

蔗蛙共生综合种养模式构建与效益分析

潘 远¹, 李晨辉², 黄贞婷¹, 江宇辰¹, 景 飒¹, 吴常青³, 崔娜娜^{1*}, 杨祥军^{1*}

¹浙江师范大学行知学院, 浙江 金华

²青岛农业大学海洋科学与工程学院, 山东 青岛

³兰溪市常青果蔬家庭农场, 浙江 金华

收稿日期: 2026年6月25日; 录用日期: 2026年7月22日; 发布日期: 2026年7月30日

摘 要

本研究选用糖料甘蔗与黑斑侧翼蛙(*Pelophylax nigromaculata*)作为试验对象, 在浙江省兰溪市女埠街道汇潭村建立结构与功能合理的新型蔗蛙共生模式, 研究二者在相同生境中的相互作用, 并分析经济与生态效益。研究表明, 蔗蛙共生体系土壤不同时期的有机质和微生物物种多样性均比放养前呈现显著性升高($P < 0.05$), 且随着共生时间的延长, 含量差异逐渐升高, 上层土有机质含量最高达到 20.6 ± 0.3 g/kg, 下层土有机质含量最高达到 17.9 ± 0.1 g/kg。黑斑蛙投放前期, 优势菌群是鞘氨醇单胞菌属(*Sphingomonas*)、SC-I-84和马赛菌属(*Massilia*)。取样后期, 优势菌群是鞘氨醇单胞菌属(*Sphingomonas*)、热单胞菌属(*Thermomonas*)和鲸杆菌属(*Cetobacterium*)。相比传统的单一种植糖料甘蔗模式, 甘蔗糖度比对照组增加 1.4°Brix ($P < 0.05$), 株高比对照高 0.28 ± 0.02 m ($P < 0.05$), 蔗径比对照粗 0.31 ± 0.01 m ($P < 0.05$)。经过完整的养殖周期后, 商品黑斑蛙的平均体质量达到 50.37 ± 0.42 g, 黑斑蛙收获量 680 ± 32 kg/亩, 增收利润为4935元/亩。本研究为蔗蛙共生体系模式的推广应用提供理论依据和数据支撑。

关键词

甘蔗, 黑斑蛙, 共生体系, 综合种养

Research on Construction and Benefit Analysis of Sugarcane-*Pelophylax nigromaculata* Symbiotic System

Yuan Pan¹, Chenhui Li², Zhenting Huang¹, Yuchen Jiang¹, Sa Jing¹, Changqing Wu³, Nana Cui^{1*}, Xiangjun Yang^{1*}

¹Xingzhi College, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

²School of Marine Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong

³Changqing Fruit and Vegetable Family Farm of Lanxi City, Jinhua Zhejiang

*通讯作者。

文章引用: 潘远, 李晨辉, 黄贞婷, 江宇辰, 景飒, 吴常青, 崔娜娜, 杨祥军. 蔗蛙共生综合种养模式构建与效益分析[J]. 农业科学, 2026, 16(7): 1095-1103. DOI: 10.12677/hjas.2026.167132

Abstract

In this study, sugarcane and *Pelophylax nigromaculatus* were selected as experimental subjects. A novel sugarcane-*Pelophylax nigromaculatus* symbiotic system with rational structure and functions was established in Huitan Village, Nübu Subdistrict, Lanxi City, Zhejiang Province, to explore the interactions between the two species in the same habitat and analyze its economic and ecological benefits. The results showed that the soil organic matter content in the sugarcane-*Pelophylax nigromaculatus* symbiotic system and increased microbial diversity significantly at all growth stages compared with that before *Pelophylax nigromaculatus* stocking ($P < 0.05$), and the difference gradually widened with the extension of symbiosis duration. The maximum organic matter content reached 20.6 ± 0.3 g/kg in topsoil and 17.9 ± 0.1 g/kg in subsoil. In the early stage, the dominant microbial communities are *Sphingomonas*, *SC-I-84* and *Massilia*. In the late stage, the dominant microbial communities are *Sphingomonas*, *Thermomonas* and *Cetobacterium*. Compared with the traditional monoculture sugarcane planting mode, the sugar content of sugarcane was 1.4°Bx higher than that of the control group ($P < 0.05$); the plant height was 0.28 ± 0.02 m higher ($P < 0.05$); and the stem diameter was 0.31 ± 0.01 m thicker ($P < 0.05$). After a complete breeding cycle, the average body weight of commercial *Pelophylax nigromaculatus* was 50.37 ± 0.42 g, with a yield of 680 ± 32 kg/667m² and an additional economic profit of 4,935 yuan/667m². This study provides theoretical basis and data support for the popularization and application of the sugarcane-*Pelophylax nigromaculatus* symbiosis model.

