

大棚蔬菜 - 水稻产业协作技术体系构建

龙荣华^{1*}, 李石开¹, 张振林², 朱建良³, 高 婷¹, 耿其勇⁴

¹云南省农业科学院园艺作物研究所, 云南 昆明

²陆良县农业农村局种植业与农药管理科, 云南 曲靖

³陆良县农业技术推广中心, 云南 曲靖

⁴曲靖市经济作物技术推广站, 云南 曲靖

收稿日期: 2024年9月27日; 录用日期: 2024年10月29日; 发布日期: 2024年11月28日

摘 要

粮食安全是国之大者。水稻是云南省最主要的粮食作物, 云南省80%以上的人以稻米为主食。蔬菜已成为云南高原特色现代农业发展的领军产业和农业覆盖面最广、受益人群最多、促农增收最快的支柱产业。首先, 解决“粮经争地”; 其次, 解决大棚蔬菜土壤连作障碍; 第三, 解决大棚蔬菜的出路。笔者首次提出: 大棚蔬菜 - 水稻产业协作技术发展体系, 体系核心是: 蔬菜、水稻两个产业同等重要, 蔬菜为主, 水稻为辅, 为了不影响土地出租方、土地租赁方、蔬菜种植大户、企业或合作社的经济效益, 将1片蔬菜基地划分为3~5个(A、B、C或A、B、C、D、E)区域, 每年在蔬菜收获后, 水稻种植季节, 在大棚里或露地种植1个区域的水稻, 通过3~5年的时间全部轮换种植1遍。首先, 该体系可以稳定蔬菜种植面积, 提高农民的经济收入; 其次, 水稻种植既可以保证粮食安全, 又可以提高农民的经济收入, 还可以消除蔬菜种植的连作障碍, 净化菜地土壤、水体, 保护生态环境, 是一条稳定社会和实现乡村振兴的理想道路, 同时, 为打造云南省绿色食品牌奠定基础。

关键词

设施蔬菜 - 水稻产业, 协作技术, 体系构建, 云南

Construction of Greenhouse Vegetable-Rice Industry Cooperation Technology System

Ronghua Long^{1*}, Shikai Li¹, Zhenlin Zhang², Jiangliang Zhu³, Ting Gao¹, Qiyong Geng⁴

¹Horticultural Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming Yunnan

²Department of Planting and Pesticide Management, Agriculture and Rural Bureau of Luliang County, Qujing Yunnan

³Agricultural Technology Extension Center of Luliang County, Qujing Yunnan

⁴Qujing Cash Crop Technology Promotion Station, Qujing Yunnan

Received: Sep. 27th, 2024; accepted: Oct. 29th, 2024; published: Nov. 28th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 龙荣华, 李石开, 张振林, 朱建良, 高婷, 耿其勇. 大棚蔬菜-水稻产业协作技术体系构建[J]. 世界生态学, 2024, 13(4): 550-557. DOI: 10.12677/ije.2024.134071

Abstract

Food security is of great importance to the country. Rice is the most important food crop in Yunnan Province, and more than 80% of the people rely on rice as their staple food in Yunnan Province. Vegetables have become the leading industry in the development of modern agriculture with characteristic plateau and the pillar industry with the broadest agricultural coverage, the largest number of beneficiaries and the fastest increase in agricultural income in Yunnan. First, in order to solve the “grain and economy competition for land”; Second, to solve the obstacles of continuous cropping of greenhouse vegetables and soil; Third, to solve the way out of greenhouse vegetables. The author first proposed a greenhouse vegetable-rice industry cooperation technology development system; the core of the system is that vegetable and rice industries are equally important, with vegetable as the main industry and rice as the auxiliary industry. In order not to affect the economic benefits of land lessors, land leaseholders, large vegetable growers, enterprises or cooperatives, a vegetable base is divided into 3~5 areas (A, B, C or A, B, C, D, E). Every year after the vegetable harvest and during the rice planting season, 1 area of rice is planted in a greenhouse or in an open field and all of them are rotated 1 time through 3 to 5 years. First, the system can stabilize vegetable planting areas and increase farmers' economic income; Second, rice planting can not only ensure food security, but also improve farmers' economic income, and eliminate the obstacles of continuous cropping of vegetables, purify the soil and water of vegetable fields, and protect the ecological environment. It is an ideal road to stabilize society and realize rural revitalization, and at the same time, lay the foundation for building the green food brand of Yunnan Province.

