

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.06.003

高原地区循环农业发展模式构建与分析

刘晗晓¹, 邓洪英², 关正军¹, 麦 翀¹,
朱艳英³, 葛钊宇⁴, 冉 霞⁴

1. 西南大学 工程技术学院, 重庆 400715; 2. 西藏自治区昌都市农业科学研究所, 西藏 昌都 854000;
3. 西藏自治区昌都市科技局, 西藏 昌都 854000; 4. 西藏自治区昌都市察雅县农推站, 西藏 昌都 854300

摘要: 高原地区生态环境脆弱, 水土流失严重, 农业发展水平较为落后, 循环农业进展缓慢, 为推动农业发展, 降低农业污染对生态环境的影响, 需要针对当地环境气候探究一种全新的高原种养循环发展模式. 本文结合高原丘陵地区气候特点, 以棚室养殖形式为基础构筑种养循环一体棚模式, 探索了生猪的立体养殖途径, 节约了养殖空间和土地成本, 减小了系统内物质能量交流的距离, 使种养循环高效运行, 将种植、养殖和农业废弃物处理有机结合在一起, 促进了三者的联动耦合效应. 通过对种养循环一体棚模式进行价值流分析, 其经济产投比为 1.48, 成本利润率在 47.89% 左右, 属于高产出的循环农业发展模式, 模式投资回收期为 2.98 年, 投资回收期较短, 具有较强抗风险能力和推广意义.

关键词: 种养循环一体棚; 立体养殖模式; 循环农业; 价值流分析

中图分类号: S216 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2021)06-0018-12

2019 年非洲猪瘟肆虐, 暴露了工厂化养殖和跨区域调配生猪的弊端, 推动了全国循环农业的发展以及中小型养殖业的改革步伐, 循环农业迎来了新的发展契机. “十三五”农业发展规划和“整县推进”循环农业示范项目建设, 都预示着循环农业未来发展的重要性和巨大潜力. 循环农业通过技术创新, 实现再生资源的循环利用, 延长物质转换链条, 实现经济效益与环境资源利用并举, 增强农业生产潜力, 调整和优化农业生态系统及产业结构^[1]. 循环农业通过在养殖和种植之间建立一条全新的纽带, 协调生态环境、改善农业面源污染状况和农业生物质资源利用现状.

从“桑基鱼塘”到“四位一体”及“猪沼果”模式, 以废弃物的资源化和减量化为基础, 结合农业生态学和循环经济理论, 各地在积极转变农业发展方式, 探索全新的农业发展思路^[2], 如三峡库区循环农业生态系统^[3], 北方农牧交错区农牧结合的循环经济发展模式^[4], 迁安市“乐丫”种、养、加结合型模式^[5]等, 新型循环农业发展模式的探索, 大多集中在平原、雨水充沛等适合农业发展的区域. 在青藏高原等高寒地区的农业发展受到海拔、气候、环境和土壤等因素限制, 农业科技水平参差不齐, 基础建设相对落后, 部分地区过度放牧导致土地荒漠化愈发严重^[6], 高寒畜牧业已成为高原地区主要的生态污染源^[7], 氮磷的富集加速了高原地区土壤有机碳的流失^[8]. 对于高原地区循环农业的研究, 部分学者进行过小范围试点运行, 但生产模式过度单一^[9], 部分学者仅在概念层面进行探索, 未进行实质性项目建设^[10]. 西藏地区农机化水平近年来虽有大幅度增长, 与内地相比依旧处于落后水平^[11]. 各地援藏项目引进内地成熟的设施农业发展模式, 以推动西藏地区设施农业发

收稿日期: 2020-05-29

基金项目: 重庆市科技局农高新专项(CSTC2019ngzx0017); 西南大学博士基金(含引进人才计划)项目(SWU118164).

作者简介: 刘晗晓, 硕士研究生, 主要从事农业资源区域化管理.

通信作者: 关正军, 教授, 博士生导师.

展,但弊端也很明显,大部分只是照搬内地模式,投入产出比较低.西藏当地农牧专家结合当地环境特点,也在探索设施农业发展模式,如西藏农牧学院王忠红等提出的“高寒两用温棚”技术,得到了较好地推广使用,但其种养功能结构较为单一,农民依旧需要购买大量牛粪进行土壤改良^[12].

农业发展是西藏地区经济发展的支柱,发展绿色农业是西藏地区建设高原生态屏障的主要力量^[13].西藏地区主要城市果蔬自给率逐年上升,但未来较长一段时间内农产品的供求关系依旧处于不平衡状态,政府以“旅游+农业”的发展模式,期望为高原农业发展带来重大机遇和美好前景.西藏地区耕地生态承载力略低于全国平均水平,可持续发展指数位于临界点,农业的发展必须走向可持续发展的道路,才能保障高原生态不被破坏^[14].转变农业增长方式,探索新的农业发展思路,发展绿色生态农业,提高农业技术研究投入,是西藏地区农业发展的唯一出路^[15].

本研究结合高原丘陵地区气候特点,以棚室养殖形式为基础,调整农业生产结构,对农业生产方式进行大胆的革新,在海拔3200m的高原丘陵河谷地带构筑起全新的循环农业发展模式,并探索了生猪的立体养殖途径,节约了养殖空间和土地成本,缩短了系统内物质能量交换距离,降低了农业废弃物对环境的污染风险,将种植、养殖和农业废弃物处理有机结合在一起,促进了三者的联动耦合效应.结合农业生态学理论,对种养循环一体棚模式在运行过程中的经济效益、社会效益和环境效益进行评估,判断其在高原发展的适应性、可持续性和推广意义.