Keywords

Sugarcane, *Pelophylax nigromaculata*, Symbiotic System, Comprehensive Planting and Breeding

Copyright © 2026 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

稻渔综合种养(Rice-fish co-culture)是“全球重要的农业遗产系统”之一，也是我国当前正在鼓励、支持和大力推广应用的绿色低碳农业发展模式[1]。采用稻渔共生系统的国家有 28 个，主要是东南亚国家，如印度尼西亚、马来西亚、印度、菲律宾、孟加拉国等，主要围绕稻渔共生系统的水稻产量[2]、害虫控制[3]、氮素的利用[4]和综合收益[5]等方面开展研究。我国主要分布在江西、湖南、浙江、福建、广东、广西、四川等省区，有“稻-鱼”、“稻-鸭-鱼”、“稻-鱼-蟹”、“稻虾共生”、“稻鳖共生”、“稻鳅共生”等模式，稻蛙复合生态种养是对稻渔共生体系的补充和发展[6]。

如何调整优化种植业、养殖业及其内部结构，推广新型生态农业种养模式和技术应用示范，依然是当前研究热点。甘蔗是我国重要的糖料作物，也是主要的经济作物之一。甘蔗田间套种是提高土地光、热、水资源利用率及增加单位面积经济效益的有效途径，不仅具有明显的产量优势[7]，还能增加复种指数和地面覆盖[8]，根际土壤中的微生物数量和多样性增加，土壤理化性质发生改变，实现土地的用养结合[9]。兰溪市种植甘蔗已有百年历史，种植面积达 7000 多亩，是目前浙江最大的甘蔗种植基地之一。

当前，尚未见到甘蔗田间套养黑斑蛙绿色生态种养技术相关研究的公开文献报道和生产实践，结合前期工作基础，本研究以蔗蛙绿色生态种养关系为研究背景，选用糖料蔗和黑斑侧褶蛙作为种养品种，

创建新型绿色种养基地,以传统甘蔗种植、蔗蛙共生作对比试验,探究蔗蛙综合种养模式对土壤有机质变化、甘蔗产量和黑斑蛙品质等方面的作用,明确蔗蛙综合种养模式的经济效益与生态效益,旨在为创新发展兰溪市特色的现代绿色生态农业模式提供理论技术支撑和生产实践示范。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

本研究选用兰溪市女埠街道当地自留糖料甘蔗与黑斑侧翼蛙(幼蛙购自浙江省长兴创意生态农业发展有限公司)为试验材料,选取立体种养全周期内的蔗蛙共生关系为研究对象。

2.1.1. 试验地点

试验在浙江省金华市兰溪市女埠街道汇潭村后角 3 号常青果蔬家庭农场进行(东经 119°51'47", 北纬 29°29'44"),属亚热带季风气候,温暖湿润,四季分明,雨量充沛,无霜期长;夏秋高温多雨、冬春温和少雨,梅雨、伏旱明显,光照充足,光热互补。年平均气温 17.7℃,年平均降水量 1439 mm,无霜期: 265 天,年均日照: 2013.7 h。

选择进水便利、排水通畅、水质良好、环境安静的田块进行改造,田块周边无工业废水、生活垃圾等污染,具有抗旱排涝能力,面积 4 亩,其中 2 亩甘蔗单一种植,2 亩蔗蛙共生种养。

2.1.2. 试验田改造

按照甘蔗种植要求把田块平整后,沿四周边距田埂 0.5 m 处设置隔离板(内围网),防止蛇类、老鼠等天敌捕食黑斑蛙,高度设置为 0.8 m~1.0 m,每隔 1 m 用钢管加固。设置防鸟网,网高 3 m。水沟宽 0.6~1 m、深 1 m,开挖出的田土回填到内部 1 m 宽的喂食台区和中间甘蔗种植区,四周建喂食台,用土工布铺设。