Keywords

Facility Vegetable-Rice Industry, Collaborative Technology, System Construction, Yunnan

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

改革开放三十多年来，中国的经济呈现持续高速增长的态势，供给需求出现结构性错位，需要提高社会生产力水平，进一步推进供给侧结构性改革，于是，2015 年开始进行农业结构供给侧结构性改革。供给侧结构性改革，就是从提高供给质量出发，推进结构调整，扩大有效供给，提高供给结构对需求变化的适应性和灵活性，提高全要素生产率，更好地满足广大人民群众的需要，促进经济社会持续健康发展，不断优化消费结构比例，激发微观经济主体活力，实现消费品升级，提高生活质量，增强我国经济长期稳定发展的新动力，实现创新 - 协调 - 绿色 - 开放 - 共享的发展。于是，蔬菜、花卉、水果等经济作物得到了快速发展，同时，促进了经济结构的调整和社会经济的快速发展[1]。

2. 云南蔬菜产业发展存在的问题

云南为高原山区省份，海拔差异及自然资源环境变化较大，呈现出物种资源的多样性，为云南蔬菜产业四季或错季发展提供了极为有利的条件，高海拔、紫外线强，导致蔬菜色泽鲜艳；多数地方昼夜温差大，导致糖分含量高；低热河谷地方冬春季温度高，可种植出错季的瓜类、茄果类、豆类以及叶菜类等众多蔬菜，丰富了市场，种植户通过种植蔬菜获得了较好的经济效益；省外多数企业到云南发展蔬菜种植基地，因此，云南也发展成为省外蔬菜企业的原料生产基地之一[2]。随着聚焦标准化、绿色化、品

牌化、精细化方向的发展以及精深加工能力的提升,产业生态不断优化,“云菜”影响力不断提升,云南将成为服务全国的周年优质蔬菜核心产区和面向南亚、东南亚的最大蔬菜出口贸易中心。但产业化快速发展的同时,会出现农药、品质降低、净菜率低、废弃物多、重茬导致的连作障碍等问题,这些问题最终会成为生态问题,另外,若只注重数量的增加,云南的蔬菜产业将会出现新的“寒冬”,影响产业的发展[3]。在这些问题中,尤其是重茬导致的连作障碍是关键问题,因为它会影响到蔬菜品质、生态等问题,另外,造成连作障碍的主要原因:作物的自毒作用、土壤养分失衡以及土壤微生物区系结构破坏[4],因此,研究解决连作障碍显得尤为重要。

3. 目前解决农作物连作障碍的技术

连作会引起土传病害大面积暴发,导致植株生长发育受阻,作物经济产量、品质降低[3][4],同一作物或近缘作物连作以后,均会产生产量降低、品质变劣、生育状况变差的现象。关于作物连作障碍的防治研究比较多,如:配方肥+有机肥+微生物菌肥的施肥方式,对防控旱作区马铃薯连作障碍效果最佳,植株长势良好,大薯率和产量最高,植株的发病率和块茎的染病率低[5][6];在嫁接的基础上施加微生物菌肥,既可在保障产量的基础上,提高品质,也可解决连作障碍[7];通过改善土壤微环境以及微生物结构,提高微生物种群多样性等措施缓解连作障碍[8][9];在发生连作障碍和土传病害的土壤中,添加大量的易分解有机物料,通过灌溉土壤至水分饱和、覆盖塑料薄膜或淹水阻隔与大气的交换,创造土壤强还原(厌氧)环境,短期内快速杀灭土传病原菌,并消减连作障碍危害,是目前改良设施连作障碍土壤和防控土传病虫害最有效的方法之一[10][11]。

4. 大棚蔬菜-水稻产业协作技术发展体系构建

虽然说,国内外研究连作障碍的研究报道比较多,但由于连作障碍的产生涉及作物、土壤、环境等诸多复杂的因素[2][3][12],目前的研究多属于单因素试验,在治理措施方面还有待进一步深入研究。

依托得天独厚的气候资源,充分发挥“天然温室”和“天然凉棚”优势发展起来的蔬菜产业是云南省高原特色农业发展的支柱性产业之一,对进一步巩固全国重要的“南菜北运”、“西菜东调”基地,为保障全国乃至世界“菜园子”的产品生产起到很大的助推作用。云南蔬菜种植面积居全国第10位,蔬菜产量居第11位,农业产值占农林牧副渔业总产值的12%,全产业链产值位居全省特色重点产业第1,出口金额和出口量位居西南第1。通过“云菜进京”、“云菜入沪”、“云菜入粤”、“云菜入疆”、“云菜供港”、“云菜出海”等主要销售渠道将全省70%的蔬菜产品销往全国150多个大中城市和40多个国家(地区)。云菜成为云南高原特色现代农业发展的领军产业和农业覆盖面最广、受益人群最多、带农增收最快的支柱产业。

