

· 持续农业 ·

北方“四位一体”生态农业模式功能与效益分析研究*

李金才¹, 邱建军¹, 任天志¹, 孙贝烈², 郭继业³

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 辽宁省农业科学院, 沈阳 110160;

3. 辽宁省农村能源办公室, 沈阳 110161)

摘 要 该研究对“四位一体”生态农业模式的结构、功能和效益进行了综合分析。结果表明, 采用该模式将种植业、养殖业, 生产和生活进行了很好的结合, 既解决了沼气发酵原料, 净化了环境, 又提供了丰富的有机肥料, 在有限的土地上, 科学、高效地利用时间、空间等资源, 实现了能源生态系统中物流和能流的良性循环, 达到了能源、生态、经济与社会效益的统一。一个面积为 350m² 的“四位一体”温室大棚(养殖业、种植业)总的年纯利比普通农户的增加了 1 倍, 同时该模式的采用有效地解决了农村剩余劳动力问题, 这种模式的推广应用可产生良好的生态、经济、社会效益。

关键词 四位一体 生态农业 功能 效益

合理利用自然资源, 保护和改善生态环境, 维持农业生态平衡, 稳定发展农业生产, 生产绿色食品, 保持农业可持续发展, 目前已成为世界农业可持续发展面临的重要问题。国内外的实践证明, 传统农业解决不了这个问题, 生态农业才是实现农业可持续发展的正确道路^[1-3]。生态农业是高效的人工生态系统, 是结构与功能协调的高效农业, 不同区域通常具有与之相适应的各种类型的生态农业模式类型。在我国长期的农业生产实践中已形成了形式多样与功能各异的生态农业模式, “四位一体”模式就是我国北方地区一种庭院经济与生态农业相结合的生态农业模式之一。如何充分、合理利用这种模式, 发展庭院经济, 促进农业发展, 对于提高农产品的产量和质量具有十分重要的现实意义, 该研究从模式的投入、产出的角度综合分析, 研究了“四位一体”的效益状况, 力求为该模式的推广应用提供理论基础。

1 “四位一体”模式的概念与功能原理

1.1 基本概念

北方“四位一体”生态农业模式是以生态学、经济学、系统工程学为原理, 以土地资源为基础, 太阳能为动力, 沼气为纽带, 种植业和养殖业相结合, 通过物质能量转换技术, 在全封闭的状态下, 将沼气池、猪禽舍、厕所和日光温室等组合在一起, 形成的一个封闭状态下的能源生态系统。该模式在日光温室里把沼气技术、养殖技术、种植技术有机结合起来, 发展高产、高效、优质农业的一种模式, 简称“四位一体”。“四位一体”模式集多业结合、集约经营, 通过种植、养殖、微生物的合理结合, 加强了物质循环利用, 形成无污染和无废料农业, 构成了完整的生产循环体系。这种循环体系以其采用的先进生产技术, 达到高度利用有限的土地、劳力、时间、饲料、资金, 将过去的粗放型农业转化为集约化经营的农业。

1.2 功能原理

“四位一体”模式将猪舍、厕所、温室一字排开, 沼气池建在猪舍地表之下, 进料间与人、畜粪入口相连通, 出料口伸到温室内, 可以直接出料为作物施肥。全部设施都建在日光温室内, 人畜粪便直接进入沼气池, 沼肥用于植物生产, 从而在模式各组分间进行物质和能量的循环, 其结构、功能见图 1。

收稿日期: 2008-02-25 李金才为博士后 邱建军为研究员 任天志为研究员、副所长 孙贝烈为研究员 郭继业为研究员

* 该研究得到国家科技部基础条件平台项目(2004DEA70810)资助。

在“四位一体”生态农业模式中,其功能主要是发酵物在系统中的循环及综合利用。在沼气发酵过程中,有机物被分解转化成代谢产物、微生物菌体及残余物,这些产物就是沼气综合利用的物质基础。

