

专题——中药材无公害精细栽培关键技术

“四大怀药”地黄、牛膝、山药、菊花的
无公害栽培体系研究王 旭^{1,2} 李西文² 陈士林² 孟祥霄² 何学良³ 高致明⁴

(1 湖北中医药大学药学院, 武汉, 430065; 2 中国中医科学院中药研究所, 北京, 100700; 3 保和堂(焦作)制药有限公司, 焦作, 454850; 4 河南农业大学农学院, 郑州, 450002)

摘要 产于古怀庆府一带的道地药材地黄、牛膝、山药、菊花, 习称“四大怀药”。由于老产区土壤质量下降、产区面积萎缩、品种退化、病虫害严重及滥用化肥农药等问题突出, 导致生产的药材农残及重金属超标严重。为解决以上问题, 本研究对“四大怀药”的无公害栽培技术进行探讨, 提出利用 GIS 生态适宜性区划系统指导栽培选地、结合“土壤消毒 + 绿肥回田 + 菌剂调控”的土壤复合改良措施整地、利用现代育种技术开展抗性品种选育、制定种子种苗标准、实行有机肥为主的“基肥 + 追肥 + 叶面肥”的施肥模式以及病虫害的综合防治等关键技术为一体的“四大怀药”无公害栽培体系, 该体系可为无公害“四大怀药”的生产提供指导, 同时为其他中药材的无公害栽培体系提供参考。

关键词 无公害药材; 栽培选地; 土壤改良; 良种选育; 综合防治

Study on the Pollution-free Cultivation System of *Rehmanniae Radix*, *Achyranthis Bidentatae Radix*, *Dioscoreae Rhizoma* and *Chrysanthemi Flos*

Wang Xu^{1,2}, Li Xiwen², Chen Shilin², Meng Xiangxiao², He Xue Liang³, Gao Zhiming⁴

(1 Pharmacy Faculty, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China; 2 Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 3 Bao Hetang (Jiaozuo) Pharmaceutical Co. Ltd., Jiaozuo 454850, China; 4 College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract *Rehmanniae Radix*, *Achyranthis Bidentatae Radix*, *Dioscoreae Rhizoma* and *Chrysanthemi Flos* are four types of Traditional Chinese Medicine. Because their original producing area is Huaqingfu in ancient times, therefore were named “Four-Huaiqing Chinese medicine”. Due to the problems of declining soil quality, shrinking acreage of cultivation fields, deterioration of varieties, excessive use of chemical fertilizers, serious diseases and insect pests, agricultural residues and heavy metal issues are serious. It is significantly essential to solve these problems by carrying out the pollution-free cultivation of “Four-Huaiqing Chinese medicine”. This paper proposed a pollution-free cultivation system, including Geographic Information System (GIS) to guide land selection, combined with the “soil disinfection + green manure return + biological agents regulation” for soil preparation, modern breeding technology to develop the resistant variety breeding, seed seedling standard formulation, mainly organic fertilizer and integrated pest management. The system will provide a guidance for the production of pollution-free “Four-Huaiqing Chinese medicine” and reference for the pollution-free cultivation system of other Chinese medicinal materials.

Key Words Pollution-free Chinese herbal medicines; Site selection; Soil complex improvement; Excellent germplasm; Pest control technology

中图分类号: [R282.2] 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2018.12.001

怀地黄、怀牛膝、怀山药和怀菊花为我国常用中药材, 河南省为主产区。其中怀地黄为玄参科植物地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 的新鲜或干燥块根; 怀牛膝为苋科植物牛膝 *Achyranthes bidentata* Bl. 的干燥根; 怀山药为薯蓣科植物薯蓣 *Dioscorea opposita* Thunb. 的干燥根茎; 怀菊花为菊科植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的干燥头状花序。“怀

庆自古产怀药”^[1], 古怀庆府为今焦作市所辖的武陟、温县、沁阳、博爱、修武、孟州等县(市), 古称“殷国”“河内郡”“怀州”“南怀洲”“孟路”“怀庆路”, 明朝之后改名为“怀庆府”。怀庆府(河内郡、怀州)产地地黄、牛膝、山药、菊花的文献记载较多, 历史久远。唐·《天宝单方图》提到菊花产河内(郡)等地; 唐·《千金翼方》:“怀州出牛膝”; 北宋·《新唐书》:“怀

基金项目: 中国中医科学院“十三五”重点领域研究专项(zz10-007)

作者简介: 王旭(1986.05—), 男, 博士研究生, 研究方向: 中药栽培与品种选育, E-mail: wang158xu@163.com

通信作者: 李西文(1978.12—), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 中药材分子鉴定和无公害栽培, E-mail: xwli@icmm.ac.cn

州土贡有牛膝”；明·《大明一统志》将地黄、山药、牛膝都列为怀州土产。地黄、牛膝、山药和菊花因主产古怀庆府今焦作温县、武陟、沁阳、孟州等地，且产量大、质量优故而得名“四大怀药”。怀药以优良的品质和独特的药用价值，在海内外享有“华药”之盛誉，但因产区规范化生产程度较低、病虫害严重、滥用化肥和农药、产品精深加工程度较低等因素的制约，四大怀药目前出口总量正在逐年萎缩^[2]。

“四大怀药”栽培历史悠久，而菊花、山药和地黄皆有不同程度的连作障碍^[3-5]，尤以地黄为甚，重茬地一般需要间隔 8~10 年才可重新种植^[6-7]。目前，“四大怀药”的多年连续种植造成老产区种植面积急剧萎缩，种植基地逐渐外迁，新产区不断涌现^[8-9]。由于品种退化和盲目引种，老产区病源、虫源积累，新产区病害、虫害不断出现，同时由于许多药农对连作障碍缺乏科学认识，盲目加大农药和肥料使用，致使生产成本大幅增加、药材农残及重金属含量超标、药材品质下降，而长期过度依赖化学农药防治，病虫抗药性增加，生态系统亦遭受破坏^[10]。“四大怀药”产区集中，共性问题突出，目前国内无公害产品质量标准体系尚不完善^[11]，加之盲目无序种植，严重制约了“四大怀药”的可持续利用和区域经济的发展，同时也影响了中医临床的用药安全和四大怀药的市场竞争力。因此，现阶段开展“四大怀药”无公害栽培技术研究具有迫切性。