水沟两端预设进水管与排水管,进、排水管安装 20 目网袋,用以过滤进水及防止黑斑蛙外逃,排水管可控制水位高度,确保甘蔗种植区高出水沟 20 cm。

蔗茎下种时间为: 2024 年 03 月 24 日。

甘蔗收获时间为: 2025 年 01 月 13 日。

2.1.3. 黑斑蛙投放

选取驯化后规格为 5~8 g 左右的健康幼蛙投放入到试验甘蔗田块(繁养分离)。养殖周期全程投喂人工配合饲料。

黑斑蛙放苗时间为: 2024 年 06 月 21 日。

黑斑蛙收获时间为: 2024 年 11 月 16 日。

黑斑蛙放养密度为: 30,000 只/亩。

2.1.4. 日常管理

(一) 防逃。黑斑蛙野性难驯、擅长跳跃,同时,黑斑蛙也有钻洞的习性,洞穴可钻深达 15 cm 以上。在做好进排水口防逃的同时,加强日常巡田管理,确保围网不倾覆、不破损,并保持深埋不低于 20 cm。

(二) 防天敌。黑斑蛙的主要天敌是蛇、鼠、黄鼠狼、刺猬和白鹭等,在加粗围网防止蛇、鼠咬毁的同时,更要加强日常巡田管理,发现破洞及时修补,发现天敌及时灭杀,并及时驱赶鸟类天敌。

(三) 适时换水。由于黑斑蛙放养密度较大,加上日常人工大量投喂饲料,残饵和粪便会造水质恶化,特别是夏季高温,蔗田水浅,更容易导致残饵、粪便快速变质,造成微生物大量滋生,引起蛙病爆发,因此,要适时换水,保持田水清爽。

(四) 投饲管理。按照定时、定量、定质、定点“四定”原则, 每天下午 17:00 投喂 1 次。饲料投喂量和粒径随着黑斑蛙生长及时调整(投放量为常规养殖黑斑蛙的 1/2, 约为黑斑蛙总体重的 5%~6%), 除投喂黑斑蛙专用饲料外, 每天夜间要开足甘蔗田里的诱虫灯。根据诱虫数量多少和成蛙生长需要, 可以适当投喂人工培养的红虫、蚯蚓等富含高蛋白成分的活饵料。

(五) 适时销售。黑斑蛙喂养时间达到 120 天以上, 一般规格在 40~50 g, 用地笼捕捉商品黑斑蛙适时上市销售。

(六) 整个种养周期, 不施化肥, 不打农药, 不用渔药。

2.2. 试验方法

2.2.1. 土壤取样方法

在每个试验区内采集 5 份 0~20 cm 表层土样(四周和中心点各作为取样点之一), 其中上层土取样时将表层腐殖质用小铁铲轻轻挪开, 选取 0~10 cm 深度; 下层土取样时, 将表层土先平挖 10 cm 深度后, 再取土 11~20 cm。土壤样品及时运回试验室检测。每月月底取样。

2.2.2. 土壤有机质的测定

参照中华人民共和国农业行业标准《土壤检测第六部分: 土壤有机质的测定(NY/T 1121.6-2006)》。

2.2.3. 土壤微生物群落的物种差异分析

选用 CTAB 法提取土壤微生物组总基因组 DNA, 以微生物核糖体 16S rDNA 的 V₃V₄ 基因片段为靶点进行 PCR 扩增, 将 PCR 扩增回收产物用试剂 Quant-iT PicoGreen dsDNA Assay Kit 和仪器 Microplate reader (BioTek, FLx800) 进行定量。采用 Illumina 公司的 TruSeq Nano DNA LT Library Prep Kit 制备测序文库, 采用 Quant-iT PicoGreen dsDNA Assay Kit 在 Promega QuantiFluor 荧光定量系统上进行高通量测序。对 ASV/OTU 进行统计, 使用韦恩图(Venn; https://en.wikipedia.org/wiki/Venn_diagram)来进行群落物种组成分析。

2.2.4. 土壤微生物群落的多样性分析

GraPhlAn 进化树图揭示不同物种之间的亲缘关系、丰度分布以及群落结构特征。以物种累积曲线用于衡量和预测群落中物种丰富度随样本量扩大而增加的幅度, 能较为全面的评估微生物群落的 alpha 多样性。以 PCoA 分析 Beta 多样性。

2.2.5. 甘蔗糖度的测定

便携式数显折射计 PAL-1 测定 Brix 值。

2.2.6. 黑斑蛙营养品质的测定

黑斑蛙养殖结束时禁食 24 h, 捕出各组黑斑蛙进行逐个称重, 每个试验田块随机选取黑斑蛙 9 只。市售组与养殖组黑斑蛙各 36 只, 每组设置 3 个平行。解剖剥取黑斑蛙两后肢肌肉, 用多功能绞肉机绞碎、混匀, -20℃ 条件下保存备用, 测定一般营养成分, 每个指标重复测定 3 次。

