗种子应选用当年新种子,清除霉烂和秕粒,挑选饱满、粒大种子^[23]。为提高出苗率,播种前进行温水浸种,置于40~45℃水中,不断搅动,至水温与手温差不多时,移入纱布袋中,清水冲洗4~5次,再整袋放于温度15~20℃的室内沙堆上,每隔3~4 h用清水淋洗1次,5~6 d种子裂口即可播种^[24-25]。

适宜的播种期是党参出苗率的关键因素之一。党参种子无休眠特性,播种后只要温度及水分适宜均可出苗^[23],适宜的萌芽温度为15~20℃^[26]。党参在春季和秋季均可播种,秋播比春播效果好^[27]。春播的时间为3月底到4月初,海拔在2000 m以上地区土壤解冻迟,4月初土壤墒情较好,为最佳播种期;海拔在2000 m以下的地区,土壤解冻较早,土壤解冻后适当提早播种^[1,22-23]。秋播于10月下旬土壤封冻前进行^[27]。党参有直播和育苗移栽两种播种方法^[26],直播法具有可培育优质边条参、省时、产量低等特点;育苗移栽法可以提高参苗产量,但费时、培育的参苗质量差^[27]。直播多采用条播,行距为30 cm,沟深5 cm,播后覆土2~3 cm。育苗移栽一般采用条播或撒播,条播行距10 cm,沟深3 cm,宽5~6 cm左右,撒播用细砂拌匀撒在地表,轻轻用耙耱1次^[27-28]。播种后用麦草或麦衣遮阴保湿,根据墒情及时浇水,保持地面湿润,以利出苗^[1,24,28]。当党参苗高约5 cm时,间苗,保持株距1~3 cm,同时将覆盖物逐渐揭掉,不可一次揭光,以防止烈日晒死幼苗^[27]。当苗高约15 cm对光的适应能力增强时,全部揭掉覆盖物^[28]。直播出苗后第二年定苗,株距约10 cm^[28]。

3.3 田间综合农艺管理

适当的田间管理促进党参的生长,提高产量和品质。中耕除草可以使土壤疏松,调节土壤的水、肥、热、气状况,促进根系的发育及消灭杂草。在党参苗出齐后及时除草,一般1年除草3~4次,保持田间清洁^[28]。党参定植后,在有灌溉条件的地区,需要严格控制好灌水量,同时需要根据天气、

苗的生长等因素的影响对灌水量进行调整,苗活后少灌水或不灌水,雨季及时排水,防止烂根^[28-30]。当苗高约30 cm时搭架,以便茎蔓生长,利于通风透光,增加光合作用面积,提高抗病能力^[28]。在7月中上旬,苗子长到30~35 cm左右时,按地上留5~7 cm的长度进行打尖,一般打1~2次,能有效地控制地上部分的生长,促进地下根系生长,从而达到提高党参产量的目的^[29]。党参苗生长1年后,可在春季4月或秋季10月进行移栽^[31]。移栽时选择健壮、无病虫害、无机械损伤、表面光滑、苗质柔软的种苗^[28]。移栽时行距约20~30 cm,沟深15~20 cm,山坡地应顺坡横向开沟,株距6~10 cm将参苗斜摆沟内,然后覆土约5 cm^[31],栽后及时浇水,用种苗量450~600 kg·hm⁻²^[30]。

3.4 无公害党参合理施肥

施肥是增加党参产值的主要途径之一,而合理施肥配比和施肥量能显著提高党参的产量和品质。在党参的种植中过量或不合理施肥现象比较普遍^[32],不仅违背党参养分吸收规律,同时也导致资源浪费影响生态环境^[33]。研究表明,锰、钼微肥对党参具有明显增产效应^[32];氮肥和磷肥对党参的增产效果随着氮和磷的配施比例存在明显的差异^[34];党参全生育期对氮、五氧化二磷、氧化钾的平均吸收比例为1:0.51:0.27(质量比)^[34-35]。在适当的施肥期进行施肥有利于无公害党参生产,在采收前1个月不适用任何肥料和农药。党参在种植过程中,除了施足底肥外,还要结合各个生长期适时追肥,才能获得高产,适量增施肥料有利于提高产量。

