

丹参常见病害及用药情况调查

周冰谦^{1a,1b}, 卢恒^{1a,1b}, 杨国红^{1a,1b}, 王晓^{1a,1b}, 郭兰萍², 刘伟^{1a,1b*}

(1. 齐鲁工业大学(山东省科学院) a. 山东省分析测试中心 山东省大型精密分析仪器应用技术重点实验室;
b. 药学院 山东省高等学校天然药物活性成分研究重点实验室, 山东 济南 250014;
2. 中国中医科学院 中药资源中心, 北京 100700)

摘要:为提高丹参病害防治技术同时为丹参生产提供基础数据,通过对济南、临沂等山东丹参主要生产区域的多个种植基地及农资经营单位走访调查,结合文献调研,对丹参常见病害、发病规律、用药种类、农残现状进行总结归纳。结果表明丹参常见病害有10种,使用包括生物农药及复合制剂等在内的20类43种农药,用药品种均符合用药规定,但存在缺乏农药登记及防治技术指导、生物防治推广不足等问题。该结果为科学防治丹参病害,促进丹参产业绿色持续发展提供依据。

关键词:丹参;病害;农药残留;综合防治

中图分类号:R282.2

文献标志码:A

文章编号:1002-4026(2024)04-0009-08

开放科学(资源服务)标志码(OSID):



Investigation of common diseases and pesticide use in *Salvia miltiorrhiza*

ZHOU Bingqian^{1a,1b}, LU Heng^{1a,1b}, YANG Guohong^{1a,1b}, WANG Xiao^{1a,1b}, GUO Lanping², LIU Wei^{1a,1b*}

(1. a. Key Laboratory for Applied Technology of Sophisticated Analytical Instruments of Shandong Province; b. Key Laboratory for Natural Active Pharmaceutical Constituents Research in Universities of Shandong Province, School of Pharmaceutical Sciences, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Jinan 250014, China; 2. National Resource for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

Abstract: There is currently an unmet need to improve disease prevention and control in *Salvia miltiorrhiza*. Here, we reviewed the literature as well as visited and surveyed multiple planting sites and agricultural management units in Shandong's main production areas, such as Jinan and Linyi, to investigate and summarize the common diseases, incidence patterns, medication types, and pesticide residue status of *S. miltiorrhiza*, which may also provide foundational data to aid in *S. miltiorrhiza* production. The findings showed 10 common diseases in *S. miltiorrhiza*, and a total of 20 categories and 43 types of pesticides, including biopesticides and compound formulations, were used in its management.

收稿日期:2023-10-16

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82173917);国家现代农业产业技术体系项目(CARS-21);名贵中药资源可持续利用能力建设项目(2060302);山东省重点研发计划(2021ZDSYS12);齐鲁工业大学(山东省科学院)科教产融合创新试点工程项目(2022PX093);“济南市高校20条”扶持项目(202228020)

作者简介:周冰谦(1988—),女,助理研究员,研究方向为中药资源及质量控制。E-mail: zhoubingqian116@163.com

*通信作者,刘伟,男,研究员,研究方向为中药资源及质量控制。E-mail: liuwei0074@163.com

The varieties of pesticides used were all in compliance with drug use regulations, but issues, such as the lack of pesticide registration, lack of guidance on prevention and control technology, and insufficient promotion of biological control, were found. This article aims to provide a basis for the scientific prevention and control of *S. miltiorrhiza* diseases, and to promote the green and sustainable development of the *S. miltiorrhiza* industry.

Key words : *Salvia miltiorrhiza*; disease; pesticide residues; comprehensive prevention and control

中药丹参来源于唇形科鼠尾草属植物丹参(*Salvia miltiorrhiza*.)的干燥根及根茎^[1],其药效确切、临床应用范围广泛,在治疗心脑血管疾病方面发挥着重要作用,是我国常用大宗药材之一^[2-3]。目前以丹参为原料的中成药已有 100 余种^[3],随着其年需求量的增加,种植面积也在不断扩大。中药丹参以栽培品为主,其主要产区为山东、四川、河南、山西、河北等地,其中山东种植面积达 30 余万亩^[4-6](1 亩≈666.67 m²)。随着丹参种植密度逐年增大及连年复种,由此带来的各种病虫害问题日益加剧,严重制约了丹参品质提高及产业发展^[7-8]。丹参的常见病害有 10 种,涉及近 20 种病原菌,其中地上部病害为叶斑病、红叶病、叶枯病、茎基腐病、病毒病和黄萎病等,地下部病害为根腐病、枯萎病、白绢病、疫病、紫纹羽病、根结线虫病及菌核病等^[9-12]。为减少发病率,保证丹参的产量及质量,生产中大部分采取化学药剂方法进行防治,一般通过药剂蘸根、移栽前土壤处理及生长期处理等方式防治病害发生与控制传播^[8-9,12]。

