

山东省农牧发展模式研究

董亮^{1,2}, 田慎重^{1,3}, 张玉凤^{1,3}, 郭洪海^{1,2*}, 马征^{1,3}, 边文范^{2,3}, 李瑞琴¹, 罗加法²

(1. 山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 山东济南 250100; 2 农业部黄淮海平原农业环境重点实验室, 山东济南 250100; 3 山东省植物营养与肥料重点实验室, 山东济南 250100)

摘要 山东省是我国重要的农牧业大省, 走农牧结合的现代农业发展道路是实现农业可持续发展的重要战略选择。通过模式结构和功能, 阐释了山东省农牧模式发展现状, 并选取典型案例进行物质流、能量流分析, 提出推进农牧模式有效发展对策。**关键词** 农牧模式; 物质流; 能量流; 山东省**中图分类号** S-9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)33-0072-04**Study on Development Mode of Agriculture and Husbandry in Shandong Province****DONG Liang**^{1,2}, **TIAN Shen-zhong**^{1,3}, **ZHANG Yu-feng**^{1,3}, **GUO Hong-hai**^{1,2*} et al (1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan, Shandong 250100; 2. Key Laboratory of Agro-environment in Huanghuaihai Plain Ministry of Agriculture Shandong Provincial, Jinan, Shandong 250100; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation (Shandong), Ministry of Agriculture, Jinan, Shandong 250100)**Abstract** Shandong is a important province in crop & livestock industry. The development of inntegration of crop & livestock industry is a strategic choice of achieving sustainable agricultural development. The current situation of crop & livestock mode in Shandong Province was interpreted, and typical case to study its material flow and energy flow selected, in the end some countermeasures to develop crop & livestock mode effectively were put forward.**Key words** Crop & livestock mode; Material flow; Energy flow; Shandong Province

我国地域辽阔, 土地、水、气候等资源与生态环境区域差异明显, 现代农业发展需要因地制宜的发展模式。山东省是我国农业与畜牧业大省, 多年来走出了一条向规模化、集约化、产业化、农牧结合的现代农牧业结合发展的道路, 这也符合资源环境的大势所趋。作为我国“北粮南调”的重点农产品基地, 山东省粮食产粮约占全国的 8.1%, 是我国基本口粮的重要生产基地^[1]。畜牧业十分发达, 有着“世界畜牧看中国, 中国畜牧看鲁粤, 南广东、北山东”之称。但是, 近年来山东省连续多年的高产投入农业发展模式阻碍了现代农业的发展, 产生了一系列生态环境问题: 农业持续生产的障碍因素日趋严重; 化肥、农药施用量大, 利用率低; 农业环境问题突出, 畜禽粪便数量大, 污染环境; 农产品质量下降, 食品安全得不到解决; 水资源不足, 利用效率低; 秸秆产出量大, 无消纳出路; 农业生产规模小, 生产成本低, 农业作业效率低^[2]。

种植和养殖之间严重缺乏协调互补。小规模农户生产模式资金投入虽然少, 但造成种养系统间物质循环割裂; 种植业农户不搞养殖, 几乎无畜禽粪便可用, 只能大量使用化肥; 养殖户可能难以配套种植业, 畜禽粪便还田缺少农田。据测算, 山东省畜禽粪便综合利用率不足 60%, 约 50% 的养殖场缺乏粪污处理设施, 畜禽粪便污染问题已成为养殖业发展的瓶颈。因此, 小规模、分割的种植与养殖带来的资源浪费、能耗高、环境污染等问题日趋明显, 已成为制约山东省农牧业发展的主要因素^[3]。这些问题对山东省现代农业的发

展模式提出了挑战。要保障山东省现代农业可持续发展, 种养一体规模化、集约化已成为山东省农牧业发展的必然趋势, 势必需要开展山东省典型现代农业发展模式的总结研究, 探索出可推广、可复制、标准化、参数化的现代农业发展模式。该研究重点针对山东省发展农牧模式的典型中小型家庭农场、专业化合作社、农资企业、大棚种植等展开调研, 采取点面结合的方法, 了解山东省农牧发展模式现状, 选取青岛培荣畜牧业有限公司作为典型案例进行物能分析, 并提出推进农牧模式有效发展的对策。

1 农牧发展模式概况

1.1 农牧模式结构 在农牧结合的现代农业模式日趋发展下, 种植业结构逐步由粮经二元结构向粮经饲三元结构转变, 畜牧业结构逐渐由传统的草食型动物为主向草食型和好粮型相结合的结构转变^[4]。通过秸秆(饲料)、畜禽粪便的关键节点, 实现了农牧结合、种养结合。

