

硒砂瓜连作障碍土壤改良技术集成与实践效果分析

马 波

宁夏大学 宁夏银川 750000

摘 要：硒砂瓜是西北干旱地区特色经济作物，连作障碍严重制约该产业的可持续发展。多年连作导致土壤微生物区系失衡，自毒物质积累，土壤理化性质变差，产量和品质下降，农户被迫轮作或弃耕，区域品牌优势岌岌可危。面对耕地资源紧缺和农户收入增加的双重压力，探索一种绿色、高效、可推广的土壤改良技术体系，是当前迫切需要解决的问题。

关键词：硒砂瓜；连作障碍；土壤改良技术集成；实践效果

连作障碍是作物-土壤长期不平衡的集中体现，涉及微生物交互作用、化感作用和养分循环等多个方面。以土壤健康为核心，综合运用生物、化学和农学等多学科手段，构建区域化的技术集成模式，为砂瓜产业的可持续生产力提供支撑。针对香山地区硒砂瓜长期连作导致的土壤退化、土传病害加剧、产量品质下降等问题，可在前期研究成果的基础上，将“精准施肥改良”、“绿色覆盖调控”、“多元水分协同利用”和“种植结构优化”四项核心技术体系相结合，形成“硒砂瓜”连作障碍土壤改良的综合解决方案。在此基础上，结合田间试验和示范应用，从土壤理化特性、土传病害防控、作物生长发育和经济效益等四个方面，对该技术的应用效果进行评价，可为西北砂地硒砂瓜产业的可持续发展提供可复制和推广的技术模式，具有重要的理论和现实意义。

一、硒砂瓜连作障碍的核心表现

(一) 土壤生态系统退化

长期的连作会导致压砂地土壤生态系统发生明显的退化，其主要特征是土壤结构的破坏。传统耕作方式下，覆盖在地表的砾石逐渐与下层土壤混合，打破了原有以砾石为基础的保水保墒结构，使土壤孔隙变小、容重增大、保水保肥能力降低，降雨后易板结，干旱时表层龟裂加剧水分蒸发。此外，土壤肥力不平衡，由于长期连作，作物对某些营养元素有选择性地吸收，导致土壤中P、K和Zn、B等微量元素不断消耗，而N则因不合理施肥或作物吸收不完全而相对累积，形成“N多磷多、微量元素缺乏”的不平衡状态^[1]。同时，随着土壤有机质含量的逐年下降，土壤微生物的碳源供给不足，土壤微生物活性降低，养分转化能力下降。另外，由于干旱少雨、强蒸发等气候条件，盐分表聚现象日趋严重，盐分

随水运移并在表层积累，形成轻度盐碱化，限制了砂瓜根系的水肥利用，进一步加剧了土壤的退化。

(二) 作物生长与品质衰退

连作障碍直接影响砂瓜生长发育，严重影响作物生长发育和品质。连作年限越长，病害越多，病害越多，病害越严重，病菌在土壤中累积并侵染根系，导致根系腐烂、吸收功能丧失，导致植株株高变矮，茎秆变弱，叶片变黄变黄，严重时甚至发生断垄，成苗率显著降低^[2]。随着连作效应的进一步显现，表现为开花、坐果率下降、单株坐果率降低、果实发育受阻、畸形和裂果比率上升、商品果率下降。在品质上表现为糖度累积不足，中心糖度和边糖度都显著下降，口感由鲜甜变淡，风味劣化，维生素C和硒等营养成分含量下降，导致产品营养特性和市场竞争力下降，一些地块还出现外观质量问题，如果实大小不均匀、表皮粗糙等，这进一步降低了产品的价值。

(三) 配套生产模式缺陷加剧障碍

由于传统配套生产模式的弊端，导致硒砂瓜连作障碍进一步加剧。在覆盖方式方面，随着耕作年限的增加，部分砂石嵌入土中或因风化破碎而失去保水作用，与土混在一起后，很难分离清选，不能再用，造成资源浪费。塑料薄膜的广泛应用虽然可以在短时间内蓄水抑草，但是残留的地膜很难降解，长期累积形成“白色污染”，阻碍了土壤通气性和水分的渗透，破坏了土壤微生物生境。在水资源利用方面，由于香山地区水资源匮乏，传统的漫灌灌溉方式导致水资源利用率低，且缺乏对非常规水资源（如凝结水、微降水等）的有效采集与利用，导致土壤长期处于干旱胁迫状态，不仅影响砂瓜正常生长，而且加剧了土壤盐分富集，形成“干旱-盐渍化-连作”