4.1. 种植水稻的考虑

民以食为天,保障粮食安全事关国家安全。云南蔬菜的产业用地多数挤占了粮食用地,出现了蔬菜产业发展与粮食产业发展争地的严重现象。粮食安全事关你我他,人们常说:“手中有粮,心中不慌”,口粮问题事关千万家,在任何时候都是永恒的真理。粮食安全是国之大者[13]。“五谷者,万民之命,国之重宝”。党的十八大以来,党中央把粮食安全作为治国理政的头等大事,提出了新粮食安全观,确立了国家粮食安全战略,基本农田“非粮化”。因此,笔者首先考虑水稻种植。

4.2. 体系构建模式构建的思考

水稻是云南省最主要的口粮作物,80%以上的人以稻米为主食。2022年,云南省水稻生产面积1064.2万亩,总产量464.7万吨,占比23.7%,全省稻米自给率约68.9%,低于70%,自我平衡压力进一步加大;2021年,云南省设施蔬菜种植面积就达315.75万亩[14]。2022年,云南省蔬菜种植面积1941.6万亩,产

量 3118.4 万吨。开展水稻种植——菜—稻轮作，尤其是开展设施蔬菜大棚中种植水稻更是一种新举措，同时，既可以稳定水稻种植面积，保证云南省粮食安全，又可以提高农民的经济收入，还可以消除连作障碍，净化耕地土壤、水体，保护生态环境，是一条稳定社会和实现乡村振兴的理想道路[15]-[17]。

但是，蔬菜地(尤其是设施蔬菜大棚)种植水稻，若解决不好，会让种植蔬菜的区域农户致贫，同时，也会影响土地出租方、土地租赁方、蔬菜种植大户、企业或合作社的利益发展，会影响社会的可持续发展。云南省的水稻种植多数以传统的人工种植管理为主，机插秧面积仅为 5.0%。据调查，2020 年云南省水稻生产净利润为 20.9 元，2021 年净利润为-185 元/667 m²；而蔬菜的净收益多数都会超过 10,000.00 元/667 m²。

云南省保山市昌宁县开展的是设施蔬菜收获后，将大棚拆除，再种植水稻，待水稻收获后，再种植设施蔬菜，这是普遍采用的蔬菜—水稻轮作种植技术。除了这种普通体系，还有更有利于蔬菜企业、农户、土地出租方的体系吗？

随着劳动成本及生产物资价格的升高，种植水稻的净利润还会更低，因此，为了提高土地出租方、土地租赁方、蔬菜种植大户、企业或合作社种植水稻的积极性，笔者于 2022 年在设施蔬菜大棚在蔬菜种植后，开展设施大棚蔬菜—水稻轮作技术研究，并在国内第一次提出：菜—稻(设施蔬菜—水稻，以下简称“菜—稻”)产业协作技术发展体系。

4.3. 体系构建

菜—稻产业协作技术体系构成关系到：蔬菜、水稻、乡村、生态等。具体为：

4.3.1. 蔬菜产业体系

蔬菜属于一种经济作物，蔬菜产业带给农民、企业以及三农的经济效益，产业大面积发展，使得其他作物种植面积大面积减少，出现了蔬菜与粮食作物争地(简称“粮经争地”)的问题，影响到“粮食安全”[13]；长期的蔬菜生产过程中，大量使用化学肥料导致土壤盐碱化，连续多年种植同一类蔬菜导致土壤连作障碍[2]-[5]。

4.3.2. 水稻产业体系

粮食安全是国之大者。水稻是云南省最主要的粮食作物，云南省 80%以上的人以稻米为主食，水稻是关系到国泰民安的作物；通过种植水稻(淹水)可以解决多年种植蔬菜导致的土壤盐碱化以及连作障碍。

4.3.3. 乡村产业体系

乡村问题关系到“三农”问题，产业的发展，离不开农民，农民离不开农村，农业的发展，直接关系到农民的钱袋子，而蔬菜产业的发展，可以让农民的钱袋子中有钱，可促进乡村稳定、和谐发展。而种植水稻效益较低，出现了农民种植水稻的收益呈负增长，因此，农民不愿意扩大面积种植水稻。