无公害党参种植过程中的施肥分为育苗地施肥、移栽地施肥以及追肥。育苗地施肥:有撒施和条施两种施肥方法^[14,36]。撒施是把肥料均匀地撒在地表,浅耙1~2次使肥料与表层土壤混合;条施就是开沟施肥,施充分腐熟的农家肥3万~4.5万 kg·hm⁻²,尿素和磷酸二铵各225 kg·hm⁻²^[1,24]。移栽地施肥:耕翻前施优质农家肥2000~3000 kg·hm⁻²、磷酸二铵30 kg·hm⁻²、尿素5 kg·hm⁻²;移栽成活后,当苗高20~30 cm时,追施有机肥1次,施不含硝态类的磷钾肥375~450 kg·hm⁻²,施肥方法为撒施^[1,21]。追肥:定植成活后,待苗高15 cm左右,追施尿素75 kg·hm⁻²。显蕾期追施普通过磷酸钙300~450 kg·hm⁻²;扬花期和灌浆期各喷磷酸二氢钾与尿素混合液1次,磷酸二氢钾用量为2250 g·hm⁻²,尿

素用量为1500 g·hm⁻²,兑水量为450 kg^[29-30]。

4 无公害党参病虫害的综合防治技术

无公害党参的病虫害防治要做到“预防为主、综合防治”^[21],优先采用农业防治、物理防治、生物防治的方法。科学合理地使用化学药剂,禁止使用剧毒、高毒、高残留、高三致(致畸、致癌、致突变)农药^[21]。农药施用参照GB 12475 农药贮运、销售和使用的防毒规程以及NY/T 1667(所有部分)农药登记管理术语^[37-38]。掌握党参病虫害的发病规律及症状,确定主要防治对象,寻找有效防治途径,为无公害党参的种植提供有力保障。党参的病害主要有锈病、根腐病、立枯病、灰霜病等,虫害主要有地老虎、蛴螬、蝼蛄、蚜虫、红蜘蛛等^[21],主要的危害部位为根、茎及嫩叶。

4.1 农业防治

党参种植可施行“党参-马铃薯或油菜-麦或豆类-党参”轮作的栽培模式,切忌连作,前茬以禾本科或豆科作物为佳,特别是水旱轮作,明显减少地老虎、蛴螬的虫源^[39]。建立无病留种地,实施种子、土壤、种苗药剂处理可以预防根腐病^[21]。党参的种植地应选择地势较高、土壤干燥、土质疏松、排水良好的地块,雨季及时排除田间积水,降低土壤湿度,提供一个利于党参生长、而不利真菌蔓延繁殖的环境^[39-40]。加强田间管理,及时搭设支架,改变通风条件,降低田间湿度^[39]。党参种植中发现病株及时拔除,冬季地上部分枯萎后清园,烧毁病残株,以减少越冬病原菌^[40]。对党参的种植地进行翻耕,可以减少地老虎类幼虫体,消灭来年虫源;适度中耕除草,以破坏地老虎类卵的孵化和成虫羽化条件,使其不能繁殖^[41]。

4.2 物理防治

党参的虫害主要有地老虎、蛴螬、蝼蛄、蚜虫、红蜘蛛等。利用地老虎的趋光性,在种植地安装黑光灯、频振式杀虫灯、电灯诱杀成虫^[40]。利用地老虎嗜好糖醋气味的生活特性,配制糖醋液放置在植株旁进行诱杀^[39]。蚜虫有趋色性,可在田间设置黄板引诱蚜虫^[40]。蛴螬和地老虎羽化后夜间活动频繁,趋光性强,可将黑光灯安装在田间,夜开灯诱杀^[39]。

4.3 生物防治

利用生物天敌、杀虫微生物、农用抗生素及其他生防制剂等方法对党参病虫害进行生物防治,可

以减少化学农药的污染和残毒。党参的无公害生物防治方法主要包括以菌控病、以虫治虫、以菌治虫、植物源农药等^[41]。用抗蚜威防治蚜虫,充分保护和利用天敌;利用乌头诱杀蛴螬、地老虎等地下害虫;利用捕食性天敌瓢虫控制蚜虫;紫苏提取物抑制根腐病致病菌^[42]。

4.4 化学防治

党参病虫害的化学防治应采用高效、低毒、低残留的农药,对症适时施药,降低用药次数,选择关键时期进行防治^[43]。在无公害党参种植过程中禁止使用高毒、高残留农药及其混配剂^[11]。根据病虫害的发生特点以及发生规律,在害虫低龄幼虫期和病害发病初期喷药,注意轮换和交替使用农药,以免产生抗药性^[39]。表2、表3为无公害党参病害、虫害的化学防治方法。