水分含量的测定参照恒温烘干法(GB 5009.3-2016)进行, 粗蛋白质含量的测定参照凯氏定氮法(GB 5009.5-2016)进行, 粗脂肪含量的测定参照索氏抽提法(GB 5009.6-2016)进行, 灰分含量的测定参照马福炉灼烧法 (GB 5009.4-2016)进行。

2.3. 数据处理与统计分析

所有试验重复 3 次, 数据结果以平均值±标准差表示。采用 Origin 2019b 整理数据绘制图表, 用 SPSS 22.0 软件进行数据分析。

3. 结果与分析

3.1. 蔗蛙共生不同时期土壤有机质变化

蔗蛙共生土壤不同时期的有机质测定结果如下图 1 所示。由图可知，与 5 月份没有放养黑斑蛙时期的对照相比，黑斑蛙放养之后，上层土和下层土的有机质含量都呈现显著性升高($P < 0.05$)，且随着放养时间的延长，含量逐渐升高。上层土有机质含量最高达到 $20.6 \pm 0.3 \text{ g/kg}$ ，下层土有机质含量最高达到 $17.9 \pm 0.1 \text{ g/kg}$ 。

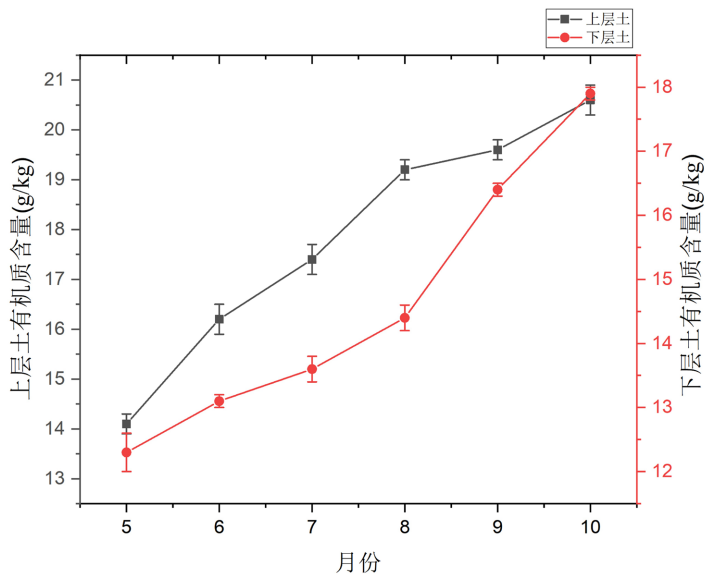
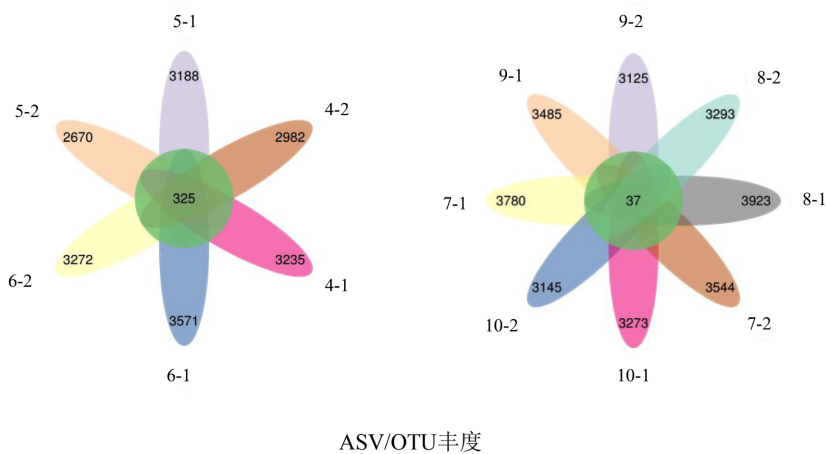


Figure 1. The soil organic matter content in the sugarcane-Pelophylax nigromaculatus symbiotic system during different periods