通过调研, 按照模式中种植业及养殖业的结构, 目前山东省农牧模式主要包括以下几种: 粮-饲-畜模式(如小麦-青贮玉米-养殖)、饲-经-畜模式(如越冬苜蓿-花生-养殖)、粮-经-饲-畜模式(如玉米或红薯-大豆或花生-苜蓿-养殖)。

1.2 农牧模式功能

1.2.1 建立合理生态环境。 实现良好的生态效应是可持续农业的基本目标。基于生态学的观点, 农牧结合可使有机物的能流、物流高效化。一方面, 植物作为饲料不仅使其能量得到转化, 蛋白质、微量元素等物质也得到充分利用, 并通过牲畜合成人体必需营养物质, 价值得以提高; 另一方面, 牲畜可以把植物有机物中能量和物质的一部分转化为优质的有机肥料, 进入到土壤中, 又供给植物生长^[5]。因此, 以动植物间可转化效应理论为基础, 通过建立高效、循环的农牧模

基金项目 山东省科技发展计划(2016STS001); 山东省重点研发(产业关键技术)项目(2016CYJS05A01); 海外泰山学者建设工程专项经费。**作者简介** 董亮(1979—), 女, 山东安丘人, 副研究员, 硕士, 从事农业废弃物资源循环利用与土壤培肥改良研究。* 通讯作者, 研究员, 从事农业废弃物循环利用研究。**收稿日期** 2017-09-06

式,可以建立良好的生态环境。

1.2.2 保障国家粮食安全。农牧结合适应我国人口多、耕地少、人均资源相对匮乏的国情,是实现我国现代农业可持续发展的有效途径^[6]。长期以来,总是传统地认为种植业就是单纯的粮食生产,单纯依靠增加粮食解决食物问题,造成了粮饲不分、人畜共粮,不仅使养殖业生产成本增加,也加重了粮食问题的紧张趋势。实施农牧结合的模式可在耕地上区分出粮、饲用地,既保证粮食生产,又提供饲料生产来源,可有效解决人畜争粮的矛盾,保障粮食安全。

1.2.3 提高农田生产力,改善土壤肥力。农牧结合是自然、经济和社会 3 个系统互相联系、互相依存和互相促进过程中的重要环节,可建立合力生态、经济和技术复合型的人工生态系统^[7]。种植业作为最基本的生产系统,所生产出的粮食、秸秆可为养殖业提供基本的饲料资源;养殖业可以生产出肉、蛋、奶和皮毛等产品。从种植、养殖两方面显著提高土地生产力。并且养殖业产生的畜禽粪便,通过制作有机肥或者简单发酵后还田,能明显提高土壤有机质、改善土壤结构,提高农田土壤肥力^[8]。

1.3 农牧模式短板 农牧结合是保障粮食安全、促进农业结构调整、挖掘农田生产潜力、稳定并提高地力的需要,是连接种植和养殖、提高养分循环利用率、提高农田生产力及促进农业可持续发展的重要途径^[9]。近年来,规模化、集约化农牧模式的快速发展显著提高了农牧业生产水平、生产效率及经济效益,但仍存在以下几方面发展短板:

1.3.1 种养殖与下游食品加工产业的衔接不顺畅。合理有效的农牧结合是链接种植、养殖及产品加工一整套完整产业链的模式,尤其是产品加工业,通过对种养殖产品进行深加

工,实现了产品增值,增值资金重新注入系统后又能促进农牧系统的优化与发展。但目前由于政策、资金及管理等问题,导致农牧模式的产业链普遍偏短,一般只集中于种植+养殖,下游的产品加工业不完善,导致农牧模式效益产出受到影响。因此,亟需产业链延伸,并配套相应的资金与政策支持,进一步增强农牧模式发展的抗市场风险能力,实现种-养-加的合作共赢。