5 讨论

党参为药食两用的中药材,近年来随着需求量的不断增加,不合理采挖致使野生资源减少,各地已开展人工栽培来满足市场需求;但由于在种植过程中农药、化肥等不合理使用及不规范操作,导致药材品质低劣,严重危害人体的健康安全^[45-46]。针

对中药材种植中无序生产及农残、重金属超标等问题,研发团队经过多年的科研攻关结合田间地头的生产实践,制定无公害中药材生产通用规程并建立150种常用大宗无公害中药材生产操作规程,为无公害药材实现安全、有效、稳定和可控提供保障,推动我国中药材生产进入“无公害时代”^[47]。针对党参种植过程中病虫害严重、育种周期长、无公害种植体系不完善等问题,本研究提出,建立党参病虫害综合防治平台,培育适宜的抗逆新品种,建立完善的无公害党参种植体系等发展方向,可有效促进党参无公害生产。

5.1 建立无公害党参病虫害综合防治平台

由于党参含糖类等物质,生长过程中极易感染病虫害;多年连续种植,使党参感染病虫害的几率大大增加。目前在党参种植中为了追求高产,使用剧毒农药的行为普遍存在,严重降低了党参的品质,也给使用者的健康带来很大的威胁。在党参的种植过程中依据病虫害种类、发病规律及防治措施,将农业综合防治、物理防治、生物防治以及化学防治方法相结合,减少高残留农药重金属的使用,筛选党参专用高效低残留的农药是无公害党参种植产业发展的重要方向。

表2 无公害党参病害化学防治方法

防治对象	病原菌	发病症状	防治方法
锈病	金钱豹柄锈菌 <i>Puccinia campunumoeae</i>	7—8月发生,主要危害叶、茎。病叶背部隆起,黄色斑点,后期破裂散出橙黄色粉末,发病后叶片干枯。	发病初期,喷洒质量分数50%的托布津2000倍液或淋根,每7~10d喷施1次,连续2~3次;发病面积较大时,用质量分数50%的多菌灵浇灌病区。
根腐病	镰刀菌 <i>Fusarium</i>	7—8月高温高湿期间多发。发病初期,近地面处的侧根和须根变黑褐色,严重时,根系腐烂,植株枯死。	选用无病种苗,种苗栽种前用50%甲基托布津1000倍液浸泡5min,沥干后再栽种;发病初期喷洒质量分数97%敌锈钠400倍液,每7~10d喷1次,连续2~3次。
立枯病	立枯丝核菌 <i>Rhizoctonia solani</i>	幼苗期多发,茎部萎缩、腐烂、切断输导组织,致使幼苗呈倒状。	发病初期用75%百菌清可湿性粉剂600倍液进行喷雾,每7~10d喷1次,连续2~3次。
霜霉病	霜霉菌 <i>Pseudoperonospora cubensis</i>	发病时叶面生有不规则褐色病斑,叶背有灰色霉状物。	发病初期及时喷70%百菌清可湿性粉剂1000倍液。

注:参考文献[24, 27, 40, 44-45]。

表3 无公害党参虫害化学防治方法

防治对象	发病症状	防治方法
蚜虫 <i>Aphidoidea</i>	多发生在夏季,天旱时严重,吸取嫩芽嫩叶汁液,使其干枯致死。	0.3%苦参碱乳剂800~1000倍液喷雾防治,每隔5~7d喷1次,连喷多次。
地老虎 <i>Agrotis</i> 、蛴螬 <i>Holotrichia</i> 、蝼蛄 <i>Gryllotalpa</i>	多发生在苗期,危害幼苗嫩茎及根,造成根部空洞或断苗。	叶面喷施低倍阿维菌素,2~3次。用质量分数为50%的阿维菌素700~1000倍液灌根际周围杀虫保根。
红蜘蛛 <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	危害幼苗及成株叶片,吸食叶液,造成植株黄萎以至干枯。	用质量分数为50%的噻虫嗪1000倍液喷杀。