1 种养循环一体棚技术构筑

1.1 项目研究理念

种养循环一体棚模式,以种植和养殖循环发展为主体,利用有限的资源,合理消纳农业废弃物,延伸农业产业链条,以实现系统的可持续发展.种养循环一体棚技术按照“资源→产品→再生资源”的物质循环和能量流动模式,提高农业系统物质能量多级循环利用效率,最大程度降低环境污染和生态破坏,同时实现生态环境和农村经济的协调发展^[16].

结合山地丘陵地质特点,构筑立体式种养循环一体棚模式,将种植、养殖和农业废弃物处理有机结合在一起,三位一体共同发展,降低运输距离,节约运输成本,避免农产品及附属产物运输过程中产生的二次污染,合理利用空间布局,节省土地面积,更高效利用阳光、土地和空气资源,有利于养殖、种植和农废处理之间的碳、氮循环.

1.2 循环模式计算基础

为保证设计的合理性和科学性,种养循环一体棚在规划及运行过程中需要有一定理论指导及计算依据,作为项目长期稳定运行的基础.

1.2.1 种植物回收阶段

种植物的回收阶段是循环农业运行过程中重要的阶段之一,为循环农业的有序进行提供能源和物质基础,此过程需要将种植阶段的成品或成品残渣进行回收再利用,将其作为养殖原料或发酵原料进行处理.实现植物将C元素和N元素从土壤中吸收后再返回到土壤的第一步,也是物质和能量由生产者到消费者的过程,是物质能量循环稳定进行的基础.

种植回收阶段以秸秆经济性回收模型为基础^[17],参考秸秆资源化手段,结合其在工程领域内的应用^[18].相关计算公式满足:

$$R = \left\{ \frac{3(1-\alpha) \cdot \alpha \cdot (\pi \cdot D)^{(a-1)} Y^a}{H_c \cdot \tau \cdot T} \right\}^{1/(3-2a)} \quad (1)$$

式中: R 为秸秆回收经济性半径,m; α 为工程规模系数, $0 < \alpha \leq 1$; D 为作物岛控制有效直径,m; Y 为工程总投资金额,元; H_c 为作物秸秆产量,t/年; τ 为道路弯曲系数; T 为项目回收期限,年.式(1)以秸秆资源化利用模型为基础,探究可更新种植资源与系统需求量之间的关系,以此作为确定种养循环一体棚中可更新种植资源面积的依据.

1.2.2 养殖废弃物回收阶段

种养循环一体棚规划中,为实现资源高效利用,控制养殖污染,需要对养殖废弃物进行回收和处理,

避免资源浪费. 资源回收处理后, 将有机肥施用到种植区域, 使物质和能量从消费者回归到生产者, 通过养殖量估计废弃物产生量, 通过有机肥产量评估需要的消纳种植面积^[19].

通过有机质资源利用模型, 以 N 元素为参考, 保持系统内 N 元素的流动和投入产出的均衡性为基础, 判断模式种植区域对有机肥的需求量.

1.2.3 元素循环模型

能量的交流是以物质为载体, 物质是以化学元素作为体现. 种养循环过程就是系统与外界和自身进行物质及能量交流的过程, 通过可更新资源为载体, 推动循环模式的运行. 以系统内元素流动为脉络, 梳理模式运行状况, 通过对元素的流动过程分析, 可以判断和确定其能量和物质的流动情况, 以评估种养循环一体棚模式的能量流动稳定性、物质循环的可持续性及其更新资源利用情况, 这些指标成为判断种养循环一体棚模式循环农业可行性的指标, 其循环过程如图 1 所示.

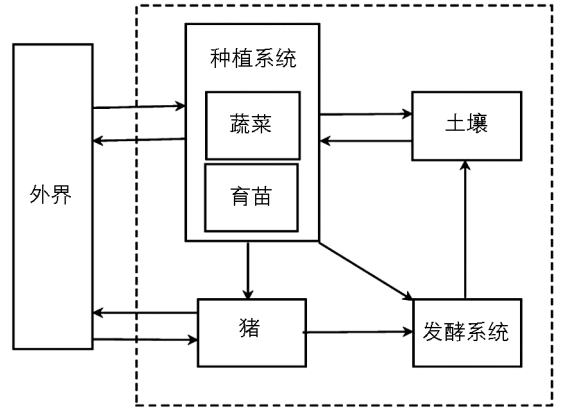


图 1 系统 N 元素循环过程

2 种养循环一体棚建立

2.1 项目选址

项目建于西藏自治区昌都市察雅县吉塘镇, 该地区属于高原温带半干旱季风性气候区, 日照充足, 气候温和, 年平均气温在 11℃, 年平均降水量在 350 mm, 地势属于丘状高原, 较为平坦, 河谷宽浅, 水资源丰富, 水系发达错综复杂, 该地区经济林木、水果蔬菜种植较多, 是藏东的水果和蔬菜基地, 是西藏自治区“十三五”农业综合开发种养产业基地重点区域, 适合养殖业发展.

种养循环一体棚项目位于平均海拔 3 330.0 m 的河谷浅滩, 毗邻澜沧江(图 2), 紧邻吉塘镇及 214 国道, 交通便利, 水资源丰富, 适合种植及畜牧业的发展.

