

无公害人参农田栽培技术规范及标准*

徐江^{1**}, 沈亮^{1**}, 陈士林¹, 李刚², 李西文¹, 董林林¹, 近藤健儿³

(1. 中国中医科学院中药研究所 北京 100700; 2. 盛实百草药业有限公司
北京 100062; 3. 日本国株式会社津村 东京 107-8521)

摘要:随着毁林栽参在我国被禁止,农田栽参将成为人参种植产业发展的主要模式。为建立无公害人参农田栽培技术体系,减少药材农残及重金属含量,本文在多年农田栽参研究基础上,结合国内外农田栽参种植基地调研结果,制订了无公害人参农田栽培技术规范 and 药材农残重金属及有害元素限量标准。提出了依据GIS指导生态适宜性栽培选地,分子标记技术辅助抗性品种选育,利用绿肥进行土壤改良,精细种植及田间管理,进行无公害病虫害综合防治,发布无公害人参农残及重金属团体标准等。本文为无公害人参农田栽培产业的健康可持续发展提供科学依据。

关键词:农田栽参 无公害种植 栽培选地 土壤改良 品种选育 产地溯源

doi:10.11842/wst.2018.07.011 中图分类号:R282.2 文献标识码:A

人参为五加科植物 *Panax ginseng* C. A. Mey. 的干燥根及根茎,具有大补元气、补脾益肺、安神益智等功效,用于体虚欲脱、脾虚食少、津伤口渴等症^[1]。自古以来,人参就是滋补佳品,用量较大。自2012年卫生部批准人参作为新资源食品在市场上流产后,其需求量又猛增,导致人参价格快速上涨。传统人参种植主要以“毁林栽参”模式为主,由于该模式对森林资源和生态环境破坏严重,国家现已明令禁止砍伐森林生产人参,由此导致伐林参地资源急剧减少,全球范围内人参药材供需矛盾日益突出^[2]。农田栽参将成为人参种植产业发展的主要模式,但是农田栽参种植技术还不成熟,种植无序、病虫害严重、存苗率低等问题在生产过程中十分突出^[3-6]。为提高人参产量,生产过程中滥用农药化肥,不仅使人参药效下降,而且造成药材农残及重金属严重超标,使得我国人参产业在国际市场中的竞争力不断降低,现阶段开展无公害种植是解决该问题的关键^[7]。

目前,无公害栽培技术已经在人参、西洋参等药材种植产业中得到应用^[8-10],但有关无公害人参农田栽培技术规范及标准相关研究较少。为生产优质人参,减少农残及重金属等外源物质污染,建立科学合理的人参无公害农田栽培技术规范及标准,将有序推进农田栽参种植产业的健康发展。本文在研究团队多年农田栽参研究基础上^[3-4,7,11-16],结合国内外人参农田种植基地调研结果,制订了无公害人参农田栽培技术规范及标准。提出了栽培选地、土壤改良、优质种子种苗生产、田间管理、病虫害防治、质量控制及产地溯源等方面的科学种植技术和标准,研究结果可有效促进无公害人参农田栽培产业的健康可持续发展。

1 无公害人参农田栽培产地环境

栽培选地是无公害人参农田栽培的首要任务。种植基地选址应遵循物种分布生态相似性原理和地域性原则,种植基地应选择土壤改良成本低、便于机械化操作及运输的地区^[17]。无公害人参农田栽培种植基地环境应符合《中药材生产质量管理规范(试行)》、NY/T

收稿日期:2018-05-05

修回日期:2018-07-05

* 国家科技部重点研发计划(2017YFC1702100):人参产业关键技术研究及大健康产品开发,负责人:徐江;中国博士后科学基金会中国博士后科学基金项目(2017M611128):人参种质资源遗传多样性分析及其产区生态适宜性评价,负责人:沈亮。

** 通讯作者:徐江,博士,副研究员,主要研究方向:中药基因组学与分子生物学;沈亮,博士,助理研究员,主要研究方向:药用植物栽培与产地生态区划。

2798.3-2015 无公害农产品生产质量安全控制技术规范、GB15618-2008 土壤环境质量二级标准、GB5084-2005 农田灌溉水质二级标准、GB3095-2012 环境空气质量二级标准等要求。

1.1 生态因子阈值范围

依据人参生长特性,利用“药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统(GMPGIS-II)”进行农田栽参生态适宜产地分析^[17]。GMPGIS-II 是对 GMPGIS 的升级更新,此系统气候因子由原有的 7 个气候因子更新至 21 个,各气候因子主要来自 WorldClim 和 CliMond 气候数据库,同时本研究的人参采样点也根据现有种植产区进行了增加,经分析得到适宜人参生长的生态因子阈值范围如表 1 所示。适宜农田栽参的土壤类型主要为白浆土、强淋溶土、暗色土、始成土、冲积土、潜育土、薄层土、淋溶土、灰化土、黑土等。种植基地土壤必须符合 GB15618-2008 二级土壤环境质量标准要求,土壤重金属元素应该在规范范围内,其中总镉($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ≤ 0.30 、总汞($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ≤ 0.25 、总砷($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ≤ 25 、总铅($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ≤ 50 、总铜($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ≤ 50 。

1.2 潜在生态适宜产区

依据中国、韩国、日本、朝鲜等农田栽参分布样点,通过 GMPGIS-II 得出农田栽参在世界范围内的最大生态相似度区域(生态相似度 99.9%-100% 区域),该适宜区域主要分布在亚洲东部、北美洲中东部、欧洲中南部及大洋洲东部沿海部分地区。其中人参最大生态相似度区域主要包括美国、加拿大、中国、俄罗斯、日本、朝鲜、法国、意大利、韩国等地区。