图 1. 蔗蛙共生不同时期土壤有机质含量变化

3.2. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物物种差异分析



注：4-1 表示 4 月份上层土，4-2 表示 4 月份下层土，依此类推。

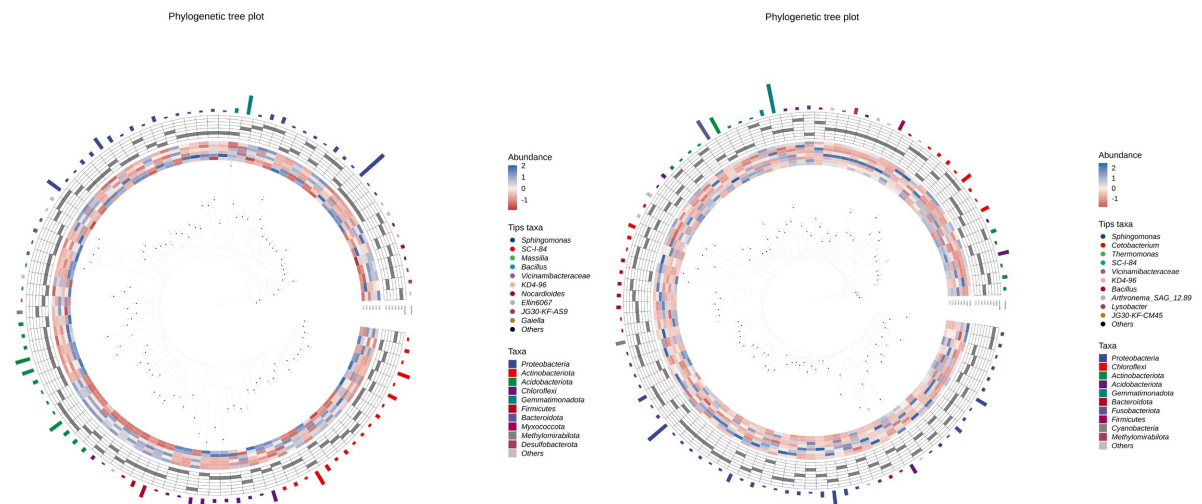
Figure 2. The soil microbial species difference analysis of the sugarcane-Pelophylax nigromaculatus symbiotic system during different periods

图 2. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物物种差异分析

蔗蛙共生不同时期的土壤微生物物种差异分析如下图 2 所示。ASV/OTU 丰度在黑斑蛙放养前后差异显著($P<0.05$)，上层土由放养前最低的 3188 增加到放养后最高的 3923，下层土由放养前最低的 2670 增加到放养后最高的 3544。可见，黑斑蛙的放养活动能提高甘蔗田土壤样本的微生物物种多样性。

3.3. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物 GraPhlAn 进化树图

蔗蛙共生不同时期的土壤微生物 GraPhlAn 进化树图如下图 3 所示。黑斑蛙投放前后，鞘氨醇单胞菌属(*Spingomonas*)都是主要微生物，它是一种对植物有益的根际微生物，它能够降解有机污染物、促进植物生长和抑制植物病原菌。在取样前期，优势细菌属 SC-I-84 可以起到调控碳氮营养转化，增强土壤生态功能与养分循环能力。马赛菌属(*Massilia*)参与碳氮循环等重要生态过程。取样后期，热单胞菌属(*Thermomonas*)在高温下和氮素循环中活跃。鲸杆菌属(*Cetobacterium*)是水生生物肠道微生物群的优势菌属之一，能够增强鱼类非特异性免疫，降低细菌性疾病发生率。



注：4-1 表示 4 月份上层土，4-2 表示 4 月份下层土，依此类推。

Figure 3. The soil microbial GraPhlAn phylogenetic tree diagram of the sugarcane-Pelophylax nigromaculatus symbiotic system during different periods

图 3. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物 GraPhlAn 进化树图

3.4. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物多样性分析

蔗蛙共生不同时期的土壤微生物 alpha 多样性和 Beta 多样性如下图 4 所示。在生物群落抽样分析中，随样本量的累积增加，新物种检出率呈现显著边际递减趋势。PCoA 分析显示，不同处理组的微生物群落 Beta 多样性存在显著分离。