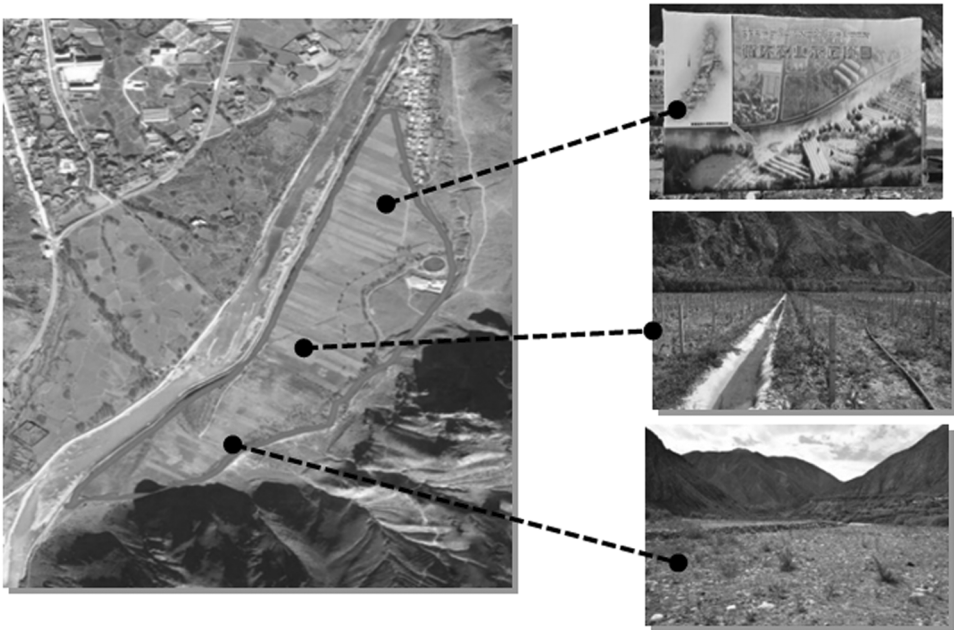


图 2 种养循环一体棚项目环境图

2.2 种养循环一体棚模式

种养循环一体棚模式以棚室为边界将种植、养殖和废弃物处理相结合, 构筑起上层养殖, 下层处理的

立体养殖棚室模式,以好氧堆肥为纽带,连接种植系统和养殖系统,种植系统年产蔬菜在4 000 kg左右,年成品苗在39万株左右,出栏仔猪1 600头左右。

通过棚室立体模块化生产,将3个系统立体复合地连接在一起,3个子系统间可自主地实现气体交流,并通过简单的人工干预实现有机物质的循环交流。以现代化农业机械辅助项目运行,保障养殖和种植过程实现精准化和机械化,使种养循环一体棚模式符合现代化循环农业发展模式标准。区域以系统棚室为边界,种植、养殖和农业废弃物处理属于系统边界范围内(图3)。按照其循环途径划分边界外输入、边界外输出和各子系统间流动部分,虚线为系统边界(图4)。

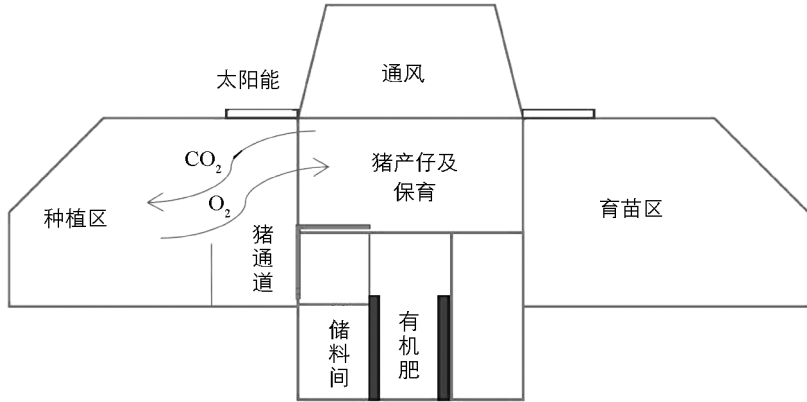


图3 种养循环一体棚系统边界范围内模式

2.3 养殖区域设计

2.3.1 养殖区域布局

养殖子系统分为三部分,分别为仔猪生活区、母猪妊娠区和种猪生活区。

母猪分娩时需要严格控制分娩环境,对分娩时期温度、卫生条件要求较高,仔猪保育阶段皮下脂肪层较薄,要保证仔猪哺乳和保育阶段生活场所的温度适宜。高原地区昼夜温差较大,气候干燥,夜晚地面潮湿阴冷,高原河谷地区土地资源相对紧张,因此种养循环一体棚构筑采用立体养殖形式,将母猪分娩和仔猪保育安排在远离地面的区域,实现对母猪分娩和仔猪保育过程中猪舍环境的精准调控。

仔猪生活区位于种养循环一体棚的二楼部分(图5),该区域用于母猪分娩及仔猪保育。该区域较为干燥,环境卫生条件容易调控,远离地面潮湿、杂乱的环境,使母猪分娩环境较为稳定,提高仔猪存活率,该区域受太阳直射,白天温度较高,可为母猪分娩和仔猪生长提供必要的温度保障。该区域中间布置漏缝地板(图6),下部设置有异位床发酵系统,发酵的同时可以为仔猪生活区提供保温。仔猪生活区顶部为温室棚顶,棚顶采用塑料薄膜覆盖,仔猪在生活过程中可以全天候接受到太阳光照,保证仔猪生活过程中光照充足,太阳光过于强烈时,可放下单侧遮阳板,即保障仔猪生活区温度适宜又不会因阳光直射导致仔猪出现不适症状。仔猪生活区两侧地面为种植区,可以高效地和种植区进行气体交流,以改善仔猪生活气体环境。