恶性循环,进一步制约砂砂瓜产业的持续发展。

二、硒砂瓜连作障碍土壤改良技术集成体系

(一) 精准施肥改良技术

围绕“养分均衡、土壤活化、病害防控”三个关键科学问题,构建适合于砂地的精准施肥技术体系。对品种和肥料进行科学匹配,在前期田间对比试验基础上,筛选出抗旱、抗病性强的优质硒砂瓜品种,并与生物菌肥和水溶肥进行配合,底肥选用含有枯草芽孢杆菌等有益菌群的生物菌肥,利用有益微生物的繁殖代谢,改善土壤微生态环境,抑制病原菌生长^[3]。最后,通过田间试验,筛选出耐旱、抗病的硒砂瓜品种。在整个生长期,使用升级后的专用施肥设备来实现水肥一体化作业,利用三角型开沟板实现高效开沟,在小电动推杆的驱动下,实现“S”形路径摆动施肥,可以根据作物生长需要,通过阀门灵活地调节施肥组数,最后,通过倾斜的掩埋板及时覆土,防止肥料挥发和流失,保证养分准确地输送到根系密集区域15~20cm处。

优化根域环境,利用排肥器滑座和导沟的滑动配合,配合可调定位螺栓和定位孔,实现埋土板高度的灵活调节,以满足不同种植行距和土层深度的覆土要求,保证肥料在土壤中均匀分布。在此基础上,通过施用有机肥(如羊粪、秸秆堆肥等),提高土壤有机质含量,改善土壤团聚体结构,同时,结合施用腐植酸等土壤调理剂,降低盐分含量,缓解盐渍化对根系的抑制作用。在此基础上,构建“土壤养分-作物生长”动态监测机制,根据叶片养分状况对作物营养需求进行定期诊断,并结合土壤养分监测结果,调整施肥量和养分配比,避免因盲目施肥造成的养分浪费和不平衡,达到“按需供应,精准调控”的目的,逐步恢复土壤肥力,为砂瓜的生长奠定良好营养基础。

(二) 绿色覆盖调控技术

针对传统覆盖方式存在的环保问题和性能退化问题,将两种类型的绿色覆盖技术进行集成,实现覆盖保墒和保墒的协同。可采用生物降解液体薄膜覆盖技术,在种子播种后和幼苗出土前,采用淀粉-聚乙烯醇共聚物组成的绿色环保液体薄膜,按合适的浓度和用量,在田间均匀喷洒,形成厚度均匀的薄膜。该液体膜降解周期与砂瓜生育期高度匹配,在生长后期自然降解成无毒小分子物质,避免传统塑料薄膜带来的“白色污染”,并有效抑制田间杂草生长,降低土壤蒸发,提高保水能力,调节地温,避免夏季高温灼伤根系,为砂瓜苗生长创造适宜生长的微环境。

将秸秆基条带覆盖与局部免耕相结合,将玉米秸秆、秸秆等粉碎后的秸秆、麦秸等在垄间进行带状覆盖,宽度根据种植行距确定,覆盖厚度为5~8cm,形成稳定的覆盖层。种植行采用局部免耕的方法,只在穴周进行浅松,以减小对土壤结构的影响^[4]。秸秆覆盖在降低土壤水分蒸发的同时,缓慢地分解释放有机物,补充营养物质,改善土壤结构,局部免耕可以保护表层土壤微生物群落,防止耕作引起的微生物活性降低,并减少砂石与土壤的混合,保持砂层的保水作用。两种技术的联合应用,不仅可以解决传统覆盖方式的可持续性难题,而且具有保墒、培肥和保土等多重效应,为连作土壤修复提供良好的覆盖环境。

(三) 多元水协同利用技术

围绕“开源节流”,构建适用于压砂地的多元水协同利用技术体系,以缓解因缺水而导致的连作障碍。可应用冷凝强化采集技术,利用具有辐射降温作用的特殊集露板,在平板表面涂敷氧化钛以增强冷凝效果,收集板按30°~45°倾角布置在田垄上或垄间,根据地块形状和面积,合理设置集热板数量。同时,在作物冠层下挖掘浅沟,形成微集雨系统,将集雨板上凝结的凝结水引入微集雨沟,再渗透到根系周围土壤中,为作物补充水分^[5]。充分利用香山地区夜间温差大、凝结水资源丰富等优势,将未利用的凝结水转换为有效水分来源,缓解干旱期间的干旱胁迫。

结合压砂地耕作特点,采用“沟播垄覆”技术,在种植行起垄,覆盖可生物降解液体薄膜,在垄间开V型集雨沟,沟底铺设新型纳米集雨材料,提高集雨效率,使分散的降水向种植行根部聚集,减少地表径流损失。同时,结合区域扬黄补灌工程,结合滴灌技术,针对砂瓜田不同生育阶段的需水规律,实现精准补水,避免传统漫灌造成的水分浪费和土壤板结。在此基础上,在播前或苗期施用颗粒型土壤保水剂,利用保水剂的吸水保水作用,提高土壤持水能力,保证干旱期间土壤水分保持在作物适宜的生长区间,降低水分胁迫对土壤生态和作物生长的不利影响,形成“集露-集雨-精确补灌-保水保墒”的多变量用水闭环。

(四) 种植结构优化技术

利用物联网监测和大数据分析等技术手段,对其种植结构进行科学调整和动态优化,从生态学角度缓解连作障碍。优化轮作模式,实施“硒砂瓜-豌豆-燕麦”三年轮作模式,即第1年种植沙硒瓜,第2年种植豌豆等豆科作物,利用根瘤菌的固氮作用提高土壤氮含量,

