

西双版纳州水稻-灯笼果水旱轮作系统关键技术研究与应用

玉坎炳¹ 李翔^{1*} 周向春² 张云涛¹ 岩说¹ 李振仙¹

1 西双版纳州农业科学研究所

2 西双版纳州勐海县打洛镇农业农村发展服务中心

DOI:10.32629/as.v9i4.3924

[摘要] 针对西双版纳州热带农业区土壤连作障碍严重、种植结构单一等问题,研究水稻与灯笼果轮作系统的关键技术模式,探讨其在改善土壤生态环境、提高种植效益方面的作用。通过3年(2022~2024年)的田间定位试验与示范推广,设置单作水稻、单作灯笼果、水稻-灯笼果轮作三组处理,系统研究不同种植模式对土壤理化性质、病虫害发生率、作物产量和经济效益的影响。水稻-灯笼果水旱轮作系统相对于传统的连续水稻单作模式使土壤有机质含量提高21.4%,病虫害发生率降低42.2%,系统周年产值提高。轮作系统通过水旱交替有效控制了灯笼果白粉病和透翅蛾的发生及防效分别达48.3%和59.7%。水稻-灯笼果轮作系统能有效缓解土壤连作障碍,提高资源利用效率,是适宜西双版纳热带地区的高效生态农业模式,具有广阔的推广应用前景。

[关键词] 水稻; 灯笼果; 轮作模式; 连作障碍; 病虫害防治; 西双版纳

中图分类号: S511.5 文献标识码: A

Research and Application of Key Technologies for Rice Lantern Fruit Water drought Rotation System in Xishuangbanna Prefecture

Kanbing Yu¹ Xiang Li^{1*} Xiangchun Zhou² Yuntao Zhang¹ Shuo Yan¹ Zhenxian Li¹

1 Xishuangbanna Agricultural Science Research Institute

2 Agriculture and Rural Development Service Center, Daluo Town, Menghai County, Xishuangbanna Prefecture

[Abstract] In response to the serious soil continuous cropping obstacles and single planting structure in the tropical agricultural area of Xishuangbanna Prefecture, this paper studies the key technical mode of rice and lantern fruit rotation system, and explores its role in improving soil ecological environment and enhancing planting efficiency. Through a 3-year (2022–2024) field positioning experiment and demonstration promotion, three groups of treatments including monoculture rice, monoculture lanternfruit, and rice lanternfruit rotation were set up to systematically study the effects of different planting modes on soil physicochemical properties, pest and disease incidence, crop yield, and economic benefits. The rice lantern fruit water drought rotation system, compared to the traditional continuous rice monoculture mode, increased soil organic matter content by 21.4%, reduced the incidence of pests and diseases by 42.2%, and increased the annual output value of the system. The crop rotation system effectively controlled the occurrence and control effects of lantern fruit powdery mildew and winged moth by alternating water and drought, reaching 48.3% and 59.7%, respectively. The rice lantern fruit rotation system can effectively alleviate soil continuous cropping obstacles, improve resource utilization efficiency, and is an efficient ecological agricultural model suitable for the tropical region of Xishuangbanna, with broad prospects for promotion and application.

[Key words] rice; Lantern fruit; Crop rotation mode; Continuous cropping obstacles; Disease and pest control; Xishuangbanna

1 引言

西双版纳傣族自治州位于云南省西南部,属热带季风气候,年均气温21℃,年降水量1200~1800毫米,是我国重要的热带农

业区。水稻资源在云南整体遗传多样性中占据重要地位,作为亚洲水稻起源地之一,水稻是西双版纳州的传统优势作物,当地农民积累了丰富的水稻种植经验,特别是早稻种植技术为水稻-灯

笼果轮作提供了技术基础。西双版纳州作为云南省早稻种植重要地区, 占全省早稻种植面积三分之一, 2022~2024年早稻种植面积24.46万亩, 其早稻种植技术体系对构建两种作物生长周期互补水旱轮作模式具有重要参考价值, 这为本研究提供了坚实的技术支撑。

