

罗汉果无公害栽培体系的探讨*

许亚茹¹, 李孟芝¹, 尉广飞¹, 李刚², 董林林^{1**}

(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)

摘要:本文概述了罗汉果无公害栽培的关键环节:罗汉果产地环境、基于合理轮作和土壤消毒的罗汉果综合土壤改良技术、新品种选育、栽培期间的综合农艺管理技术及安全、低毒的病虫害防治技术。通过合理轮作模式、新品种的选育、病虫害的综合防治技术为罗汉果无公害生产提供保障。

关键词:罗汉果 无公害栽培 轮作 新品种 病虫害防治

doi:10.11842/wst.2018.07.014 中图分类号:R932 文献标识码:A

罗汉果为葫芦科植物罗汉果(*Siraitia grosvenorii*)的干燥果实,又名光果木鳖、金不换、拉汗果、罗汉表、假苦瓜、裸龟巴等,为雌雄异株^[1,2]。罗汉果具有清热去火,润肺滑肠,利咽开音的功效,在治疗咳嗽、咽喉肿痛、便秘方面有广泛的应用,除此之外,经研究者发现在治疗癌症方面也有显著疗效,可作为配方药和中成药^[3,4]。罗汉果具有热量低但甜度高的特点,糖尿病、高血压等患者可以食用,被广泛开发为饮料、保健食品^[5]。罗汉果具有数百年野生到人工栽培的历史,人工栽培规模不断扩大,主要栽植在我国的广西、广东、湖南、江西和贵州等地域,其中广西永福、临桂为我国罗汉果种植中心的起源,占全世界罗汉果产业产量的98%^[6]。

罗汉果的生长正值高温多雨的季节,易发生病虫害,长期使用高效、快速的化学农药,易使病虫害产生抗药性,药农不科学的使用农药导致罗汉果农药残留量超标^[7,8]。农残超标使中药材及其制剂的质量安全得不到保障,食用后极大危害人体健康,可导致急性中毒,长期蓄积还会引起多种慢性疾病^[9]。因此改进栽培措施,推广无公害栽培体系,成为确保生产高品质、安全药材的主要途径^[10]。无公害中药材是指产地环境、生产过程和药材质量均符合国家有关标准和规范

的要求,并经有资格的认证机构认证获得认证证书的未加工或者初加工的中药材产品^[11]。本文综述了罗汉果无公害种植过程中产地环境的选择、优质抗逆新品种的选育、田间综合农艺管理措施、及安全、低毒的病虫草害防治技术,为罗汉果的无公害生产提供根据,确保罗汉果产业的可持续发展。

1 无公害罗汉果的产地环境

无公害罗汉果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)》^[12]、NY/T 2798.3-2015 无公害农产品生产质量安全控制技术规范^[13]、GB15618-2008 土壤环境质量标准^[14]、GB5084-2005 农田灌溉水质标准^[15]、GB/T3095-2012 环境空气质量标准^[16]及GB3838-2002 国家地表水环境质量标准^[17]等要求。无公害罗汉果生产选择生态环境条件较好的区域,而且产地区域和灌溉上游无或不直接受工业“三废”、医疗废弃物、城镇生活等污染,避开公路的主干线、土壤重金属含量高等地区^[11]。不能选择冶炼工业(工厂)下风向3 km内,且空气环境质量应达到GB3095-2012环境空气质量标准中一、二级标准值要求^[16]。

生态环境与中药资源可持续发展的关系密切,作为道地药材形成的重要要素之一,对药材的生长、发育

收稿日期:2018-05-12

修回日期:2018-06-10

* 国家自然科学基金委青年基金项目(81603238):三七北方根结线虫flps基因靶向防治的研究,负责人:董林林;北京市科委科技新星项目(Z181100006218020):西洋参根腐病生防菌生防机制研究及研发,负责人:董林林。

** 通讯作者:董林林,副研究员,研究方向:中药资源学。

及有效成分的产生及累积直接产生影响^[18]。根据地域性原则及其生物学特征选择无公害中药材的生产基地,开展并分析中药材适宜生态区域选址,确定中药材生产基地,是无公害中药材规模生产的重要途径。依据《中国药材产地宜性区划(第二版)》^[19],运用GMPGIS对当前主产区广西一带样点进行分析,得到罗汉果主要生长区域生态因子值范围,其年生长均温:16.1–26.5℃;最冷季均温:1.7–14.1℃;最热季均温:19.3–28.7℃;年均温:10.9–28.7℃;年均相对湿度71.0%–74.2%、年均降水量1316–1891 mm、年均日照125.2–136.9 W/m²^[11,19]。