本文依据课题组已有研究基础，并结合查阅文献和产区调研，建立了“四大怀药”的无公害栽培技术体系，主要包括利用 GIS 全球产地生态适宜性区划信息系统指导栽培选地、结合“土壤消毒+绿肥回田+菌剂调控”的土壤复合改良措施整地、利用现代育种技术开展抗性品种选育、制定种子种苗标准指导优质种子种苗选择、采用以有机肥为主的“基肥+追肥+叶面肥”的施肥策略、多种防治方法相结合的病虫害综合防治等关键技术，本研究可指导“四大怀药”的安全有序生产，同时为其他中药材的无公害栽培提供技术参考。

1 无公害“四大怀药”的产地环境

无公害“四大怀药”产地环境的空气环境质量、土壤环境质量、灌溉水的水质质量应达国家相关标准的要求^[11]。生态环境与药材质量密切相关^[12]，根据原产区的气候、土壤等生态因子寻找相似生态环境的新产区^[13]，是保证药材引种成功和避免药材种植连作障碍的有效途径。利用《药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统》(GMPGIS)^[15]，获得药

材生态适宜性因子，可为合理扩大“四大怀药”的种植面积及生产规划提供科学依据。

1.1 “四大怀药”产地的生态因子 “四大怀药”新产区的选择应与其原产区的生态环境相似，“四大怀药”的道地产区是河南省焦作市的沁阳、孟州、温县、博爱、修武和武陟等县(市)，地理分布主要在黄河滩区和沁河两岸，这与黄河滩区和沁河两岸丰富的地下水、优质的沙壤土有着密切的关系^[17]。基于 GMPGIS 系统，选山药道地产区化工镇、南庄镇、西虢镇、温泉镇、南张羌镇等 32 个乡镇 439 个样点，选地黄道地产区大封镇、赵堡镇、祥云镇、温泉镇、宁郭镇等 23 个乡镇 321 个样点，选菊花道地产区武德镇、黄庄镇、王曲乡、三阳乡、王召乡等 11 个乡镇 204 个样点，选牛膝道地产区赵堡镇、祥云镇、北郭乡、三阳乡等 8 个乡镇 112 个样点，分析获得“四大怀药”道地产区的生态因子值。由分析结果可知，“四大怀药”道地产区的分布在北纬 34°50′29.76″~35°11′56.04″和东经 112°38′26.88″~113°38′57.84″之间，主要集中在焦作市的中部和南部，生态因子值见表 1。GMPGIS 系统可为“四大怀药”新产区的选址提供指导，但新的地区是否适宜于开展“四大怀药”规模化的基地生产，还需综合实地考察交通和土壤、水质等因素以及引种试验研究，以获得较可靠的结果^[20]。

1.2 无公害“四大怀药”生产基地环境要求 “四大怀药”的生长习性相似，均喜阳、喜温暖湿润气候、喜肥、耐寒、较耐旱、怕水涝，选地时以地势平坦、土层深厚、土壤肥沃疏松、富含腐殖质、酸碱度适中的砂质壤土最为适宜，黏重土和低洼积水地不宜栽种^[16]。无公害“四大怀药”生产基地环境应符合国家《中药材生产质量管理规范(试行)》、NY/T 2798.3-2015 无公害农产品生产质量安全控制技术规范，其中空气环境质量应符合 GB/T3095-2012 中一、二级标准值的要求，土壤环境质量应符合 GB15618-2018 中一、二级标准值的要求，灌溉水的水源质量必须符合 GB5084-2005 农田灌溉水质标准的规定^[11,15,19]。

2 土壤复合改良

“四大怀药”中菊花、地黄、山药多采用无性繁殖，牛膝采用种子繁殖^[16]。其中除牛膝可连续种植外^[21]，地黄、山药、菊花均忌连作，尤以地黄为甚。长期的无性繁殖和连作障碍，导致“四大怀药”产区药材品种退化、病虫害严重、药材的产量和品质下降。连作障碍是制约无公害中药材可持续生产的重

表 1 “四大怀药”产区生态因子值

生态因子	山药	菊花	地黄	牛膝
年平均气温(℃)	14.0~14.8	14.4~14.7	14.0~14.7	14.5~14.7
平均气温日较差(平均每月最高气温-平均每月最低气温)(℃)	11.4~12.2	11.6~11.9	11.6~12.2	11.6~11.8
等温性(%)	30~31	30~31	30~31	30
气温季节性变动(标准差)%	9.55~9.75	9.56~9.74	9.55~9.70	9.60~9.70
最热月最高温度(℃)	32.2~33.1	32.4~33.1	32.2~33	32.7~32.9
最冷月最低温度(℃)	-6.2~-5.1	-5.7~-5.3	-6.2~-5.3	-5.7~-5.2
气温年较差(℃)	37.8~38.9	38~38.6	38~38.9	38~38.4
最湿季度平均温度(℃)	24.3~25.2	24.8~25.1	24.3~25.1	24.8~25.1
最干季度平均温度(℃)	1.1~1.6	1.4~1.5	1.1~1.5	1.4~1.5
最热季度平均温度(℃)	25.9~26.9	26.3~26.8	25.9~26.8	26.4~26.8
最冷季度平均温度(℃)	1.1~1.6	1.4~1.5	1.1~1.5	1.4~1.5
年降水量(mm)	580~611	580~608	580~610	591~610
最湿月降水量(mm)	140~148	140~144	140~145	141~145
最干月降水量(mm)	7~8	7	7~8	7
降水量季节性变化(变异系数)	78~88	79~85	78~85	79~84
最湿季度降水量(mm)	321~347	322~341	321~341	327~342
最干季度降水量(mm)	23~27	23~26	23~27	24~26
最热季度降水量(mm)	308~338	310~329	308~330	315~331
最冷季度降水量(mm)	23~27	23~26	23~27	24~26
年均相对湿度(%)	58.2~59.5	58.4~59.3	58.2~59.5	59.0~59.5
年均光照(w/m ²)	149.9~150.8	150.1~150.8	149.9~150.8	149.9~150.6
土壤	黑钙土、铁铝土、潜育土、低活性淋溶土	黑钙土、铁铝土、潜育土	黑钙土、铁铝土、潜育土	黑钙土、铁铝土

要限制因子^[22]。有研究表明地黄的连作障碍与自毒化感物质积累引发植物根际灾变^[6]有关,土壤理化性状的劣变、土传病害的增加以及微生物群落失衡^[5]等复合因素也产生较大影响。山药连作时地下害虫蛴螬和线虫病发生严重^[23],根际微生物区系从高肥的“细菌主导型”向低肥的“真菌主导型”转化,同时土壤中矿质元素失去平衡^[24]。药用菊花连作障碍的因素主要有土壤微生物群落失衡、土壤酶活性的变化、土壤中营养元素失调以及菊花分泌物的自毒作用等^[27]。