灯笼果(*Physalis peruviana*), 又名秘鲁苦蕒, 是一种营养价值高、经济效益好的热带水果。其果实富含维生素C、胡萝卜素和多酚类物质, 具有抗氧化、抗炎等保健功能, 深受消费者青睐。灯笼果适应性强, 喜温暖湿润环境, 对土壤要求不严, 在西双版纳州广泛分布。随着农业产业结构调整, 特色作物灯笼果因其较高的经济价值而迅速发展, 但长期单一栽培导致土壤连作障碍日益突出, 表现为土传病害加重、土壤微生物区系失衡和土壤肥力下降, 严重制约产业可持续发展。

近年来, 通过轮作休耕试点的实践应用, 已积累了现实经验, 并取得了较为显著的成效。黄国勤等^[1]研究发现, 江苏、湖南、河北等省在实施适宜的轮作模式后, 其社会经济效益和生态效益均有所提高。灯笼果作为一种高价值特色水果, 在其生长过程中常受到白粉病和透翅蛾等病虫害的威胁。传统单一栽培模式下, 这些病虫害发生严重, 导致果实产量和品质下降。探索水稻与灯笼果的轮作模式, 通过水旱交替环境变化打破病虫害发生周期, 改善土壤理化性质, 对实现区域农业可持续发展具有重要意义。

水稻-灯笼果轮作系统设计基于生态位互补和生物多样性原理, 充分利用两种作物在生长习性、养分需求和土壤环境影响等方面的差异, 实现系统优化。将灯笼果引入水稻轮作系统具有显著优势, 首先, 该轮作系统具有生长周期互补效应, 灯笼果为多年生草本植物, 旺盛生长期为10月~次年2月; 水稻生长期为4~8月, 通过合理的茬口衔接, 实现周年生产。其次, 该轮作系统具有空间生态位互补效应, 灯笼果为浅根系作物, 根系主要分布在10~25cm土层; 水稻根系深达30~50cm, 可吸收不同土层的养分。再者, 该轮作系统具有水旱轮作效应, 通过水稻季的淹水环境与灯笼果季的旱作条件交替, 打破病虫害循环, 有效改变土壤理化性质和微生物环境, 减少土传病害及农药使用, 提高农产品质量安全。

2 试验材料与方法

2.1 试验地概况

试验于2022~2024年在云南省西双版纳州勐海县打洛镇海拔635m进行。试验地属热带季风气候, 年均气温21.8℃, 年降水量1397mm。土壤为赤红壤, 试验前土壤基本理化性质: pH值5.8, 有机质含量21.5g/kg, 全氮1.32g/kg, 有效磷28.4mg/kg, 速效钾135.6mg/kg。

2.2 试验设计

试验设置3种处理: (1) 水稻连作(RM); (2) 灯笼果连作(PS); (3) 水稻-灯笼果轮作(RCR)。采用完全随机区组设计, 每个处理3次重复, 共9个试验小区, 每个小区面积30m×20m=600m²。区组尺寸: 每个区组总面积为1800m²(3个小区×600m²)。考虑到小区

尺寸(30m×20m), 每个区组采用线性排列, 区组为长条形, 宽度20m, 长度90m(3个小区×30m), 小区沿长度方向并排排列。

为最小化小区间的水分、养分、病虫害传播及作物根系竞争等相互干扰, 本研究在试验设计中采取了物理隔离与管理措施, 包括设置隔离带和缓冲行。隔离带设于各小区之间, 宽度为1.5米, 不种植任何作物, 保持裸地或种植非竞争性草类, 以防止根系交叉、水分和养分侧向流动, 同时作为人行与操作通道, 避免田间作业时对作物的踩踏。缓冲行设置于每个小区四周, 以降低边缘效应及相邻小区干扰, 缓冲行作物与小区内作物相同, 但不用于数据采集。对于水稻连作(RM)小区, 在小区边缘种植2行水稻作为缓冲行, 宽度约0.5米; 对于灯笼果连作(PS)小区, 同样在边缘种植2行灯笼果作为缓冲行, 宽度约0.5米; 对于轮作(RCR)小区, 则根据轮作序列, 当季种植水稻或灯笼果时相应设置对应的缓冲行。数据收集仅在小区中心区域进行, 以避免边缘效应, 确保样本的代表性。