2 优质抗逆新品种选育

罗汉果栽培品种的品质、产量以及抗病性等都存在差异,选育性状优良、抗逆性强等优良群体可减少农药的使用量,保障无公害罗汉果的生产^[10,20]。随种植面积扩大,罗汉果品种选育成为种植产业发展关键,目前也选育出不同特性的优质罗汉果品种(表1)。罗汉果品种选择以早熟品种及抗性强的品种为主^[6]。罗汉果栽培品种主要包括长滩果、青皮果、红毛果、拉江果、冬瓜果、白毛果、山茶果等^[21]。青皮果早熟,果大,抗性强,果性好,产量高,适应性广,成为目前种植的主要栽培品种,白毛果具有早熟优质的特性,成为栽培的首选品种^[7,22]。

罗汉果品种主要用常规杂交技术、染色体工程技术、基因工程技术进行创新选育^[2]。罗汉果是雌雄异株的植物,现有品种均为不是纯合体。常规杂交技术是将性状优良的父母本杂交,得到杂种F1,筛选得到优良植株,获得优良植株后用茎段组织培养便可得到罗汉果优良品种^[23]。龙江青皮果母本与父本冬瓜果进行杂交,在F1群体中筛选得到果大、结果率高的植株,将此植株的种子以组织培养的方法得到实生苗,将具有坐果率高、大果率高、果型好以及耐干旱特性的实生

苗取茎尖,组织培养培育得到罗汉果无性系新品种,不裂果是其特性,定名为永青1号^[24]。青皮3号母本与冬瓜果父本进行杂交,从F1选择到大中果数量多、座果率高、开花结果稳定、丰产、稳产的优良植株,该植株甜苷含量比亲本品种青皮3号高33%,且受高温和阴雨不良天气影响小,以该植株现蕾开花茎段作外植体以组织培养的方式繁殖为无性系,得到普丰青皮品种^[25]。罗汉果新品系“伯林二号”从青皮果中单株优选,以定向培养方法选育的品种,该品种大果率可达85%以上,甜苷含量比土种罗汉果高5%–10%,具有成熟一致、耐旱耐肥及适应性强和性状稳定的优良特性^[26]。染色体工程技术通过不同倍体之间杂交可获得多倍体品种,母本“农院B6号”与父本“药园败雄1号”进行杂交,F1植株组织培养选择繁育出罗汉果新品种“药园无籽1号”,该品种无籽,果实率达到90%,果实果肉重达到62.3%,坐果近15个/m²^[2,27]。

3 综合农艺管理措施

无公害罗汉果综合农艺管理措施包括种植前的土壤改良措施、水光温度及施肥的管理。土壤改良可从根本上减少病虫害的发生,水、光、温度及施肥的管理对罗汉果的产量和品质尤为重要。

3.1 无公害罗汉果土壤改良

罗汉果种植过的土地中微生物形成竞争关系,导致大量有益微生物死亡,有机质无法分解形成腐殖物质,土壤肥力下降^[3];残留农药过多,导致罗汉果药材的污染,因此土壤改良成为增加土壤肥力及控制罗汉果药材农药污染的主要途径^[8]。土壤改良措施包括合理轮作和土壤消毒。

3.1.1 合理轮作

罗汉果连作容易造成土壤中大量的致病微生物、害虫的积累^[10]。综合考虑种植无公害中药材应当采用合理轮作来改良土壤,减少对中药材生长不利的致病

表1 罗汉果主要优良品种

品种	育种方式	特性
普丰青皮	青皮果冬瓜果杂交	抗逆性强、稳产、丰产
福汉2号	植株组织快繁,多代选育	苗期生长快,适应性强,耐肥,抗病毒能力强
永青1号	龙江青皮果冬瓜果杂交	长势较强、不裂果、丰产
农青2号	优良青皮果薯块茎尖离体培养	品种优良、高产、稳产、适应性广、抗逆性强、具有抗病性
柏林2号、柏林3号	优良品种青皮果茎尖脱毒快繁	长势旺、丰产、品质优良、耐旱耐肥性强
药园无籽1号	农院B6与药园败雄1号杂交	无籽、抗逆性增强、有效成分含量增加、植株健壮、果实大

注:参考文献^[2,25,27,28,29]。

微生物^[30]。针对中药材不同种植情况,采用合理的轮作制度,可以提高中药材的复种指数及土壤利用率,丰富土壤有机质及养分含量,消除土壤有害物质,防治病虫害,提高中药材的品质和数量及额外增加种植户的收入^[31,32]。合理轮作既对罗汉果生长有利,又提高了生态环境效应,罗汉果与水稻、葱、蒜、韭菜、林木轮作对根结线虫病害表现显著防治效果^[33]。传统的罗汉果栽培模式对土地资源而言是一种浪费,利用轮作的栽培方式可以提升土地使用率,还可以培肥土壤,行间控草,增加种植者的经济收入^[34]。