中药材连作障碍形成机理复杂,目前解决连作障碍的手段主要有抗性品种选育^[28,30]、调整栽培制度^[27,31-32]、土壤修复^[6,14,33-37]、种子种苗处理^[38]、生物修复^[39]等。土壤微生态环境的失衡是复杂系统性的问题,单一的方法技术体系难以解决。用种衣剂和杀虫剂处理地黄种栽,生物制剂处理土壤,可有效防治地黄根腐病,并能提高产量^[41];山药种植前使用棉隆进行土壤熏蒸处理,并在种植时配合使用化学种苗处理剂以及微生物菌剂芽孢杆菌,以有机肥、无机肥和微生物肥料三者按一定合理比例配施的生态配方肥可有效预防和减轻山药病害发生,同时也提高了产量^[25-26,40];采用轮作换茬、增施生物有机肥料、采取嫁接措施及使用微生物菌剂和土壤调

理剂对缓解菊花连作障碍均有一定的效果^[27]。陈士林团队基于宏基因组学研究解析人参^[42-44]、三七^[45]、西洋参^[46]等药用植物土壤微生态环境失衡机制,并在大量田间试验筛选的基础上,建立“土壤消毒+绿肥回田+菌剂调控”的综合策略^[14],改善根际微生态环境,可为无公害“四大怀药”持续生产提供参考。

采用“土壤消毒+绿肥回田+菌剂调控”的土壤综合改良措施,土壤消毒和微生物制剂的应用结合起来,通过土壤处理杀灭土壤中大部分的病原,再通过绿肥回田和施用微生物菌剂,为植物的生长提供一个有益的微生态环境,同时结合施肥与整地,从而实现土壤的可持续利用^[14],完善无公害“四大怀药”的栽培体系。目前在“四大怀药”生产中使用的土壤消毒方法有药剂熏蒸法和药剂拌土法,但传统消毒方法中使用的部分药剂已不符合目前无公害产品生产的要求,本研究参照董林林^[11]、陈士林^[14]、郭荣君^[40]等的研究成果对消毒药剂、绿肥和生物菌剂以及配套的整地方法进行了筛选,具体改良措施及整地方法。见表2。

3 良种选育及种子种苗标准

3.1 良种选育 种质的优劣对药用植物的抗性、产量和品质有关键性作用^[64]。“四大怀药”栽培历史

悠久,在长期不断的人工选育和诱变育种过程中,出现许多优势种质资源,部分优良农家品种和栽培类型通过了省级农作物品种鉴定。目前,“四大怀药”产区主要种植的怀山药品种有太谷山药、铁棍山药、铁棍 06-1、新铁 2 号^[67-68]等;怀地黄品种有金状元、北京一号、温 9302、温 85-5、金九等^[56,69];怀牛膝主要栽培品种有风筝棵、核桃纹、白牛膝 3 个类型^[62-63],其中风筝棵类型包括大疙瘩、小疙瘩 2 个品种,而白牛膝因产量较低和品质一般,产区已弃种;怀菊花的主栽品种有 3 个,分别是大怀菊、小怀菊和小黄菊^[60]。目前“四大怀药”产区主栽的农家品种或栽培类型及其特点。见表 3。

3.2 “四大怀药”种子种苗标准 中药材种子种苗质量影响药用植物的生长发育^[70],同时与药材产量和品质呈正相关性^[71]。当前“四大怀药”生产中存在着药材质量低劣、生产不稳定等诸多问题,其中种苗质量混乱是造成上述问题的重要原因之

一^[64,72-73]。赵月丽^[71]在对铁棍山药种苗质量标准的研究中发现,山药种栽的等级与其生长发育指标呈正相关性;种栽和块茎切段的等级与药材产量和品质也呈正相关性的关系,通过数据分析初步制定了铁棍山药种栽和茎段等繁殖材料的等级质量标准;明鹤等^[74]对山药零余子的等级标准进行研究,从发芽率、百粒重、直径、芽眼数等指标衡量了其等级。姚锋^[75]等研究不同等级地黄种栽对怀地黄植株的生长状况、药材产量和质量的影响,初步制定了怀地黄种栽的等级标准。刘晓清^[76]等研究不同级别药用菊花种苗与植株生长、药材产量和品质的影响,初步制定了药用菊花种苗的等级标准。祁建军^[77]等分析不同来源牛膝种子质量,初步制定牛膝种子质量分级标准。参考以上研究成果,本文结合课题组研究数据初步制定“四大怀药”种子种苗标准。见表 4。可为优质无公害“四大怀药”的生产提供指导。

表 2 “四大怀药”土壤综合改良及整地措施

中药材	消毒药剂	绿肥	菌剂(含抗生素类)	整地措施
山药	棉隆、多菌灵、高效氯氟氰菊酯	玉米、大豆	阿维菌素、白僵菌、乳状菌、芽孢杆菌、淡紫拟青霉、硅酸盐菌剂	秋末冬初,绿肥回田,翻地 40 ~ 80 cm 越冬,翌年春季种植前 20 天进行土壤消毒,之后将生物菌剂、基肥旋入 20 ~ 30 cm 土层中,按行距 80 ~ 100 cm 机械打沟,沟深 80 ~ 150 cm。
牛膝	福美双、多菌灵	小麦、玉米	阿维菌素、淡紫拟青霉、白僵菌、木霉菌、硅酸盐菌剂	绿肥回田后,消毒剂与基肥同时施入,深翻 40 ~ 70 cm,并于播种前灌水塌实,浅耕细耙,平整作畦,畦宽 100 ~ 120 cm,周边挖好排水沟。
地黄	棉隆、福美双、恶霉灵	小麦、玉米、大豆	阿维菌素、淡紫拟青霉、白僵菌、木霉菌、硅酸盐菌剂	绿肥回田后,种植前 20 天进行土壤消毒,之后施生物菌剂、基肥,深翻 30 ~ 40 cm,作高畦或平畦,畦宽 80 ~ 130 cm,周边挖好排水沟。
菊花	棉隆、乙蒜素、多菌灵	小麦、玉米、大豆	木霉菌、硅酸盐菌剂	绿肥回田后,种植前 20 d 进行土壤消毒,之后施生物菌剂、基肥,深耕 20 ~ 30 cm,使土肥混合均匀,浅耕细耙,平整作垄,垄宽 40 cm,沟宽 30 cm,沟深 20 cm。

