



张佳林,刘长安,付乾堂.我国星油藤根腐病和茎腐病发生现状及研究展望[J].黑龙江农业科学,2024(4):97-101.

我国星油藤根腐病和茎腐病发生现状及研究展望

张佳林^{1,2},刘长安¹,付乾堂¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园/热带植物资源可持续利用重点实验室,云南 勐腊 666303; 2. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:星油藤原产于秘鲁、厄瓜多尔等南美洲安第斯山脉地区,是当地重要的油料作物。2006 年星油藤引进我国并推广种植,研究发现随着种植年限的增加,星油藤出现了根茎基部腐烂,叶片变黄脱落等现象,严重影响了星油藤的产量及其产业的可持续发展。本文对星油藤根腐病和茎腐病的研究及星油藤发病的原因进行了归纳总结,并探讨星油藤根腐病和茎腐病防治措施,为后续预防星油藤根腐病和茎腐病及提高星油藤的产量提供一定的理论参考。

关键词:星油藤;根腐病;茎腐病;防治措施

星油藤(*Plukenetia volubilis* L.)又名南美油藤、印加果、印加花生,为大戟科多年生木质藤本油料植物^[1]。星油藤原产于南美洲亚马逊地区秘鲁和巴西西北部的热带雨林,种子是其利用的部分,星油藤的种子中含有约 35%~60%的油^[2-4],以及大量不饱和脂肪酸(ω -3, ω -6, ω -9)蛋白质和维生素等营养物质^[5-6],从星油藤的种子中榨取的油,可用于食品、保健、制药、化妆品等方面,具有降血脂、降血压,预防心血管疾病和保养肌肤等作用^[7-8]。

2006 年,中国科学院西双版纳热带植物园从秘鲁引进星油藤并于 2008 年试种成功,其主要分布在云南省西南部、贵州省和海南省等少量热带地区以及干热河谷种植^[9-10]。目前已有关于星油藤的繁育栽培,对干热河谷、低温胁迫等的适应,以及星油藤种子的营养价值、生物学特性、产品研发等方面的研究。但是随着星油藤种植年限的增加,西双版纳地区的星油藤出现了根、茎部腐烂,由此引起了叶子由绿变黄而逐渐干枯进而大面积死亡的现象;而海南地区种植的星油藤也出现了类似于叶片枯黄脱落、植株干枯直至死亡的现象^[10]。星油藤根腐病和茎腐病的发生使得星油藤产业的发展还未进入盛产期就枯萎衰败,生产投入得不到回报,这不仅挫伤了农户的种植积极性,也致使整个产业发展遇到了瓶颈。鉴于星油藤所具有的营养和经济价值及其开发前景^[11-12],亟需克服星油藤根腐和茎腐病,进而为星油藤产业的可持续发展奠定基础。因而预防及减轻星油

藤根腐病和茎腐病的发生,实现星油藤产业持续健康发展任重道远。本文主要论述我国星油藤主产区根腐病和茎腐病发生的现状及发病原因,为星油藤根腐病和茎腐病的预防及星油藤产业的可持续发展提供理论参考与技术支持。

1 星油藤在我国主要种植区根腐病和茎腐病发生现状

1.1 西双版纳种植区

2006 年,中国科学院西双版纳热带植物园从秘鲁引进了星油藤并进行试种,2008 年星油藤试种成功,而后在西双版纳、红河、临沧等地也推广种植星油藤。截至 2015 年末,印奇果公司已在西双版纳普文镇建成了 80 hm² 印奇美藤果良种繁育及试验基地^[13]。星油藤生长周期短,当年种植即可开花结果,一次种植后可连续收获多年。种植第二年进入盛产期,产值较高,种子产量可达 1 500~2 100 kg·hm⁻²^[12]。2015 年初,星油藤种植产区出现多年生星油藤植株大量死亡的现象,起初是星油藤植株上部分叶片由绿变黄,经研究发现,星油藤的根部以及茎基部也出现腐烂的现象,而后星油藤植株整株干枯,继而大面积死亡^[13],给农户以及星油藤产业造成了严重的经济损失。