基于人参在国内的种植产区样点信息,利用 GMPGIS-II 得到人参在国内的最大生态相似度区域,该区域主要分布在中国东北、山东半岛、秦岭山脉及云贵高原高海拔地区,其中适宜种植的省区包括黑龙江、吉林、辽宁、陕西、湖北、四川、河北等。黑龙江省铁力市、嘉荫县、海林市、富锦市、虎林市、宝清县等地,吉林省抚松县、通化市、集安市、敦化市、桦甸市、靖宇县、长白县等地,辽宁省宽甸县、桓仁县、凤城市、新宾县、开原市等地是农田栽参潜在最适种植产区。

1.3 种植基地环境及土质要求

种植基地应选择生态环境良好、不受工业“三废”及城镇生活、医疗废弃物等污染的地区;土壤农残及重金属含量不得超出无公害土壤种植标准。所选地块应远离居民区和主要公路 500 m 以上,预选地块坡度范围以 2-15°为宜,适宜种植在东、南、北三个坡向,离水

表 1 人参农田栽培适宜生态因子阈值范围(GMPGIS-II)

生态因子	生态因子 值范围	生态因子	生态因子值 范围
年均温度/℃	-2.11-14.09	年均降水量/mm	519.00-1995.00
平均气温日较差/℃	7.70-13.28	最湿月降水量/mm	28.13-98.77
等温性/%	0.20-0.32	最干月降水量/mm	0.69-24.68
气温季节性变动/ 标准差	0.03-0.06	降水量季节性变化/ 变异系数%	0.25-1.04
最热月最高温度/℃	18.26-30.47	最湿季度降水量/mm	316.58-907.85
最冷月最低温度/℃	-32.11--0.50	最干季度降水量/mm	11.34-358.93
气温年较差/℃	29.17-56.14	最热季度降水量/mm	316.58-901.82
最湿季度平均温度/℃	12.27-24.84	最冷季度降水量/mm	11.78-413.79
最干季度平均温度/℃	-22.27-9.24	年均日照/W/m ²	113.21-158.55
最暖季度平均温度/℃	12.27-24.88	年均相对湿度/%	54.40-71.54
最冷季度平均温度/℃	-22.92-3.92		

源较近、便于机械化作业的地区。低洼积水、土壤黏重、岗顶风口等易遭受灾害地块不宜选用。

种植基地选择土层 ≥ 30 cm、土质疏松肥沃、保水保肥性能良好、具有良好团粒结构的土壤较好。改良后的土壤有机质含量应 $\geq 3\%$,pH 值范围 5.5-6.5,大量及微量元素丰富。前茬作物为玉米 *Zea mays*、大豆 *Glycine max*、紫苏 *Lonicera japonica* 等较好,不宜选用种过蔬菜、水果、烟草、马铃薯等的地块。

2 无公害人参农田栽培优良品种选育

2.1 农田栽参新品种选育

选育优质、高产、抗病虫新品种是无公害人参农田种植的重要环节^[18]。针对农田土壤质量及缓冲性较差等问题,应重点选育对病虫害有较强抵抗力的品种^[19]。传统育种方法是人参育种的主要选育手段,然而该方法选育周期长,效率低,采用现代分子技术选育新品种,可有效缩短选育时间,加快选育效率,进而保障无公害人参农田生产^[20]。研究表明人参种质资源较为丰富,遗传多样性较高^[21,22],有助于人参新品种的选育。目前,国内外培育的人参新品种较多,中国培育的人参新品种最多,有 13 个,但大部分适宜伐林地种植,仅有 3 个为农田种植品种,且培育的新品种推广面积较小;韩国 9 个,均为农田种植品种,适应性好,推广面积较大;另外日本培育的人参新品种有 2 个,朝鲜有 1 个。与国外农田栽参品种相比,我国适宜农田种植的新品种较少,且大都处于示范种植阶段,今后应加大农田栽参抗逆新品种的选育力度(表 2)^[23-31]。