目前用于中药病害防治的农药近百种^[13],农药与药材质量、环境之间的矛盾也日益突出。一方面药农对病害种类及其防治、发病规律缺乏科学认识;另一方面国家缺乏丹参农药登记制度和指导性准则,两方面原因造成药农时常盲目、过量、滥用农药,加剧了丹参发病频率及受害面积,使生态环境压力增加,同时也导致药材农残超标^[7,13-14],据报道在丹参中检测到的农药种类高达 229 种之多^[15-17]。因此,明确丹参病害类型及发病规律,从种植环节控制农药使用对于丹参的生产、加工及临床用药安全都有着积极影响。本研究对山东省内丹参主要生产区域济南、临沂、日照、泰安等地的多个种植基地及农资经营单位的丹参种植情况进行了调研,对丹参生产中常见病害种类进行总结;同时对其发生规律、常见用药种类、使用方法、农药残留检测现状及丹参农药使用中存在的问题进行了归纳,旨在为丹参生产中防治病害发生、科学规范用药提供依据,促进丹参农业生产的绿色可持续发展。

1 材料与方法

2021 年 3 月至 2021 年 11 月期间通过走访调查、数据收集及文献调研相结合的方式开展研究。主要针对丹参生长过程中常见病害及常用农药种类、化学成分、用药规律和特征等进行调查记录,调查区域覆盖临沂蒙阴、平邑、莒南,济南莱芜、平阴,日照莒县、五莲,泰安新泰等丹参主产区,调查面积约 1 万亩(其中头茬丹参 8 000 亩,重茬丹参 2 000 亩),共调研种植主体 55 家,涵盖种植企业 12 家、专业合作社 10 家、种植户 23 家,农资销售主体 10 家。

采用田间调查法系统调查丹参常见病害发病情况,各调查地随机选取 5 个点,每点随机取 100 株丹参,统计病害种类及发病率。同时通过中国知网(<http://www.cnki.net>)、中国农药信息网(<http://www.chinapesticide.org.cn>)等开展数据调研,对丹参常用农药种类、使用方法等进行总结。

2 结果与分析

2.1 丹参常见病害

调查发现,头茬丹参病害种类及发病率均较低,重茬丹参常见地上部病害主要有叶斑病、红叶病、叶枯病、茎基腐病、病毒病和黄萎病等,常见地下部病害为根腐病、枯萎病、白绢病、疫病、紫纹羽病、根结线虫病及菌核病等,病原菌、危害症状及病害发生规律见表 1。