1.2 海南种植区

2014 年,海南省陵水县引进种植星油藤,但是种植 2 年的星油藤植株出现异常枯萎现象,且这种类似植株枯萎的疾病爆发速度快且传播范围

收稿日期:2023-09-04

基金项目:中国科学院先导研究项目(XDA24030502);云南省科技厅重点研发计划(202003AD15001)。

第一作者:张佳林(1998—),女,硕士研究生,从事环境生态土壤微生物研究。E-mail:2092409760@qq.com。

通信作者:刘长安(1978—),男,博士,副研究员,从事作物栽培研究。E-mail:liuchangan@xtbg.ac.cn。

广,在短短几个月内便使星油藤的产量损失约 80%^[14]。

2015 年,海南省星油藤其他的苗圃种植区也陆续出现了植株萎蔫、落叶、干枯、死亡等现象。早期的症状为星油藤植株一侧的叶片出现了白天失水萎蔫而早晚恢复的现象。在反复出现这种现象后,萎蔫的叶片开始发黄、脱落直至整个植株枯萎死亡。此种病害的发病率高达 53%,到 2017 年,试种的星油藤植株全部感染,同时发病后的星油藤也会危害苗圃中的其他植物,其发病率竟高达 87%,这使得星油藤种植企业和很多农户都放弃了对星油藤的投资以及栽种^[10]。而在 2018 年,类似的情况也同样出现在海南大学儋州校区种植的星油藤植株上,在星油藤植株的茎部出现了黑色尘埃斑且发病率约为 3%^[15]。

但目前为止,尚未有关于在贵州、广西等地种植的星油藤出现根腐或茎腐类病害的相关报道。

2 星油藤发生根腐病和茎腐病的原因

2.1 西双版纳种植区星油藤发生根腐和茎腐的原因

将西双版纳地区出现根腐病和茎腐病的星油藤根部挖出并对其病原菌进行分离鉴定,最终确定引起星油藤根腐病的病原菌为尖孢镰刀菌^[13,16]。尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)是一类既可侵染植物同时又可以在土壤内生存的兼性寄生真菌,并且在土壤尤其是有有机质中数量多且活跃^[17],由此引发的植物枯萎病是一种世界性分布的土传真菌病害,属于土壤习居菌,病菌从植物的根部进行侵害,引起植株维管束萎蔫,最后造成植物整株枯死^[18]。对尖孢镰刀菌的致病性鉴定中发现,在湿度、温度较高的情况下会加重病害的发生和发展。尖孢镰刀菌不仅致病性强而且寄主范围广,可引起香蕉、棉花、玉米等 100 多种植物的枯萎病^[19]。

2.2 海南星油藤种植区星油藤发生根腐和茎腐及青枯病害的原因

与西双版纳地区星油藤发生病害原因不同,海南地区星油藤病害主要是由植物土传细菌性病原菌青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanaceayum*)引起的青枯病害,是主要发生在茄科作物(番茄、马铃薯、辣椒、茄子等)上的一种毁灭性病害^[20-21]。这种发生在茄科作物上的青枯病可从植物的根部或者茎基部侵入植株的导管系统,通过增殖以及一系列的生化活动堵塞或损坏寄主维管束输导组织,进而导致植株失水枯萎引起植株发病^[22]。目

前该类病害主要广泛分布于全世界范围的热带、亚热带和一些温暖地区。而我国主要是在南方的广东、湖南、福建、贵州及四川等地发生比较严重^[23]。并且由青枯雷尔氏菌引起的青枯病是引起作物病害最严重的危害之一,其寄主广泛且几乎每年都有此类病害新增寄主作物的相关报道^[10]。

除这种引起星油藤发生根腐和茎腐病害的致病菌之外,也有研究发现海南陵水县种植的星油藤根腐和茎腐病害是由茄病镰孢菌所引起的^[24]。而海南大学儋州校区田间种植的星油藤植株出现的茎部腐烂病害也主要是由于镰孢属病原真菌感染引起,但具体致病菌种未见报道^[25]。

3 星油藤根腐病和茎腐病的防治措施

当星油藤初现茎部腐烂时,最简单有效的治理方式是对星油藤茎部腐烂部位进行修剪,切断致病菌感染的路径,以免其危害整株星油藤。但是此种方法治标不治本,因此探寻有效且可行的预防及治理根腐病的措施成为星油藤产业发展的重中之重。由相关研究可以推断星油藤根腐和茎腐病的发生很可能是因为随着星油藤种植年限的增加,种植星油藤的土壤环境发生了相应的改变,进而使土壤 pH、土壤中的营养元素和细菌真菌群落发生改变,导致土壤不再健康,不能够为星油藤的生长提供其所需的营养元素,从而导致一些有害菌危害星油藤的根部及茎部,感染致病。也可能是星油藤种子本身的抗病性较弱,使其无法有效地对抗病菌,以及星油藤随种植年限的增加而产生连作障碍等原因,从而导致星油藤发生根腐和茎腐病。