3.1.2 土壤消毒

土壤中存在一定数量的病虫害,土壤消毒成为杀死致病微生物、害虫的有效措施,主要分为物理消毒、化学消毒和生物熏蒸^[35]。日光消毒、蒸汽消毒等方式对环境生态友好,避免造成环境污染,但存在消毒不彻底、受环境等因素影响的缺点^[36,37]。化学消毒是利用化学药剂将土壤中的病原菌和虫卵进行杀灭的消毒方式^[38];生物熏蒸抑制或杀死土壤中有害生物的方式是利用植物的有机质分解过程中释放挥发性物质^[39]。化学消毒和生物熏蒸均可利用熏蒸剂对土壤进行消毒,具有消毒彻底、时间短、不受环境影响等优点^[40]。生防制剂的活性高且用量少,一般使用剂量为化学农药用量的10%–20%左右,可通过生防制剂拌苗集合土壤熏蒸技术配套使用^[40]。土壤消毒影响有益菌,可通过及时补施生物菌肥的方法调控微生物群落,生物菌肥不但解决土壤中农药残留问题,而且能培肥地力、活化土壤、为作物提供营养物质等功效^[41]。

种植罗汉果前,经翻耕晒田后,用生石灰粉撒入穴内进行消毒,预防枯萎病及根结线虫病和病毒等病菌^[7]。整地时每亩撒施25–50 kg熟石灰,通过穴施沤制腐熟的农家肥3–5 kg并施加适量比例钙镁磷肥,拌匀后作基肥,禁止使用内吸型、毒性大、药效长、残留时间长的化学农药^[6,7,42]。

3.2 水、光、温度的管理

罗汉果喜潮湿,忌渍水,根系及块茎渍水易腐烂,栽培土壤排水系统良好。罗汉果枝叶繁茂,生长期间植株所需营养多,植株体内的水分蒸腾较快,花期和果实的生长期较长,整个生育期需水量较多,需要足够的水分进行生长,空气相对湿度为70%–85%,土壤相对湿度要求70%左右^[1,43]。罗汉果不同生育期对水的需求量不同,根据生长情况合理控制水分,利于植株生长及减少病虫害发生。罗汉果种植前浇足定根水;苗期

避免多淋水,以免引起病虫害的发生;藤蔓生长期旺盛,需要水量多,以开花为主的时期需水量不大,果实生长快且不易裂果;果实膨大期田间应保持60%–80%持水量以满足生长,当高温干旱时,可进行透水保湿,维持适宜的土壤湿度和空气湿度,透水时水深至畦高1/3便要进行排水,否则易引起烂根感病^[44,46]。

罗汉果是短日照植物,喜光忌强光,每天的日照时间为6–8 h为宜,光以散射光照射最好。罗汉果幼苗期喜弱光,在半荫条件下适宜生长,可通过遮棚网遮挡阳光^[47]。罗汉果开花结果盛期的有机物质累积是通过增大光合作用及提高昼夜温差的途径^[48]。在罗汉果生长期间温度是其生长好坏的主要因素,对种植地区的温度要做到合理改善及处理。温度影响罗汉果生长,低温新梢会受到寒害而变枯发黑;高温也会阻碍罗汉果的生长发育,气温达到35℃以上时,萌发的花粉数量减少,不利于授粉受精,幼果数量明显减少,导致果实发育延迟或停止^[47]。罗汉果基本生育期(3–10月),月均温的变化以前期低、中期高、后期略低为宜^[48]。罗汉果有利的温度特征是:冬季温度低于5.0℃时需要进行防寒;当月均温达到15.0℃时植物开始生长;出苗与藤蔓抽生期平均温度为18.0–25.0℃为宜;罗汉果的开花与果实膨大充实期,温度25.0–28.0℃为宜,日较差温度在7.0–9.0℃为宜^[4,45,47,49]。