表 1 丹参常见病害调查表

Table 1 Investigation results for common *Salvia miltiorrhiza* diseases

病害名称	病原菌	侵染部位	类型	危害症状	发生规律
根腐病	腐皮镰刀菌 (<i>Fusariumsolani</i>) 木贼镰刀菌 (<i>Fusariumequiseti</i>)	根部	土传病害	发病部位为根部,由须根、侧根开始腐烂,逐渐向主根蔓延致全根腐烂,后期根皮呈纤维状,极易拔出,植株地上部分枯萎	在丹参整个发育期均可发生,传播蔓延速度快。病原菌以菌丝体、厚垣孢子在种根和土壤中越冬,以根毛及根部伤口侵入根系。潜伏期 10~15 d,在雨水多、土壤湿度大及种植过密过大时蔓延迅速,危害严重 ^[9,18]
枯萎病	尖孢镰刀菌 (<i>Fusariumoxysporum</i>)等	根和茎基部	土传病害	地上部分矮小,叶片发黄变褐,枝茎枯萎,中午出现萎蔫症状,早晚恢复,发病 3~5 d 后植株枯萎死亡;根系发育较差,须根较少,严重时变褐腐烂;主茎及主根维管束变褐	以菌丝体、厚垣孢子或菌核越冬,成为翌年的初侵染源。该病多发生在 5~10 月份,在 7~8 月高温多雨季节,雨水多、湿度大,排水不良及重茬地等发病重 ^[19]
疫病	恶疫霉 (<i>Phytophthoracactorum</i>)	根及茎叶	土传病害	发病初期叶片变黄,茎基部水渍状淡黄色色斑后逐渐腐烂,主根表皮水渍状,剥皮可见髓部完全腐烂,有臭味,呈湿腐,潮湿时可产生白色霉状物	病菌以菌丝和卵孢子随病残体土壤中越冬。翌年遇雨、灌溉水传播开始侵染。疫病的轻重与雨季的时间、气温高低、雨量大小密切相关 ^[20-21]
白绢病	齐整小核菌 (<i>Sclerotiumrolfsii</i>)	根及茎基部	土传病害	发病部位由近地面的根茎处开始,分别向地上及地下部蔓延,病部出现一层白色绢丝状菌丝层,并呈放射状蔓延,发病中后期在白色菌丝层中出现黄褐色油菜籽大小的菌核,后期叶片枯萎导致植株死亡	病菌以菌丝和菌核附在病种根和土壤中越冬。在高温高湿条件下萌发,通过病菌、土壤或水传播。白绢病在丹参整个生长季节均可发生,一般 6~8 月份发病严重 ^[9]
菌核病	核盘菌 (<i>Sclerotiniasclerotiorum</i>)	根、茎基部及芽尖	土传病害	发病首先由细根逐渐蔓延至主根并出现褐色干腐,伴随病部表面、附近土面及茎秆基部内部产生白色绵毛状菌丝体,后形成灰黑色的鼠粪状菌核。根部维管束变褐色,后期根部腐烂,病株上部茎叶逐渐发黄,最后死亡	菌核在土壤或病残体上越冬,当土壤温度在 2 ℃ 时即开始以菌丝侵染发病,随气流传播侵染危害。一般 4 月下旬发病,5~6 月进入发病盛期,8 月以后逐渐减轻。当环境温度适宜、湿度高发病严重 ^[9]
紫纹羽病	桑卷担子菌 (<i>Helicobasidiummompae</i>)	根部	土传病害	发病初期根部表面缠绕白色根状菌索,后菌索转为粉红色至褐色密布根表。根表菌索开始易剥落,后因菌索密集成菌膜,包裹表皮层,质地坚韧,不易剥离。当根部肉质部分腐烂后,剥皮壳和中间的本质化纤维,植株易从土中拔起,地上部枯死	病原菌以菌索依附在根系或土壤中越冬,翌年成为初次侵染源。该菌于次年 8 月初开始发病,雨季及湿度大的土壤中发病严重,一直持续至 11 月份 ^[22]
叶斑病	尚不明确	叶片	气传病害	由丹参下部叶片开始发病,逐步扩展至上部幼嫩叶片。随着病害扩展蔓延,病斑由灰色小点逐渐转为深褐色,近圆形或不规则形状。下雨潮湿天气利于蔓延传播,病斑扩展迅速,严重时密布、融合,叶片变黑、干枯,大量脱落,发病严重的植株枯萎死亡	病菌附着在残体中越冬,在丹参整个生育期内均可发病,高温高湿条件下更易发病。该病于 5 月开始,6~9 月份为发病盛期,菌斑融合会造成大量落叶 ^[9,20]
红叶病	尚不明确	叶片、茎和根	气传病害	发病初期叶片由叶缘向内逐渐变红,严重时整株均变成紫红色而致枯萎;须根褐变腐烂并蔓延至主根,表皮变黑后致全根腐烂	在我国发生较少,报道仅出现在陕西省。该病发作用于丹参生长中后期,为全株性病害,叶片紫红、植株枯萎及根系腐烂等症状,发病机制尚不明确 ^[9,23]
叶枯病	壳针孢属 (<i>Septoria</i>)	叶片	土传病害	由叶片开始发病,出现圆形褐色小斑点后逐渐扩大,严重时叶片呈现焦枯而致植株死亡	病原菌以菌丝体及分生孢子的形式存在病残体组织中越冬,翌年春天由其分生孢子萌发并随风雨及流水传播,经植物伤口侵入 ^[12]
根结线虫病	南方根结线虫 (<i>Meloidogyne incognita</i>)	根部	土传病害	在根部侧根或须根上产生大小不一的瘤状根结,其上再长出细弱的新根致寄主再度染病。地上部因根系吸收养分功能破坏而缺少养分,严重可致植物衰弱、变黄、萎蔫致枯死	主要分布在 5~30 cm 土层内并常以虫卵或 2 龄幼虫在土壤中随病残体越冬,随后通过病残体、带病土壤、带病种苗等传播 ^[9,24-25]