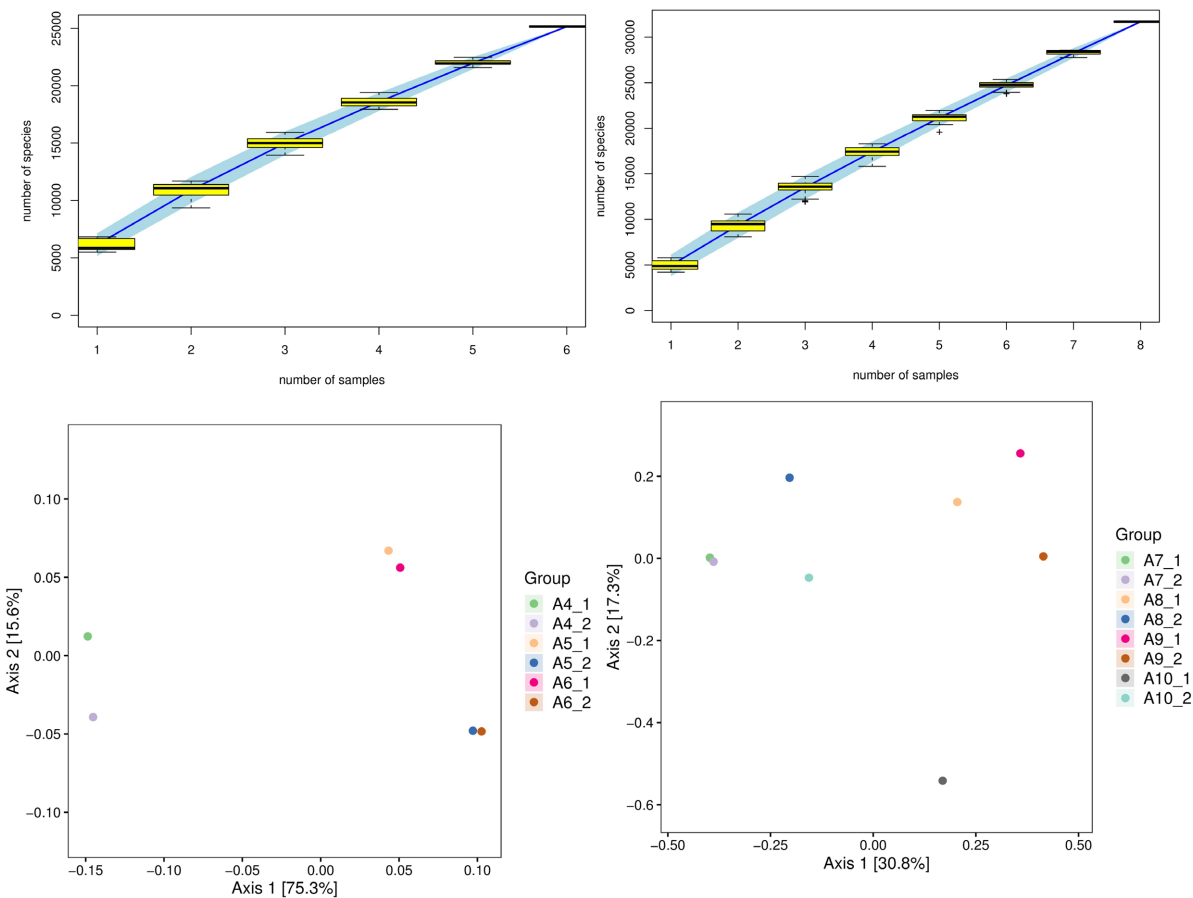
3.5. 黑斑蛙收获期规格测定结果

蔗蛙共生生态种养黑斑蛙规格测定结果如下表 1 所示。经过完整养殖周期后养成商品蛙的平均体质量达到 50.37 ± 0.42 g，平均体长为 7.15 ± 0.22 cm，头宽指标的平均值为 2.31 ± 0.13 cm，后肢平均长度为 10.23 ± 0.41 cm，前肢平均长度为 5.37 ± 0.26 cm，前肢与后肢的长度比值约为 0.53。

3.6. 蔗蛙共生甘蔗产量及经济效益分析

对糖料甘蔗鲜重产量进行分析，结果如表 2 所示。单作甘蔗产量每亩为 6.44 吨，经济效益为 5796 元/亩。蔗蛙综合种养每亩甘蔗产量在 5.98 吨，经济效益为 5355 元/亩，套养产量及效益均低于单作。套养

甘蔗甜度比单作高 1.4°Brix。



注：4-1 表示 4 月份上层土，4-2 表示 4 月份下层土，依此类推。

Figure 4. The soil microbial alpha diversity and beta diversity of the sugarcane-*Pelophylax nigromaculatus* symbiotic system during different periods

图 4. 蔗蛙共生不同时期土壤微生物 alpha 多样性和 Beta 多样性

Table 1. Specifications of *Pelophylax nigromaculatus* during the harvest period

表 1. 黑斑蛙收获期的规格

体质量/g	体长/cm	头宽/cm	后肢长/cm	前肢长/cm
50.37 ± 0.42	7.15 ± 0.22	2.31 ± 0.13	10.23 ± 0.41	5.37 ± 0.26