母猪妊娠区是母猪备孕和妊娠阶段主要生活场所,母猪妊娠区左侧直接与种植区相邻,可改善母猪饲养环境,保障其新鲜空气供给。母猪妊娠区右侧是种猪生活区,与种猪隔栏养殖,方便母猪与种猪交流,促进母猪发情,缩短发情周期,提高母猪的繁殖效率。母猪即将分娩时,通过位于母猪妊娠区一端的货梯进

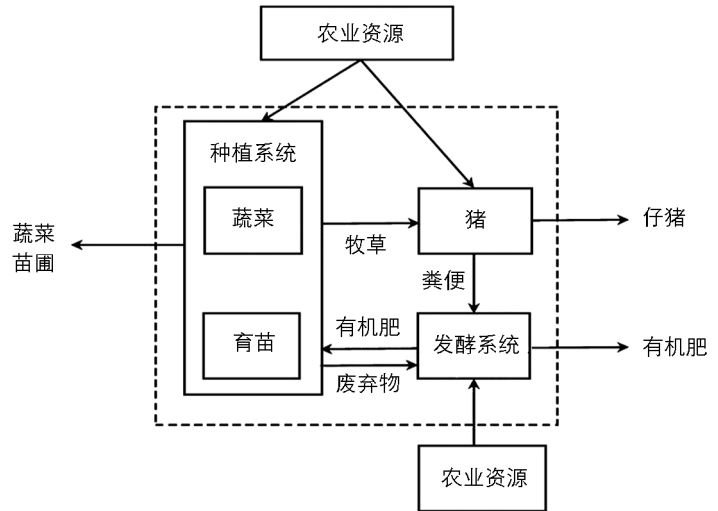


图4 种养循环一体棚模式运行示意图

入二楼的仔猪生活区,开始母猪分娩和仔猪保育工作,母猪哺乳 21 d 后仔猪断奶,母猪由货梯重新返回到母猪妊娠区,将劣质母猪淘汰,更新种群结构,优质母猪继续开始新一轮繁殖过程。

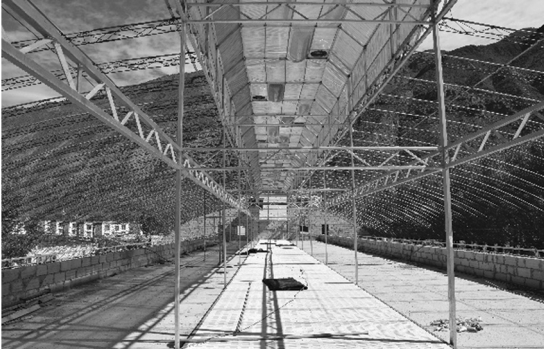


图 5 仔猪生活区



图 6 养殖区域漏缝地板

种猪生活区是种猪生活、配种的主要区域(图 7)。因种猪的生活特性,为保证种猪的生活和活动空间充足,种猪生活区划分为 5 组网格区域,每个区域内可养殖 1~2 头种猪,种猪由统一的饲养槽进行定时定量饲喂。种猪生活区和母猪妊娠区直接接触,可将发情母猪直接输送到种猪生活区,完成交配过程,整个过程操作简单方便,没有其他影响因素。

2.3.2 养殖种群结构规划

结合当地生猪繁殖特点和养殖特色,以年出栏 1 600 头仔猪为养殖目标,确定养殖种群数量和养殖规模。通过李保明等^[20]《设施农业工程工艺及建筑设计》中规模化养殖生猪种群计算方法,对种养循环一体棚模式养殖过程中母猪、仔猪的种群结构和规模进行规划计算。种养循环一体棚模式是属于小型养殖,养殖繁殖节律选为 10d。



图 7 种猪生活区

1) 年产窝数计算

母猪的产仔率为 10 仔/窝,年平均产仔 2.5 窝,作为高原小型养殖项目,母猪的繁殖节律为 10 d 制。查阅相关数据了解到,仔猪产仔存活率为 90%,哺乳期到保育期仔猪存活率为 90%,保育期仔猪存活率为 95%。则猪场母猪年总窝数由公式(2)可以计算,得到养殖母猪总产窝数为 208 窝/年

$$\text{年产窝数} = \frac{\text{计划年出栏头数}}{\text{窝产仔数} \times \text{仔猪产仔存活率} \times \text{哺乳期存活率} \times \text{保育期存活率}} \quad (2)$$

2) 繁殖周期内转群头数计算^[22]

① 分娩母猪数,已知繁殖节律为 10d,每年有 36 个繁殖周期,则每个分娩周期内分娩母猪数约为 6 头(208/36)

② 妊娠母猪,妊娠母猪的分娩率为 95%,则需要妊娠母猪约 7 头(6/0.95)。

③ 配种母猪数。母猪的受胎率为 80%,为保证每个繁殖周期内 7 头母猪受孕,每个繁殖周期内约需要 9 头(7/0.8)空怀母猪参与配种。

④ 哺乳仔猪,每个繁殖周期有 6 头母猪分娩,每头母猪平均分娩 10 头仔猪,仔猪存活率为 90%,则每个繁殖周期内仔猪存活为 54 头。

⑤ 断奶仔猪,仔猪 21 日龄断奶,从出生到断奶阶段,仔猪的存活率为 90%,则每个繁殖周期断奶仔猪为 49 头。

⑥ 保育仔猪,仔猪保育到 70 日龄出栏销售,在保育阶段仔猪的存活率为 95%,则每个繁殖周期内仔猪存活量为 47 头。

3) 猪群组数计算

猪群组数计算满足公式(3),通过公式可以计算出各阶段猪群的数量。

$$\text{猪群组数} = \frac{\text{各阶段饲养时间}}{\text{繁殖节律}} \quad (3)$$

4) 种猪头数计算

种养循环一体棚模式属于自繁自养模式,按照种猪:母猪=1:16比例搭配种猪,养殖过程中,种猪一般为全年饲养,多年更换。

通过计算可以得到如表1所列数据,在以10d为繁殖节律,以年计划出栏1600仔猪为目标下,养殖场常年存栏量在433头左右,其中空怀、妊娠、哺乳阶段的母猪存栏量分别为27、56、12头,哺乳仔猪存栏量为98头,保育期仔猪存栏为235头。养殖系统以仔猪养殖和出售为主,缩短了养殖周期,降低了养殖的风险,在这种猪群结构下可以保证养殖的经济效益,减少土地资源使用,降低养殖污染。