4.3.4. 生态体系

通过多年种植蔬菜的大棚种植水稻，可以达到对土壤的修复，达到土壤的可持续，同时，改善土壤的小环境结构，也可改变种植区域的周边环境，多年以后，部分生态系统得到一定程度的修复。

4.3.5. 该体系的核心技术

其核心技术：蔬菜、水稻两个产业同等重要，蔬菜为主，水稻为辅，为了不影响土地出租方、土地租赁方、蔬菜种植大户、企业或合作社的经济效益，将 1 片蔬菜基地划分为 3~5 个(A、B、C 或 A、B、C、D、E)区域，每年在蔬菜收获后，水稻种植季节，在大棚里或露地种植 1 个区域的水稻，通过 3~5 年的时间全部轮换种植 1 遍，种植水稻后土地种植蔬菜达到提质增效的目的，几方都能接受。该体系的特点是：三免，三常，不降效。一是大棚里种植水稻免拆棚杆、免揭棚顶膜、免深耕(不破坏菜地墒型，棚内墒面

浅旋), 轻简省工、节本增效; 二是正常节令、正常密度、正常管水方式栽种管理; 三是增温避寒, 由于棚内温度高于棚外, 可以预防水稻抽穗灌浆期, 温度降低对水稻产量、品质的影响, 实现水稻早熟丰产, 还可以利用菜地余肥, 减少农药、化肥的施用, 达到增效; 四是不降低土地出租方、土地租赁方、蔬菜种植大户、企业或合作社的经济效益。

5. 大棚蔬菜 - 水稻产业协作技术发展体系实例

2020 年, 《国务院办公厅关于防止耕地“非粮化”稳定粮食生产的意见》国办发[2020] 44 号提到: 防止耕地“非粮化”稳定粮食生产的重要性紧迫性; 坚持科学合理利用耕地资源等。笔者作为一名农业科研人员, 一直在思考, 如何将“非粮化”与蔬菜产业结合起来, 尤其是大棚蔬菜种植对土壤及环境的影响较大, 因此, 考虑进行具体实验。

5.1. 2022 年试验

笔者于 2022 年在云南省曲靖市陆良县设施大棚蔬菜基地里实施蔬菜 - 水稻产业协作技术发展体系构建研究。于 6 月份在蔬菜棚里种植陆良县开展“云粳 50 号”、“滇禾优 615”(不破坏原基地的情况下, 通过大棚淹水的方式种植水稻)两个水稻品种(见图 1)种植试验, 田间管理除了不施肥料、不喷化学农药, 其他管理按常规进行。9 月底到了收获期, 但由于省、市、县等相关部门召开现场会, 于 11 月 2 日, 专家进行测产(去除水分后): 云粳 50 号 507.4 kg/667 m², 滇禾优 615 单产 539.8 kg/667 m² (见表 1)。



Figure 1. Rice planted in a vegetable greenhouse
图 1. 蔬菜大棚种植水稻

Table 1. Rice yield measurement table
表 1. 水稻测产表

品种	实测面积(m ²)	产量(kg)	除水分后折合产量(kg/667 m ²)
云粳 50 号	28.5	22.98	507.4
滇禾优 615	21.8	18.96	839.8

5.2. 2023 年试验

2023 年，在曲靖市陆良县三岔河大马路村开展了品种适宜大棚种植的水稻大面积试验，同时，还在陆良县板桥、中枢镇等地方开展了蔬菜大棚旱种试验。

5.2.1. 供试材料

所选品种为云南省主栽的云粳 50 号为主进行试验，种植面积 300 亩。

5.2.2. 试验过程

2023 年 3 月 19 日进行播种。4 月中旬蔬菜(藜蒿)收获后，用微耕机旋耕整地，做到墒平土细。4 月 25 日放水泡田，4 月 28 日进行移栽，株行距 15.0 cm × 28.6 cm。其他管理与大田相同，为了更好地调查生育期，在试验点对不同区域进行 5 个点定点抽样调查生育进程(见表 2)。生育期内未发生影响水稻产量的病虫害，没施用过任何农药，进入乳熟期后大棚外拉网防止麻雀啄食，试验于 9 月 1 日收获，种植 300 亩的云粳 50 号，实测亩产为 543.94 kg/667 m² (见表 3、图 2)。

