

丹参连作障碍机理及防控措施研究进展

苗中芹¹, 王信宏², 李国芳¹, 赵菁菁¹, 车程锦¹

(1. 淄博市农业农村事业服务中心, 山东淄博 255000; 2. 山东农业工程学院, 山东济南 250100)

摘要 近年来, 随着丹参需求量的增加, 丹参栽培面积不断扩大, 连作障碍严重影响了丹参产量和药材质量。根据近年来相关研究, 综述了丹参连作障碍的危害、发生机理及其防控措施, 为进一步研究和解决丹参连作障碍提供参考。

关键词 丹参; 连作障碍; 防控措施

中图分类号 S567.5⁺3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)20-0020-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.006



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Progress of the Mechanism of Continuous Plantation Obstacle of *Salvia miltiorrhiza* Bge. and the Countermeasures for Mitigation
MIAO Zhong-qin¹, WANG Xin-hong², LI Guo-fang¹ et al (1. Zibo Agrirural Business Service Centre, Zibo, Shandong 255000; 2. Shandong Agriculture and Engineering University, Jinan, Shandong 250100)

Abstract The cultivation area of *Salvia miltiorrhiza* Bge. has been continuously expanded with the increase of demand in recent years. The yield and quality of *S. miltiorrhiza* were restricted because of continuous cropping in the same land. Based on the related research in recent years, the harm, mechanism and mitigation countermeasures of continuous plantation obstacle of *S. miltiorrhiza* were summarized in this paper. It is of great significance to promote the cultivation of *S. miltiorrhiza* and provide basis for the formation of continuous cropping obstacles.

Key words *Salvia miltiorrhiza* Bge.; Continuous plantation obstacle; Mitigation countermeasures

丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bge.)为唇形科鼠尾草属多年生草本植物,以干燥根和根茎入药。《中国药典》2015年版^[1]记载丹参功能为活血祛瘀,通经止痛,清心除烦,凉血消痈。随着人们生活水平提高,市场对丹参需求量日益增加,野生资源消耗殆尽,各地已开始进行大面积的人工栽培^[2-3]。药用植物品质形成对于土壤、海拔、温湿度等自然环境要求较高,为了保障药材质量的可靠与稳定性,道地药材成为被市场和专家学者广泛接受的优质药材^[4-6]。为了满足市场对道地药材的需求,重茬种植在所难免,但对于丹参^[7]等根类药材而言,重茬连作障碍已成为生产上亟待解决的一大难题。

连作障碍是栽培药用植物普遍存在的问题,在根类药材中表现更甚,轻者降低药材品质,重者造成绝收,严重制约中药材可持续发展^[8-10]。根据近年来相关研究,拟综述丹参连作障碍的危害、发生机理及其防控措施,为进一步研究和解决丹参连作障碍提供参考。

1 丹参连作危害

1.1 连作对丹参产量的影响 连作田丹参死苗率增高,净光合速率降低,地上植株生长矮小、地下根系长势弱,根生长畸形,商品率逐年降低^[7]。

相关研究认为2~4年连作丹参田严重的枯苗率高达61.7%,为非连作地块的5~7倍,前茬作物为玄参、地黄、桔梗等根类药用植物的地块,枯苗率也表现出相同的规律。伴随着连作年限的增加,丹参叶片叶绿素含量不断降低,净光合速率也不断降低^[7,11]。牛敏^[12]研究表明,连作5年地块丹参叶片净光合速率相对于非连作地块降低了27.8%。由于净光合速率降低、病虫害增加等多种因素的影响,连作田丹参株高下降可达25%~39%,连作四茬丹参根直径减小超过

77%。连作丹参根系生长不良,主根坏死,根系直径变小,侧根生长,严重影响丹参生物产量和药材的商品质量。

1.2 连作对丹参质量的影响 质量问题关系到药材的临床疗效和用药安全可靠。《中国药典》2015年版对丹参药材的性状和成分含量作了明确规定:其中根长需达10~20 cm,直径0.3~1.0 cm;含丹参酮II A、隐丹参酮和丹参酮I的总量不得少于0.25%,丹酚酸B不得少于3.0%。连作障碍对丹参有效成分含量积累影响显著^[11],二、三、四茬丹参酮II A含量分别为非连作田的38.7%、32.3%和19.4%;张琳^[13]研究得出非连作地块丹参丹酚酸B为12.22%,四茬地块丹酚酸B含量降低到4.50%。

1.3 连作对丹参病虫害发生的影响 连作地块丹参感染根腐病和根结线虫病的概率大大增加,致使根系腐烂或生长瘦瘤,导致根系数量减少,产量降低,商品品质下降^[11]。多年连作地块发病普遍,危害更重。姜磊等^[14-15]报道多年连作地块丹参90%以上外观粗糙、根瘤增多,连作3年以上的地块土传根部病害发生普遍,大量线虫寄生,病虫株率高达50%以上。