表1 养殖模式种群存栏数量表

饲养阶段	饲养时间/d	猪群组数	每组头数/头	存栏/头
空怀母猪	30	3	9	27
妊娠母猪	84	8	7	56
哺乳母猪	21	2	6	12
哺乳仔猪	21	2	49	98
保育仔猪	49	5	47	235
种猪	365			5
总计				433

2.4 种植子系统

种养循环一体棚模式内的种植子系统分为蔬菜种植区和育苗区两部分,为实现养殖废弃物的完全消纳,完成猪饲料的种植生产等工作,棚室外配有大量常温种植区域。该区域属于种养循环模式范畴,但本项目计算过程中,只对种养循环一体棚模式进行计算和评估,常温种植区域与棚内的物质能量交流转换为经济产出和投入。

蔬菜种植区位于母猪活动区旁边,光照充足,阳光辐射强度较大,能够有效保证蔬菜生长过程对阳光的需求,此区域主要以种植高品质瓜果类蔬菜为主(图8),该区域可与养殖区域实现自主气体交流。育苗区设置有22组7×3m的育苗池(图9),加盖薄膜保水保温,育苗池内铺设水暖设备,循环利用发酵床产生热量对育苗池进行保温,也可直接使用电加热方式,保障育苗池温度。



图8 种植系统果蔬



图9 育苗池分布

2.5 发酵子系统

发酵子系统是处理养殖和种植废弃物,实现废弃物资源化利用的主要场所,是连接养殖和种植实现环保型农业和循环型农业的重要纽带。因当地气候干燥,昼夜温差较大,综合考虑发酵床选用好氧异位床发酵的模式。

异位床发酵区在仔猪养殖区下方,猪粪通过漏缝地板直接到达发酵床内,操作简单,方便原料收集,降低运输成本,减少原料运输过程中产生的二次污染.当地昼夜温差较大,好氧发酵产生的热量,可直接为仔猪生活提供保暖,发酵池半埋入地下,保温性能好,两侧设立水循环装置,可直接加热为好氧菌繁殖提供温度保障,也可吸收发酵产生热量,保证发酵热环境处于平衡状态,水暖装置与育苗池保暖装置连接,水资源和热资源循环利用,为发酵和育苗提供温度保障.发酵池与种植区通过通风窗连接,翻抛机工作后,可快速实现气体循环交换过程.

2.6 辅助系统设置

建立完善的循环养殖体系,需要一定辅助区域及相关配套设备.在二楼仔猪养殖区旁建有消毒区、药品存储区、饮水区、工作区等,并配置太阳能加热系统,为养殖用水进行加热杀菌处理.一楼种猪饲养区旁建设饲料贮藏、加工等区域,棚室外建病死猪处理室.

3 循环农业生产价值流特征分析

价值流分析有助于了解整个循环链条内部结构和各系统运行状况,实现循环农业的精益化,保障系统内部物质和能量得到完整、高效利用.计算系统内不同生产环节的成本和资源价值,以货币形式进行计算和分析,以价值的形式来体现物质和能量的效用,通过效用的分析判断系统运行状态,衡量系统可以作为循环经济发展的方式^[23].

为保证种养循环一体棚循环模式可以在高原地区实现稳定运行,评判其抗风险能力和经济收获能力,需对其在运行过程中的生产价值流进行分析,明确各特征值的状态,评估该模式运行的可行性和可推广性.

3.1 种养循环一体棚项目运行分析

种养循环一体棚项目在运行过程中,由 3 个子系统构成:养殖系统、种植系统和发酵系统,3 个系统独立运行,又不断进行物质和能量交流,三者相辅相成,共同发展.三者物料转换和价值交流的耦合关系,构成了循环农业的主体和基本框架.

通过项目运行过程中各系统内状态和系统间交流情况,得到表 2 种养循环一体棚投入产出表,用于分析系统价值流流动状况.

表 2 种养循环一体棚投入产出表

子系统	类别	项目	单位	数量	
种植子系统	投入	有机能	种子	kg	2.3
			有机肥	kg	10 000
			人力	h	4 800
		无机能	化肥	kg	157.92
			农药	kg	10
			地膜	kg	5.2
			水管	m	1 300
	产出	经济能	柴油	kg	100
			水	m ³	500
			电力	kw · h	1 825
		非经济能	苗圃	颗	390 000
			蔬菜	kg	4 000
			杂草	kg	200

续表 2

子系统	类别	项目	单位	数量	
养殖子系统	投入	有机能	乳猪饲料	kg	96 000
			种猪饲料	kg	8 176
			母猪饲料	kg	93 440
			种母猪	kg	13 200
			人力	h	4 800
			防疫物	kg	17
	产出	无机能	电力	kw · h	5 475
			水	m ³	740.85
			经济能	kg	56 000
			非经济能	kg	119 306.6
发酵子系统	投入	有机能	猪粪	kg	119 306.6
			人力	h	2 400
			添加剂	kg	100
	产出	无机能	电力	kw · h	1 825
			经济能	kg	79 537.7

由表 2 可以看出项目运营过程中,系统通过有机能和无机能的投入,产出一定经济能和非经济能维持系统运行和稳定.每个子系统内都需要有机能和无机能的投入,并不是所有系统都会产生非经济能,有机能投入类型高于无机能投入类型,经济能的产出是实现系统价值的主要表现部分.