对调研区域种植基地的丹参病害发生率进行统计(图 1)。结果表明,根腐病、枯萎病、叶斑病和白绢病为其主要病害。其中根腐病作为丹参生产中最重要病害^[9],其发病率在调研基地中平均可达 28.8%,且该病害常与枯萎病并发,影响丹参的产量及质量,严重制约着丹参生产;白绢病作为苗期的主要病害之一,发病率平均高达 23.2%,危害丹参根部,且病菌菌核具有高抗逆性,可在土壤中存活 5~6 年以上,但在育苗阶段或发病初期尽早防治可以收到较好结果;叶斑病、菌核病及疫病发病率均在 16%~20%之间,严重地块可高达 50%以上;紫纹羽病、根结线虫病及红叶病发病率较低(图 1),但根结线虫病一般会引起丹参减产 10%~20%,严重时可达 30%以上,同时造成丹参质量的大幅度降低^[9]。

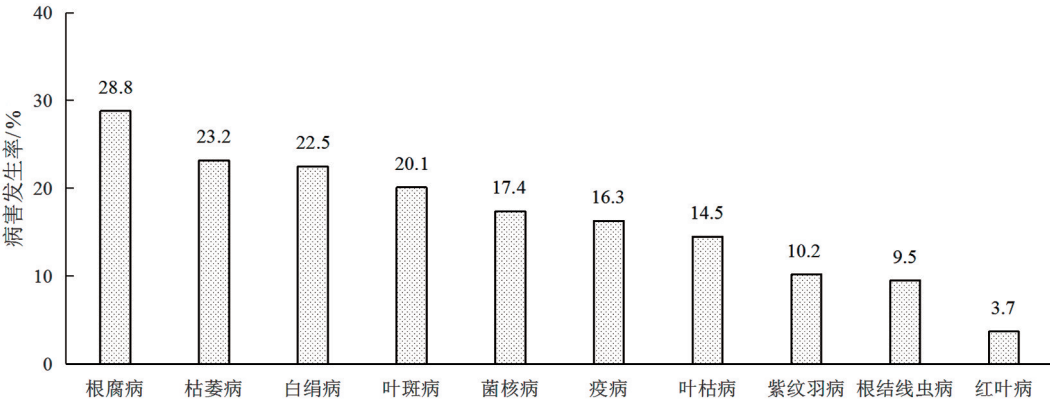


图 1 丹参不同病害发生率

Fig.1 The incidence of various *Salvia miltiorrhiza* diseases

2.2 丹参病害防治常用农药

通过对 45 家丹参种植主体及 10 家农资销售主体走访调研,记录整理丹参病害防治常用农药(表 2)。结果表明,用于丹参病害防治的常用农药共有 20 类 43 种,其中微生物源类有 6 种,农用抗生素类、复合制剂各有 4 种,咪唑类、有机磷类、新烟碱类各有 3 种,酰胺类、有机磷类、甲氧基丙烯酸酯类、植物源类、苯胺类、亚胺类、三唑类、植物生长调节剂类各有 2 种,铜制剂、取代苯类、吡咯类、噻唑类、杂环激素型、二硫代氨基甲酸酯类、氨基磺酸类各有 1 种。同时丹参病害防治常用的这 43 种农药均不涉及在 2019 年中华人民共和国农业农村部公布的《禁限用农药名录》^[26]中,表明当前丹参种植过程中对农药的使用符合规范。