3.3 施肥管理

种植优质高产的罗汉果需在生长期进行科学、高效、安全、合理的施肥。无公害罗汉果种植施肥多以农家肥为主并减少化肥使用,可使土壤疏松防治板结并透气^[7]。根据罗汉果不同生长期对养分需要量进行适时、适量及适度施用。种植罗汉果前施基肥,过磷酸钙100 kg左右、麸肥80–100 kg、有机肥1500–4000 kg充分混匀并堆沤,发酵腐熟后与回填的土拌匀,每穴施3–5 kg,而后覆土13 cm左右^[1,6,21]。苗长至30 cm时,施稀少量的速效磷钾肥,用来促进幼苗早生及快发;当主蔓为50 cm左右可以施适量氮肥,确保植株摄入所需氮磷钾等的含量;当主蔓距顶棚为30 cm时,施促花肥,通过控制氮肥增施磷钾肥来促进各级侧蔓形成以及花芽的分化;当主蔓爬上棚,追施适量有机肥及磷钾肥,可以促进侧蔓生长并提高结果率^[6,22]。罗汉果的现蕾盛期要强壮花蕾避免落花可用沤制腐熟的有机肥。盛花期,通过淋施稀粪水加少量硫酸钾,并采用活性钙兑水来淋施根部及叶面,用来加速果实的膨大,进而提高座果率、防止生理性裂果^[1]。

4 安全、低毒的病虫害综合防治

罗汉果生长期间易受病虫害的影响,进行病虫害防治,应采取综合的防治方法,充分发挥各种因素的自然控制、应用耕作、田间管理等农业措施、生物防治、物理防治、化学防治技术^[50]。罗汉果主要病害有根结线虫病、炭疽病、病毒病(花叶病毒病和疱叶丛枝病)、青枯病、白粉病、芽枯病、根腐病(表2)。无公害罗汉果病害防治以农业防治、物理防治、生物防治为主,化学防治为适当的辅助^[51,52]。农业防治可以提高罗汉果的抗病性;生物防治安全高效^[53];物理防治对罗汉果和环境本身均无不良影响;农药使用不合理将会对环境及人体健康造成危害,合理使用会促进罗汉果生长^[54]。安全、低毒防治病害的方法对罗汉果无公害栽培具有重要意义。

无公害罗汉果虫害防治中应以“预防为主,综合防治”为原则,加强土水肥的管理,可减少虫害发生率^[52]。罗汉果主要虫害有家白蚁、黄守瓜、果实蝇、愈斑天牛、瓜藤天牛、南瓜石蝇、红蜘蛛^[58]。无公害防治主要从罗汉果种植的土壤条件、环境条件、良种挑选等方面入手,通过选育罗汉果的抗性品种,培育其壮苗,通过增强栽培管理及合理施肥,改善并优化田间生态系统,在病害防治方面优先采用农业防治、生物防治、物理防治,多采用高效低残的化学防治方法^[62-63]。虫害的农业防治主要采用清洁田园、间作、轮作等;物理防治主要有诱集法、灯光诱杀等(表3)。