2 丹参连作障碍机理研究

2.1 耕作土壤理化性质的改变

2.1.1 土壤养分失调。不同植物对土壤中的矿物质元素具有不同的吸收规律,药用植物也会特定地吸收土壤中的矿质元素。长期连续地种植某一作物容易造成矿质养分平衡发生变化,影响药用植物的生长与有效成分累积^[16-17]。相关研究表明土壤氮素、磷素协同调控丹参产量和有效成分含量,同时土壤中适量的铁、锰、锌、铜等微量元素对丹参生长具有一定的胁迫作用,可以促进丹参酮类物质的积累。相近施肥条件下,长期连作导致需求较多的元素在土壤中严重匮乏,造成根际土壤养分失衡,最终导致丹参连作障碍。

2.1.2 土壤pH变化。长期种植同一植物,土壤中阳离子交

基金项目 淄博市现代农业产业技术体系经济作物创新团队项目。

作者简介 苗中芹(1983—),女,山东枣庄人,农艺师,博士,从事农技推广工作。

收稿日期 2020-04-14

换量减少,发生元素间的拮抗作用,使土壤酸碱度失去平衡,出现土壤 pH 降低即土壤酸化现象,从而影响后茬药用植物的生长发育。张辰露等^[11]对不同连作年限的丹参土壤进行了分析,结果表明伴随连作年限的增加,土壤 pH 不断降低,四茬地块相对非连作地块,0~20 cm 土层土壤 pH 从 8.02 降低至 7.32。

2.1.3 土壤耕性降低。丹参栽培过程中,往往通过多施肥提高产量,过量的肥料连年积累,引发土壤次生盐渍化,造成土层板结,耕性减退^[18]。

2.1.4 土壤酶活性变化。土壤酶活性为土壤肥力的重要指标^[16]。土壤酶通过影响土壤化学性质来影响着作物生长发育,相关忌连作根类药用植物的研究表明随着种植年限的增加,土壤蛋白酶、过氧化氢酶、蔗糖酶、磷酸酶及脲酶活性显著降低。土壤酶活性变化是太子参连作障碍的主要原因之一^[19],丹参连作障碍与土壤酶活性变化的具体关系有待进一步研究。

2.2 土壤微生物环境变化 长期连作条件下,丹参植株残体、脱落物和根系分泌物都会进入耕层,对丹参地块的土壤微生物生态环境产生影响,最终影响根际土壤微生物的生长发育和繁殖^[20]。陈章等^[21-22]以四川中江县患病丹参根际与非根际土壤、正常生长丹参根际与非根际土壤为研究对象,测定了土壤理化性质及真菌类群多样性,结果表明土壤肥力退化及致病真菌是造成丹参连作障碍的原因。周冰谦等^[23]基于 Illumina 公司 Miseq 高通量测序平台,进行细菌 16S rRNA 序列 V3~V4 区的高通量测序,对不同连作年限山地丹参根际土壤细菌群落结构及其多样性分析进行研究,认为随着连作年限的增长,土壤中细菌群落种类数目明显减少,其中连作 2 年后下降了 66.13%。魏莹莹^[24]通过在盆栽中添加丹参须根,通过须根腐解处理来研究连作丹参田土壤微生物变化,结果表明须根处理降低了土壤中细菌种的数量和变形菌门、纤维弧菌属的丰度;增加了真菌种的数量和马鞍菌属 (*Helvella*)、梨孢霉属 (*Coniosporium*) 的丰度并新增加了 *Clydaea* 属。

连作后细菌群落多样性水平的变化引起优势菌群比例下降,导致根际土壤微生物菌群功能失调,与连作障碍的发生有着密切的关系。

2.3 化感自毒作用 除了土壤环境恶化之外,自毒作用也是造成丹参连作障碍的重要因素。化感自毒作用是指一种植物(包括微生物)向环境释放化学物质而对另一植物(包括微生物)产生直接或间接有害的或有益的作用。丹参根系分泌物有可能导致丹参抗病能力的降低,并对丹参的生长、对根际土壤的微生物环境产生影响。杨先国等^[25]通过 GC-MS 分析了丹参根际土壤的浸提液,发现了以烃、醇、酯、酚、酸、酮、醛类物质为主的有机物以及一些水溶性有机酸、长链脂肪酸、苯甲酸及其衍生物、直链醇、烯醇、脂肪族醛和酮、苯、酚、烃类及其衍生物等低分子有机化合物。从丹参根系分泌物中检测到的多种成分也同时在其他植物根际土壤中出现,并在连作障碍中对作物生长起到不同程度的抑制作