1.2.1 沼气池发酵代谢产物的种类及应用

“四位一体”模式发酵代谢产物主要包括两类:一类是以气体方式存在的沼气,另一类是沼液和沼渣,这些物质又包括 3 种:第一种是可以被作物直接吸收利用的氮、磷、钾等;第二是通过发酵作用形成的钙离子、磷离子、铁离子、铜离子、锌离子、锰离子等,这些离子可以直接渗透到种子细胞内,刺激种子发芽促使作物生长^[4];第三种主要有氨基酸、生长素、赤霉素、腐殖酸及抗生素等具有生物活性的大分子物质,它们对作物生长发育具有重要调控作用^[5]。另外沼气微生物菌体本身含有极高的蛋白质,可作为动物的优质蛋白质饲料^[6]。这些菌体的加入使沼气发酵料液中固形物蛋白质含量增加。

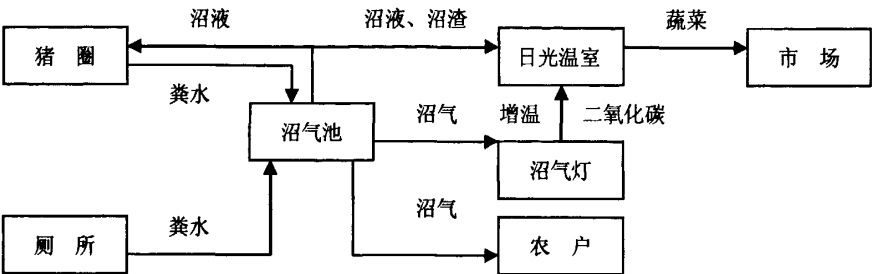


图 1 “四位一体”模式结构功能

沼气发酵残余物是发酵后发酵原料中没有被沼气微生物消化的部分^[7],它的成分与发酵原料有直接关系,这些沉淀下来的固形物可以用作饲料或肥料。

(1) 沼气在“四位一体”生态农业模式中的应用。沼气在日光温室中的应用主要有增温和增加 CO_2 浓度的作用。燃烧 1m^3 沼气可以释放约 $23\,000\text{kJ}$ 热量^[8],可提高 100m^2 的大棚内温度 $2\sim 3^\circ\text{C}$ 。一般每 100m^2 的温室大棚配置一盏沼气灯。每天早晨 $5:30\sim 8:30$ 点燃 3 盏沼气灯可使 350m^2 的“四位一体”大棚温度上升 $2\sim 2.5^\circ\text{C}$ 左右。每燃烧 1m^3 沼气可获得 $0.98\text{m}^3\text{CO}_2$ ^[9],在一定的浓度范围内,随着 CO_2 浓度的提高,蔬菜的光合作用也会提高,产量也在增加。

(2) 沼液、沼渣在“四位一体”模式中的应用。沼液中含有丰富的氮、磷、钾、丰富的蛋白质、氨基酸及微量元素,这类物质中有很多是生理活性物质,它们对调控作物生长发育、防治某些作物病害具有重要作用。在蔬菜中施用沼液能促进蔬菜的生长,增加产量、提高品质、增加效益。饲喂实验证明沼液作为一种猪饲料的添加剂,可以起到加快生长、缩短育肥期、提高肉料比的作用。

沼渣是由未分解的原料固形物、新产生的微生物菌体组成的。沼渣含有丰富的有机质、腐殖酸、全氮、全磷和全钾,营养成分全而丰富,对于培养土壤肥力具有巨大作用。因此,将沼渣作为肥料施入土壤或对蔬菜叶面喷施,不仅能显著的提高蔬菜的产量、改善品质,而且能改善土壤的理化性质,保持土壤的可耕性,促进土壤利用的可持续发展。

1.2.2 “四位一体”生态模式的其他作用

“四位一体”中日光温室的作用是生产蔬菜满足市场需求;人畜粪为沼气池提供原料;猪圈中猪可为沼气池提供原料,增加温室 CO_2 浓度,提升温室内温度。据辽宁省能源办测定,每头猪每天的排泄量平均为 4kg ,10 头猪就是 40kg 。每吨猪粪便产生的沼气的量根据猪的饲料、温度等的不同,产生的沼气的量 $10\sim 21\text{m}^3$,这样 10 头猪的排泄物经厌氧发酵后能产生沼气 $0.4\sim 0.8\text{m}^3$,基本上满足三口之家一天的能量需求。