3.1 注重星油藤种植土壤养分的补给

星油藤引进种植到一定年限时,会发生根腐病和茎腐病。有研究发现,随着星油藤种植年限的增加,土壤的环境会随之发生相应的改变,其中土壤 pH、土壤电导率(EC 值)和土壤中溶解性固体总量(TDS 值)呈现显著下降的趋势;而星油藤根际非根际的微量元素却没有显著的差别。但土壤中有有机质、氨态氮和全氮含量却随着连作年限的增加而呈现增加的趋势;而全磷、硝酸盐总体却呈现出下降的趋势。除此之外,不同种植年限的星油藤根际与非根际土壤酶和土壤理化性质之间也存在显著性差异。不同种植时间的星油藤在 pH 为 5.5~7.5 之间的红壤和砖红壤中能够更好地生长,应该注意种植星油藤土壤养分的变化,并建议合理施肥以保证土壤的可持续利用^[26]。

3.2 利用丛枝菌根真菌与星油藤共生提高星油藤抗病性

丛枝菌根真菌(AMF)作为连接地上和地下生态系统的关键角色,与大多数的陆生植物形成了一定的共生关系^[27]。在植物生长和健康方面,丛枝菌根真菌被认为是具有多功能性的^[28-29],它可以产生广泛的外部菌丝网络,增加植物根系表面积以吸收养分和水分^[30]。此外也有研究表明,植物和丛枝菌根真菌结合可以通过提高养分获取效率来减少植物对外部肥料的依赖,即适当的丛枝菌根真菌管理可以在一定程度上取代化肥^[31-32]。

2015—2016年,云南省西双版纳傣族自治州通过随机调查不同发病程度的地块以及不发病地块中150株星油藤的根系及根系周围的土壤,发现星油藤根际丛枝菌根真菌根系侵染率及孢子密度对星油藤根腐病发病率和发病程度存在一定的影响,即丛枝菌根真菌在一定程度上可以增强星油藤抗根腐病的能力,并能显著降低星油藤根腐病的发病率^[33]。

3.3 利用嫁接、药水浸提、合理轮作提高星油藤抗病性

从中国科学院西双版纳热带植物园和普文星油藤种植园采集的星油藤根腐病和茎腐病植株中分离出了3种真菌,经过生物学特性分析以及基因序列对比和致病性鉴定,确定星油藤根腐和茎腐病的致病菌为尖孢镰刀菌并将其命名为FoPvol,且发现此菌株对星油藤的侵染具有一定的专化性。而后通过利用星油藤的近缘野生种大果星油藤(*Plukenetia conophora* L.)作为砧木进行嫁接以及大蒜鳞茎水提物灌根技术,可以显著地提高星油藤对根腐和茎腐病的抗性^[16]。也有相关研究发现,金银花水提液对尖孢镰刀菌具有抑菌作用,最大抑菌率高达75%^[34]。

对于海南地区引起星油藤根腐和茎腐病的青枯病害,通过嫁接在一定程度上也能够有效地减轻其对植物的危害。嫁接通过增强植物自身的生长发育能力来提高植物的抗病性,对于防治青枯病具有较好的效果^[35]。其次,与非寄主作物合理轮作或者水旱轮作可以在很大程度上减少土壤中青枯菌的数量,从而减少病害的发生。有研究表明,连作条件下土壤生态环境对植物生长有很大的影响,尤以植物残体与病原微生物的分解产物对植物有致毒作用并影响植物根系分泌物正常代谢以致其发生自毒作用^[36]。与水稻、玉米、高粱以及韭菜、葱、大蒜、芹菜等青枯病非寄主作物轮作能够有效地预防青枯病害^[37]。