1.3.2 作物秸秆载畜量、作物农田纳畜量指标不明晰。循环农业要求实现关键节点的物质高效循环利用。作为农牧模式,作物秸秆作为饲料资源供给畜禽养殖,秸秆载畜量需与养殖场相匹配,目前存在秸秆供应量与养殖过程消纳量不匹配,生产出过多的秸秆难以被养殖场消纳,田间焚烧导致环境污染,且生产大量秸秆过程中的高化肥使用也超出了农场单位面积土地的环境承载力。养殖场规模不科学,过多的畜禽粪尿排泄量超出配套农田的消纳量,致使大量养分流失到环境中,导致地下水硝酸盐超标、温室气体排放增加、土壤酸化、大气沉降增多等一系列环境问题^[10]。因此,要实现“秸秆(饲料)喂饲牲畜、还田处理畜禽排泄物”这一良性循环,必须要解决养殖量、畜禽排泄物的产生量、氮、磷、钾的产生量和种植面积之间的匹配问题,明晰秸秆载畜量、农田纳畜量,科学设计一定边界内的种植、养殖规模,以达到资源高效利用、保护环境的目的^[11]。

2 典型案例的物能测算与评价

以青岛培荣畜牧业有限公司为例,对其进行奶牛农牧结合模式实地调研。青岛培荣畜牧业有限公司成立于 2014 年,占地 13.33 hm²,种植面积为 8.00 hm²,养殖面积为 5.33 hm²,养殖数量为奶牛 220 头。养殖实景图见图 1。



图 1 典型案例实景

Fig.1 Typical case of real scenes

该农牧生态系统是一个种植业和养殖业紧密联系的生态系统,系统边界以氮素的主要流动途径为依据,确定为 2 个子系统和 3 个营养库,即种植业子系统和养殖业子系统,农田、作物和奶牛 3 个营养库^[12](图 2)。

2.1 物质流测算与评价

2.1.1 物质流测算。种植业子系统物质输入项目包括:化肥、有机肥、种子等;物质输出项目包括:籽实、秸秆、牧草等;养殖业子系统物质输入项目包括:精料、粗料;物质输出项目包括:畜产品(牛奶)、粪尿(有机肥)。物质输入输出的总成本分别 408.45 万、425.46 万元(表 1)。

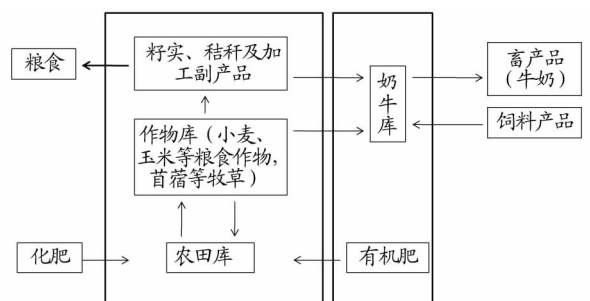


图 2 农牧模式示意

Fig.2 Model of agriculture and animal husbandry

表1 种植业子系统物质投入输出调查结果

Table 1 Survey results of the input and output of substances in a farming subsystem

| 系统 System | 项目 Item | 组成 Type | 数量 Quantity | 单价 Unit Price | 合计 Total//万元 | |
|-------------------|---------------|------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-----------|
| 投入 Investment | 物质输入 | 化肥 | 12 t | 2 000 元/t | 2.40 | |
| | | 有机肥 | 120 t | 600 元/t | 7.20 | |
| | | 种子 | 0.6 t | 8 000 元/t | 0.48 | |
| | | 精料 | 220 t | 1 500 元/t | 33.00 | |
| | | 粗料 | 220 t | 700 元/t | 15.40 | |
| | 成本(维持系统的成本)投入 | 人工 | 10 人 | | 1.5 万元/人 | 15.00 |
| | | 电能 | 7 万 k · Wh | | 1.0 元/k · Wh | 7.00 |
| | | 水 | 2 万 m ³ | | 3 元 | 6.00 |
| | | 机械耗油 | 1 000 L | | 5.5 元/L | 0.55 |
| | | 机械 | 120 | | 1 500 元/hm ² | 1.20 |
| | | 土地流转 | 13.33 hm ² | | 15 000 元/hm ² | 20.00 |
| | | 建筑 | 1 万 m ² | | 300 元 | 300.00 |
| | | 排污费 | 220 头 | | 10 元/头 | 0.22 |
| | | 输出 Output | 经济产出(系统产品、经营、盈利等带来的经济效益) | 籽实 | 120 t | 2 000 元/t |
| 牧草(苜蓿) | 80 t | | | 10 000 元/t | 80.00 | |
| 畜产品(牛奶) | 100 t | | | 1.8 万元/t | 180.00 | |
| 废弃物(系统产生的副产品或废弃物) | 秸秆 | | 132 t | 300 元/t | 3.96 | |
| | 粪尿(有机肥) | | 5 500 t | 250 元/t | 137.50 | |