提高土壤肥力。第三年种植燕麦等禾本科作物，利用其发达的根系提高土壤通气性，同时，燕麦秸秆还田增加土壤有机质的输入。不同作物对营养物质的需求量差异可以达到平衡土壤养分消耗的目的，而作物根系分泌物的改变则能抑制特定病原菌的累积，从而降低土传病害的发生。

推广间套作模式，即在硒砂瓜间套种耐旱耐瘠的经济作物（如枸杞），深层根系能吸收土壤深层养分，并与砂瓜形成“深浅搭配”的根系分布模式，避免表层土壤养分的竞争。同时，枸杞分泌的次生代谢物质能够抑制部分土传病害，与硒砂瓜形成生态互补。在此基础上，以种植结构优化调控平台为基础，模拟分析硒砂瓜种植密度，降低种植密度，增强通风透光，降低田间高湿度环境，降低病害发生风险。

三、硒砂瓜连作障碍土壤改良技术实践效果

（一）土壤理化性质修复效果

以香山地区为研究对象，对连作多年的硒砂瓜田土壤进行综合修复，使土壤理化性质得到明显改善。土壤结构上，由原来的板结变得疏松、孔隙增大、容重减小，降雨后不会再出现明显的板结现象，干旱时，表土开裂程度降低，土壤持水能力明显提高，一次灌后可保持较长的适宜水分^[6]。土壤肥力方面，有机质含量逐渐回升，由浅黄色向深棕色转变，团聚体增多，用手摸有明显疏松感，N、P、K等多种元素的比例达到平衡，微量元素的供给也得到了补充，从叶片的观察可以看出，硒砂瓜的叶片色泽明亮，不会再出现黄化、斑点等现象。

（二）病害防控与作物生长促进效果

该技术能显著降低土传病害（如枯萎病、枯萎病等）的发病率，减少因病害造成的死苗断垄现象，提高田块整体成苗率。在土壤微生物方面，有益菌数量增多，致病菌减少，土壤微生物多样性得以恢复，土壤采样显示，有益菌（如放线菌、枯草芽孢杆菌）数量显著增加，尖镰孢菌等致病菌检出率下降，土壤抑菌能力逐渐恢复。就作物生长而言，硒砂瓜的种子萌发率较高，出土后长势较好，植株高度和茎粗都有较大幅度的提高，叶片叶绿素含量提高，光合作用增强，田间植株整体长势较好，没有明显的弱苗和病苗。结果表明，该品种的生育进程较协调，开花时间早、花多、座果率高，单株结实多，果实发育均匀，无因生长不平衡而产生的小果和畸形果。

（三）产量与品质提升效果

应用该集成技术后，与常规种植相比，硒砂瓜的产量和品质均有明显提高。产量上，单果重显著增加，果实大小一致，商品果显著增加，畸形和裂果比率下降，小区总体产量明显提高。就品质而言，果实的糖度明显提高，中心糖度和边糖度都有所提高，糖度梯度减小，口感更均匀、更甜，口味更浓，尝起来能清楚地分辨出改良前和改良后的差别。维生素C和硒含量提高，产品“富硒”特色更明显，经有关部门检验，水果中硒含量保持在较高水平，达到富硒农产品标准。

结束语

综上所述，硒砂瓜连作障碍土壤改良技术集成与实践效果分析，既可恢复干旱地区瓜田土壤生机，又可为相似生态区特色作物连作难题提供系统性解决思路。这一绿色高效的发展路径，对于促进黄河流域农业高质量发展，巩固脱贫成果同乡村振兴的有效衔接具有重要的现实意义。在此基础上，通过分子生态技术与智能设备的深度融合，实现精准无人化的技术模式，实现土壤健康和产业效益的协同提升，为西北旱区农业新质生产力注入源源不断的动能。

参考文献

- [1]刘云飞, 沈健, 苏壮壮, 宋希梅, 于蓉, 张显. 不同施肥组合对硒砂瓜产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(11): 43-49.
- [2]李靖宇, 张肖冲, 田兴国, 张琇. 压砂地硒砂瓜自根苗/嫁接苗不同连作方式土壤微生物群落结构比较[J]. 生态学杂志, 2021, 40(11): 3608-3619.
- [3]朱彪, 饶丽仙, 陈佳. 中卫市硒砂瓜产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2020, (20): 236-237+240.
- [4]岳思君, 冯翠娥, 杨彦研, 陈丽萍, 郭洋, 郑蕊, 苏建宇. 不同连作年限硒砂瓜土壤细菌群落结构特征[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(01): 230-236.
- [5]顾敏. 宁夏海原县硒砂瓜连作对土壤真菌群落结构的影响[J]. 农业开发与装备, 2019, (09): 131-132.
- [6]冯翠娥, 岳思君, 简阿妮, 陈丽萍, 郭洋, 郑蕊, 苏建宇. 硒砂瓜连作对土壤真菌群落结构的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(04): 537-544.