5 讨论

中药产业迅速增长,而野生药材资源不断减少,人

表2 无公害罗汉果主要病害类型及防治方法

类型	危害部位	症状	发病规律	防治方法
花叶病毒病	叶子	绿色褪去、花叶,斑驳状,皱缩畸形,全株矮化、早衰,枯萎,不结果,少结果或结小果。	相对温度高和雨水少环境条件下	选用无病毒种苗;防虫网覆盖;发病期增施有机肥和微量元素,同时使用阿泰灵6%寡糖链蛋白0.11-0.15 g·m ⁻² 。
疱叶丛枝病	嫩叶	脉间褪绿,叶肉呈疱状畸形,黄化;老龄叶黄化叶脉仍呈绿色;腋芽感病后早发成丛枝。	初次侵染来源主要是田间的病株,刚种植的地区主要为带病种苗。	建立无病种苗地;用茎尖脱毒的组织培养苗或实生苗生产用做种苗;在发病初期用800倍的病毒A或病毒必克500倍对水进行喷雾,隔7d喷一次,连续4-5次。
根结线虫病	块根和须根	块根长瘤、腐烂,须根膨大呈球状、棒状或念珠状等,叶片变黄枯萎脱落、藤蔓细弱,严重者植株死亡。	种薯萌发新根时,以2龄幼虫侵染危害植株	种植无病苗;种植前用45-48℃热水浸渍种20-30 min消毒;选择适宜种植园田;水田种植与水稻轮作;地种植与葱、蒜、韭菜等。轮作年限最好两年以上。多效菌60-75 kg/hm ² ,加入与菌种等体积腐熟有机肥拌匀覆膜沤制
芽枯病	嫩芽、嫩梢	顶芽枯死、嫩叶黄化。顶芽枯死后呈褐色至黑褐色。重病株不能开花结果,轻病株结果的果柄易枯死,果实过早黄化。	多发于夏季	种植前用0.05%-0.1%硼砂或硼酸溶液浸泡5-6 h;苗期叶面肥加硼砂,硼砂浓度为0.2%-0.3%;基肥前每公顷7.5-15 kg 硼砂或硼酸施入沟或穴;深施植物周围10-15 cm处,挖半圆5 cm浅沟,每株硼砂2 g加石灰2 g混施后覆盖。
青枯病	主要为叶片	发病初期,病株主茎顶梢失水萎蔫早晚可恢复正常,随病情发展,不再恢复,病株叶片自上而下逐渐萎蔫,叶色暗淡,后期整株枯死。	8-10月发病严重	加强田间管理及时清除病株、选育抗病品种;发病初期,用72%农用硫酸链霉素可溶性粉剂4000倍液,每8-10 d每株药液用量0.3-0.5 L,连续2-3次。
根腐病	主要危害根部和根茎部	前期植株细根先发生褐色病变,后期根部腐烂,地上部萎蔫枯死。	主要土壤水过多时	50%多菌灵可湿粉剂500倍液或70%甲基托布津可湿粉剂800倍液。
白粉病	主要危害叶片、叶柄或嫩茎	危害部位有白色小霉点,后扩大为1-2 cm霉斑,霉斑扩大为白粉状物,布满叶片和藤蔓,发病严重叶子凋零、藤蔓干枯	9-10月天气干旱时发病严重	藤蔓上棚初期喷一次石硫合剂,相隔25 d后至开花初期再喷一次波尔多液,每次雨后喷一次杀菌药。
炭疽病	主要危害叶片、果实	叶片上病斑圆形或近圆形,早期为暗绿色小斑点,后逐渐变大,病斑边缘为绿色或褐色明显,中央为灰白色或淡褐色;严重时造成穿孔,叶片枯萎落叶。	7-8月为发病高峰期	发病初期喷2%武夷菌素(Bo-10)水剂150倍+50%多菌灵可湿性粉剂600倍液或50%多菌灵可湿粉剂800倍液+70%代森锰锌可湿性粉剂800倍液。

注:参考文献^[7,33,55,61]。

表3 无公害罗汉果主要虫害类型及防治方法

类型	危害部位	症状	发病规律	防治方法
果实蝇	主要为害果实	被害果停止发育,未老先黄、腐烂而脱落。	4月左右成虫开始出现,成虫产卵于果内	摘除被害果集中烧毁;结合清园;香蕉或苹果剖半后浸糖醋液,1 m放1个可杀死成虫。
愈斑天牛	果蔓茎	蔓茎上有米头大小蛀孔,幼虫蛀食藤蔓使中空腐烂,后全株枯死。	第二年3-4月幼虫蛀食为害,5月上旬开始化蛹,6月上旬成虫开始出现。	修剪藤蔓除去带虫枝;人工捕杀成虫,刮卵涂药。
红蜘蛛	叶背或嫩芽处茎	初期叶片散布白色小褪绿斑,后叶片变黄脱落。	高温干旱的季节利于该虫为害。	冬季清洁果园;3-5波美度的石硫合剂可防治成虫、若虫、卵。
黄守瓜	主要危害叶、嫩芽、花、幼果	幼虫直接危害根部;成虫将叶咬成圆弧形斑,严重时植株枯死	3-5月成虫危害最盛期,6-8月幼虫危害盛期	清除园内杂草,集中烧毁;烟叶500 g加15 kg水泡制烟草水灌根;谷壳和木屑5 kg或50 kg拌柴油或煤油0.5 kg铺于植株周围。
南瓜实蝇	主要危害果实	初期果实外表针有孔状圆孔,常伴黄胶状物渗出;后期未熟先黄,略带红褐色,果柄处离层,提前脱落。	4月中下旬、8月、9月均为危害高峰期	加强植物检疫;虫果出现期,及时摘拾虫果;落果盛期,拾毁落果,采用深埋、水浸、焚烧等方法;冬季全面翻耕园土。
家白蚁	主要危害薯块及根	可将薯块蛀空,造成断株,易并发其它病虫而腐烂	全年均可发生	诱集法(坑诱法或箱诱法)或灯光诱杀(采用黑光灯)。
瓜藤天牛	主要危害藤蔓	可致使藤蔓枯死	6-7月幼虫危害盛峰	清洁田园;彻底清除田园残藤。