3.4 改善星油藤生长的土壤环境或选择抗病品种以及生物防治

3.4.1 改善土壤环境 导致星油藤发生根腐和茎腐病的致病性尖孢镰刀菌在温度为21~30℃范围内能够快速繁殖,而在温度为45℃的条件下则无法生存;当土壤含水量为20%时该菌的繁殖速度最快,在含水量为5%时则受到明显抑制。研究发现,当土壤的pH在4.0~5.5范围内时适合尖孢镰刀菌繁殖生存,而土壤pH为中性或以上时则不利于该菌的生长。也就是说高温、干旱和碱性的环境是减轻土壤中致病性尖孢镰刀菌繁殖的有利因素,因而可以通过创造相应的环境条件来控制星油藤根腐病和茎枯萎病的发生与蔓延^[38]。

对于发生青枯病害的星油藤,也可以通过改良土壤环境来预防及减轻。土壤环境是农作物健康生长的重要基础,土壤发生酸化和板结等现象也是诱发青枯病的原因之一^[39]。对于土壤退化、微生物失衡以及青枯病害等问题,可以在土壤施肥前均匀撒上生石灰、草木灰等,这对于土壤修复以及青枯病害的防治具有一定的效果,其中以撒施草木灰的效果最明显,生石灰次之^[40]。而通过在土壤肥力中等且往年发生青枯病较多的田间地块喷洒生石灰、酒精以及添加有机物,发现用生石灰处理过带菌的土壤后,可以有效降低青枯病的发病率^[41]。

同时也可以使用植物根际促生菌以及生物防治剂来防控根腐病,即通过有益微生物或微生物分泌出来的代谢产物来直接或间接地抑制病原体生长,进而促进作物健康生长。

3.4.2 抗病品种及生物防治 选育抗病品种是从根源上有效防控病菌的重要手段,也是最经济有效的手段。用温水或热水浸种,避免出现带病菌的种子,尽可能选用无病的床土或者使用药剂给苗床消毒,防止土传病害病菌侵染^[42]。同时,也可以使用混合生物的方式来预防根腐病、茎腐病和青枯病的发生,混合使用3或4种拮抗菌株相比于只使用1或2种拮抗菌株效果更好。并且,增施微生物菌剂也可以抑制土壤中有害病菌的繁殖^[43-44]。

4 问题与展望

星油藤作为重要的油料作物,因其具有相对较高的经济和营养价值,其有较好的市场和开发前景。但是目前星油藤在大面积种植过程中出现了根腐和茎腐病害以及青枯病害,这不仅影响星

油藤的产量,也使得星油藤产业的可持续发展遇到瓶颈。到目前为止,西双版纳地区星油藤根腐和茎腐病害主要是由于尖孢镰刀菌引起的,海南地区的星油藤根腐和茎腐病则主要是由于茄青枯雷尔氏菌和茄腐镰孢菌引起的。

星油藤引进我国近 20 年,前期生长的星油藤并未发生明显的致命病害,但随着种植年限的增加星油藤的根腐病害越来越明显,目前在海南地区种植的星油藤出现根腐茎腐病害,而在西双版纳地区种植的星油藤也同样出现了类似病害。既然星油藤能够成功引进到我国种植,说明在西双版纳和海南等当地固有的气候条件下能够生存,而随着时间的推移星油藤出现问题,大概率是土壤环境影响了星油藤的生长。一方面,种植星油藤的土壤随着种植年限的增加,土壤养分含量下降,不能为星油藤提供充足的养分,星油藤抗病性减弱,土壤中的致病菌侵害星油藤根部,使星油藤发生根腐病。另一方面,种植星油藤的土壤本身存在某些致病菌,例如使星油藤发生根腐病的尖孢镰刀菌,由于在种植星油藤之前没有对此致病菌进行根除,导致星油藤种植数年后被此病菌侵害直至死亡;所以后续的相关试验中可以通过在固有的土壤环境下种植和进行干预过的土壤(保证其营养条件及不存在尖孢镰刀菌等致病菌)来进行对比,探究是否因西双版纳及海南等星油藤种植区土壤本身存在某些致病菌并且此类致病菌刚好对星油藤影响最大,并严重影响星油藤的健康生长。最后,种植星油藤的土壤由于之前种植过其他作物或植物,土壤的微生物群落以及土壤环境发生改变也有可能对星油藤的生长产生影响。

无论是哪种原因致使星油藤发生根腐和茎腐病害,都离不开土壤环境这一主要因素,要想防治星油藤的根腐和茎腐病,实现星油藤高产和可持续发展,可以尝试从土壤环境入手,改善土壤微生物环境以及土壤养分等,从而提高星油藤的产量和质量,为星油藤产业的可持续发展提供方向。

参考文献:

[1] 罗旭璐,袁雨川,贺鹏,等.美藤果籽粕多酚的提取及其抗氧化活性测定[J].林业科技开发,2015,29(1):75-78.