据测定,平均每头猪每小时呼出 CO_2 43L ,每天每头猪呼出的 CO_2 为 $1\,032\text{L}$,户平均养猪 10 头,每天将产生 CO_2 1.032 万 L ,这些 CO_2 气体,可使温室内 CO_2 浓度增加到 $1\,000\sim 1\,200\mu\text{l/L}$,比普通日光温

室增加了 1 倍多, 更高于大气中 $300\mu\text{l/L}$ 的浓度水平, 因此养猪增加二氧化碳的效果比较明显。

温度的增加也能相应促进蔬菜的光合作用。该研究在辽宁朝阳县实地测定, 10 头 50kg 以上的猪可为 100m^2 的温室提高温度 1°C , 10 头 100kg 以上的猪可提高温度 1.5°C 。

2 “四位一体”生态农业模式效益分析

2.1 建设成本

2.1.1 日光温室建造成本

试验点测定的辽宁省朝阳县普遍使用的是标准化的鞍 II 型日光温室, 该温室是一种无立柱温室, 长 50m, 跨度 7m, 中脊高 3m, 后墙高 2m, 后屋面长 1.7m, 仰角 35° , 投影长 1.4m, 该温室具有采光好, 保温性强, 使用寿命长等优点。

该研究中“四位一体”模式的建筑成本分别从土方工程、砌筑工程、混凝土工程和保温工程 4 部分进行计算^[10]。

(1) 土方工程: 场地平整, 要建的“四位一体”总面积为 350m^2 ($50\text{m}\times 7\text{m}$), 在四周各留出 1.5~2m 以存放建筑材料。场地平整约需要 500m^2 。根据朝阳县人力费用状况, 场地平整单价 97.15 元/ 100m^2 , 造价为 485.8 元。挖地槽、防寒沟, 地槽体积为 21m^3 ($0.6\text{m}\times 0.7\text{m}\times 50\text{m}$)。防寒沟是在南地脚外侧挖体积为 10m^3 ($0.4\text{m}\times 0.5\text{m}\times 50\text{m}$) 的沟, 内填满碎草、树叶等。两项共挖土方 31m^3 , 人工挖土方单价为 574.36 元/ 100m^3 , 造价 178.1 元。以上两项土方工程预算: $485.8+178.1=663.9$ 元。

(2) 砌筑工程: 砌筑工程主要包括毛石基础、外墙和内山墙的砌筑。砌筑工程预算: 1.2626 万元。

(3) 混凝土工程: 包括前地梁和圈梁, 主要起固定钢拱架作用。混凝土工程预算: 2.937 万元。

(4) 保温工程: 保温工程预算: 1.0129 万元。

因此, 日光温室总造价为 2.6357 万元。

2.1.2 沼气池、猪圈、厕所建设成本

“四位一体”一般采用底层出料水压式沼气池, 这种沼气池具有便于操作管理和推广、经济耐用等特点。根据家庭人口数及养猪头数可选择建 6、8、 10m^3 的沼气池, 投入在 1 500 元左右。猪圈和厕所总造价约 500 元。

2.1.3 其他建设成本

为了便于对“四位一体”进行管理, 在“四位一体”一旁建一座小房供农户居住, 根据上面的砖瓦、木料、人工的计算, 需要资金 2 万元左右。

2.1.4 其他配套设施成本

大棚棚膜采用聚氯乙烯无滴膜, 按每米 11 元算, 50m 计 550 元, 使用寿命 2 年, 年成本 275 元; 草帘按每米 22 元, 50m 计 1 100 元, 使用寿命 2 年, 年成本 550 元; 卷帘机 2 400 元, 使用寿命 12 年, 年成本 200 元。因此, 其他配套设施年成本总计 1 025 元。