注:参考文献^[6,7,44,58,59,61,64]。

工种植成为解决中药材资源短缺的主要方式,但由于农药、化肥等不合理使用及种植过程中不规范操作,导致中药材品质低劣,严重危害人体的健康安全^[9,11,18]。针对中药材无规范的生产及农药残留量、重金属含量超标的问题,中药材无公害精细栽培体系成为打破无公害中药材产业瓶颈的新方法,保障中药材生产的规范化及精细化^[65]。研究团队经过多年的科研攻关结合田间地头的生产实践,制定中药材无公害生产通用规程并建立150种常用大宗中药材无公害生产操作规程,保障了无公害药材安全的有效稳定和可控,使我国中药材生产进入“无公害时代”^[66]。罗汉果无公害栽培体系包含产地选择、土壤改良、新品种选育、综合农艺管理、病虫害综合防治等关键技术,为无公害罗汉果的生产提供技术依据。

本草基因组学辅助中药材的现在研究,推动中药材无公害生产的进展。利用结构基因组、功能基因组的研究解析药用植物的遗传机制,辅助新品种的选育,加速选育的进程^[67,68];基于遗传信息的解析,通过光、肥等措施的调控,筛选与环境因子关联的调控基因,为高产优质中药材新品种的选育提供依据^[69,70]。采用土壤宏基因组技术,解析中药材种植对土壤环境微生物群落的调控机制,结合纯培养技术,为中药材土壤改良、

病害防治提供策略及生防材料^[71-73]。同时,代谢组结合转录组技术解析不同生育期皂苷分布规律及调控皂苷合成的关键基因,为三七合理采收、品种改良与选育提供依据^[74,75]。因此,随着高通量测序技术的发展,本草基因组学的研究取得显著成果,将加快中药材进入“无公害时代”。

农药残留及重金属含量超标等问题影响中药材的安全及疗效,然而无公害中药材标准缺失,制约中药材可持续发展。无公害中药材质量标准的建立有利于中药材产业的升级。如T/CATCM003-2017《无公害三七药材及饮片农药与重金属及有害元素的最大残留限量》标准基于187个批次,近4万数据的统计测算,规定了206项农药残留、5项重金属及有害元素的限量指标^[76],为三七药材及饮片的高品质树立了典范。T/CATCM001-2018《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》规定了168种农药残留限量及5种重金属及有害元素限量,该标准的建立与发布提高了中国人参的品质及在世界人参市场上的影响力及美誉度^[77,78]。因此,应加快无公害罗汉果质量标准的建立,将利于罗汉果生产的标准化、产业化,并增加其食用的安全性。