表2 人参主要品种类型及生长特性

国别	品种	育种单位	主要特点	推广应用
中国	吉参1号	中国农业科学院特产研究所	丰产、单根重、优质参高、皂苷含量高	适宜伐林参地种植
	新开河1号	中国医学科学院药用植物研究所、集安人参研究所、康美新开河药业(吉林)有限公司	根圆柱形、茎绿色、齐度高、生长快、高产、抗黑斑病、边条参率高	适宜伐林参地种植
	新开河2号	集安人参研究所、康美新开河(吉林)药业有限公司、中国农业科学院特产研究所	芦短、体长、产量高,适宜加工红参,适宜在通化地区进行推广种植	适宜伐林参地种植
	中大林下参	长春中医药大学、白山老关东特产品有限公司	须根长、根茎长、参形优美、耐低温、抗红锈病	适宜无霜期100-125天地区
	中农皇封参	中国农业科学院特产研究所、长白山皇封参业有限公司	根茎短、产量较高	吉林省无霜期90天以上地区
	边条1号	吉林联元生物科技有限公司	茎绿色、根粗长、参型优美、对黑斑病有抗性、产量高	集安等无霜期≥120天地区
	百泉人参1号	吉林农业大学、百泉参业集团公司	根圆柱形,具长芦性状、适应性强、抗根腐病,皂苷含量高	适宜林下参地种植
	宝泉山1号	中国农业科学院特产研究所、吉林大学物理研究所、吉林农业大学	茎秆粗壮、叶宽宽、地下根大而粗壮、产量高、抗病性一般	适宜伐林参地种植
	福星1号	中国农科院特产研究所、抚松人参产业发展办公室、参王植保有限责任公司	主根短粗、须根多、产量较高、抗病性能好	适宜吉林省伐林参地种植
	福星2号	中国农科院特产研究所、抚松人参研究所、参王植保有限责任公司	根圆柱形、主根短粗、须根多、产量高、抗病性能好	适宜吉林省伐林参地种植
	康美1号	吉林农业大学、集安人参研究所、康美新开河(吉林)药业有限公司、中国农业科学院特产研究所	根圆柱形,表面浅黄棕色、产量高、对锈腐病及黑斑病有一定抗性、长势稳定	适宜农田参地种植
	益盛汉参1号	吉林农业大学、集安益盛药业股份有限公司	稳定性好、具有较强的抗红皮病特性	适宜农田参地种植
	农田参1号申请中	中国中医科学院中药研究所,盛实百草药业有限公司	稳定性好、抗病虫害、产量较高	适宜农田地种植,示范种植
	韩国	天丰(Chunpoong)	韩国人参公社	紫茎、叶柄具黑色斑点、果熟期晚、抗锈腐病、耐强光、产量适中、优质参高
高丰(Gopoog)		韩国人参公社	茎矮浓绿色、产量中等	适宜农田,已推广
金丰(Gumpoong)		韩国人参公社	黄果、椭圆叶、结果率高、适宜沙壤土、抗红皮病、加工参色泽偏浅、产量高	适宜农田,已推广
仙丰(Sunpoong)		韩国人参公社	药材质量好、抗地上病害强、但产量低、参型差	适宜农田,已推广
连丰(Yunpoong)		韩国人参公社	多茎、主根短粗、圆筒状、产量高	适宜农田,已推广
仙云(Sunun)		韩国人参公社	种子红色、植株矮小、主根较长、产量适中、优质参少	适宜农田,已推广
仙原(Sunone)		韩国人参公社	种子红色、茎秆紫色、植株高大、产量较大,参型差、优质参极少	适宜农田,已推广
青仙(Cheongsun)		韩国人参公社	种子红色、植株及优质参中等、产量高、参根较长及粗	适宜农田,已推广
仙香(Sunhyang)		韩国人参公社	种子及茎秆红色,植株矮小、产量较高、优质参少	适宜农田,已推广
日本	御牧	长野县园艺试验场	体型优美、但产量低	适宜农田,已推广
	米玛科	长野县园艺试验场北御牧特用试验场	产量高、主根细长、支根分支良好,成龄参叶片稍直立	适宜农田,已推广
朝鲜	紫茎1号	朝鲜人参研究试验场	根形美观、但产量偏低	适宜农田种植

人参遗传信息若缺乏研究,会严重影响人参产业发展,进行人参全基因组图谱解析,可促进人参优良品种选育。应用二代测序技术组装了人参全基因组序列,研究表明人参基因组包含了3.5 GB核苷酸序列,其中60%以上为重复序列,人参基因区编码42006种预测蛋白,通过全基因组比较分析,鉴定出了31个甲羟戊酸途径关键酶编码基因,225个UDP-糖基转移酶(UGT),这些UGTs是人参最大的基因家族之一。人参基因组的测序、分析,在分子水平上揭示的人参皂苷生物合成、进化以及人参抗病分子机制,可为农田栽参新品种的选育提供基础^[12,32-33]。

2.2 优良种子种苗生产

优良种子种苗生产应选取无病菌、健康的人参种子为材料,依据GB 6941-86及ISO17217-1-2014-人参种子种苗标准进行挑选及种植。种子可通过包衣、消毒、催芽等措施提升出苗率及减少病虫害发生率。常用人参种子消毒方法为50%多菌灵500倍溶液浸泡裂口种子10 min或者使用2.5%适乐时(2.5%咯菌腈悬浮种衣剂)进行包衣拌种。育苗地土壤应疏松通气、保水保肥,具有良好的物理特性,营养成分均衡,无病菌、虫卵及杂草种子等。

3 无公害人参农田栽培技术

3.1 整地

4月末至5月初,进行第一次土壤翻耕,翻耕深度25-40 cm为宜;7月中旬将种植的绿色打碎回田,每隔10-15天翻耕一次土壤,雨后或参地水分含量太高时不宜翻耕,9月起垄做畦前,共进行8-10次翻耕。平地畦向一般选南北走向,坡地可以顺坡做畦,畦长 ≤ 50 m^[5]。

3.2 土壤消毒

土壤消毒主要以化学农药消毒为主,紫外线和生防菌剂(木霉菌、哈茨木霉菌等)消毒为辅。土壤消毒时间以绿肥回田后为宜,当气温稳定在10℃以上,土壤相对湿度为30%-80%时,可以开展化学药剂消毒。常用土壤消毒剂为棉隆、威百亩、氰氨化钙、1,3-二氯丙

烯等,消毒剂种类及消毒方法如下表所示(表3)。消毒完成后立即进行土壤翻耕,排空土壤中残留的有毒气体,进行播种及移栽^[34-37]。

3.3 土壤改良

土壤改良可以分为绿色休闲及黑色休闲两个过程,可采用绿肥种植、有机肥及菌肥添加等方式提升土壤肥力。根据种植基地土壤营养成分状况,在绿色休闲改良时期,可种植紫苏、大豆、玉米等作物,夏季高温时期将绿肥打碎施入农田,促进其快速腐烂,在后期土壤翻耕过程中可增施有机肥及微生物菌剂,调节土壤物理结构及适宜pH值^[4]。黑色休闲过程中中肥料添加以有机肥为主,少量搭配化肥和微量元素肥料,使改良后的土壤疏松肥沃、农残及重金属含量较低,达到《无公害农产品产地环境评价准则》要求。