表 2 丹参病害防治常用农药

Table 2 Common pesticides used for disease control in *Salvia miltiorrhiza*

类别	农药名称	数量
酰胺类	烯酰吗啉、霜脲氰	2
农用抗生素类	多抗霉素、嘧啶核苷酸类抗菌素、农抗 120、中生菌素	4
微生物源类	木霉菌、哈茨木霉菌、阿维菌素、芽孢杆菌、荧光假单胞菌、淡紫拟青霉菌	6
铜制剂	波尔多液	1
咪唑类	咪鲜胺、多菌灵、甲基硫菌灵	3
有机磷类	噻唑磷、辛硫磷	2
甲氧基丙烯酸酯类	醚菌酯、啲菌酯	2
植物源类	乙蒜素、苦参碱	2
取代苯类	百菌清	1
吡咯类	咯菌腈	1
苯胺类	氟乐灵、甲霜灵	2
噻唑类	三环唑	1
复合制剂	甲霜·锰锌、霜脲·锰锌、代森锰锌、退菌特	4

表 2(续)

类别	农药名称	数量
植物生长调节剂类	甲哌鎗、多效唑	2
新烟碱类	吡虫啉、啉虫脒、噻虫嗪	3
杂环激素型	草除灵	1
亚胺类	速克灵、菌核净	2
二硫代氨基甲酸酯类	威百亩	1
三唑类	硅唑咪鲜胺、苯醚甲环唑	2
氨基磺酸类	敌克松	1
总计		43

2.3 丹参农药使用规律

目前对丹参病害防治坚持“预防为主,综合防治”的植保方针,主要通过农业防治和药剂防治相结合的综合防治方法,其中化学防治主要通过土壤消毒、种子/种苗消毒及生长期科学喷施等方式进行,保障药材生产的质量和产量。

2.3.1 土壤消毒

土壤消毒作为防治丹参土传病害的主要方法,是有效消灭残留在土壤及根系病原菌的有效措施。在 2020 年山东省中药材行业协会发布的《山东道地药材丹参团体标准》^[27]中提出在播种前使用多菌灵或广枯灵(噁霉灵+甲霜灵)、咪鲜胺或 70%甲基硫菌灵^[28]等措施处理土壤来减少根腐病的发生;使用阿维菌素、噻唑磷或威百亩进行土壤消毒、灌施淡紫拟青霉菌(1 g 淡紫拟青霉菌含 2 亿孢子)预防根结线虫病的危害。

2.3.2 种子/种苗消毒

健壮无病的种子/种苗是降低病害发生的关键,能够经济、有效地减少病害的发生。目前对丹参种子/种苗消毒研究较多,方法较为完善^[9,12,21]。播种前可使用多菌灵或敌克松可湿性粉剂进行拌种,或用甲基硫菌灵浸泡进行种子处理;种苗的消毒可使用甲基硫菌灵和多菌灵,或可配合多抗霉素和嘧啶核苷类抗生素等措施,均能达到减轻病害发生的效果。

2.3.3 生长期科学喷施

丹参生长期的科学管理是稳定丹参产量质量、减少病害发生的关键环节。因此需要在病害易发季节加强管理、合理喷施药剂并在发病期科学正确用药来防止病害的蔓延。根据基地走访结合文献调研^[9,21,29],整理丹参生长期用药规律见表 3。

表 3 丹参生长期用药规律

Table 3 Drug usage schemes for disease control during *Salvia miltiorrhiza* growth

病害	用药习惯
根腐病	50%多菌灵 1 000 倍液或 58%甲霜灵锰锌 800 倍液或 70%甲基硫菌灵、3%多抗霉素、75%代森锰锌或 2% 嘧啶核苷酸类抗菌素在病株根周围灌根,连续 2~3 次,每株用药量约 200~300 mL,间隔 5~7 d
枯萎病	发病期可用 3%多抗霉素 WP 和农抗 120 水剂连续施用 2 次及以上,间隔 10~15 d
疫病	发病初期及时喷洒 72%杜邦克露或霜脲锰锌(克抗灵)可湿性粉剂 800 倍液、72%霜脲· 锰锌可湿性粉剂 800~1 000 倍液、58%雷多米尔锰锌可湿性粉剂 800 倍,连续施用 3~4 次,间隔 7~10 d
菌核病	发病初期可喷洒 40%菌核净 1 500~2 000 倍液或 50%速克灵 1 000~1 200 倍液进行防治,连续 2~3 次,间隔 7~10 d。后期使用 20%硅唑咪鲜胺及恶霜菌酯,连续 2~3 次,间隔 5~7 d
白绢病	72%甲霜· 锰锌+50%多菌灵 600 倍液灌根 1~2 次,间隔 7~10 d
叶斑病	发病初期使用 3%中生菌素 1 000~2 000 倍液或 20%噁菌酯、苯醚甲环唑 2 000 倍液喷或 45%咪鲜胺 2 000~3 000 倍液喷洒叶片正反面,交替施用 1~2 次
根结线虫病	5%阿维菌素颗粒剂对水稀释成 50 倍液浇施 1~2 次
叶枯病	发病初期喷施 1%波尔多液,连续 2~3 次,间隔 7~10 d 或用 50%的多菌灵 1 000 倍液喷治,连续 2~3 次,间隔 5~7 d
紫纹羽病	清除发病霉烂根系,用 70%甲基硫菌灵可湿性粉剂或 50%多菌灵 500 倍液灌根进行消毒处理