注:参考文献[40, 44-45]。

5.2 加快党参优良品种选育

培育优质、高产抗病虫品种,可增强药用植物的抗性,减少农药的使用,减少对环境的污染,降低生产成本。加快党参优良品种选育,是党参无公害种植的有利保障。用于党参栽培的种质来源比较混杂,导致党参的产量和质量不稳定,选育适宜的抗逆新品种是未来党参无公害种植的重要发展方向。药用植物育种与普通农作物相比起步较晚,研究基础相对薄弱,传统育种方式周期长,可采用系统选育、结合现代组学技术筛选抗逆基因、结合现代分子辅助育种技术选育抗逆新品种,可以大大缩短新品种的选育周期^[47]。基于转录组、基因组、简化基因组等分析,挖掘中药材的 SSR、SNP 等标记,为药用植物分子育种提供遗传基础^[48-50]。利用分子标记技术结合中药材的生物学性状,选育出紫苏、三七等优良新品种^[48-49]。因此,加强现代组学技术在党参分子育种中的应用,将加快优良品种的选育。

5.3 建立无公害党参种植体系

人参和三七已建立较为完善的无公害生产体系,该体系主要包括产地选址、病害防控、品种筛选、土壤复合改良、合理施肥等关键环节,现阶段党参的无公害种植体系不完善,建立完善的无公害党参种植体系是未来党参产业发展的一个重要任务。无公害党参的种植要按照党参生长规律,因地、因时制宜。筛选优质的种子,正确选用适宜的播种期,种植后期加强田间管理,及时施肥、除草、灌溉、打尖,确保党参的正常生长。制定操作规程,发现病虫害及时运用相应的无公害防治措施,为无公害党参的种植营造良好的生长环境,从而提高党参的品质。此外,加工和贮藏方式对中药材品质影响较大,党参的粗加工和贮藏期间严禁用漂白粉漂白和硫磺熏蒸,避免二次污染。因此,无公害党参的种植应是以 GIS 信息技术的精准选址、现代组学辅助育种、田间精细管理等技术的栽培体系^[51]。

参考文献

- [1] 韩桂莲. 高海拔地区党参种植的栽培管理及病虫害防治[J]. 青海农林科技, 2017(3): 92-93, 104.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015: 281-282.
- [3] 甘肃发展年鉴编委会. 甘肃省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2016: 159-160.

- [4] 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.
- [5] 国家食品药品监督管理局. 中药材生产质量管理规范(试行)[EB/OL]. (2002-04-17). [2018-08-10]. <http://old.chinasafety.gov.cn/>.
- [6] 中华人民共和国农业部. 无公害农产品生产质量安全控制技术规范:NY/T 2798.3—2015[S]. 2015.
- [7] 环境保护部. 环境空气质量标准:GB 3095—2012[S]. 2012.
- [8] 环境保护部. 农田灌溉水质标准:GB 5084—2005[S]. 2005.
- [9] 环境保护部. 土壤环境质量标准:GB 15618—2008[S]. 2008.
- [10] 中华人民共和国农业部. 绿色食品产地环境质量:NY/T 391—2013[S]. 2013.
- [11] 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): 1-11.
- [12] 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: 768-769.
- [13] 孙年喜,彭锐,李隆云,等. 川党参种子发芽检验规程的研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(11): 1246-1248.
- [14] 中华人民共和国农业部. 无公害农产品产地环境评价准则:NY/T 5295—2015[S]. 北京:中国农业出版社, 2015.
- [15] 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]. 药学学报, 2016, 51(9): 1483-1493.
- [16] 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.
- [17] 李成义,刘书斌,李硕,等. 甘肃党参栽培现状调查分析[J]. 中国现代中药, 2016, 18(1): 102-105.
- [18] 苟永平. 党参新品种 8917-2 优质丰产栽培技术[J]. 北京农业, 2000(8): 23.
- [19] 刘效瑞,荆彦明,尚虎山,等. 甘肃党参新品系 98-01 选育初报[J]. 甘肃农业科技, 2008(2): 3-5.
- [20] 荆彦民. 党参高产优质新品种选育研究[J]. 中药材, 2010, 33(5): 665-667.
- [21] 管青霞,李城德. 白条党参栽培技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2016(8): 83-86.
- [22] 王长林,厉彦森,郭巧生,等. 种苗与施肥对明党参产量和质量的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(4): 293-296.
- [23] 赵亚兰,陈垣,郭凤霞,等. 冬播和春播育苗对党参苗产量和质量的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(10): 139-148.