人参绿肥作物筛选过程中发现紫苏绿肥对人参生长及增产具有显著提升作用。在前期工作基础上,选育了绿肥紫苏新品种,该品种具有叶籽两用、丰产、高抗、耐贫瘠等特性,研究表明该紫苏品种的甲醇提取物可有效抑制人参根腐病发病率,对根腐病致病菌具有较好的防治效果^[15]。另外,人参根腐病生防菌剂PG50-1对根腐病致病菌的防治效果显著,移栽或直播前,将该菌剂施入土层,人参根腐病死苗率可以下降60%以上,致病菌尖孢镰刀菌丰度可以下降40%以上^[14]。通过大量田间实验,得到农田栽参土壤改良的农家肥用量为4-6 t·667 m⁻²,农家肥以鸡粪及猪粪为主,按照2:1(W/W)混匀,发酵备用。施肥可有效降低土壤pH,增加土壤肥力,降低土壤细菌多样性,改变细菌群落组成,提高人参存苗率,最终提高人参产量和质量^[4]。

3.4 种子种苗繁育

3.4.1 播种

选择优质人参种子进行催芽处理,当人参种子裂口率 $\geq 95\%$,且胚长接近胚乳长度时,种子完成层积处理。秋播可在10月中下旬进行,播种前用多菌灵或适乐时药剂进行包衣拌种杀菌处理;春播在4月中下旬土壤解冻后开始。育苗地播种可采用点播、条播或散

表3 不同土壤消毒剂使用方法比较

处理	棉隆	威百亩	氰氨化钙	1,3-二氯丙烯
消毒方法	颗粒撒入后2 h内覆盖熏蒸, 0-80 g·m ⁻²	扎桶放气后立即进行密封熏蒸, 40-80 mL·m ⁻²	粉末撒入混匀后覆盖, 80-150 g·m ⁻²	施入土壤后进行密封处理, 30-80 mL·m ⁻²
消毒时间	12-30℃, 10-20天	10-30℃, 10-20天	15-30℃, 10-15天	7-15天
施药深度	25-40 cm	25-40 cm	25-40 cm	25-40 cm
土壤相对湿度	60%-80%	50%-80%	60-80%	30%-60%

表4 多年生人参移栽株行距比较

等级	一等苗/cm		二等苗/cm		三等苗/cm	
	株距	行距	株距	行距	株距	行距
1年生	8-10	15-20	7-9	15-20	6-8	15-20
2年生	10-12	15-20	9-11	15-20	8-10	15-20
3年生	12-14	15-20	11-13	15-20	10-12	15-20

播方式。播种覆土厚度为3-5 cm,播种后将畦面搂平,使用稻草、打碎的玉米秸秆或松针等进行覆盖,厚度2-3 cm,参龄达到4-6年即可采收。

3.4.2 移栽

大田移栽人参时,采挖参苗与参苗分等级应同时进行。依据人参种苗等级,应选择健壮、无病虫害的参苗进行移栽。春栽适宜在4月中旬土壤解冻后进行,秋栽适宜在10月中旬人参地上部枯萎时进行。人参移栽时不要伤到芽苞和参根表皮,可用50%多菌灵粉剂进行拌根消毒处理^[38,39]。

多年生人参起苗时可以将人参种苗分为一等、二等和三等,移栽时可以先移栽大苗,后栽小苗(表4)。移栽完成后,覆土5-8 cm,并将畦面搂平,使参苗充分接触到土壤。播种完成后用稻草、切碎的玉米秸秆或松针进行覆盖,厚度为2-3 cm,参龄达到4-6年时即可采收。

3.5 合理施肥

人参施肥应按照基肥为主、追肥为辅,有机肥为主、化肥为辅的施肥原则进行(表5)。除大量元素外,根据土壤营养成分含量差异,可以施入部分微量元素肥料。另外,未经国家各级农业部门登记的化肥或生物肥料禁止使用。

3.6 田间管理

及时进行覆盖、防寒、摘蕾、疏花、疏果等是无公害农田栽参田间管理的重要环节。早春及秋季寒潮来临前,应做好防寒准备,可以采用覆土、覆盖塑料膜及草帘子方式进行防寒。当参畦土壤全部化透时,及时撤除防寒物,并使用1%硫酸铜对参地进行消毒。冬季参棚积雪厚度超过10 cm时,需要及时除雪,防止参棚坍塌。

同时人参生长季节根据土质板结程度,全年手工松土3-5次,松土时进行人工除草,确保参地畦面无杂草。人参长出棚外易产生日灼病,在松土过程中注意扶苗培土。人参开花初期,当花梗长度为3-5 cm时,可以从花梗上1/3处将整个花序剪掉,留种田可以除去花序中心1/2花蕾及小而弱的青果,每株人参保留20-30粒种子。

田间管理过程中注意水、肥及光的调节。遇到干旱天气,可以采用微喷灌溉、滴灌或沟灌等方式进行,确保人参在适宜的生长环境下生长。为减少灌溉次数,可以在春秋季节采用收集自然降水的方式进行参地补水,但需要注意防止雨水带来的病虫害。多年生人参可根据人参长势进行适当追肥,追肥可采用施农家肥及叶面肥方式进行。人参出土后,根据天气情况及时覆盖参膜,当人参完全展叶,气温超过25℃时,及时覆盖遮阳网。为促进人参生长,春秋季节适宜增大光照,夏季适宜减少光照,以促进人参光合作用。

4 无公害人参农田栽培病虫害综合防治

无公害农田栽参病虫害防治的原则是“预防为主,综合防治”,建立以农业、物理及生物一体的综合防治体系,尽量减少化学农药的使用量,最终达到收获优质药材的目的^[40-42]。