Table 2. Yield and economic benefit analysis of Sugarcane per 667m²

表 2. 每亩甘蔗产量及经济效益分析

种植模式	密度/株	蔗径/cm	蔗高/m	甜度/°Brix	糖蔗鲜重产量/吨	单价/元/斤	甘蔗经济效益/元
甘蔗单作种植	3200	3.03	2.77	13.7	6.44	0.45	5796
蔗蛙共生种养	2600	3.34	3.05	15.1	5.98		5355

3.7. 蔗蛙共生黑斑蛙产量及经济效益分析

黑斑蛙每亩产达 680 kg，按集中上市期时的市场价格计算，每亩收入约 17,690 元；同时甘蔗收入增

加 5355 元，两项相加共得 23,035 元。扣除总投入成本 18,100 元后，获得的净利润为 4935 元，是传统甘蔗单作种植模式收入的 2.25 倍，体现了甘蔗和黑斑蛙共养这种生态农业模式具有很好的经济效益(见表 3)。

Table 3. Yield and economic benefit analysis of *Pelophylax nigromaculatus* per 667 m²
表 3. 每亩黑斑蛙产量及经济效益分析

种植模式	幼蛙/ 元	饲料/ 元	人工/ 元	蔗种/ 元	田租/元	基建/ 元	成本/ 元	产量/ 斤	单价/ 元/斤	产值/元	利润/元
甘蔗单作种植	0	0	2000	1100	500	0	3600	0		5796	2196
蔗蛙共生种养	3050	6450	3000	900	500	4200	18,100	1360	13	23,035 (5355 元蔗 + 17,680 元蛙)	4935

3.8. 黑斑蛙肌肉基础营养含量比较

对套养及市售的黑斑蛙肌肉营养品质差异进行了测定分析，结果如表 4 所示。不同养殖模式下黑斑蛙的肌肉粗蛋白含量存在显著差异($P < 0.05$)，市售黑斑蛙 $21.02\% \pm 0.74\%$ ，蔗蛙共生种养 $23.91\% \pm 0.52\%$ ，其余粗脂肪、灰分、水分无显著性差异($P > 0.05$)。

Table 4. Comparative analysis of basic nutritional content in the muscle of *Pelophylax nigromaculatus*
表 4. 黑斑蛙肌肉基础营养含量比较分析

种植模式	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	灰分(%)	水分(%)
市售黑斑蛙	21.02 ± 0.74	0.38 ± 0.01	0.91 ± 0.06	74.02 ± 0.71
蔗蛙共生种养	23.91 ± 0.52	0.35 ± 0.02	0.93 ± 0.05	74.62 ± 0.55

4. 结论与讨论

4.1. 研究结论

甘蔗与蛙类共生性强，本研究将黑斑蛙的饲养与糖料蔗的种植有机结合，建立结构与功能合理的新型蔗蛙共生系统。本试验基地，甘蔗种植周期为每年 3 月至 12 月，黑斑蛙养殖周期为每年 6 月至 11 月。

(1) 与甘蔗单作对照相比，蔗蛙共生土壤不同时期的有机质含量和微生物物种多样性均显著性升高($P < 0.05$)。上层土有机质含量最高达到 20.6 ± 0.3 g/kg，下层土有机质含量最高达到 17.9 ± 0.1 g/kg。ASV/OTU 丰度在黑斑蛙放养前后差异显著($P < 0.05$)，上层土由放养前最低的 3188 增加到放养后最高的 3923，下层土由放养前最低的 2670 增加到放养后最高的 3544。黑斑蛙的放养活动能提高甘蔗田土壤样本的微生物群落多样性。

(2) 黑斑蛙投放前期，优势菌群是鞘氨醇单胞菌属(*Sphingomonas*)、SC-I-84 和马赛菌属(*Massilia*)。取样后期，优势菌群是鞘氨醇单胞菌属(*Sphingomonas*)、热单胞菌属(*Thermomonas*)和鲸杆菌属(*Cetobacterium*)。

(3) 单作甘蔗产量每亩为 6.44 吨，经济效益为 5796 元/亩。蔗蛙综合种养每亩甘蔗产量在 5.98 吨，经济效益为 5355 元/亩，套养产量及效益均低于单作。套养甘蔗糖度、株高和蔗茎比对照组显著增加($P < 0.05$)。