用。刘伟等^[26]认为丹参须根腐解产生有机酸类(乙酸、辛酸等)、小分子醛(乙醛等)、脂肪酸(十六烷酸等)、烃类(十六烷)、酚酸及衍生物类(邻苯二甲酸等)等一系列化感物质,对丹参连作障碍的形成具有一定的促进作用。

3 连作障碍的缓解措施

3.1 抗连作品种的选育 品种选育是药用植物栽培研究中的关键环节,抗连作障碍品种选育是解决目前中药材栽培种连作问题最有效的方法^[27]。倪大鹏等^[28]调查了 50 份丹参杂交种在丹参连作地块种植下的成活率、主根粗、根长、根条数、鲜根重和病害指标,筛选出可有效缓解连作障碍影响的 7 个优异杂交品系,为缓解丹参连作障碍问题提供了有力支持。山东省分析测试中心的刘伟等^[29]根据外观特性和抗性观察得出,筛选的白花丹参品系在连作第 2 年的生长明显好于其他普通品系,具有一定的抗连作优势。通过选育抗连作丹参品种,对缓解连作障碍、保证丹参产量和质量具有重要的意义。

3.2 合理的耕作制度和种植方式 轮休和间套作等耕作制度是减少和避免连作障碍发生的有效种植模式^[17]。合理种植栽培技术的选择有利于提高农业生态系统的生产力,有效改善土壤微生物环境。

林贵兵^[30]对中江丹参产地连作和轮休地块土壤微生物进行了研究,认为轮休地块土壤细菌数量增加,真菌数量减少,土壤缓慢细菌化。同时,随着轮休年限增加,功能微生物群落数目、多样性指数显著增加。丹参休地过程就是土壤微生物群落结构重新构建、恢复的过程,休地 2~3 年是丹参产地土壤微生物群落结构重构恢复的关键时期。雷雨等^[31]研究了决明、玉米、紫苏和辣椒 4 种植物与丹参间套作以消除丹参连作影响,结果发现茄科的辣椒是与丹参构建复合种植群体的最佳搭配物种。

刘伟等^[32]研究认为起垄覆膜等栽培技术能够保持土壤温度稳定,降低温度波动,提高土壤 pH 和酶活性,活化土壤中的矿质营养,在一定程度上能够缓解丹参连作障碍的发生,具有较高的实际应用价值。山东中医药大学张琳等^[13,17]研究发现,地膜垄式栽培对丹参连作障碍的消减最佳。

3.3 施肥 土壤矿质元素失衡和土壤微生物种类变化是丹参连作障碍形成的重要的影响因子。施肥尤其是施加具有微生物的菌肥和有机肥对于改良丹参耕作土壤,提高丹参产量和质量具有明显效果。李先恩等^[33]认为使用复合肥、微生物肥及微生物肥+复合肥处理土壤,丹参平均单株产量相比连作土壤增加 12.9%、21.7% 和 7.5%,平均产量增加了 8.0%、21.3% 和 13.6%,可见施肥可以部分改善连作对丹参产量的影响,且带有有效活菌的微生物肥效果最好。

王雪等^[34]研究了接种外源微生物对丹参生长及质量的影响,结果显示单独接种丛枝菌根真菌(AMF)以及 AMF 与哈茨木霉菌合用均有降低连作丹参根部病害的发生率,显著提高丹参根中丹酚酸 B、隐丹参酮含量的效果,接种 AMF 能显著提高丹参根丹酚酸 I 和丹参酮IIA 的含量。接种 AMF 以及 AMF+哈茨木霉能够有效降低连作地块丹参病害,提高药