[2] 蔡志全,杨清,唐寿贤,等.木本油料作物星油藤种子营养价值的评价[J].营养学报,2011,33(2):193-195.

[3] CHIRINOS R, ZULOETA G, PEDRESCHI R, et al. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity[J]. Food Chemistry, 2013, 141(3):1732-1739.

[4] GUTIÉRREZ L, ROSADA L, JIMÉNEZ Á. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction[J]. Grasas y Aceites, 2011, 62(1): 76-83.

[5] 裴行杰,钮俊,刘丽岩,等.星油藤生育酚合成途径相关基因挖掘[J/OL]. 分子植物育种, 1-16 (2013-10-19) [2023-11-21]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20231019.1133.004.html>.

[6] 丁立秀,白雪,朱万先,等.农杆菌介导的星油藤遗传转化体系创建[J/OL]. 分子植物育种, 2023: 1-14 (2023-03-30) [2023-11-21]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230330.1353.012.html>.

[7] JACOBSON T. Role of n-3 fatty acids in the treatment of hypertriglyceridemia and cardiovascular disease [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2008, 87(6): 1981S-1990S.

[8] RIOS L, DELTORT S, BERTHON J Y, et al. Lipactive inca inchi-the richest oil in essential fatty acids with multi-functional applications for cosmetics[M]. Cosmetic Science Technology, 2007.

[9] 王榜琴,余文刚,孟千万,等.植物生长调节剂对星油藤扦插生根的影响[J].热带生物学报,2016,7(1):48-52.

[10] 王国芬,李超萍,杨腊英,等.星油藤青枯病原菌鉴定[J].植物病理学报,2019,49(5):602-611.

[11] 戴余波,刘小琼,李国明.木质藤本植物星油藤的开发研究进展[J].现代农业科技,2017(23):111-113,117.

[12] 梅正强,王权宝,丁传,等.西双版纳更新橡胶林地套种星油藤技术[J].热带农业科技,2013,36(1):40-42.

[13] 魏玉倩,唐婕,普晓兰,等.星油藤根腐病的症状和病原鉴定[J].西南林业大学学报(自然科学),2018,38(2):190-193.

[14] WANG G F, LI H, ZHOU Y, et al. Bacterial wilt of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) caused by *Ralstonia pseudosolanacearum* phylotype I in southern China[J]. Plant Disease, 2019, 103(2): 364.

[15] WANG W W, LIU Z J, WANG W, et al. First report of *Macrophomina phaseolina* causing stalk rot of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) in China[J]. Plant Disease, 2020, 104(2): 570.

[16] 柴霞.星油藤根茎腐病原菌尖孢镰刀菌的致病机理与防治方法研究[D].北京:中国科学院大学,2021.

[17] 谢昌平,李博勋,文衍堂,等.龙血树根腐病病原菌的鉴定[J].植物保护,2015,41(1):129-132.

[18] 刘新月,李凡,陈海如,等.致病性尖孢镰刀菌生物防治研究进展[J].云南大学学报(自然科学版),2008,30(S1):89-93.

[19] 杨腊英,郭立佳,刘磊,等.几种尖孢镰刀菌专化型中 *SIX1*、*SIX4*、*SIX6*、*SIX8* 同源基因分析[J].基因组学与应用生物学,2015,34(8):1739-1746.

[20] CAI Q H, ZHOU G S, AHMED W, et al. Study on the relationship between bacterial wilt and rhizospheric microbial diversity of flue-cured tobacco cultivars[J]. European Journal of Plant Pathology, 2021, 160(2): 265-276.

[21] MAMPHOGORO T P, BABALOLA O O, AIYEGORO O A. Sustainable management strategies for bacterial wilt of