注:以上结果来源于参考文献^[3,6,16,22-27,29,31,35,38,40-41,48-63]

表 3 “四大怀药”主要农家品种或栽培类型

中药材	农家品种或栽培类型	种质特点
山药	太谷山药	药用为主,产量高,质脆、粘液多。
	铁棍山药	药食两用,质硬、粉性足,折干率高。
	新铁 2 号	药食两用,高产,抗病。由铁棍山药选育获得。植株生长势强,较抗炭疽病,耐涝性强,耐寒性中等、产量较铁棍山药(对照)增产 15.58%,品质与铁棍山药相近。
地黄	铁棍 06-1	食用为主,由铁棍山药零余子太空诱变育种获得。
	金状元	商品性好。单株块根少而大,二等以上货比例较高。
	北京一号	抗病性强。地下芦头短而细,一般长 15 cm 左右。株结块根 4 ~ 5 个,块根多而小。适用于果脯生产。
	温 9302	高产、抗病、适应性广。单株结块 2 ~ 3 个,块大。
	温 85-5	抗病性强,产量高。单株结块 2 ~ 3 个,块大。
菊花	金九	抗寒性好,中抗轮纹病,高抗斑枯病,耐水渍,产量高。温县农科所 2003 年以金状元为母本,9302 为父本,通过人工杂交选育而成。地下部根块一般为 3 ~ 5 个,芦头嘴短,块根整体均匀、集中。
	大怀菊	药用为主。怀菊花主流品种,主要用于加工药用菊花,亩产干花在 150 kg 左右。
	小怀菊	多茶用、保健品用。主要用于加工“珍珠菊”,为温县怀菊花的一个独特品种,亩干花在 60 ~ 80 kg。
	小黄菊	多茶用、保健品用。亩产干花 100 ~ 150 kg。
牛膝	核桃纹	商品等级好。生长发育较稳,不易出现旺长的情况,条形好。
	小疙瘩风筝棵	条形好、产量、等级高。易出现旺长的情况。
	大疙瘩风筝棵	条形好、产量、等级高。易出现旺长的情况。

表 4 “四大怀药”种子种苗标准

中药材 繁殖材料		一级标准	二级标准	三级标准
山药	种栽 (芦头)	无病虫害,围径≥1.1 cm、重量≥20 g、长度≥26 cm、净度≥90%、饱满度≥90%	无病虫害,0.6 cm≤围径<1.1 cm、16 g≤重量<20 g、20 cm≤长度<26 cm、85%≤净度<90%、80%≤饱满度<89%	无病虫害,0.3 cm≤围径<0.6 cm、10 g≤重量<16 g、15 cm≤长度<20 cm、75%≤净度<85%、70%≤饱满度<80%
	茎段	无病虫害,围径≥2.5 cm、重量≥45.0 g、长度 10 cm	无病虫害,1.6 cm≤围径<2.5 cm、35.0 g≤重量<45.0 g、长度 10 cm	无病虫害,1.0 cm≤围径<1.6 cm、25.0 g≤重量<35.0 g、长度 10 cm
	零余子 (珠芽)	发芽率≥92.7%,百粒重≥208.0 g,直径≥2.2 cm,芽眼数≥20.5 个	88.6%≤发芽率<92.7%,153.0 g≤百粒重<208.0 g,1.8 cm≤直径<2.2 cm,16.9 个≤芽眼数<20.5 个	72.2%≤发芽率<88.6%,65.0 g≤百粒重<153.0 g,1.0 cm≤直径<1.8 cm,11.6 个≤芽眼数<16.9 个
地黄	种栽 (根段)	直径≥1.5 cm,质量≥5.0 g,芽点数≤10 个	1.0 cm≤直径<1.5 cm,3 g≤质量<5.0 g,芽点数≤10 个	0.5 cm≤直径<1.0 cm,1 g≤质量<3 g,芽点数≤10 个
菊花	扦插苗	株高≥26 cm,根长≥8 cm,鲜重≥7 g	22 cm≤株高<26 cm,7 cm≤根长<8 cm,5 g≤鲜重<7 g	17 cm≤株高<22 cm,6.6 cm≤根长<7 cm,4.8 g≤鲜重<5 g
牛膝	种子	发芽率≥86%,净度≥91%,千粒重≥2.58 g	42%≤发芽率<86%,84%≤净度<91%,1.96 g≤千粒重<2.58 g	30%≤发芽率<42%,70%≤净度<84%,1.29 g≤千粒重<1.96 g

注:以上数据参考文献^[71,74-76]

表 5 “四大怀药”的施肥方法

中药材	基肥/亩	追肥/亩	叶面肥/亩
山药	腐熟农家肥 3 000~6 000 kg、磷酸二铵 20~25 kg、N、P、K 复合肥 50~75 kg、油渣粉或饼肥 80~150 kg	尿素 2~15 kg、磷肥 4~10 kg、硫酸钾 2~10 kg、饼肥 50~80 kg	0.2% 磷酸二氢钾叶面喷施 2~3 次
牛膝	腐熟农家肥 3 000~4 000 kg、过磷酸钙 35~40 kg、硫酸钾 20~25 kg、饼肥 50~75 kg	盘棵期追施尿素或复合肥 30~40 kg,增重期追施尿素或复合肥 25~30 kg	0.2% 尿素加 0.3% 磷酸二氢钾叶面喷施 2~3 次
地黄	腐熟农家肥 2 000~5 000 kg、复合肥 40~50 kg、饼肥 100~150 kg、过磷酸钙 25~100 kg、尿素 40~60 kg	复合肥 30~50 kg	0.2~1.5% 的尿素加 0.3% 磷酸二氢钾叶面喷施 2~3 次
菊花	腐熟农家肥 2 000~3 000 kg 或羊粪 500 kg、过磷酸钙 20~50 kg	苗肥:人粪尿 100~150 kg、尿素 0.5~0.7 kg,兑水浇施;分枝肥:人粪尿 100~150 kg 或尿素 10 kg,配合灌溉或兑水浇施;蕾肥:复合肥 20~30 kg,配合灌溉或兑水浇施。	0.2% 的尿素加 0.3% 磷酸二氢钾叶面喷施 2~3 次

注:以上结果参考文献^[48-63]