4.1 农业防治

为减少农田栽参基地病虫害发生,生产过程中可以采取翻耕、晾晒、松土、除草、适时播种等措施,减少病虫害的发生率,同时合理密植,优化群体结构,促进人参健康生长,减少病虫害发生的不良环境产生。农田面积广阔,为促进人参健康生长,可根据人参植株水分临界期、最大需水期及病虫害发生情况进行合理灌溉。另外,根据人参参龄及种植密度,可采取遮荫或补光等措施进行光照强度调控,使人参长势健壮,有效抵抗病虫害的发生。

4.2 物理防治

人参常见虫害主要有地老虎、金针虫等,利用害虫

表5 无公害农田栽参肥料种类及施用方法

类型	施用时期	肥料种类及施用方法
绿肥	休闲改良期	4月初种植玉米(4.5-7.5 g·m ⁻²)、紫苏(1.5-3 g·m ⁻²)或大豆(6-10 g·m ⁻²)等绿肥作物,7月上旬收割、切碎、回田,腐熟消解。
基肥	整地作畦期	8月整地时补施腐熟鸡粪、猪粪或羊粪等(3-6 kg·m ⁻²),根据菌群结构特征,选择2-4 g·m ⁻² 芽孢杆菌、5-8 g·m ⁻² 哈茨木霉菌等
追肥	营养生长期	追施腐熟圈肥、豆饼及草木灰混合肥料,也可追施化学肥料
叶面肥	开花结果期	缺氮施入尿素或喷施2%的尿素溶液,缺磷施入2%过磷酸钙溶液,缺钾施入硫酸钾等肥料

成虫具有趋光性特点,可采用黑光灯或频振式杀虫灯对人参虫害进行防治^[43]。如依据地老虎羽化时间,在其羽化期安放黑光灯、糖醋液进行诱杀。利用飞蛾、金龟子、蚊蝇等害虫对特殊光谱具有吸引特点,可采用黄板、蓝板等方法进行趋避和诱杀^[44]。在土壤休闲改良过程中,可以利用夏季高温天气,通过覆盖地膜及翻晒方法消除土壤中的病源和虫源。

4.3 生物防治

生物防治方法主要是利用有益生物或者植物代谢产物等对中药材病虫害进行防治的技术。常见防治方法包括以菌治病、以菌治虫、以害虫天敌治虫、植物源农药、农用抗生素及其他生防制剂方法。人参根腐病可采用种植紫苏绿肥及使用其提取物进行防治,该方法可有效控制人参根腐病发生,有效降低农药用量的20%-40%^[7]。另外,植物源农药具有安全、环保等特点,有利于中药材无公害生产和质量提高,是农田栽参病虫害防治的重点发展方向^[45],今后应加大大参专用生物农药的开发力度。

4.4 化学防治

化学农药是人参病虫害防治的主要方法。农药使用过程中应该做到科学用药,对症用药及适时用药原则,严格按照用药说明及安全间隔期进行农药使用。建议采用国家推荐使用的高效、低毒、低残留农药,以降低农药残留及重金属污染等,严禁使用国家规定的

剧毒、高毒、高残留农药种类^[46]。

施药期间注意合理配施农药及轮换交替用药,以达到杀灭害虫,降低药材农药残留、保护天敌的目的,同时做好施药人员的安全防护工作^[47-48],确保生产的人参符合无公害人参农残及重金属限量国家团体标准要求^[49]。人参病虫害种类较多,常见病虫害种类接近30种,根据田间病虫害防治方法总结,农田栽参常见病害种类、发病时间、危害部位及无公害防治方法如表6所示^[9]。

人参虫害对人参产量及质量也会产生较大影响。人参虫害防治需在了解害虫发生规律前提下,以农业、生物等综合防治为主,尽量减少化学农药使用量。春秋季节及时检查虫情指数和种类,有针对性地使用生物除虫药剂进行诱杀;晚秋季节及时清除人参茎叶和杂草,消灭害虫寄生源。农田栽参虫害种类、危害部位及无公害防治方法如表7所示。

5 无公害人参质量标准及产地溯源

质量控制是无公害人参农田栽培的关键环节之一。无公害人参质量包括药材皂苷含量、农药残留和重金属及有害元素限量等指标。药材含量、农药残留和重金属及有害元素限量等指标可以依据《中华人民共和国药典》2015版中的检测方法及相关规定进行。实际生产过程中应依据人参产地及长势情况选择最佳采收

表6 农田栽参病害种类及无公害防治方法

种类	发病时间	危害部位	综合防治方法	化学防治方法
立枯病	6月-7月	茎秆基部	及时松土除草,提高地温,避免土壤过湿	恶霉灵、多菌灵、咯菌腈、天达参宝、米达乐喷施
黑斑病	5月-8月	叶、茎、果实和花柄	注意排水,做好防冻及下防寒土,田间消毒	多氧清、黑灰净、斑绝、代森锰锌及天达参宝等药剂喷施
灰霉病	6月-8月	叶片及果实等	及时排水及撤下防寒土,做好田间消毒	啞菌环胺、乙霉多菌灵、黑灰净、斑绝及天达参宝等
锈腐病	5月-9月	参根	使用哈茨木霉或绿色木霉进行防治	多抗霉素蘸根移栽,发病时用99%恶霉灵或米达乐喷施
根腐病	7月-8月	根部、根茎部	做好排水及加强通风,发现病株及时挖出	使用恶霉灵、代森锌、甲基托布津喷施
疫病	7月-8月	茎、叶及根部	加强畦内通风、排涝及防雨,及时拔除病株	甲霜灵、恶霉灵、米达乐、霜脲锰锌及天达参宝喷施
菌核病	4月-5月	参根、茎基及芦头	及时排水,增加透气,发现病株及时拔出	发病时用5%石灰乳消毒或恶霉灵、黑灰净喷施
白粉病	6月-8月	叶片、果梗、果实	注意消毒、及时通风、防治参棚内过湿	粉锈宁、倍保、斑绝和粉星防治
红皮病	5月-9月	根部	科学选地、早整地,疏松土壤、调节土壤水分	减少及交替使用代森锰锌、使用参威及沃土安药剂处理