- sweet peppers (*Capsicum annum*) and other Solanaceous crops[J]. Journal of Applied Microbiology, 2020, 129(3): 496-508.
- [22] 朱贤朝. 中国烟草病害[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [23] 徐进, 许景升, 张昊, 等. 烟草品种青枯病抗性的组培苗接种鉴定方法研究[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 51-56.
- [24] YANG L Y, CHEN P, GUO L J, et al. First report of vine wilt disease caused by *Fusarium solani* on sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) in China[J]. Plant Disease, 2017, 101(9): 1675.
- [25] 刘阳平, 张晋媛, 林瑞, 等. 星油藤根腐病镰孢属病原真菌的鉴定及其拮抗菌筛选[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 139-146.
- [26] 吴昊, 芮蕊, 王澍. 星油藤不同种植年限对土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2021(9): 40-43.
- [27] POWELL J R, RILLIG M C. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem function[J]. The New Phytologist, 2018, 220(4): 1059-1075.
- [28] JOHNSON N C, ANGELARD C, SANDERS I R, et al. Predicting community and ecosystem outcomes of mycorrhizal responses to global change[J]. Ecology Letters, 2013, 16(S1): 140-153.
- [29] QIU Y P, GUO L J, XU X Y, et al. Warming and elevated ozone induce tradeoffs between fine roots and mycorrhizal fungi and stimulate organic carbon decomposition[J]. Science Advances, 2021, 7(28): eabe9256.
- [30] SMITH S E, SMITH F A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales[J]. Annual Review of Plant Biology, 2011, 62: 227-250.
- [31] LIU Z H, LI M H, LIU J B, et al. Higher diversity and contribution of soil arbuscular mycorrhizal fungi at an optimal P-input level[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2022, 337: 108053.
- [32] QIN Z F, PENG Y, YANG G J, et al. Relationship between phosphorus uptake via indigenous arbuscular mycorrhizal fungi and crop response: a ^{32}P -labeling study[J]. Applied Soil Ecology, 2022, 180: 104624.
- [33] 唐燕, 葛立傲, 普晓兰, 等. 丛枝菌根真菌(AMF)对星油藤根腐病的抗性研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(6): 127-133.
- [34] 贾正燕, 王昌梅, 张啸, 等. 8 种中药水提液对尖孢镰刀菌的抑制效果[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(4): 454-459.
- [35] 苏亚星. 青枯雷尔氏菌番茄宿主适应性基因的全基因组水平鉴定与功能探究[D]. 南宁: 广西大学, 2022.
- [36] 高子勤, 张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I. 根系分泌物及其生态效应[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 549-554.
- [37] 王治海, 张希红. 葱蒜类实行轮作倒茬好处多[J]. 河南农业, 2012(5): 40.
- [38] 彭双, 王一明, 叶旭红, 等. 土壤环境因素对致病性尖孢镰刀菌生长的影响[J]. 土壤, 2014, 46(5): 845-850.
- [39] 何明兴, 沈亮, 邱恒良, 等. 烟草青枯病的发生及防治[J]. 现代农业科技, 2019(1): 111-112, 115.
- [40] 施河丽, 向必坤, 彭五星, 等. 调节植烟土壤酸度防控烤烟青枯病[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(6): 50-53.
- [41] 左娟, 向金友, 程智敏, 等. 土壤改良对烤烟青枯病的防治效果[J]. 农技服务, 2011, 28(3): 336, 352.
- [42] AGARWAL M, DHEEMAN S, DUBEY R C, et al. Differential antagonistic responses of *Bacillus pumilus* MSUA3 against *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* causing fungal diseases in *Fagopyrum esculentum* Moench[J]. Microbiological Research, 2017, 205: 40-47.
- [43] 张欣悦. 青枯病的发生特点及防治技术[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(13): 89-91.
- [44] 刘玉珍, 邓振山, 高飞, 等. 一株巨菌草内生细菌的鉴定及其促生特性初步分析[J]. 广东农业科学, 2018, 45(3): 88-93, 173.

Current Situation and Research Prospect of Rhizome Rot and Stem Rot of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) in China

ZHANG Jialin^{1,2}, LIU Changan¹, FU Qiantang¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden/Key Laboratory of Sustainable Use of Tropical Plant Resources, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), native to the Andes Mountains of South America, including Peru and Ecuador, is an important oilseed crop in the local area. The sacha inchi was introduced into China and popularized in 2006. However, it was found that with the increase in sacha inchi planting years, rhizome rot, leaf yellowing and falling off occurred, which seriously affected the yield and continuous promotion of sacha inchi. This article summarized the research on root and stem rot disease of sacha inchi, analyzed the causes for root and stem rot, providing theoretical reference and technical support for the sustainable development of the sacha inchi industry. To provide a theoretical reference for the prevention of rhizome rot and the improvement of yield.

Keywords: *Plukenetia volubilis*; root rot; stem rot; control measures