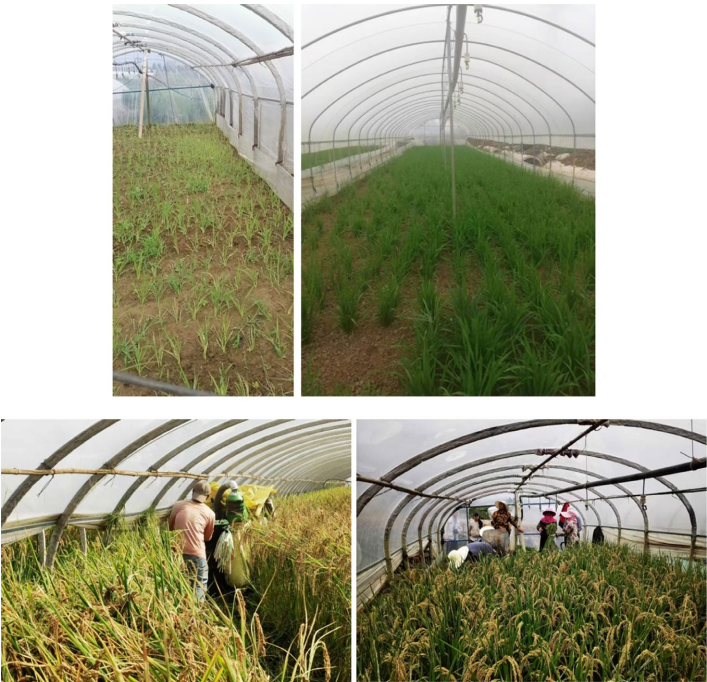


Figure 2. Dry-growing rice in a vegetable greenhouse
图 2. 蔬菜大棚旱作水稻

Table 2. Rice growth process table
表 2. 水稻生育进行表

抽样点 编号	播种期 (月/日)	移栽期 (月/日)	返青期 (月/日)	分蘖期(月/日)			抽穗期(月/日)		成熟期 (月/日)	全生育期 (天)
				始期	盛期	末期	始穗期	齐穗期		
1	3/19	4/28	5/3	5/10	5/26	6/6	7/3	7/16	8/27	161
2	3/19	4/28	5/3	5/10	5/26	6/6	7/3	7/15	8/26	160
3	3/19	4/28	5/3	5/10	5/26	6/6	7/1	7/13	8/24	158
4	3/19	4/28	5/3	5/10	5/26	6/6	7/1	7/12	8/21	155
5	3/19	4/28	5/3	5/10	5/26	6/5	6/30	7/10	8/20	154

Table 3. Experiments at different locations and varieties in Luliang
表 3. 陆良不同地点及品种试验

地点	品种	样点面积 S (m ²)	鲜重 W (kg)	杂质率 I (%)	空瘪率 E (%)	含水量 M (%)	实测亩产 Y (kg)	代表面积 (667 m ²)	备注
三岔河镇大马路村	云粳 50 号	279.60	257.45	2.63	0.00	22.51	543.94	300	大棚淹水
板桥镇长湖村	云粳 37 号	153.12	174.95	16.50	0.00	18.20	608.54		大棚淹水
马街镇薛官堡村	滇禾优 615	232.46	190.30	19.25	0.00	28.50	368.56		大棚旱种
中枢镇山坡子村	滇禾优 615	69.23	51.50	20.95	0.00	27.60	332.01		大棚旱种
三岔河镇天宝村	楚粳 26 号	2845.44	3124.43	3.64	0.00	21.60	646.84		大棚淹水、纯机收

注：标准干重含水率 Mo：粳稻 14.5%；计算公式： $Y = (666.7 \div S) \times W \times (1 - I) \times (1 - E) \times [(1 - M) \div (1 - Mo)]$ ；表
中含水量由 PM-8188New 水分测定仪测定。

2023 年，还在曲靖市沾益区进行试种水稻(淹水)，品种为云粳 50 号，最后平均亩产达 528.2 kg/667 m² (见 [图 3](#))。



Figure 3. Expert-level measurement of greenhouse rice grain length
图 3. 专家级测大棚种植水稻穗粒长度

5.2.3. 小结

通过两年的试验，在蔬菜大棚中种植水稻(淹水)，品种的选择以适宜当地种植的品种在大棚种植，可以提早收获，减少病虫害危害，还可改变小气候环境，修复种植蔬菜产生的土壤盐碱化及连作障碍，产量也能保障。在大棚中旱作水稻，由于水稻的分蘖对水分的需求量较大，可能由于水分供应不足，导致分蘖不佳，影响产量；另外，杂草较多，会增加除草成本。