2.4 丹参用药特征分析

结合丹参不同生育期特点及常见病害发病规律进行调查,分析丹参种植中的用药特征。分析发现,每年6至8月份农药使用频率最高(最高可达4次/月),可能是由降雨、气温等因素变化有利于根腐病、叶斑病及白绢病等病害的发生及蔓延;其次为12月至翌年3月,主要用于播种或移栽前土壤的消毒;由于10至11月份丹参地上部枯萎接近采收期,为保证丹参品质及用药安全,距采收前一个月停止施用任何农药。不容忽视的是由于盲目追求产量,在种植过程中存在着农药种类混杂、过量滥用等问题。

2.5 丹参农药残留检测现状

随着近年来中药材产业的蓬勃发展,行业产业标准及绿色体系建设也对中药种植提出了较高的要求,而有关中药材中农药残留问题也成为当前最受关注的热点问题之一。据报道,农药残留问题已成为影响出口、限制中药材国际贸易的主要因素之一^[30-31],其中2019年农药残留成为被退回或扣留出口中药材占比最高因素(47%),2020年上半年31批次中药材因农药残留等原因被退回^[30],因此丹参作为常用大宗药材之一,农药残留情况尤为值得关注。随着2021年新修订《农药管理条例》^[32]的实施,绿色农业理念的逐步推进,新型农药种类的出现对用药管理及检测方法技术提出了新的要求。丹参所用农药从过去的有机氯类等改为新烟碱类(吡虫啉)、咪唑类及植物生产调节剂类(多效唑),因此需要明确丹参农药的使用现状并有针对性地扩大检测种类。目前对丹参农残中有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类农药检测技术成熟^[15,17,33-34],但杀菌剂类及植物生长调节剂类较少,需要进一步加强对这些类型农药的检测。

3 讨论

丹参临床应用广泛,除应用于抗心脑血管疾病外,其制剂还可配伍其他药物进行糖尿病、胃溃疡、痛经等多种疾病的治疗^[35],是常用的大宗药材之一。栽培作为关键上游环节对丹参药材质量稳定和用药安全起着重要的作用。随着种植面积及复种指数的双增长,病虫害发生率提高,农药的使用必不可少,但随之而来的是农药不当使用、农药残留等问题^[17,33],因此如何科学用药并系统地进行田间生产指导是当前亟需完善的环节。对本次调查发现的问题整理如下:

(1) 缺乏丹参农药登记

通过查询中国农药信息网(<http://www.chinapesticide.org.cn/>)发现,登记用于中药材人参、三七、枸杞、芍药、地黄、党参等的农药共计30余种,但未见丹参有关的农药登记,且缺乏相应防治技术指导^[36]。在实际种植中多依靠种植经验,常导致农药使用的不规范性及混用、滥用现象多有发生。

(2) 生物防治的推广程度低

生物防治作为生态友好、经济安全的防治措施对中药材产业的绿色发展起着积极作用^[37]。随着微生物农药的广泛研究,哈茨木霉菌、放线菌、绿色木霉菌等在黄连、西洋参、人参等种植中能够有效地拮抗引起白绢病、锈腐病等病害的病菌^[37-39]。虽然木霉菌、芽孢杆菌、荧光假单胞菌等生物制剂用于丹参根腐病、白绢病的防治也有使用,但目前化学制剂仍占主导地位,因此需要加强生物防治的推广,保证药材生产的安全性。