4 合理施肥

肥料可提供植物生长发育所需养分,根据肥料的特性及成分可将肥料分为无机肥料、有机肥料和微生物肥料 3 大类,根据使用阶段及作用的不同可分为基肥、追肥和叶面喷肥等。中药材产量和品质与肥料的种类、施肥时间、施肥方式以及肥料元素配比有着很大关系^[78]。合理施肥能促进中药材的生长发育,可提高药用植物的抗性^[59],提高中药材的产量和品质。无公害中药材施肥原则为: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,所有的肥料应以对环境 and 作物不产生不良后果的方法使用。无公害“四大怀药”的施肥多以农家肥为主,避免施用硝态氮肥,提倡使用生物菌肥,以达到提高肥料利用率和减少用量,提高产量,改善药材品质,减少土壤污染,保障中药材无公害种植。合理施肥应和药用植物生长发育的规律相结合,根据药用植物不同生长阶段对肥料的需求,采用“基肥+追肥+叶面肥”的施肥方式,施肥方法。见表 5。

“四大怀药”种植过程中所用肥料和使用原则应符合国家生产绿色食品的肥料使用准则^[14]。

5 病虫害综合防治

针对病虫害类型及发病规律,建立病虫害的综合防治方法,形成“四大怀药”病虫害无公害防治技术体系,精细化田间管理以减少农药使用,有助于生态环境和谐,保障中药材安全,助力其产业升级。“四大怀药”无公害病虫害防治应按照“预防为主,综合防治”的原则,优先选用农业防治、生物防治和物理防治的方法,最大限度的减少化学农药的使用量,从而达到防治植物病虫害,生产优质药材的目的^[14]。在实际生产过程中,要掌握“四大怀药”植物病虫害发生规律,确定各病虫害发病机理后,寻找有效防治途径,做到早发现、早防治,尽量减少经济损失^[80]。本研究总结了“四大怀药”植物常见病虫害,重点归纳了病害和虫害的对应防治策略。在实际生产中,应综合运用农业、生物、物理及化学防治方法进行有效的病虫害防治,其中农药使用应参照 NY/

T393 绿色食品农药使用准则 [NY/T393-2013], GB12475 农药贮运、销售和使用的防毒规程 [GB12475-农药使用规定]。

5.1 农业防治 农业防治主要通过加强栽培管理进行病虫害防治,具有安全、有效、无污染等特点。常采用的农业栽培管理措施有轮作、选种、种子种苗处理、清园、休闲、搭架、合理施肥与密植等。如山药种植采用轮作倒茬、冬季深翻冻土熟化、腐熟有机肥配合生物菌肥的施肥、及时清园、种子种苗处理、合理密植、加强田间管理等措施可防止和降低山药病害的发生^[50],另外山药种植在 7 月份以后采用小水灌溉并注意防涝可避免线虫病的大面积发生^[23];牛膝及时清除病残落叶可预防叶斑病^[61];选用健壮植株,培育健壮菊苗、轮作倒茬、合理密度和排水降湿,实行秋冬深翻,减少病虫害来源,可防治菊花病虫害^[58,79];通过选地、选种、清园、增施磷钾肥、加强田间管理、降低田间湿度可预防地黄斑枯病和轮纹病^[54]。

5.2 物理防治 物理防治技术可有效地防治作物病虫害,避免作物和环境污染^[52]。根据病害对物理因素的反应规律,利用物理因子达到无污染的防治病虫害。例如山药种植冬季翻地冻土杀灭虫卵;使用诱虫灯、杀虫灯等诱捕、诱杀害虫;使用黄板或白板诱杀害虫;利用糖醋液诱捕、诱杀夜蛾科害虫;使

用防虫网防虫;铺挂银灰膜驱赶蚜虫等^[11]。

5.3 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病虫害进行生物防治,可以减少化学农药的污染和残毒。生物防治方法主要包括^[51,60-61,79]:以菌控病(包括抗生素)即以枯草芽孢杆菌,农抗 120、多抗霉素、四霉素、井冈霉素及新植霉素等防治病害;以虫治虫是利用瓢虫、草蛉等捕食性天敌或赤眼蜂等寄生性天敌防治害虫;以菌治虫是利用苏云金杆菌等细菌,白僵菌、绿僵菌、蚜虫霉等真菌,阿维菌素、浏阳霉素等防治害虫。另外,亦可利用植物源农药如印楝素、藜芦碱、苦参碱、苦皮藤、烟碱等防治病虫害。

5.4 化学防治 当生物农药和其他植保措施不能满足有害生物防治需要时,可针对病虫害种类科学合理地应用化学防治技术,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。化学药剂可单用、混用,并注意交替使用,以减少病虫抗药性的产生,同时注意施药的安全间隔期^[81]。在无公害“四大怀药”种植过程中禁用高毒、高残留农药及其混配剂(包括拌种及杀地下害虫等),可用于“四大怀药”的农药参照 NY/T393-2013《绿色食品农药使用准则》中规定的农药清单。“四大怀药”主要病害种类及防治方法参照表 6,主要虫害种类及防治方法参照表 7。

表 6 “四大怀药”主要病害种类及防治方法

病害种类	危害部位	防治方法		发病物种			
		化学方法	综合方法	地黄	山药	牛膝	菊花
茎腐病	茎基部	代森锰锌、甲霜灵、恶霉灵	土壤消毒,及时排水,生物菌肥、菌剂调控		√		
灰霉病	茎及叶片	啞霉胺、多菌灵、腐霉利、异菌脲	注意排水,透光均匀,采收及时消毒,销毁病株,生物菌肥调控	√	√		√
枯萎病	先叶片后蔓延全株	代森锰锌、甲霜灵、多菌灵、碱式硫酸铜、菌毒清、福美双	土壤消毒,及时排水,生物菌肥调控,农抗 120 抗生素防治	√	√		√
斑枯病	叶片	代森锰锌、多菌灵、波尔多液、代森锌、烯唑醇、甲基硫菌灵	清园,合理施肥,避免过湿,抗生素多抗霉素防治	√	√		
轮纹病	叶片	多菌灵、甲基硫菌灵、三唑醇	选用良种,轮作,合理施肥,雨季及时排水	√			
灰斑病	叶片	代森锰锌、戊唑醇	合理施肥,轮作,加强通风透光,及时拔除病株并消毒		√		
叶斑病	叶片	代森锰锌、多菌灵、甲基硫菌灵	清园,加强管理,控旺,雨季及时排水,初期摘除病叶	√	√	√	√
病毒病	叶片	病毒比克、菌克毒克、病毒立清、施特灵	选用良种,防治蚜虫、飞虱类	√	√		√
炭疽病	各部位	波尔多液、代森锰锌、甲基硫菌灵	种子种苗消毒,及时排水,清理杂草病株,农用抗生素、四霉素防治	√	√		
叶枯病	叶片	三唑醇、多菌灵、甲基硫菌灵	轮作,合理密度,排水降湿,井冈霉素防治	√			√
白锈病	叶片	甲霜灵、代森锰锌、波尔多液、代森锌	土壤消毒,及时排水,不与十字花科作物轮作		√	√	
线虫病	根及根茎	阿维菌素	土壤消毒,选良种,种苗消毒	√	√	√	
霜霉病	叶片、茎	甲霜灵、代森锰锌、甲基硫菌灵、多菌灵	选抗病品种,种苗消毒,土壤消毒,轮作,加强通风,合理施肥,清园	√			√
根腐病	根、根茎	恶霉灵、福美双、代森锌、甲基硫菌灵	土壤消毒,排水及通风,病株挖出病穴消毒,酵素、枯草芽孢杆菌调控	√	√	√	√