(4) 与甘蔗单作对照相比，蔗蛙共生每亩黑斑蛙产量在 680 kg，黑斑蛙产值 17,690 元，加上甘蔗产值 5355 元，蔗蛙收入共 23,035 元，减掉成本 18,100 元，利润收入 4935 元，是甘蔗单作种植利润 2196 元的 2.25 倍，蔗蛙共生具有很好的经济效益。

(5) 不同养殖模式下黑斑蛙的肌肉粗蛋白含量存在显著差异($P < 0.05$), 市售黑斑蛙 $21.02\% \pm 0.74\%$, 蔗蛙共生种养黑斑蛙为 $23.91 \pm 0.52\%$, 其余粗脂肪、灰分、水分无显著性差异($P > 0.05$)。

4.2. 讨论

本研究依托国家生态农业发展战略, 融合现有立体种养技术开展创新实践。南方地区食蛙消费传统深厚, 伴随绿色无公害产品需求增长, 相关产业展现出广阔市场空间与发展潜力。

蔗蛙绿色生态种养技术通过甘蔗与黑斑蛙的协同共生, 推动种养业有机融合及生态农业进步, 具体优势如下:

- (1) 甘蔗为黑斑蛙提供栖息场所、遮阳环境及水生生物饵料, 而蛙类排泄物与残余饲料转化为优质有机肥, 有效减少化肥施用;
- (2) 黑斑蛙活动可疏松土壤、促进养分分解, 改善土壤结构以提高肥料吸收效率, 为甘蔗生长创造有利条件;
- (3) 该模式显著提升生产效益, 对农民增收及乡村振兴具有积极推动作用;
- (4) 通过减少农药化肥投入, 有效减轻农田污染, 优化农业生态环境。
- (5) 挑战主要是高密度养殖易引发病害和水体污染, 且传统饲料易污染水质, 因此, 应优化蛙沟布局, 研发微生物制剂类专用配合饲料, 也可引入轮作等土壤保育措施。

综上, 蔗蛙绿色生态种养技术兼具生态合理性与经济可行性, 市场前景广阔且产业化优势显著。

基金项目

金华市农业类重点科技计划项目(蔗蛙绿色生态种养技术研究与示范, 2022 年度); 金华市第十三批个人科技特派员项目(“甘蔗-蛙”共生养殖及甘蔗深加工技术研究与示范, 2025 年度)。

参考文献

- [1] 章家恩, 韦生宝, 刘兴, 等. 稻渔综合种养研究进展与展望[J]. 华南农业大学学报, 2024, 45(6): 808, 812-824.
- [2] Haroon, A.K.Y. and Pittman, K.A. (1997) Rice-Fish Culture: Feeding, Growth and Yield of Two Size Classes of *Puntius Gonionotus* Bleeker and *Oreochromis* Spp. in Bangladesh. *Aquaculture*, **154**, 261-281.
[https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(97\)00061-6](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(97)00061-6)
- [3] Frei, M., Khan, M.A.M., Razzak, M.A., Hossain, M.M., Dewan, S. and Becker, K. (2007) Effects of a Mixed Culture of Common Carp, *Cyprinus carpio* L., and Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), on Terrestrial Arthropod Population, Benthic Fauna, and Weed Biomass in Rice Fields in Bangladesh. *Biological Control*, **41**, 207-213.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.02.001>
- [4] Oehme, M., Frei, M., Razzak, M.A., Dewan, S. and Becker, K. (2007) Studies on Nitrogen Cycling under Different Nitrogen Inputs in Integrated Rice-Fish Culture in Bangladesh. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **79**, 181-191.
<https://doi.org/10.1007/s10705-007-9106-6>
- [5] Wahab, M.A., Kunda, M., Azim, M.E., Dewan, S. and Thilsted, S.H. (2008) Evaluation of Freshwater Prawn-Small Fish Culture Concurrently with Rice in Bangladesh. *Aquaculture Research*, **39**, 1524-1532.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02025.x>
- [6] 黄国勤. 中国南方稻田生态种养的意义、成效及高质量发展策略[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2026, 34(4): 717-729.
- [7] 陈政, 吕达, 肖祎, 等. 甘蔗间套种马铃薯研究进展[J]. 中国糖料, 2013(3): 71-72, 74.
- [8] 陈海生, 秦昌鲜, 彭崇, 等. 甘蔗间作花生对根际土壤微生物种群及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(3): 223-226.
- [9] 刘晓燕, 梁强, 庞天, 等. 甘蔗套种马铃薯机械化栽培对土壤微生物多样性及甘蔗养分吸收的影响[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 297-306.