(3) 缺乏绿色标准化生态种植体系的建立

丹参优良品种的选育目前主要集中在多根型、粗根型及高活性成分方面^[40],单纯的抗病新品种选育研究较少,因此亟需加强抗病品种的选育及资源整合,从源头降低病害发生率^[41];其次加强绿色标准化生态体系的建立,通过科技培训等方式多方面落实农业防治、生物防治、生态防治及科学用药等综合防治措施,进一步促进丹参绿色标准化生态种植体系的建立。

综上所述,丹参生态种植技术、生物防治及抗病品种的选育研发工作需要进一步加强,其次需要逐步完善丹参农药登记制度,明确丹参病害使用药剂型和用量,规范丹参农药使用准则。在此基础上,通过技术培训及“产学研”方式等推广高效替代农药、生物农药和生态种植技术等多种举措,促进丹参产业健康稳定发展。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 77.
- [2] 冯科冉, 李伟霞, 王晓艳, 等. 丹参化学成分、药理作用及其质量标志物(Q-Marker)的预测分析[J]. 中草药, 2022, 53(2): 609-618. DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.02.031.
- [3] 周冰谦, 赵恒强, 王晓, 等. 不同连作年限山地丹参根际土壤细菌群落结构变化及其多样性分析[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(9): 3980-3985.
- [4] 卢明悦, 刘谦, 张永清, 等. 丹参产地趁鲜切片研究现状[J]. 中国医药导报, 2022, 19(25): 43-46. DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2022.25.09.
- [5] 刘沁荣, 杜紫薇, 李佳珍, 等. 不同产地丹参及根际土壤无机元素分析与评价[J]. 光谱学与光谱分析, 2021, 41(11): 3618-3624. DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)11-3618-07.
- [6] 许文娟, 李贝宁, 罗凌晨, 等. 基于丹参功能基因的道地品质形成的分子机制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(13): 97-107. DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20210813.
- [7] 王准. 丹参栽培问题及相关技术现状研究[J]. 农业技术与装备, 2022(3): 100-102.
- [8] 文家富, 郑小惠, 杨萍. 丹参主要病虫害绿色防控技术[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(2): 125-126. DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2015.02.041.
- [9] 王铁霖, 关巍, 孙楷, 等. 丹参常见病害的病原、发病规律及综合防治[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(11): 2402-2406. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20180329.001.
- [10] 许乐, 王子强, 张爽, 等. 丹参根腐病拮抗细菌筛选、鉴定及生防机理研究[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(4): 846-854. DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.04.011.
- [11] 鹿秀云, 郭庆港, 李社增, 等. 一种丹参新病害的病原菌鉴定及致病力测定[J]. 植物病理学报, 2021, 51(2): 163-170. DOI: 10.13926/j.cnki.apps.000520.
- [12] 李晓飞. 药用植物丹参主要病害及防治[J]. 吉林农业, 2017(15): 68. DOI: 10.14025/j.cnki.jlhy.2017.15.027.
- [13] 杨昌贵, 江维克, 杨野, 等. 中药材生产常见病害及用药特征分析与建议[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(11): 2925-2930. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20230214.101.
- [14] 王亮, 李敏, 郭威, 等. 吡虫啉和多杀菌素在丹参中的残留及消解动态分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(3): 28-31. DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.2016030028.
- [15] 李雯婷, 苗水, 陈铭, 等. 液相色谱-串联质谱法同时测定丹参中 139 种农药残留[J]. 世界中医药, 2019, 14(4): 783-792. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7202.2019.04.001.
- [16] 邓晶晶, 苟琰, 耿昭, 等. 气相色谱-串联质谱法检测川产丹参中 70 种农药残留[J]. 农药学学报, 2020, 22(5): 847-856. DOI: 10.16801/j.issn.1008-7303.2020.0124.
- [17] 高岩, 刘薇, 熊慧, 等. 全国中药资源普查丹参药材农药残留检测[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(17): 74-79. DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20181614.
- [18] 濮春娟, 李鹏英, 罗钰枝, 等. 不同类型的杀菌剂对丹参菌根效益的影响[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(6): 1368-1373. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20201222.101.
- [19] 杨立, 缪作清, 杨光, 等. 丹参枯萎病及其病原菌的研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(23): 4040-4043. DOI: 10.4268/cjcmm20132309.
- [20] 陈忠义, 马潇, 魏新田. 丹参病虫害的发生与防治[J]. 现代农业科技, 2011(8): 156-157. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2011.08.097.
- [21] 王冬梅, 高红, 刘同金. 白花丹参主要病害的发生及综合治理[J]. 山东农业科学, 2009, 41(6): 74-76. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4942.2009.06.025.
- [22] 匡红梅. 我省钟祥市首次发现检疫对象: 丹参紫纹羽病[J]. 湖北植保, 2001(1): 26. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6114.2001.01.024.
- [23] 段佳丽, 舒志明, 魏良柱, 等. 丹参红叶病发生的微生态机制[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 1991-1999. DOI: 10.