表 7 “四大怀药”主要虫害种类及防治方法

虫害种类	危害部位	防治方法		发病物种			
		化学方法	综合方法	地黄	山药	牛膝	菊花
蚜虫、蓟马、白粉虱	叶片、嫩梢、花蕾	吡虫啉、抗蚜威、噻虫嗪、吡蚜酮	清园、引入天敌、加强田间管理、生物农药防治	√	√	√	√
红蜘蛛、菊叶螨等螨类	叶片	噻螨酮、乙螨唑、噻虫嗪、炔螨特	清园、引入天敌、加强田间管理、生物农药防治	√	√		√
菊天牛	茎	高效氯氟氰菊酯	清园、捕杀成虫				√
大丽菊螟	茎、叶片	噻虫嗪	清园、诱虫灯诱杀成虫、白僵菌生物防治				√
菜叶蜂	叶片	噻虫嗪	清园、黑光灯诱杀成虫、苏云金杆菌、白僵菌生物防治		√		√
夜蛾类、蝶类幼虫	叶片	阿维菌素、高效氯氟氰菊酯	清园、土壤消毒、诱虫灯诱杀成虫、苏云金杆菌、白僵菌生物防治	√	√	√	√
豆芎菁	叶片	高效氯氟氰菊酯	土壤消毒、翻地冻土、人工捕杀	√			
金针虫、蛴螬、地老虎等地下害虫	根、根茎、嫩茎	阿维菌素、高效氯氟氰菊酯	土壤消毒、苏云金杆菌生物防治、毒饵诱杀幼虫、诱虫灯诱杀成虫	√	√	√	
蛴螬	种子、嫩茎、块根、根茎	阿维菌素、高效氯氟氰菊酯	土壤消毒、毒饵诱杀、诱虫灯诱杀、人工捕杀	√	√	√	

6 讨论

目前中药材生产过程中的相关标准缺失,导致种植无序及滥用化肥、农药、生长调节剂的现象时常发生,严重影响了中药疗效及安全,成为中药材走向国际市场的主要瓶颈问题。另外,连作障碍是目前中药材生产面临的共性问题,老产区的连年种植造成产区面积萎缩、药材品质和产量下降,“四大怀药”无公害栽培技术体系的建立,可有效保障“四大怀药”种植产业的健康可持续发展。本研究通过GMPGIS系统获得“四大怀药”生态适宜性因子,为“四大怀药”新产区的选址提供参考。同时要综合考虑土壤肥力、微量元素、土壤微生物等因素。引种栽培过程中,药材质量是否合格,药效是否下降,药理作用是否改变等亦需要进一步研究探讨^[18]。另外,新的地区是否适宜于“四大怀药”规模化生产,还需较长时期的实地引种试验研究,综合考察引种药材的生长状况、病虫害发生情况、产量情况、药材外观品质和内在含量等^[20],以获得较可靠的结果。针对药材产区土壤肥力下降、微生态失衡问题,本研究探讨了“土壤消毒+绿肥回田+菌剂调控”土壤综合改良措施,配合有机肥为主、化肥为辅和“基肥+追肥+叶面肥”的施肥策略,改善土壤理化性质和微生态环境,以提升肥力、提高植物抗性,减少化肥和农药的使用,但土壤消毒药剂、绿肥和生物菌剂种类还需进一步开发和筛选,以完善土壤复合改良技术。通过对“四大怀药”不同种质资源的差异及现有优良品种培育现状研究,筛选了目前适宜产区发展的优势品种,制定了“四大怀药”种子种苗等级标准,为无公害药材生产的良种及种苗选择提供参

考,但目前新品种选育工作技术单一,育种新技术应用较少。

无公害栽培的关键是降低药材中农药、重金属及有害元素的含量。针对目前“四大怀药”生产过程中存在的问题,在未来时期可充分借助现代科学交叉技术,如利用GIS信息技术开展生态适宜产区的精准选址与建设工作,开展宏基因组学研究揭示连作障碍的机制;借助本草基因组学的技术和手段加快开展“四大怀药”抗病、抗逆、抗连作品种的筛选与培育工作^[30],降低病虫害发生率,减少化学农药的使用^[82]。另外,开展科学精准施肥、土壤改良以及生物菌肥和农药的研发均有利于病虫害的防治,从而有效避免或降低农残重金属超标现象。无公害“四大怀药”的生产体系的建立推动四大怀药种植走向精细化时代,也可为其他无公害中药材的生产提供参考。

参考文献

[1]高晓山.“四大怀药”考按[J].河南中医,1994,12(3):174-175.
[2]王鑫.河南省特色农产品四大怀药的出口现状、存在问题与对策[J].江苏农业科学,2013,41(7):400-402.
[3]赵宝泉,王茂文,丁海荣,等.药用菊花连作障碍及其缓解措施研究进展[J].安徽农业科学,2016,44(9):150-152.
[4]东莹莹.怀山药化感作用的初步研究[D].郑州:河南大学,2014.
[5]张重义,林文雄.药用植物的化感自毒作用与连作障碍[J].中国生态农业学报,2009,17(1):189-196.
[6]李明杰,冯法节,张宝,等.多元组学背景下地黄连作障碍形成的分子机制研究进展[J].中国中药杂志,2017,42(3):413-419.
[7]郭冠瑛,王丰青,范华敏,等.地黄化感自毒作用与连作障碍机制的研究进展[J].中国现代中药,2012,14(6):35-39.
[8]肖小河,陈士林,黄璐琦,等.中国道地药材研究20年概论[J].中国中药杂志,2009,34(5):519-523.
[9]刘丹,董诚明.豫产道地药材怀地黄产地变迁探讨[J].黑龙江农业科学,2018(4):133-136.