表7 农田栽参虫害种类及无公害防治方法

种类	发病时间	危害部位	综合防治方法	化学防治方法
金针虫	5月-7月	根茎及幼茎	耕地深翻,灯光诱捕、印楝素、阿维菌素毒杀	米乐尔颗粒毒杀
蛴螬	4月-9月	参根、嫩茎及叶片	深翻整地、灯光诱捕成虫,狼毒植株撒施	采用地亚农颗粒毒杀
地老虎	4月-5月	参根、嫩茎及参根	翻耕晾晒、清除杂草、采用糖、醋等诱饵诱杀	使用阿维菌素、多抗霉素、代森锌等毒杀
蝼蛄	5月-9月	种子、嫩茎、参根	施用堆肥、诱虫灯及鲜草诱杀	采用乐斯本或对硫磷乳油进行毒杀
土蝗	5月-7月	叶片和茎	松土除草、清洁田园、利用土蝗喜食鲜草诱杀	使用5%氟虫脲、45%马拉硫磷乳油等毒杀

表8 无公害人参药材及饮片必检农药最大残留限量

编号	项目		最大残留量/(mg·kg ⁻¹)
	英文名	中文名	
1	Aldrin	艾氏剂	不得检出
2	Azoxystrobin	啞菌酯	0.50
3	(α -BHC、 β -BHC、 γ -BHC、 δ -BHC total) BHC	总六六六	不得检出
4	Carbendazim	多菌灵	0.10
5	Chlordane	氯丹(顺式氯丹、反式氯丹、氧化氯丹)	不得检出
6	Chlorfenapyr	溴虫腈	不得检出
7	Chlorobenzilate	乙酯杀螨醇	0.70
8	Chlorpyrifos	毒死婢	0.50
9	Cyazofamid	氟霜唑	0.02
10	Cyfluthrin	氟氯氟菊酯	0.05
11	Cyhalothrin	三氟氯氟菊酯	0.05
12	Cypermethrin	氯氟菊酯	0.05
13	Cyprodinil	啞菌环胺	0.80
14	p,p'-DDD、o,p'-DDD、p,p'-DDE、o,p'-DDE、p,p'-DDT、o,p'-DDT total	总滴滴涕	不得检出
15	Difenoconazole	苯醚甲环唑	0.20
16	Dimethomorph	烯酰吗啉	0.05
17	Dinotefuran	吡虫啉	0.05
18	Fludioxonil	咯菌腈	0.70
19	Flutolanil	氟酰胺	0.05
20	Fonofos	地虫硫磷	不得检出
21	Heptachlor	七氯	不得检出
22	Hexachlorobenzene	六氯苯	0.05
23	Isofenphos-methyl	甲基异柳磷	0.02
24	Kresoxim-Methyl	醚菌酯	0.10
25	Metalaxyl	甲霜灵	0.05
26	Methamidophos	甲胺磷	不得检出
27	Methoxyfenozide	甲氧虫酰肼	0.05
28	Monocrotophos	久效磷	不得检出
29	Triflumizole	氟菌唑	0.05
30	Parathion-methyl	甲基对硫磷	不得检出
31	Pencycuron	戊菌隆	0.05
32	Pentachloroaniline (PCA)	五氯苯胺	0.02
33	Pentachlorothioanisole (PCTA)	五氯硫代苯甲醚	0.01
34	Phorate	甲拌磷	不得检出
35	Phoxim	辛硫磷	不得检出
36	Procymidone	腐霉利	0.20
37	Propiconazole	丙环唑	0.50
38	Pyraclostrobin	吡唑醚菌酯	0.50
39	Quintozene (PCNB)	五氯硝基苯	0.10
40	Tebuconazole	戊唑醇	0.50
41	Thiamethoxam	噻虫嗪	0.02
42	Myclobutanil	腈菌唑	0.10

期,人参采收、加工及原料装运,包装环节应严格按照无公害药材采收及加工方法进行,避免二次污染,加工

过程中的清洗用水质量必须符合 GB3838-2002 地表水环境质量标准限值。

5.1 无公害质量标准

5.1.1 农药重金属及有害元素残留限量

无公害农田栽参农药残留和重金属及有害元素限量应达到国家相关标准规定。在合作单位多年人参出口药材检测结果基础上,参考《中华人民共和国药典》2015版、《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》以及美国、欧盟、日本、韩国等国家的人参质量标准,制定了T/CATCM 001-2018无公害人参药材及饮片农药与重金属及有害元素的最大残留限量标准。

本标准规定了无公害人参药材及饮片中艾氏剂、毒死蜱、氯丹、五氯硝基苯等168种农药残留及5种重金属及有害元素的最大残留限量。其中艾氏剂、毒死蜱、氯丹、五氯硝基苯等42种农药为必检项,其种类及最大残留限量如表8所示。重金属及有害元素限量指标铅、镉、汞、砷、铜均为必检项,其含量标准如表9所示。高灭磷、啉虫脒、甲草胺等126种农药为推荐检测项,其最大残留限量见《无公害人参药材及饮片农药与重金属及有害元素的最大残留限量》团体标准^[49]。

5.1.2 杂质及含量测定

参照《中华人民共和国药典》2015版(通则201)测定。人参药材安全含水量不得超过12.0%,总灰分不得超过5.0%。人参皂苷含量测试以《中华人民共和国药典》2015版(通则0521)测试方法进行,按干燥品计算,人参药材中人参皂苷 $R_g(C_{42}H_{72}O_{14})$ 和人参皂苷 $Re(C_{48}H_{82}O_{18})$ 总量不得少于0.30%,人参皂苷 $Rb_1(C_{54}H_{92}O_{23})$ 的含量不得少于0.20%。