3.2 价值流评价指标构建

种养循环一体棚模式是由企业作为运行主体的循环农业发展模式,评价该模式是否成熟,不能仅仅分析系统投入产出的经济能力,需要按照企业运行的标准去判断模式的经济效益,考虑其货币价值随着过程的变化程度,动态分析成本在系统运行过程中的经济效益,客观地考虑其成本、收入、日常维护费用等之间的关系,因此采用现金流量表的形式,对循环农业的价值流动状况进行分析.现金流量表是反映计算期内各年的现金流入、流出和净现金流量的计算形式,本研究的价值流分析选择以下指标进行分析.

1) 总成本:总成本是农业生产运营、销售成本和项目模式构建所产生费用的总和.

$$\text{总成本} = \sum_{t=1}^n CO_t \quad (4)$$

式中: CO_t 为第 t 年的总成本费用; n 为投资回收期; t 为投资年限 ($t=1, 2, 3, \dots, n$).

2) 总收入:总收入是系统进行农业生产活动所创造的所有的经济价值.

$$\text{总收入} = \sum_{t=1}^n CI_t \quad (5)$$

式中: CI_t 为第 t 年的总收入费用.

3) 累计净现值:按照投资者所接受的最低投资回收率,将投资项目在计算期内各年净现金流量,折现到投资期初的现值之和.

$$\text{累计净现值} = \sum_{t=1}^n (CI - CO)_t^{-t} (1 + i) \quad (6)$$

4) 成本利润率:是指系统获得利润和投入成本的比值,可判断系统的获利水平,从一定程度上反映输入系统物质的利用效率和用途.

$$\text{利润率} = \frac{\text{总收入} - \text{总成本}}{\text{总成本}} \times 100\% \quad (7)$$

5) 经济产投比: 是指系统总收入与总成本的比值, 表示模式运行过程中经营活动所得现金满足其运营所需现金流出的程度.

$$\text{经济产投比} = \frac{\text{总收入}}{\text{总成本}} \quad (8)$$

6) 年均收益率: 指模式运营中平均每年收益额与项目总投资的比率, 是一种理论收益率, 是对项目运营过程中一段时间内获利情况的分析.

$$\text{收益率(年)} = \frac{\text{年均收益}}{\text{总成本}} \times 100\% \quad (9)$$

7) 投资回收期: 是指模式达到收益和成本持平所需要的时间, 也叫投资回收年限, 从模式投资起始年算起.

$$\text{投资回收期} = (\text{累计净现金流量开始出现正值年数} - 1) + \frac{\text{上年累计净现金流量绝对值}}{\text{本年净现金流量}} \quad (10)$$

3.3 价值流流动形式及产投结构分析

通过现金流量表(表 3)对种养循环一体棚模式的价值流进行分析, 其中现金的主要流出包括土地流转和整治费用、基础设施建设经费、项目运营成本. 基础设施建设费用主要包括猪舍的建设经费、温室棚的建设经费、农机设施的购买及安装. 运营费用包括项目日常运营过程中需要的投入, 如饲料、水、电、劳力等费用. 系统的现金流入是农产品的销售收入为主, 以苗圃、蔬菜、仔猪和有机肥等销售效益为主.

表 3 种养循环一体棚模式现金流量表

万元

项目	合计	计算期/年									
		总计	1	2	3	4	5	6	...	30	
现金流出	土地费用	27	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	...	0.9	
	开荒整地	2	2	—	—	—	—	—	—	—	
	基础投入	猪舍	220	220	—	—	—	—	—	—	—
		温室棚	10	10	—	—	—	—	—	—	—
		农机	35	35	—	—	—	—	—	—	—
		发电机	10	10	—	—	—	—	—	—	—
		其他	2.6	2.6	—	—	—	—	—	—	—
	运营费用	饲料	1 848.32	25.96	62.84	62.84	62.84	62.84	62.84	...	62.84
		畜牧	202.8	17.2	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	...	6.4
		水	16.87	0.34	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	...	0.57
农药		1.5	—	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	...	0.05	
防疫		42.5	0.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	...	1.45	
种子		414	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	...	13.8	
电力		26.4	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	...	0.88	
其他		601.2	20.04	20.04	20.04	20.04	20.04	20.04	...	20.04	
	其他	44.1	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	...	1.47	
现金流入	销售收入	仔猪	7 470.4	—	257.6	257.6	257.6	257.6	257.6	...	257.6
		蔬菜	23.7	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	...	0.8
		苗圃	1 156	25	39	39	39	39	39	...	39
		有机肥	154.91	3.53	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	...	5.22
		净现金流量		—304.1	160.6	146	132.7	120.7	109.7	...	11.14
累计净现金流量		—304.1	—143.5	2.5	135.2	255.8	365.6	...	1 351.1		

通过对种养循环一体棚模式的现金流量表的分析可以发现,项目运行的第1年养殖子系统以种母猪的人群驯化为主要工作,养殖系统收益不明显.伴随着母猪繁殖和仔猪保育阶段的完成,在第2年养殖系统开始正常运行,此时种植子系统也开始逐渐趋向稳定发展,具有稳定的现金流出.