- [10] 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.
- [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): 3070-3079.
- [12] 陈士林, 黄林芳, 陈君, 等. 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.
- [13] 沈亮, 孟祥霄, 黄林芳, 等. 药用植物全球产地生态适宜性研究策略[J]. 世界中医药, 2017, 12(5): 961-973.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 张永清, 刘合刚. 药用植物栽培学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2013.
- [17] 张晓州, 白永平. 焦作四大怀药区域比较优势及空间分布研究[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(6): 140-145.
- [18] 王丽芝, 谢彩香, 陈士林, 等. 怀山药的生态适宜性数值区划[J]. 中药材, 2010, 33(8): 1222-1225.
- [19] 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): 12.
- [20] 张小波, 陈敏, 黄璐琦, 等. 我国地黄人工种植生态适宜性区划研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2011, 18(5): 55-59.
- [21] 李振方. 怀牛膝连作促进效应及其分子机理研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [22] 张敏, 谈献和, 张瑜, 等. 中药材连作障碍[J]. 现代中药研究与实践, 2012, 26(1): 83-85.
- [23] 王天亮, 路翠红, 白自伟, 等. 怀山药连作种植技术[J]. 农业科技通讯, 2008, 36(9): 122-123.
- [24] 王文庆. 平遥山药连作障碍机理研究及其防治对策[D]. 太原: 山西大学, 2011.
- [25] 李佳, 史清亮, 白建军, 等. 生态配方施肥对长山药病情与产量的影响[J]. 山西农业科学, 2011, 39(8): 820-822.
- [26] 刘永录, 李自刚. 复合微生物制剂对怀山药连作障碍的修复机制研究[J]. 河南农业科学, 2010, 39(11): 90-93.
- [27] 赵宝泉, 王茂文, 丁海荣, 等. 药用菊花连作障碍及其缓解措施研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 150-152.
- [28] LIANG Yan, WU Xiao-qin, ZHANG Ying. Research development of chemistry and bioactive activity of plant peptides[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(9): 714-717.
- [29] 郭兰萍, 黄璐琦, 蒋有绪, 等. 药用植物栽培种植中的土壤环境恶化及防治策略[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(9): 714-717.
- [30] 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.
- [31] 宋尚成, 李敏, 刘润进. 种植模式与土壤管理制度对作物连作障碍的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 231-235.
- [32] 王荣秀, 李永良, 刘国强, 等. 退耕还林(草)林药符合模式中草药栽培技术[J]. 青海农林科技, 2004, 33(4): 71.
- [33] 李世东, 马承铸, 陈昱君, 等. 三七栽培地病原性连作障碍生态修复, 中药资源可持续发展导论[M], 北京: 中国医药出版社, 2006: 240.
- [34] 曹志强, 金慧, 许永华, 等. 老参地、老农田连续移栽人参实验研究[J]. 人参研究, 2005, 17(1): 9.
- [35] 刘红彦, 王飞, 王永平, 等. 地黄连作障碍因素及解除措施研究[J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 131-132.
- [36] 严铸云, 王海, 何彪, 等. 中药连作障碍防治的微生态研究模式探讨[J]. 中药与临床, 2012, 3(2): 5-9.
- [37] 石雷磊, 徐建中. 土壤处理对白术连作障碍的调控效应研究[J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(5): 693-697.
- [38] 黄剑. 怀地黄连作障碍消减技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
- [39] 张新慧. 当归连作障碍机制及其生物修复措施研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [40] 郭荣君, 李世东, 缪作清, 等. 麻山药土传病害无公害防治技术[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(8): 1041-1042.
- [41] 么厉, 程惠珍, 杨智, 等. 中药材规范化种植(养殖)技术指南[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [42] 沈亮, 徐江, 董林林, 等. 人参栽培种植体系及研究策略[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(17): 3367-3373.
- [43] 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.
- [44] 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): 23.
- [45] 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.
- [46] 赵杨景, 王玉萍, 杨峻山, 等. 西洋参与紫苏、薏苡轮作效应的研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(1): 12-15.
- [47] 周大纲. 甲基溴的取代药剂——棉隆[J]. 世界农药, 2011, 33(3): 46-49.
- [48] 杨好伟, 耿欣, 张彦玲, 等. 山药种植方式、浇水量和浇水次数的产量效应[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2005, 33(2): 50-51.
- [49] 翟俊杰, 张红瑞, 高致明. 栽培技术对山药质量的影响[J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报, 2015, 35(1): 23-26.
- [50] 司鹏飞. 平凉山药及其无公害栽培技术[J]. 作物杂志, 2006, 21(2): 60-61.
- [51] 汤化昌, 张灿宏, 陈如恩, 等. 无公害淮山药标准化生产技术[J]. 作物杂志, 2005, 20(2): 41-42.
- [52] 王冬霞, 郑敏, 王瑞霞. 嘉祥县无公害农产品生产基地管理的技术措施[J]. 中国食物与营养, 2004, 9(11): 59-60.
- [53] 朱京斌, 倪大鹏, 王志芬, 等. 地黄无公害生产技术规程[J]. 山东农业科学, 2012, 44(8): 121-122.
- [54] 王秋萍. 无公害地黄生产技术规程[J]. 科学种养, 2015, 9(3): 34-36.
- [55] 李有成, 李建军, 耿振东, 等. 无公害脱毒地黄栽培技术[J]. 河南农业, 2003, 20(2): 15-17.
- [56] 郑和平. 怀地黄温 9302 及其高产栽培[J]. 河南农业, 2004, 21(9): 24-26.
- [57] 张留记, 屠万倩. 怀地黄品种比较和质量研究[J]. 河南农业科学, 2007, 36(3): 101-102.
- [58] 陆中华, 沈学根, 王志安, 等. 杭白菊早小洋菊无公害高产关键技术研究[J]. 中国现代中药, 2011, 13(3): 26-28.
- [59] 张春桃, 陈軼, 蔡建武, 等. 观赏性杭白菊病虫害综合防治及无公害栽培技术[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(3): 25-26.
- [60] 魏世清, 宋福海. 怀菊花优质高产无公害栽培技术[J]. 河南农业, 2005, 22(4): 22-25.
- [61] 王天亮, 路翠红, 白自伟, 等. 经济药用植物怀牛膝无公害栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2006, 34(7): 39-40.
- [62] 王新民, 张重义, 李宇伟, 等. 怀牛膝 GAP 栽培技术标准操作规程[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(5): 922-923.
- [63] 白锦雯, 刘亚非. 怀牛膝栽培技术[J]. 河南农业科学, 2002, 31(7): 36-36.
- [64] 张丽萍, 杨世林, 杨春清, 等. 我国药材种子种苗产业存在的问题及其对策[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(10): 3-5.