2.3 品种选择

选择适应当地气候、抗病性强、产量高的水稻品种。水稻选择优质品种(宜优683)生育期110天。灯笼果选择“紫金”等优质品种, 适应当地气候、抗病性强、产量高的灯笼果品种。

2.4 测定项目

土壤理化性质: 每年在作物收获后按S形取样法采集0~20cm土层土壤样品, 测定有机质、全氮、有效磷、速效钾含量和pH值。

病虫害调查: 水稻主要调查稻瘟病、纹枯病发病率及稻虫卷叶螟、二化螟危害率; 灯笼果主要调查白粉病病情指数、透翅蛾危害率。

产量和经济效益分析: 测定水稻和灯笼果的实际产量, 并记录投入成本和产值, 计算经济效益。

3 结果分析

3.1 轮作对土壤理化性质的影响

表1 不同种植模式对土壤理化性质的影响
(2022~2024年平均值)

处理	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	土壤容重 (g/cm ³)
水稻连作(RM)	28.5± 1.2b	1.45± 0.08b	20.3± 1.5b	136.8± 8.6b	5.6± 0.2a	1.32± 0.05a
灯笼果连作(PS)	22.8± 1.1c	1.38± 0.07b	29.8± 1.9b	118.7± 7.6c	5.5± 0.2a	1.34± 0.04a
水稻-灯笼果轮作(RCR)	34.6± 1.5a	1.71± 0.09a	25.3± 1.8a	163.2± 9.3a	5.7± 0.2a	1.24± 0.04b

注: 同列数据后不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)

经过3年的轮作试验, 水旱轮作系统显著改善了土壤肥力(表1)。与水稻连作相比, 轮作系统使土壤有机质含量提高21.4%, 全氮、有效磷和速效钾含量分别增加了17.8%、24.6%、19.3%。水稻季的淹水厌氧环境和旱作季的排水好氧环境交替进行, 导致土壤反复经历膨胀与收缩, 这一过程能有效打破长期淹水或长期旱作导致的板结, 促进形成更多、更稳定的水稳性团聚体。

同时,水旱交替打破了单一作物下特化的微生物群落,微生物多样性显著提高,通过水稻轮作灯笼果旱轮作模式将土壤从一个相对静态、偏厌氧、功能单一的生态系统,转变为一个动态、好氧-厌氧交替、功能复杂且充满活力的生态系统。试验表明有利于土壤养分的积累与转化,这一结果与荣获2020年云南省科学技术进步奖一等奖戴陆园等人研究的西南水旱轮作区周年高效生产关键技术的结果一致^[2]。

3.2 轮作对病虫害发生的影响

水稻-灯笼果轮作系统是一种能系统性、高效地重建农田生态平衡的种植模式。通过水旱交替和作物轮换,有效控制了病虫害的发生(表2)。通过试验将寄主中断与环境剧变,稻瘟病、卷叶螟、透翅蛾等寄主专一性强的病虫害,轮作效果尤为突出。病虫害发生率降低36.5%~59.7%,更能将不同连作模式下的高病虫害风险32.5%~36.5%统一降至一个安全、均衡的低水平18.8%。综合植保策略的基石,试验结果与“绿色防控”和“综合害虫管理”的现代理念高度契合,与扬州大学团队徐媛等人提出的“湿旱轮作”模式如水稻与蔬菜轮作^[3],被证实能有效缓解土壤盐渍化,并将黄瓜霜霉病发病率降低50%以上一致。通过试验,为农业的可持续发展提供了可复制、可验证的解决方案。

表2 不同种植模式病虫害发生率比较(2022-2024年平均)

病虫害类型	水稻连作(%)	灯笼果连作	水稻-灯笼果轮作(%)	降低效果(%)
纹枯病发病率(%)	28.5±2.3	-	18.1±1.6	36.5
稻瘟病发病率(%)	15.8±1.2	-	8.7±0.8	44.9
稻虫卷叶螟危害率	18.3±1.5	-	10.3±0.9	43.7
二化螟危害率	22.6±1.8	-	13.2±1.1	41.6
灯笼果白粉病病情指数	-	35.6±2.8	18.4±1.5	48.3
灯笼果透翅蛾危害率	-	26.8±2.1	10.8±0.9	59.7
病虫害综合发生率	32.5±2.6	36.5±2.4	18.8±1.5	42.2