参考文献

- 1 韦荣昌, 唐其, 马小军, 等. 罗汉果种质资源及培育技术研究进展. 广东农业科学, 2013, 40(22): 38-41+47.
- 2 唐公平, 李建新, 高健强, 等. 罗汉果种质资源创新研究进展. 安徽农学通报, 2017, 25(14): 127-128.
- 3 温庆元. 罗汉果栽培技术的特点分析. 农家参谋, 2017(6): 11.
- 4 陈丹, 冯春娇, 刘云, 等. 广西永福县种植罗汉果小气候评价与调控建议. 农业灾害研究, 2015, 5(1): 42-43+48.
- 5 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部). 北京: 中国医药科学出版社, 2015: 264.
- 6 石天广. 罗汉果优质高产栽培技术. 南方农业, 2016, 10(18): 54+56.
- 7 廖玉琼. 罗汉果无公害栽培技术. 广西农业科学, 2006(2): 183-185.
- 8 杨银慧, 豆小文, 孔维军, 等. 我国中药材中农药登记现状及污染分析. 中国中药杂志, 2013, 38(24): 4238-4245.
- 9 陈士林, 黄林芳, 陈君, 等. 无公害中药材生产关键技术研究. 世界科学技术(中医药现代化), 2011, 13(3): 436-444.
- 10 董林林, 谷利婷, 徐江, 等. 三七无公害栽培体系的探讨. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(11): 1975-1980.
- 11 董林林, 苏丽丽, 尉广飞, 等. 无公害中药材生产规程研究. 中国中药杂志, 2018, 43(15): 1-11.
- 12 国家《中药材生产质量管理规范(试行)》.
- 13 NY/T 2798.3-2015 无公害农产品生产质量安全控制技术规范.
- 14 GB 15618-2008 土壤环境质量标准.
- 15 GB 5084-2005 农田灌溉水质标准.
- 16 GB/T 3095-2012 环境空气质量标准.
- 17 GB 3838-2002 国家地表水环境质量标准.
- 18 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. 中国中药杂志, 2005(15): 1141-1146.
- 19 陈士林, 李西文, 孙成忠, 等. 《中国药材产地生态适宜性区划(第二版)》. 北京: 科学出版社, 2017: 354.
- 20 朱光密. 无公害茶叶栽培技术的应用. 北京农业, 2015(25): 64-65.
- 21 蒙明胜, 廖阳君. 罗汉果的优质高产栽培技术浅析. 南方农业, 2018, 12(6): 39+43.
- 22 张春云. 罗汉果优质丰产栽培技术研究. 园林园艺, 2017, 34(6): 115+114.
- 23 牟文斌. 遗传学涉及的几种育种方法探求. 中国高新区, 2018(11): 225.
- 24 莫长明, 马小军, 白隆华, 等. 罗汉果新品种永青1号的选育. 中国果树, 2009(4): 11-12+18+77.
- 25 莫长明, 马小军, 白隆华, 等. 罗汉果丰产稳产新品种普丰青皮的选育. 中国果树, 2010(2): 10-11+77.
- 26 何金旺, 韦芝霖, 李柏林. 罗汉果优良株系柏林二号特征特性及高产栽培技术. 中国农技推广, 2006(3): 32-33.
- 27 莫长明, 马小军, 白隆华, 等. 罗汉果无籽新品种药园无籽1号的选育. 中国果树, 2014(1): 12-13+85.
- 28 梁贵秋, 李全, 陆飞, 等. 罗汉果新品种-福汉2号. 广西热带农业, 2009(2): 45-46.
- 29 陈继富, 向世军, 刘举. 罗汉果组培品种农青2号优质丰产栽培试验. 中国果树, 2010(7): 8-9.
- 30 黄峰伟, 郝衍琪. 无公害农作物生产的病虫害防治技术. 现代农业科技, 2005(8): 21-22.
- 31 尹净. 无公害蔬菜病虫害防治栽培技术. 农技服务, 2016, 33(7): 64.
- 32 蓝福生, 郭丽霞, 张燕玲, 等. 罗汉果间作套种简化栽培方法. 特种经济动植物, 2017, 20(3): 37-39.
- 33 袁辉. 罗汉果根结线虫病无公害防治技术. 广西农业科学, 2007(4): 427-428.
- 34 谭焱芝. 罗汉果间作生姜的效应研究. 广西大学, 2013.
- 35 陈斌. 园艺土壤消毒方法探讨. 中国花卉园艺, 2012(22): 40-42.
- 36 周雪青, 张晓文, 邹岚, 等. 设施农业土壤消毒方法比较. 农业工程, 2016, 6(3): 109-112.
- 37 张朝武. 热力消毒与灭菌及其发展. 中国消毒学杂志, 2010, 27(3): 322-326.
- 38 张庭发, 杨进波, 易小光, 等. 土壤消毒方法综述. 云南农业, 2017(12): 43-45.
- 39 李明社, 李世东, 缪作清, 等. 生物熏蒸用于植物土传病害治理的研究. 中国生物防治, 2006(4): 296-302.
- 40 曹勘程, 郭美霞, 王秋霞, 等. 世界土壤消毒技术进展. 中国蔬菜, 2010(21): 17-22.
- 41 徐志峰, 王旭辉, 丁亚欣, 等. 生物菌肥在农业生产中的应用. 现代农业科技, 2010(5): 269-270.
- 42 李家文, 廖红梅. 罗汉果组培苗栽培管理技术. 南方园艺, 2011, 22(4): 24-25.
- 43 闫海峰, 李林轩, 覃金萍, 等. 罗汉果研究综述. 南方农业学报, 2011, 42(11): 1387-1391.
- 44 陆飞, 唐燕梅, 杨其保. 罗汉果组培苗主要病虫害及无公害综合防治技术. 广西园艺, 2007, 18(3): 38-40.
- 45 白先达, 赵洪, 唐更生, 等. 气象条件对罗汉果生长影响的分析. 江西农业学报, 2009, 21(7): 113-116.
- 46 李锋, 李典鹏, 蒋水元, 等. 罗汉果栽培与开发利用. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- 47 张雨平. 罗汉果的生物特性及栽培技术. 现代园艺, 2006(12): 14-16.
- 48 张雅昕, 白先达, 邹玲, 等. 罗汉果生长气象条件分析. 广西气象, 2004, 25(3): 25-27.
- 49 王承南, 李斐, 熊薇薇. 罗汉果生长温度因子分析. 经济林研究, 2005, 23(4): 60-61+64.
- 50 高伟. 黄瓜无公害病虫害综合防治技术浅析. 农业开发与装备, 2014(2): 120-121.
- 51 钟明路. 无公害蔬菜病虫害综合防治技术应用研究. 农业与技术, 2017, 37(7): 26-27.
- 52 杨康兴. 无公害金银花病虫害防治技术. 植物医生, 2010, 23(1): 23-24.
- 53 谢国辉. 无公害茶叶病虫害综合防治技术. 现代农业科技, 2010(7): 185+189.
- 54 刘艳红, 李敬华, 张安合. 无公害蔬菜病虫害综合防治方法. 农业科技通讯, 2017(4): 235-236+238.
- 55 庚韦花, 陈廷速, 蔡健和, 等. 防虫网覆盖对罗汉果生长、结果及病虫害的影响. 福建果树, 2006(1): 35-36.
- 56 黎起秦, 林纬, 冯家勋, 等. 茄青枯病菌引起的新病害-罗汉果青枯病. 植物病理学报, 2004(6): 561-562.