- 力的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(7): 1142-1147.
- [33] 习慧梅. 设施菜地土壤改良技术[J]. 云南农业科技(连续型电子期刊), 2016(3): 37-40.
- [34] 李西文, 马小军, 宋经元, 等. 半夏规范化种植、采收研究[J]. 现代中药研究与实践, 2005, 19(2): 29-34.
- [35] 郝金荣. 早半夏种植技术要点指导[J]. 当代贵州(连续型电子期刊), 2006(10): 40.
- [36] 蒋燕, 翟玉铃, 王惠, 等. 半夏配方施肥模型研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(25): 7887-7888, 7936.
- [37] 张美, 周先建, 陈铁柱, 等. 施肥对半夏生长、产量和质量的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(17): 7473-7474.
- [38] 张明, 钟国跃, 马开森, 等. 半夏倒苗原因的实验观察研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 39(3): 85-86.
- [39] 薛建平, 张爱民, 方中明, 等. 水杨酸对半夏植株生长的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 42(12): 1134-1136.
- [40] 王兴, 薛建平, 张爱民. 遮荫对半夏块茎鲜重及其内源激素含量的影响[J]. 核农学报, 2008, 21(4): 514-518.
- [41] 郝俊霞, 于志勇, 夏志会. 半夏规范化栽培管理技术[J]. 河北林业科技, 2009, 36(3): 126.
- [42] 刘承训. 半夏的种植管理与加工[J]. 农家参谋, 2012, 29(10): 10.
- [43] 帕提古丽·苏皮. 绿色食品的农药使用标准[J]. 农村科技, 2005, 11(12): 13.
- [44] 洪渡, 丁扣琪. 农作物病虫害的农业防治措施[J]. 植物医生, 2014, 27(2): 6-7.
- [45] 沈君辉, 聂勤, 黄得润, 等. 作物混植和间作控制病虫害研究的新进展[J]. 植物保护学报, 2007, 34(2): 209-216.
- [46] 陈铁柱, 周先建, 张美, 等. 赫章半夏 GAP 规范化种植标准操作规程(SOP)[J]. 现代中药研究与实践, 2011, 25(2): 8-12.
- [47] 侯志宏. 物理农业的应用及产业化[J]. 中国农业信息, 2014, 6(3): 265.
- [48] 王明友, 宋卫东, 王教领, 等. 物理防治技术在设施蔬菜生产中的应用[J]. 农业工程, 2015, 5(S1): 18-20, 48.
- [49] 代亚芳. 思南县地产中药材有害生物种类调查及防治技术[J]. 植物医生, 2008, 21(2): 22-24.
- [50] 李凯, 袁鹤. 植物病害生物防治概述[J]. 山西农业科学, 2012, 40(7): 807-810.
- [51] 雷仲仁, 吴圣勇, 王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 1-6, 25.
- [52] 刘振海, 张海清, 霸丽娜. 生物源农药宁南霉素对水稻立枯病的防治效果[J]. 作物研究, 2009, 23(4): 265-268.
- [53] 邓光兵, 万波, 胡厚芝, 等. 宁南霉素对烟草花叶病毒的生物活性[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(6): 695-698.
- [54] 高希武. 我国害虫化学防治现状与发展策略[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 19-22.
- [55] 姚入宇, 陈兴福, 孟杰, 等. 药用植物 GAP 生产的病害绿色防控发展策略[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(15): 2242-2246.
- [56] 陈元生. 广东重点中药材害虫发生现状与防治对策[J]. 江西农业学报, 2007, 19(10): 81, 104.
- [57] 曾令祥, 李德友. 早半夏病虫害识别及防治[J]. 农技服务, 2007, 24(3): 73-76.
- [58] 胡玉涛. 半夏主要病虫害及防治技术[J]. 农技服务, 2008, 25(11): 83-84.
- [59] 虞秀兰, 吴长松, 熊咏. 中药材半夏的栽培管理及病虫害防治[J]. 植物医生, 2002, 15(5): 15-16.
- (2018-11-10 收稿 责任编辑: 徐颖)
- (上接第 2948 页)
- [65] 蔡金辉, 严渐子, 黄晓辉, 等. 山药品种资源的分类研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 19(2): 71-75.
- [66] 徐国钧, 徐璐珊. 常用中药材品种整理和质量研究·南方篇[M]. 2 册. 福州: 福建科学技术出版社, 1997: 449.
- [67] 王素霞. 怀山药新铁 2 号的选育及高产栽培技术[J]. 河南农业科学, 2013, 42(7): 112-114.
- [68] 李建军, 任美玲, 王君, 等. 铁棍山药新品种选育研究[J]. 中药材, 2015, 38(9): 1787-1791.
- [69] 李建军, 范红军, 姚换灵, 等. 不同怀地黄品种在地膜覆盖栽培下产量和品质的研究[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43(3): 252-255.
- [70] 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): 23-26.
- [71] 赵月丽. 铁棍山药种苗质量标准的研究[D]. 郑州: 河南师范大学, 2011.
- [72] 李隆云, 彭锐, 李红莉, 等. 中药材种子种苗的发展策略[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(2): 121-126.
- [73] 周丽莉, 伊伟贞, 祁建军, 等. 种苗质量对怀地黄生长及低聚糖含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(14): 2037-2040.
- [74] 明鹤, 杨太新, 杜艳华. 祁山药零余子种苗质量分级的研究[J]. 种子, 2013, 32(12): 117-119.
- [75] 姚锋, 董诚明, 柴茂, 等. 怀地黄种栽质量分级标准研究[J]. 河南农业科学, 2014, 43(6): 120-122.
- [76] 刘晓清, 杨太新, 马春英, 等. 祁菊花种苗质量分级标准研究[J]. 种子, 2015, 34(6): 115-117.
- [77] 祁建军, 李先恩, 周丽莉, 等. 牛膝种子质量研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(15): 2038-2041.
- [78] 聂金娥, 郭庆梅, 王真真, 等. 施肥与中药材质量相关性研究概况[J]. 辽宁中医杂志, 2014, 41(1): 186-188.
- [79] 李寒梅. 菊花无公害生产技术规范[J]. 现代农业科技, 2012, 40(2): 122-123.
- [80] 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.
- [81] 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.
- [82] 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): 14.
- (2018-11-10 收稿 责任编辑: 徐颖)