2.1.5 总建设成本

综合日光温室建造成本, 沼气池、猪圈、厕所建设成本和其他建设成本, 建造一栋这种标准的“四位一体”需要资金 4.8357 万元左右; 按照使用寿命 15 年计算, 年成本为 3 224 元。加上其他配套设施年成本 1 025 元, 因此“四位一体”每年建设及配套成本约 4 249 元。

2.2 生产成本

据研究调查, 2004~2007 年朝阳县试验农户种植业每年农药、化肥、种子的投入平均 1 500 元; 养殖业包括仔猪投入 3 000 元; 饲料投入 6 000 元; 防疫投入 100 元; 合计 1.06 万元; 维护费用每年 200 元。因此年生产成本为 1.08 万元, 加上年建设成本 4 249 元, 年总投入 1.5049 万元。

2.3 效益分析

2.3.1 经济效益分析

(1) 年收入:该研究中,2004~2007年试验农户“四位一体”模式温室大棚内一年四季温度都保持在 $10\sim 30^{\circ}$ 之间,由于温度适宜,每年最少种植两茬,以常见的黄瓜和番茄为例。大棚面积为 350m^2 ,实际种植面积约 320m^2 。黄瓜单产 $10\text{kg}/\text{m}^2$,总产量约为 $3\,200\text{kg}$,按年平均 $1.5\text{元}/\text{kg}$ 的价格计算,可收入 $4\,800\text{元}$ 。在温度适宜,水分、肥料充足的条件下,番茄单产 $20\text{kg}/\text{m}^2$,番茄总产量为 $6\,400\text{kg}$,由于大棚番茄提前上市,平均价格在 $2.0\text{元}/\text{kg}$ 。种植业总产值为 1.76元 。

养殖业年出栏两批15头,按每头700元,产值1.05万元。沼气池节煤、节肥,1个 8m^3 沼气池平均年产气 300m^3 ,折合柴草 $1\,400\text{kg}$,折合标准煤 0.7t ,合300元。沼液、沼渣经过厌氧发酵,可直接施用,年节约化肥资金300元。因此,种植系统和养殖系统年总收入 2.8700万元 。

(2) 纯利润:采用“四位一体”温室大棚的年纯利润为 $2.8700-1.5049=1.3651\text{万元}$ 。由此可以看出,一栋 350m^2 的“四位一体”温室大棚年纯利润在 1.3651万元 ,大部分农户会在 $3\sim 4$ 年内收回投资,如果引进一些“名、特、优、新”品种或种植反季蔬菜、瓜果,效果会更高。

2.3.2 其他效益分析

(1) 生态效益:“四位一体”模式中产生的沼气解决了农户日常炊事用能,这在一定程度上减少了对煤或薪柴的使用。根据煤的品质不同,每立方米的沼气产生的热量相当于 $2\sim 3.3\text{kg}$ 的煤炭,煤的含硫量在 0.8% 左右,灰分 20% 左右,一个年产 300m^3 的沼气池年可减少二氧化硫的排放 $7\sim 12\text{kg}$,减少烟尘排放 $0.7\sim 1\text{kg}$,以一个200个沼气池的村庄计算,一年可以减少二氧化硫排放 $1.4\sim 2.4\text{t}$,烟尘 $140\sim 200\text{kg}$,减少二氧化碳排放 82.3t 。

1m^3 沼气产生的热量相当于 $4.5\sim 5\text{kg}$ 薪柴的热量,年产 300m^3 的沼气池产生的沼气相当于 $1\,400\text{kg}$ 薪柴的热量,节约的薪柴相当于 0.16hm^2 薪炭林一年的生长量。从而减少了对森林、植被的破坏,减轻了由薪柴、煤等燃烧产物对环境的污染,减少水土流失。同时由于人畜粪便随时入沼气池产沼气,从而使农户庭院无臭味,无污染,改变了过去农村粪便、蚊蝇满庭院的状况,切断了有害细菌的传播途径,提高了人民的身体健康。