5.2 无公害产地溯源

建立无公害中药材产地溯源系统是解决药材原料

表9 无公害人参药材及饮片中重金属及有害元素最大残留限量

编号	项目	最大残留限量/(mg·kg ⁻¹)
1	铅(以Pb计)	0.50
2	镉(以Cd计)	0.50
3	汞(以Hg计)	0.10
4	砷(以As计)	1.00
5	铜(以Cu计)	20.00

质量安全的有效措施^[50]。人参为多年生药材,建立产地溯源系统,可以在生产及流通环节实现人参药材溯源、种植过程、加工及销售的溯源查询,实现药材统一规范的信息管理。研究团队首次把人参药材和饮片物种真伪、品质优劣及流通管理相结合,建立了“人参药材质量追溯管理系统”^[51]。其中人参药材真伪主要采用中草药DNA条形码鉴定技术鉴定,品质优劣主要依托高效液相指纹图谱转化为二维码技术进行分析,流通信息管理主要采用了物联网和云计算的现代信息技术,同时开发了基于移动智能技术集成的人参药材质量追溯技术平台,使得人参生产各环节质量检查能够实现实时共享,实现了企业质量控制、政府机构监管和消费者监督的有机结合,确保每批人参药材来源可查、去向可追、责任可究,保证了人参药材质量。建立无公害农田人参产地溯源系统,不仅是生产优质人参的有效措施,也是保证临床用药安全的前提^[52]。总之,无公害农田栽培技术规范 and 标准的建立,为优质人参药材的生产提供了科学依据,为人参种植产业的健康可持续发展提供了保障。

参考文献

- 1 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部). 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 8-9.
- 2 王思明, 赵雨, 赵大庆. 人参产业现状及发展思路. 中国现代中药, 2016, 18(1): 3-6.
- 3 沈亮, 徐江, 董林林, 等. 人参栽培种植体系及研究策略. 中国中药杂志, 2015, 40(17): 3367-3373.
- 4 徐江, 董林林, 王瑞, 等. 综合改良对农田栽参土壤微生态环境的改善研究. 中国中药杂志, 2017, 42(5): 875-881.
- 5 崔东河, 田永全, 郑殿家, 等. 农田地人参栽培技术要点. 人参研究, 2010, 22(4): 28-29.
- 6 任跃英, 张益胜, 李国君, 等. 非林地人参种植基地建设的优势分析. 人参研究, 2011, 2: 34-37.
- 7 陈士林, 董林林, 郭巧生, 等. 中药材无公害精细栽培体系研究. 中国中药杂志, 2018, 43(8): 1517-1528.
- 8 张飞飞, 任跃英, 王天媛, 等. 无公害人参生产关键技术. 现代农业科技, 2017, 1: 70-73.
- 9 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. 中国中药杂志, 2017, 42(17): 3267-3274.
- 10 魏晓明, 林秀渠, 李英科, 等. 无公害西洋参规范化栽培技术. 中国农业推广, 2011, 27(11): 29-31.
- 11 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. 中国中药杂志, 2016, 41(18): 3314-3322.
- 12 Xu J, Chu Y, Liao B S, et al. Panax ginseng genome examination for ginsenoside biosynthesis. *Gigascience*, 2017, 6(11): 1-15.