- 57 黄思良, 陈作胜, 宴卫红, 等. 罗汉果芽枯病因及防治技术研究. 中国农业科学, 2001(4): 385-390+465.
- 58 黄家德. 罗汉果主要病虫害及其防治措施. 广西科学院学报, 2006(3): 188-192+196.
- 59 Tang J Y. Prevention and control of diseases and pest damages of *Siraitia grosvenorii*. *Plant Protection*, 2013, 14(3): 393-396+432.
- 60 黄清汉. 罗汉果常见病虫害防治方法. 广西园艺, 2005(6): 42-43.
- 61 王涛, 张献强, 林伟, 等. 罗汉果根腐病的室内药剂防治试验. 广西植保, 2008, 21(4): 1-4.
- 62 赵伟. 甘蓝虫害无公害综合防治技术. 农民科技培训, 2011(2): 34.
- 63 金江华. 无公害茶叶培养技术及防虫害措施. 现代商贸工业, 2013, 25(10): 183-184.
- 64 黄清汉. 罗汉果病虫害防治. 农家之友, 2010(11): 10.
- 65 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.
- 66 杨朝晖. 科技创新推动中药材生产进入无公害时代. 科技日报, 2018-06-13(003).
- 67 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. 中国中药杂志, 2017, 42(9): 1668-1672.
- 68 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, 42(1): 56-62.
- 69 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.
- 70 Zhang D, Sun W, Shi Y, *et al.* Red and blue light promote the accumulation of artemisinin in *Artemisia Annua* L. *Molecules*, 2018, 23(6): 1329.
- 71 Dong 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 Pharm Sin B*, 2018, 8(2): 272-282.
- 72 Dong L, Xu J, Feng G, *et al.* Soil bacterial and fungal community dynamics in relation to *Panax notoginseng* death rate in a continuous cropping system. *Sci Rep*, 2016, 6.
- 73 Dong L, Xu J, Li Y, *et al.* Manipulation of microbial community in the rhizosphere alleviates the replanting issues in *Panax ginseng*. *Soil Biol Bioch*, 2018, 125: 64-74.
- 74 Wei G, Wei F, Yuan C, *et al.* Integrated chemical and transcriptomic analysis reveals the distribution of protopanaxadiol- and protopanaxatriol-type saponins in *Panax notoginseng*. *Molecules*, 2018, 23: 1773.
- 75 Wei G, Dong L, Yang J, *et al.* Integrated metabolomic and transcriptomic analyses revealed the distribution of saponins in *Panax notoginseng*. *Acta Pharm Sin B*, 2018, 8(3): 458-465.
- 76 T/CATCM003-2017《无公害三七药材及饮片农药与重金属及有害元素的最大残留限量》.
- 77 T/CATCM001-2018《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》.
- 78 中药材生产将进入“无公害时代”. 无公害标准领航人参产业. http://www.shengshibaicao.com/news_detail1/newsId=348.html, 2018, 06, 14.

The Investigation on the Pollution-free Cultivation System of *Siraitia grosvenorii*

Xu Yaru¹, Li Mengzhi¹, Wei Guangfei¹, Li Gang², Dong Linlin¹

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

2. China Medico Corporation, Beijing 100062, China)

Abstract: This paper summarized the main aspects of pollution-free cultivation of *S. grosvenorii*, including environment of the production site, soil improvement techniques based on reasonable crop rotation and soil disinfection, selection of the new varieties, breeding, agronomic management techniques during the cultivation period, and safe and low toxicity control of chemical pesticides. The technologies of reasonable rotation, selection of new varieties and comprehensive control of disease and pests provides a guarantee for pollution-free production of *S. grosvenorii*.

Keywords: *Siraitia grosvenorii*, pollution-free cultivation, rotation, new varieties; diseases and pests control

(责任编辑:刘 宁,责任译审:王 昭)