种养循环一体棚模式第1年运行过程中主要是对项目进行基础设施建设,模式内部资金流动状态以固定资产和基础设施建设资金的投入为主,其中固定资产和基础设施建设资金的投入占第一年资金总投入的79.09%,资金投入占比较高,项目在第一年运行过程中抗风险能力较差,容易因市场波动受到影响.项目运行第一年种植系统开始实现资金流入,流入数量较少,发酵系统开始逐步稳定运行.

种养循环一体棚模式运行的第2年,基础设施建设和固定资产投入开始大幅度降低,主要的现金流出以运营费用为主,运营费用中主要以饲料、畜牧和劳务为主,分别占运营过程中项目资金流出的35.01%、23.20%和27.03%.项目第2年种植子系统的资金输入已经逐渐趋向稳定,苗圃和蔬菜种植的收获分别维持在每年39万元和0.8万元,此时养殖子系统开始实现运行,仔猪开始出栏,逐步成为养殖子系统主要的资金盈利项目,项目的净现金流量开始出现正值,实现盈利.

项目运行过程的第3年,各项经济投入和产出趋向稳定,项目的净现金流量逐渐稳定为正值,累计净现金流量开始出现正值,项目运营过程成本投入基本收回,项目开始净盈利.

针对项目运行30年的经济指标分析可以看出,种养循环一体棚模式基础设施投入在277.6万元,前期基础设施投入较大,但相对于项目总投资而言,基础设施建设经费仅占9.4%,占比较小.项目运营成本主要的经济开支是饲料购买和人工费,分别为1848.32万元和601.1万元,占项目运营费用的57.8%和18.8%.饲料的购买开支是项目运营过程中的主要开支,占项目总成本的56.79%.

种养循环一体棚项目的主要经济收入来自仔猪、蔬菜、苗圃和有机肥的销售活动,其中仔猪的销售收入7470.4万元占比最高,占项目总销售收入的84.84%.

3.4 种养循环一体棚价值流指标分析

通过现金流量表,可以确定项目运行过程中经济流动走向,分析价值流各项指标,明确项目循环经济水平,通过计算得到种养循环一体棚模式经济效益指标表(表4).

表4 种养循环一体棚模式经济效益指标表

项 目	种养循环一体棚模式	项 目	种养循环一体棚模式
总成本/万元	3 254.86	经济产投比	1.42
总收入/万元	4 582.69	年均收益率/%	1.56
累计净现值/万元	1 351.83	投资回收期/年	2.98
成本利润率/%	41.65		

通过对种养循环一体棚的经济效益指标进行分析,种养循环一体棚模式折现后的总成本为3254.86万元,折现后总收入为4582.69万,累计净现值为1351.83万元,说明项目在运行过程中具有较大的经济现金流和较高的经济获利水平.

成本利润率是判断经济可行性的指标,原则上成本利润率大于0,即可认为项目具有可实施价值,成本利润率越高,说明项目获得利润的能力越强,通过对项目分析,种养循环一体棚模式的成本利润率为54.65%,说明该项目具有较高水平的利润获取能力.

经济产投比是判断模式利用投入经济成本获取收入的能力,是评估项目盈利水平的重要指标,种养循环一体棚项目的经济产投比为1.42,说明项目运营过程中具有一定盈利能力,不会出现负债运营的状况.种养循环一体棚的年均收益率在1.56%,项目具有一定的经济获取水平.

项目投资回收期为2.98年,具有较短的动态投资回收期.西藏等高原地区气候环境较为复杂,而农业企业发展前期投入较高,容易为模式的发展带来较大的风险,通过对种养循环一体棚的投资回收期研究发现,其投资回收期较短,可以使投资者在较短时间内收回项目投资成本,在一定程度上降低了模式的运营风险.

4 结 论

本文对高原农牧区设施农业和循环农业的发展进行了深入研究,发现高原地区生态环境脆弱,农业资源匮乏,农业收入又是高原地区农民收入的主要来源,高原农业发展和生态资源保护之间的矛盾越发突出,为缓解这种矛盾,结合高原农牧区种养特色,提出了种养循环一体棚循环农业发展模式,该模式利用物质循环再生原理和生态学食物链原理,以农业废弃物资源化为导向,将种植、养殖和农业废弃物处理有机地结合,构筑起立体的循环养殖模式,三者不再限制于空间的束缚,实现全方位的相互利用、相互依存、相互发展,系统内物质和能量的稳定循环,降低了系统对外界物质的依赖,优化了经济成本,保持经济能高产,实现经济与环境效益协调发展。

通过对种养循环一体棚模式分析可以看出,种养循环一体棚项目是一种有较强经济可行性的循环农业发展项目,其利润获取能力较强,成本利润率为 47.89%,可获得较高的经济收入,项目投资回收期仅为 2.98 年,项目投资回收期较短,具有较强的抗风险能力。该项目长期的经济运行分析数据显示,在较长时间内均可以稳定持续运行,项目运行过程中负债率低,盈余高,在获得较高经济收入同时,具有较强的抵抗风险能力。该项目可高效地实现废弃物资源化,维持系统内物质和能量的平衡,保障经济效益和环境效益同步发展,缓解高原农业经济效益需求和脆弱资源环境的矛盾。

种养循环一体棚项目运行状况需要长期的观察和数据调研,而循环模式在运行过程中的农业生态学评估也需要不断完善,因此,依然需要对种养循环一体棚模式进行深入研究。种养循环一体棚模式主要的经济利益来源于种植和养殖,对市场依赖性较强,在模式运行过程中需要适当延长模式生态链长度,增加种植和养殖品种,以增强对市场波动的抵抗能力。

参考文献:

- [1] 尹昌斌,唐华俊,周 颖. 循环农业内涵、发展途径与政策建议 [J]. 中国农业资源与区划, 2006, 27(1): 4-8.
- [2] 赵立欣,孟海波,沈玉君,等. 中国北方平原地区种养循环农业现状调研与发展分析 [J]. 农业工程学报, 2017, 33(18): 1-10.
- [3] 熊 伟,孔文斌,冯 洋,等. 三峡库区循环农业生态系统构建及控氮减磷效果验证试验 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(6): 10-20.
- [4] 徐冬平. 北方农牧交错区农业可持续发展路径、模式及布局研究——以内蒙古通辽市为例 [D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [5] 周 颖,尹昌斌. 河北省唐山市山前平原区循环农业实践模式研究——以迁安市“乐丫”种、养、加结合型模式为例 [J]. 河北农业科学, 2008, 12(11): 92-95, 144.
- [6] SUN J, HOU G, LIU M, et al. Effects of Climatic and Grazing Changes on Desertification of Alpine Grasslands, Northern Tibet [J]. Ecological Indicators, 2019, 107: 105647.
- [7] 谢雨燕,方江平. 基于生态足迹的西藏耕地生态承载力动态分析 [J]. 高原农业, 2019, 3(4): 380-385.
- [8] LUO R Y, FAN J L, WANG W J, et al. Nitrogen and Phosphorus Enrichment Accelerates Soil Organic Carbon Loss in Alpine Grassland on the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. The Science of the total environment, 2019, 650: 303-312.
- [9] 魏 慧,吕昌河,刘亚群,等. 青藏高原设施农业分布格局及变化 [J]. 资源科学, 2019, 41(6): 1093-1101.
- [10] 关法春,王 超. “高原绿洲”生态农业体系的构建 [J]. 高原农业, 2019, 3(3): 262-269, 322.
- [11] 彭默然. 西藏农业机械化的成效、问题与对策研究 [J]. 广西农业机械化, 2019(3): 12.
- [12] 王忠红,钟志明,关志华,等. 设施农业创新发展助推西藏高寒牧区乡村振兴的思考 [J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 52-55.
- [13] 周 莉. 乡村振兴背景下西藏农业绿色发展研究 [J]. 西北民族研究, 2019(3): 116-127.
- [14] 李 萍,孙自保,方江平,等. 基于生态足迹动态分析的西藏可持续性发展评估 [J]. 水土保持学报, 2015, 29(6): 327-331.
- [15] 王胡林. 民主改革以来西藏农业技术进步的实证研究 [J]. 西藏研究, 2019(2): 94-101.
- [16] 李 媛,谢应忠. 基于数据包络分析的宁夏农业循环经济相对效率评价 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012,

37(11): 78-83.

- [17] DIEP N Q, FUJIMOTO S, MINOWA T, et al. Estimation of the Potential of Rice Straw for Ethanol Production and the Optimum Facility Size for Different Regions in Vietnam [J]. *Applied Energy*, 2012, 93: 205-211.
- [18] 马放, 张晓先, 王立. 秸秆能源化工程原料运输半径经济和环境评价 [J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2015, 47(8): 48-53.
- [19] 刘晗晓, 关正军, 麦翀, 等. 基于氮平衡的种养结合沼液资源化利用研究 [J]. *农机化研究*, 2021, 43(1): 1-7.
- [20] 李保明, 施正香. 设施农业工程工艺及建筑设计 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [21] 杨东锋, 邓程剑. 影响仔猪存活的疫病及防控 [J]. *四川畜牧兽医*, 2012, 39(12): 52, 4.
- [22] 惠雪, 施正香, 李保明. 福利化养猪生产工艺与技术装备 [J]. *猪业科学*, 2016, 33(8): 43-46.
- [23] 傅桂英, 刘世彪. 猪-沼-果循环经济发展模式的价值流计算与评价 [J]. *农业工程学报*, 2019, 35(15): 225-233.

Construction and Analysis of a Circular Agriculture Development Model for Alpine Regions

LIU Han-xiao¹, DENG Hong-ying², GUAN Zheng-jun¹,
MAI Chong¹, ZHU Yan-ying³, GE Zhao-yu⁴, RAN Xia⁴

1. School of Engineering and Technology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Tibet Changdu Agricultural Science Research Institute, Changdu, Tibet 854000, China;

3. Tibet Changdu Science and Technology Bureau, Changdu, Tibet 854000, China;

4. Tibet Changdu Chaya county Agricultural Technical Extension Station, Changdu, Tibet 854300, China

Abstract: The ecological environment in alpine regions is fragile, soil erosion is serious, and the level of agricultural development is relatively backward. The progress of circular agriculture is slow. In order to promote agricultural development and reduce the impact of agricultural pollution on the ecological environment, it is necessary to explore a new high-altitude cultivation and breeding cycle development model based on the local environmental climate. Taking into consideration the climate characteristics of the hill regions on a plateau and based on the shed farming mode, an integrated cultivation and crop shed is developed in this study to investigate a new path for three-dimensional breeding of swine so as to save breeding space and land cost, reduce the distance of material and energy exchange in the system, make the breeding cycle operate efficiently, closely combine planting, breeding and agricultural waste treatment, and promote the linkage and coupling effect of the three. The results of value stream analysis show that the integrated cultivation and breeding shed model has an economic output-to-investment ratio of 1.48 and a cost profit rate of about 47.89%, the payback period of the model investment is 2.98 years, and the payback period is short, indicating that this model has strong anti-risk ability and, therefore, is recommended for extension. promotion significance.

Key words: integrated cultivation and crop shed; three-dimensional breeding mode; circular agriculture; value stream analysis