- 13 郭丽丽, 郭帅, 董林林, 等. 无公害人参氮肥精细化栽培关键技术研究. *中国中药杂志*, 2018, 43(7): 1427-1433.
- 14 Dong L L, Xu J, Zhang L, *et al.* Rhizospheric microbial communities are driven by Panax ginseng at different growth stages and biocontrol bacteria alleviates replanting mortality. *Acta pharmaceutica sinica B*, 2018, 8(2): 272-282.
- 15 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. *中国中药杂志*, 2016, 41(21): 3890-3896.
- 16 牛玮浩, 徐江, 董林林, 等. 农田栽参的研究进展及优势分析. *世界科学技术-中医药现代化*, 2016, 18(11): 1981-1987.
- 17 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. *中国实验方剂学杂志*, 2018, 24(23): 1-7.
- 18 董静洲, 易自力, 蒋建雄. 我国药用植物种质资源研究现状. *西部林业科学*, 2005, 34(2): 95-101.
- 19 尉广飞, 董林林, 陈士林, 等. 本草基因组在中药材新品种选育中的应用. *中国实验方剂学杂志*, 2018, 24(23): 18-28.
- 20 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. *中国中药杂志*, 2017, 4(1): 56-62.
- 21 马小军, 汪小全. 国产人参种质资源研究进展. *中国药学杂志*, 2000, 35(5): 289-292.
- 22 许永华, 张爱华, 金慧, 等. 人参种源遗传关系的ISSR分析. *中草药*, 2010, 41(7): 1164-1167.
- 23 王起山. 米玛科一人参优良品种简介. *特产研究*, 1980, 4: 11.
- 24 南烟. 吉林育出非林地种植人参新品种. *北京农业*, 2012, 12: 54.
- 25 朴希澈. 中韩人参的系统比较. 北京: 北京中医药大学博士学位论文, 2002: 23-25.
- 26 周良璧. 国外人参种植技术. 沈阳: 辽宁省中药研究所, 1985: 1-10.
- 27 王铁生, 王英平. 韩国人参栽培新品种及轮作制. *人参研究*, 2003, 15(3): 13-14.
- 28 宫泽洋一, 萩原博司, 大隅敏夫, 等. 日本长野县园艺试验场报告. 1968, 7: 62.
- 29 Lee J H, Lee J S, Kwon W S, *et al.* Characteristics of Korean ginseng varieties of Gumpoong, Sunun, Sunpoong, Sunone, Cheongsun, and Sunhyang. *Journal of Ginseng Research*, 2015, 39(2): 94-104.
- 30 赵亚会, 赵寿经, 李方元. 人参育种研究进展. *吉林农业大学学报*, 1996, 18(增刊): 142-144.
- 31 沈亮, 徐江, 孟祥霄, 等. 人参属药用植物无公害种植技术探讨. *中国实验方剂学杂志*, 2018, 24(23): 8-17.
- 32 Sun C, Li Y, Wu Q, *et al.* De novo sequencing and analysis of the American ginseng root transcriptome using a GSFLX Titanium platform to discover putative genes involved in ginsenoside biosynthesis. *BMC Genomics*, 2010, 11(1): 262.
- 33 Chen S L, Luo H, Li Y, *et al.* 454 EST analysis detects gene sputatively involved in ginsenoside biosynthesis in Panax ginseng. *Plant Cell Rep*, 2011, 30(9): 1593-1601.
- 34 贲海燕, 崔国庆, 石延霞, 等. 氰氨化钙土壤改良作用及其防治蔬菜土传病害效果. *生态学杂志*, 2013, 32(12): 3318-3324.
- 35 范昆, 王开运, 王东, 等. 1, 3-二氯丙烯药剂对土壤微生物数量和酶活性的影响. *生态学报*, 2008, 28(2): 695-701.
- 36 孙小镭, 姜慧玲, 冯连杰, 等. 棉隆土壤熏蒸消毒技术规程. *黄河蔬菜*, 2010, 2: 42-43.
- 37 中华人民共和国化工行业标准, HG/T 2427-93 氰氨化钙. 北京: 中国标准出版社, 1993: 1-9.
- 38 王铁生. 中国人参. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001: 219-232.
- 39 么厉, 程惠珍, 杨智, 等. 中药材规范化种植(养殖)技术指南. 北京: 中国农业出版社, 2006: 293-305.
- 40 白亚静, 林成日. 非林地人参主要病害安全用药技术分析. *南方农业*, 2018, 12(2): 23-25.
- 41 沈亮, 徐江, 陈士林, 等. 无公害中药材病虫害防治技术探讨. *中国现代中药*, 2018, 20(9): 1039-1048.
- 42 董林林, 苏丽丽, 尉广飞, 等. 无公害中药材生产技术规程研究. *中国中药杂志*, 2018, 43(15): 3070-3079.
- 43 刘亚南, 赵东岳, 刘敏, 等. 人参病虫害发生及农药施用现状调查. *中国农学通报*, 2014, 30(10): 294-298.
- 44 张力. 无公害蔬菜病虫害综合防治技术概述. *内蒙古农业科技*, 2005, 6: 20-23.
- 45 张鹏, 李西文, 董林林, 等. 植物源农药研发及中药材生产中的应用现状. *中国中药杂志*, 2016, 41(19): 3579-3586.
- 46 杨崇仁. 中药农药现状与对策. *中国现代中药*, 2013, 15(8): 633-637.
- 47 高微微, 张西梅, 田给林, 等. 探索中前行-中药材病害研究概况与思考. *植物保护*, 2016, 42(5): 15-23.
- 48 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. *中国现代中药*, 2016, 18(3): 263-270.
- 49 中国中药协会团体标准, T/CATCM 001-2018 无公害人参药材及饮片农药与重金属及有害元素的最大残留限量. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- 50 廖保生, 宋经元, 谢彩香, 等. 地道药材产地溯源研究. *中国中药杂志*, 2014, 39(20): 3881-3888.
- 51 Cai Y, Li P, Li X W, *et al.* Converting Panax ginseng DNA and chemical fingerprints into two-dimensional barcode. *Journal of Ginseng Research*, 2017, 41(3): 339-346.
- 52 蔡勇, 李西文, 倪静云, 等. 基于二维码的中药质量可追溯系统. *中药材*, 2016, 39(2): 275-280.

Pollution-free Criterion and Technical Regulations of Radix Ginseng Cultivation in the Farmland

Xu Jiang¹, Shen Liang¹, Chen Shilin¹, Li Gang², Li Xiwen¹, Dong Linlin¹, Kondo Kenji³

(1. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medicinal Sciences, Beijing 100700, China;
2. China Medico Corporation, Beijing 100062, China; 3. Tsumura & Co., Tokyo 107-8521, Japan)

Abstract: As the limit of the usage of available forest land, cultivated *Radix Ginseng* in the farmland will become the main planting mode of *Radix Ginseng*. In order to establish a pollution-free planting technology system for cultivation *Radix Ginseng* in the farmland, and reduce the content of pesticide residues and heavy metals, in this paper, the standard of cultivation technique for non-pollution *Radix Ginseng* field and pollution-free *Radix Ginseng* and decoction pieces-maximum residue limit of the pesticide residue, heavy metal contents and harmful elements were established based on the results of our research team, combining with field investigation results in the production regions of cultivation *Radix Ginseng* in the farmland. The technical regulations includes precise suitable planting regions selecting based on the GIS, scientific soil complex improvement, high quality breeding according molecular marker, soil remediation used green fertilizer, pollution-free planting and field management, pest and disease comprehensive control, and publish pollution-free *Radix Ginseng* pesticide residue and heavy metal contents and harmful elements standard. This paper provided a theoretical basis for the healthy and sustainable development of *Radix Ginseng* field cultivation industry.

Keywords: Cultivation in the farmland, pollution-free planting, site selection, soil remediation, breeding, origin traceability

(责任编辑:周哲琦,责任译审:王 昭)