- [24] 张爱菊. 无公害党参栽培技术[J]. 基层农技推广, 2014, 2(9):64-65.
- [25] 田洪岭, 赵云生, 李占林, 等. 党参育苗栽培技术[J]. 农村实用科技信息, 2008(7):71.
- [26] 武志江, 郭凤霞, 李瑞杰, 等. 不同温度对素花党参种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2013, 48(1):87-90, 96.
- [27] 陈恒冲, 马彬峡, 李景辉, 等. 药食两用植物-轮叶党参优质高产栽培技术[J]. 中国民族民间医药, 2012, 21(1):50, 61.
- [28] 康彦军. 党参标准化栽培技术[J]. 农业科技与信息, 2014(19):36-37.
- [29] 王刘安. 党参高产栽培技术研究[J]. 南方农机, 2018, 49(8):94.
- [30] 张立军, 王宏霞, 王国祥, 等. 甘肃党参搭架采种技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2018(6):92-94.
- [31] 李彩霞. 党参高产栽培技术[J]. 农业科技与信息, 2016(16):67-68.
- [32] 郭兰萍, 张燕, 朱寿东, 等. 中药材规范化生产(GAP)10年:成果、问题与建议[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(07):1143-1151.
- [33] 李东坡, 武志杰. 化学肥料的土壤生态环境效应[J]. 应用生态学报, 2008(5):1158-1165.
- [34] 龚成文, 赵欣楠, 冯守疆, 等. 配方施肥对党参生产特性的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(11):130-136.
- [35] 冯守疆, 龚成文, 赵欣楠, 等. 甘肃道地中药材党参需肥规律研究[J]. 甘肃农业科技, 2010(10):11-12.
- [36] 郝新东. 临洮县党参规范化栽培技术[J]. 农业科技与信息, 2015(17):46-47.
- [37] 国家安全生产监督管理总局. 农药贮运、销售和使用的防毒规程:GB 12475—2006[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
- [38] 中华人民共和国农业部. 农药登记管理术语:NY/T 1667.1—2008[S]. 北京:中国农业出版社, 2008.
- [39] 何泽芳. 党参病虫害无公害防控措施[J]. 现代园艺, 2012(22):164.
- [40] 颜继红. 党参常见病虫害的危害症状及防治方法[J]. 现代农业科技, 2013(18):136-140.
- [41] 陈秀蓉. 甘肃省药用植物病害及其防治[M]. 北京:科学出版社, 2015:144.
- [42] 王瑞, 董林林, 徐江, 等. 基于病虫害综合防治的人参连作障碍消减策略[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(21):3890-3896.
- [43] 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.
- [44] 赵国锋, 张丽萍, 武滨, 等. 山西党参规范化种植技术及SOP的制定[J]. 现代中药研究与实践, 2006, 20(6):13-16.
- [45] 甘国菊, 杨永康, 林先明, 等. 党参病虫害防治研究[J]. 中国现代中药, 2007, 9(5):33-34, 41.
- [46] 陈士林, 苏钢强, 邹健强, 等. 中国中药资源可持续发展体系构建[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(15):1141-1146.
- [47] 杨朝晖. 科技创新推动中药材生产进入无公害时代[N]. 科技日报, 2018-06-13(03).
- [48] 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]. 中国中药杂志, 2017, 42(9):1668-1672.
- [49] 董林林, 陈中坚, 王勇, 等. 药用植物DNA标记辅助育种(一):三七抗病品种选育研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(1):56-62.
- [50] Wei G F, Wei F G, Yuan C, et al. Integrated chemical and transcriptomic analysis reveals the distribution of protopanaxadiol- and protopanaxatriol-Typesaponins in *Panax notoginseng* [J]. *Molecules*, 2018, 23:1773.
- [51] 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.

(收稿日期 2018-09-10)

(上接第1056页)

- [39] 卢恒, 徐宁, 孟繁蕴. 冬虫夏草重金属的含量测定和健康风险评价[J]. 环境化学, 2017, 36(5):1003-1008.
- [40] 周利, 郝庆秀, 王升, 等. 微波消解 ICP-MS 法对冬虫夏草不同部位 5 种重金属元素的分布研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(15):2934-2938.
- [41] 林燕奎, 王丙涛, 颜治, 等. 总砷超标食用菌样品中砷形态分布研究[J]. 分析仪器, 2012(1):91-96.
- [42] 王永田, 田连营, 刘灿坤. 冬虫夏草质量及真伪的经验鉴别[J]. 中医临床研究, 2012, 4(12):24-25.
- [43] 李文佳, 汪小东, 艾中, 等. 冬虫夏草真伪鉴别方法研究进展[J]. 中国现代中药, 2014, 16(11):881-887, 920.
- [44] Xiang L, Song J, Xin T, et al. DNA barcoding the commercial Chinese caterpillar fungus [J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2013, 347(2):156-162.

(收稿日期 2018-09-03)