6. 菜 - 稻产业协作技术发展体系的综合效益分析

6.1. 经济效益

通过该技术协作体系可以很好地改善设施长期种植蔬菜导致的土壤板结、盐碱化以及病虫害等问题，让土壤得到充分的休息，有利于蔬菜产业的提质增效。同时，也能解决长期存在的粮经争地问题。通过 3

至 5 年种植蔬菜、1 年轮作水稻的菜-稻产业协作技术发展体系,既能促进产业发展,保障企业经济效益,又能达到改良土壤的作用。

6.2. 社会效益

该体系的推广应用,首先,解决了“非粮化”问题,解决了粮食安全问题;其次,改良设施长期种植蔬菜导致的土壤板结、盐碱化问题,让土壤得到充分的休息,有利于下一茬种出更好的蔬菜;再次,能解决长期存在的粮经争地问题。

6.3. 生态效益

在蔬菜收获后,在大棚里种植水稻,可以很好地改善设施长期种植蔬菜导致的土壤板结、盐碱化问题,让土壤得到充分的休息,有利于粮经产业的可持续发展及土地的可持续利用。同时,能改良土壤,可以利用菜地余肥,减少农药、化肥的施用,有利于环境保护,获得很好的生态效益。

基金项目

云南种子种业联合实验室——南瓜新品种选育(202205AR070001);云南乡村振兴科技专项——云南省陆良县蔬菜科技特派团(202104BI090006)。

参考文献

- [1] 滕泰. 供给侧结构性改革[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/%E4%BE%9B%E7%BB%99%E4%BE%A7%E7%BB%93%E6%9E%84%E6%80%A7%E6%94%B9%E9%9D%A9/18851298?fr=aladdin>, 2015-11-10.
- [2] 龙荣华, 肖植文, 张思竹, 等. 云南蔬菜产业中可持续发展的思考[J]. 广东农业科学, 2010(4): 361-363.
- [3] 龙荣华, 潘丽云, 浦恩达, 等. 云南蔬菜产业发展的问题与思考[J]. 中国农学通报, 2013, 29(20): 101-104.
- [4] 王旭明, 赵夏夏, 曾树霖, 等. 设施蔬菜连作生育障碍与其土壤障碍因子防治策略[J]. 基层农技推广, 2022(12): 35-38.
- [5] 姬丽君, 席旭东, 杜宏辉. 旱作区马铃薯连作土壤障碍生物治理试验[J]. 寒旱农业, 2022(19): 21-27.
- [6] 何万春, 谭伟军, 王娟, 等. 6 种微生物菌剂对全膜马铃薯生长发育和产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(11): 54-58.
- [7] 张曼, 郝科星, 张焕, 等. 设施西瓜连作障碍治理措施对比[J]. 山西农业科学, 2022, 50(9): 1353-1358.
- [8] 乔光, 田田, 洪怡, 等. 生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤矿质元素的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(4): 904-908.
- [9] 王广印, 郭卫丽, 陈碧华, 等. RSD 防控设施土壤和蔬菜连作障碍机制及应用的研究进展[J]. 河南农业科学, 2023, 52(1): 1-10.
- [10] 王广印, 郭卫丽, 陈碧华, 等. 强还原土壤灭菌法防控瓜菜土壤连作障碍效果的影响因素[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(2): 11-18.
- [11] 李海燕. 设施蔬菜土壤连作障碍及治理措施[J]. 天津农林科技, 2009(6): 12-13.
- [12] 赵家进, 刘跃明, 王产东, 等. 云南省设施蔬菜产业现状及发展方向[J]. 中国蔬菜, 2022(10): 1-4.
- [13] 龚齐珍. 确保粮食安全“国之大者”地位探析[J]. 老区建设, 2022(13): 41-45.
- [14] 吴传青. 稻-菜高产优质栽培技术[J]. 现代农业科技, 2007(16): 132+134.
- [15] 张嫩珠. 优质稻-花椰菜水旱轮作高产高效栽培技术[J]. 福建农业科技, 2018(8): 9-11.
- [16] 李廷华. 稻菜瓜一年三熟高产优质高效栽培技术[J]. 现代农业, 2015(9): 24.
- [17] 兰金隆, 钟卫胜. 春烟-优质稻-茼蒿优质高产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2007(17): 168-169.