13287/j.1001-9332.2013.0405.

- [24] 丁远杰, 吴志明, 谢晓亮, 等. 丹参病毒病原鉴定研究[J]. 中草药, 2003, 34(12): 1136-1139. DOI: 10.3321/j.issn: 0253-2670.2003.12.036.
- [25] 郭绍波, 张铭望, 史亚芳. 嵩县丹参根结线虫病发病情况及防治方法[J]. 新农业, 2021(14): 55-56.
- [26] 中华人民共和国农业农村部. 最新禁限用农药名录公布[J]. 中国农资, 2019(47): 1.
- [27] 山东中药材行业协会. 山东道地药材丹参: T/SDCMIA-DD02—2020[S/OL]. [2023-09-02]. <https://www.ttbz.org.cn/Pdfs/Index/?ftype=st&pms=41498>.
- [28] 文家富, 陈光华, 王刚云, 等. 丹参根部病害发生与综合防治技术[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(10): 32-33. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6820.2009.10.011.
- [29] 云南省市场监督管理局. 丹参栽培技术规程: DB53/T 1006—2021[S]. 昆明: 云南省标准化技术委员会, 2021.
- [30] 李得运, 于志斌. 2020 年上半年中药材进出口贸易分析[J]. 中国现代中药, 2020, 22(10): 1592-1595. DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.20200921001.
- [31] 孙新琪, 安芳, 鹿倩, 等. 我国中药材禁用农药残留现状、毒性及分析方法研究进展[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(3): 611-627. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20211014.202.
- [32] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国国务院令 第 605 号[EB/OL]. [2023-09-02]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2011-10/10/content_1770.htm.
- [33] 李刚, 魏庆红, 怀静, 等. 丹参中 33 种农药残留的 LC-MS/MS 与 GC-MS/MS 检测方法研究[J]. 亚太传统医药, 2022, 18(9): 50-56.
- [34] 唐玉菲, 王雷, 杨成伟, 等. 二硫苏糖醇保护-改进的 QuEChERS 吸附剂净化-超高效液相色谱-串联质谱法测定丹参中 30 种农药的残留量[J]. 理化检验-化学分册, 2022, 58(8): 869-876. DOI: 10.11973/lhxy-hx202208001.
- [35] 马晓晶, 杨健, 马桂荣, 等. 中药丹参的现代化研究进展[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(19): 5131-5139. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20220808.101.
- [36] 刘芫汐, 辜冬琳, 苟琰, 等. 中药材种植中农药使用情况及残留现状分析[J]. 中国药事, 2022, 36(5): 503-510. DOI: 10.16153/j.1002-7777.2022.05.004.
- [37] 杜淑芳. 无公害中药材病虫害防治技术要点的思考[J]. 农业开发与装备, 2021(11): 229-230. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9205.2021.11.112.
- [38] 王学诗, 刘彬. 不同药剂对药用大黄黑粉病的防效研究[J]. 现代农业科技, 2022(18): 61-65. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2022.18.017.
- [39] 王亚婷. 微生物来源的蛋白酶体抑制剂的研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2011.
- [40] 王剑. 丹参种质资源与优良品种的选育研究[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(1): 166-168. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3305.2022.01.054.
- [41] 何韦静, 王洪苏, 张巧, 等. 四川重点药用植物病害研究现状与展望[J]. 中药材, 2022, 45(7): 1769-1779. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2022.07.043.