材质量。

3.4 其他方法 目前其他关于降低丹参连作障碍,提高连作田丹参产量和质量的相关研究还包括石灰^[35]和活性炭^[36]等处理方法。相关研究表明,向土壤中添加石灰对丹参产量的促进作用未达到显著性水平,随着石灰的添加,即土壤pH的增加,丹参酮类物质和丹酚酸类物质呈现了竞争性变化趋势,丹酚酸类物质先升高后降低,而丹参酮类物质则相应的先降低后增加^[35]。添加活性炭可以减轻丹参自毒作用,增加土壤微生物的健康水平,从而对丹参生长指标、生物量和土壤微生物含量具有一定的促进作用,有利于连作地块丹参生长和产量提高^[36]。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [2] 姜卫卫,张永清.丹参栽培研究概况[J].现代中药研究与实践,2007(5):57-61.
- [3] 王涓玲,梁宗锁,孙群,等.丹参高产栽培优化配方施肥技术研究[J].西北植物学报,2004,24(1):130-135.
- [4] 韩邦兴,彭华胜,黄璐琦.中国道地药材研究进展[J].自然杂志,2011,33(5):281-285.
- [5] 黄璐琦,郭兰萍,胡娟,等.道地药材形成的分子机制及其遗传基础[J].中国中药杂志,2008,33(20):2303-2308.
- [6] 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.
- [7] 刘伟,张琳,章云云,等.不同连作年限对白花丹参生长及其活性成分含量的影响[J].中国中药杂志,2013,38(24):4252-4256.
- [8] 张子龙,王文全.药用植物连作障碍的形成机理及其防治[J].中国农业科技导报,2009,11(6):19-23.
- [9] 章云云,朱端卫,王晓,等.植物根系分泌物的作用及其与药用植物连作障碍的关系[J].湖北农业科学,2014,53(6):1241-1245.
- [10] 庄月娥,陈华观.药用植物连作障碍及其分子生态机制研究进展[J].海峡药学,2015,27(11):4-8.
- [11] 张辰露,孙群,叶青.连作对丹参生长的障碍效应[J].西北植物学报,2005,25(5):1029-1034.
- [12] 牛敏.连作对丹参光合作用及药材产量、品质的影响[D].济南:山东中医药大学,2017.
- [13] 张琳.连作丹参生理生态特性研究[D].济南:山东中医药大学,2014.
- [14] 姜磊,田成玉,李军,等.丹参规范化产业化种植技术[J].浙江农业科学,2019,60(10):1842-1845,1849.
- [15] 姜磊,田成玉,李军.丹参栽培技术研究[J].山东林业科技,2018,48(6):95-98.
- [16] 周芳,曹国璠,李金玲,等.药用植物连作障碍机制及其缓解措施研究进展[J].山地农业生物学报,2019,38(3):67-72.
- [17] 张琳,王晓,史国玉,等.中药连作障碍形成及其时空效应理论探讨[J].现代中药研究与实践,2014,28(5):78-83.
- [18] 李天祥,常广璐,李国辉,等.丹参培育中的关键问题和对策[J].时珍国医药,2015,26(12):3008-3010.
- [19] 夏品华,刘燕.太子参连作障碍效应研究[J].西北植物学报,2010,30(11):2240-2246.
- [20] 林贵兵,万德光,严铸云,等.基于PCR-DGGE的中江丹参轮作期间土壤细菌遗传多样性变化特征[J].江苏农业科学,2014,42(4):48-51.
- [21] 陈章,王强锋,杨红,等.四川中江丹参根际和非根际土壤真菌种群多样性PCR-DGGE分析[J].西南农业学报,2014,27(5):2040-2044.
- [22] 陈章.中江丹参连作土壤微生物特性研究[D].雅安:四川农业大学,2010.
- [23] 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.
- [24] 魏莹莹.须根腐解对连作丹参土壤中化感物质及微生物区系的影响[D].济南:山东中医药大学,2015.
- [25] 杨先国,刘塔斯,陈斌,等.丹参根际土壤浸提物的GC-MS分析[J].中国农学通报,2013,29(10):173-177.
- [26] 刘伟,魏莹莹,吕海花,等.须根腐解对丹参根际土壤化感物质的影响[J].中药材,2016,39(10):2203-2206.
- [27] 陈中坚,杨莉,王勇,等.三七栽培研究进展[J].文山学院学报,2012,25(6):1-12.
- [28] 倪大鹏,朱彦威,薛静,等.丹参杂交新品系耐重茬性初步评价[J].现代中药研究与实践,2017,31(1):20-24.
- [29] 刘伟,魏莹莹,刘大会,等.白花丹参抗连作作品系植物学及物候期特性研究[J].中药材,2015,38(1):5-7.
- [30] 林贵兵.丹参栽培土壤适宜性微生物群落结构研究[D].成都:成都中医药大学,2010.
- [31] 雷丽,郭巧生,王长林,等.复合种植对丹参生长及药材品质的影响[J].中国中药杂志,2018,43(9):1818-1824.
- [32] 刘伟,章云云,魏莹莹,等.耕作模式对白花丹参连作土壤理化性质及酶活性的影响[J].作物杂志,2015(1):72-77.
- [33] 李先恩,张晓阳.连作对丹参产量和质量的影响及施肥的作用[J].世界中医药,2015,10(8):1148-1151.
- [34] 王雪,陈美兰,杨光,等.丛枝菌根真菌与哈茨木霉菌合用对连作丹参生长及质量的影响[J].中国中药杂志,2014,39(9):1574-1578.
- [35] 张燕,李晓明,任振丽,等.不同石灰处理对丹参生长、生物量和活性成分的影响[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(7):75-79.
- [36] 张燕,赵瑜,金艳,等.不同活性炭处理对丹参生长、活性成分和土壤微生物影响的研究[J].中国现代中药,2018,20(4):441-444.