(2) 社会效益:通过推广利用“四位一体”生态农业模式有效安置了农村剩余劳动力,改变了过去农民冬季无活干的现象,提高了劳动生产率。改善农村、农民的精神面貌,促进农村社会文明进步。同时增加了无公害蔬菜、肉食的供应,丰富了城乡居民菜篮子。在促进农民脱贫致富、农业生产结构调整和农业与农村经济的可持续发展等方面都起到了重要的作用。

3 结论

通过对“四位一体”生态农业用户效益分析表明,一个面积为 350m^2 的“四位一体”温室大棚养殖业、种植业总的年纯利在 1.3651万元 ,根据2006年辽宁省农业统计年鉴,2005年辽宁省朝阳市人均年收入为 $2\,872.1\text{元}$,一个三口之家的家庭年收入在 $8\,616\text{元}$ 左右,采用该模式获得的效益要比普通农户的效益增加了近1倍。采用该模式将种植业、养殖业,生产和生活进行了很好的结合,既增加了农民的收入,又解决了农村剩余劳动力的就业问题,同时美化了农村庭院环境。通过物质的循环利用,变废为宝,既解决了沼气发酵原料问题,又净化了环境,而且提供了丰富的有机肥料,在有限的土地上,科学、高效地利用时间、空间、小气候、人力、物力等资源,实现了能源生态系统中物流和能流的良性循环,实现了农业的增产增收,达到了能源、生态、经济与社会效益的全面提高,因此该模式值得在农村地区大力推广应用。

参考文献

- 1 卞有生.生态农业中废弃物的处理与再生利用.北京:化学工业出版社,2000,1~83
- 2 邱建军,张士功,李哲敏,等.农业生态环境安全与生态农业发展.中国农业资源与区划,2005,26(6):42~46
- 3 丁枫华,吴向东,赵鹏.试论我国生态农业及其发展.中国农业资源与区划,2003,24(2):17~20

- 4 尹芳,许玲,张无敌.沼气发酵残留物在绿色无公害蔬菜水果生产中的作用.安徽农学通报,2007,(6):54~57
- 5 宋洪川.沼气发酵液及其处理液对乌塌菜种子发芽的影响.农村能源,2001,(6):11~15
- 6 孙胜龙,高龙君.吉林省畜禽养殖业的环境问题及防治技术.生态环境,2004,(3):452~454
- 7 孙振钧.我国农业废弃物资源化与农村生物质能源利用的现状与发展.中国农业科技导报,2006,(1):6~13
- 8 董淑萍.庭院“四位一体大棚”模式设计及效益分析.农业环境保护,2000,19(4):242~244
- 9 郭继业.北方“四位一体”模式中二氧化碳作用的研究.农业环境与发展,2002,(2):10~11
- 10 林剑锋.四位一体效益分析.新农村,2003,(9):57~58

STUDIES ON ANALYSIS OF FUNCTION AND BENEFIT OF "FOUR IN ONE" ECOLOGICAL AGRICULTURE MODE

Li Jincai¹, Qiu Jianjun¹, Ren Tianzhi¹, Sun Beilie², Guo Jiye³

(1. Institute of Agriculture Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081;

2. Liaoning Provincial Academy of Agriculture Sciences, Shenyang 100160;

3. Rural Area Energy Office of Liaoning Province, Shenyang 110161)

Abstract This study conducts comprehensive analysis on the structure, function and benefit of the 'Four in One' ecological agriculture mode. The result indicates this mode well combines plantation, animal husbandry, production and daily life. It not only provides ferment material for marsh gas, clean the environment, but also provides rich organic manure. It can utilize time, space etc. resources with high efficiency on limited land and realize the fine circulation between matter and energy within the ecological system of energy source, thus unifies the energy source, ecology, economy and social benefit. The total annual net income of a green house of 'Four in One' with areas 350cm x 2 is 2 times of that by an ordinary farm household. This mode effectively solves the problem surplus labor force in rural areas. Extension of this mode can produce good ecological, economical and social benefit.

Keywords 'Four in One'; ecological agriculture; function; benefit