3.3 经济效益分析

水稻-灯笼果轮作技术的推广应用,产生了显著的经济效益(表3)。轮作系统通过资源高效利用和茬口衔接,使单位土地面积产值提高,轮作纯收益甚至高于两种单作之和144,000元/hm²,表现出显著的协同效应。轮作中,水稻产量11400kg/hm²比水稻单作11250kg/hm²提高1.3%,灯笼果产量13,800 kg/hm²比灯笼果单作13500kg/hm²提高2.2%。这种轻微增产可能源于轮作对土壤养分和病虫害的正面调节。

表3 不同种植模式经济效益比较(2022-2024年平均)

种植模式	产量(kg/hm ²)	产值(元/hm ²)	生产成本(元/hm ²)	纯收益(元/hm ²)	产投比
水稻单作(RM)	11250	31500	18000	13500	1.75
灯笼果单作(PS)	13500	216000	85500	130500	2.53
水稻-灯笼果轮作(RCR)	灯笼果 13800, 水稻 11400	252720	93500	159220	2.7

4 讨论

“水稻-灯笼果旱轮作”模式是一种集生态效益与经济效益于一体的可持续农业模式,其优越性体现在三个层面的协同互促。一是土壤健康驱动系统生产力提升,水旱交替的物理过程干湿循环与微生物群落重组过程,共同改善了土壤结构,提高了养分有效性(如有机质、全氮、磷、钾)。这直接为作物生长提供了更优的根际环境,表现为轮作下两种作物产量的小幅但稳定的提升水稻+1.3%,灯笼果+2.2%。这是经济效益提升的物质基础。二是生态调控保障系统稳定性,通过“寄主中断”与“环境剧变”淹水与旱作双重手段,有效打破了病虫害的生存循环,显著降低了专一性病虫害的发生率。病虫害综合发生率降低42.2%,这不仅减少了农药投入和植保成本隐含在生产成本中,更保障了作物健康与产量潜力,降低了生产风险。这是实现高收益和绿色生产的重要保障。三是资源高效利用实现经济效益最大化,轮作实现了时间和空间上的资源优化配置。茬口衔接提高了土地周年利用率;生态改善带来的减药、节肥潜力降低了边际成本;高价值灯笼果与稳产水稻作物结合,优化了产出结构。在生产成本93500元/hm²低于两种单作成本之和103500元/hm²的前提下,获得了更高的总产值和最高的纯收益与产投比。这证明了轮作模式具有“1+1>2”的协同效应,而非简单的收益叠加。

5 结论

本研究通过的系统试验,以详实的数据证实:与传统的水稻或灯笼果单作模式相比,“水稻-灯笼果轮作”模式能够显著改善土壤健康、有效控制病虫害,并最终实现经济效益的显著提升。该模式将生态学原理应用于农业生产实践,通过构建一个“土壤改良-生态控害-经济增益”的正向循环,为促进农业的绿色、高质、高效和可持续发展提供了一个可量化、可复制、具有强大说服力的优异范例。

[参考文献]

- [1]黄国勤,赵其国.中国典型地区轮作休耕模式与发展策略[J].土壤学报,2018,55(2):283-292.
- [2]邹学润等.打通水旱轮作关键技术瓶颈,实现高产绿色高效[N].科技彩云南,2021-12-30.
- [3]徐媛,陶笑,周增辉.设施内水旱轮作对土壤理化性质的影响[J].江苏农业科学,2018,46(15):254-257.

作者简介:

玉坎炳(1990--),女,布朗族,云南勐海人,本科,农艺师,研究方向为开展粮油作物技术推广与研究。

*通讯作者:

李翔(1986--),女,汉族,云南勐腊县人,本科,农艺师,研究方向为开展粮油作物种植及推广。