2.1.2 综合分析。该研究主要测算物质转化率、无机物质利用效率、有机物质利用效率。

物质转化率 = 输出总物质/输入总物质

$$= 425.46 \times 100 / 408.45 = 104.2\%$$

无机物质的利用效率 = 输出总物质/输入总无机物质

$$= 425.46 \times 100 / 351.1 = 121.2\%$$

有机物质的利用效率 = 输出总物质/输入总有机物质

$$= 425.46 \times 100 / 56.15 = 757.7\%$$

通过测算可以看出,该案例物质转化率、无机物及有机物质利用率均较高,说明该系统内物质的转化和运动效率高。

2.2 能量流测算与评价

2.2.1 能量流测算。具体能量流输入指标如养殖场面积、风能、雨水能、表土层流失、建筑、电力、机械、柴油、劳动力、精粗料等,能量输出指标如牛奶、粪便等。能量输入输出总量分别为 $1.52E+18$ 、 $1.02E+20$ (表2)。

表2 种植业子系统能量流输入输出调查结果

Table 2 Survey results of input and output of energy in a farming subsystem

| 系统 System | 项目 Item | 类型 Type | 数量 Quantity (A) | 能量换算指数 Energy conversion index(B) | 能量和物质 流动 Energy and material flow (C = A · B) | 能值转换率 Energy conversion rate (D) | 能值 Energy value (Sej/a) (E) | 总输入占 总输出比例 Total input to total output (F_0) % | |
|---|----------------------------|---------------|------------------------|---|---|--|-----------------------------------|--|--|
| 投入(进入系统的能量总和) Investment (The total energy entered into the system) (I) | 可更新资源 (R) | 太阳辐射能(如养殖场面积) | 53 336 m ² | 1.74E+07 J/m ² | 9.28 E+11 | 1 | 9.28 E+11 | | |
| | | 风能 | 53 336 m ² | 1.36E+05 J/m ² | 7.25 E+10 | 1 496.00 Sej/J | 1.08 E+15 | | |
| | | 雨水化学能 | 53 336 m ² | 2.38E+06 J/m ² | 1.27 E+11 | 4.28E+05 Sej/J | 5.44 E+16 | | |
| | | 雨水势能 | 53 336 m ² | 1.24E+05 J/m ² | 6.61 E+09 | 1.69E+04 Sej/J | 1.12 E+14 | | |
| | | 小计 | | | | | 5.56E+16 | 0.18 | |
| | 不可更新资源(N) | 表土层流失 | 8.0E+04 m ² | 8.16E+04 J/m ² | 6.53E+09 | 6.25E+04 Sej/J | 4.08E+14 | 0 | |
| | | 不可更新工业辅助能(F) | 建筑 | 2.0E+07 万元 | | | 6.2E+13 Sej/万元 | 2.84E+19 | |
| | | | 电力 | 4.6E+05 万元 | | | 6.2E+13 Sej/万元 | 6.62E+17 | |
| | 机械 | | 7.9E+04 万元 | | | 6.2E+13 Sej/万元 | 1.13E+17 | | |
| | 小计 | | | | | 2.92E+19 | 94.80 | | |
| | 购买的可更新有机能(R ₁) | 劳动力 | 10 人 | 1.05E+07 J/人 | 1.05E+08 | 1.24E+06 Sej/J | 1.30E+14 | | |
| | | 精饲料 | 220 t | | | 6.08E+12 Sej/kg | 1.34E+18 | | |
| | | 粗饲料 | 220 t | | | 8.32E+11 Sej/kg | 1.83E+17 | | |
| | | 水 | 2.0E+04 t | 4.94E+03 J/kg | 9.88E+07 | 4.28E+05 Sej/J | 4.23E+13 | | |
| 小计 | | | | | | 1.52E+18 | 4.94 | | |
| 合计 | | | | | | 3.08E+19 | | | |
| 输出 Output(Y) | 能值 | 牛奶 | 2.0E+04 kg | 1.24E+06 | 2.48E+10 | 4.00E+06 | 9.92E+16 | | |
| | | 牛粪尿 | 5.5E+06 kg | 4.18E+06 | 2.30E+13 | 4.45E+06 | 1.02E+20 | | |
| | | 小计 | | | | | 1.02E+20 | 100 | |
| 合计 | | | | | | 1.02E+20 | | | |

注: $F_0 = E/\text{输入(输出)合计} \times 100\%$

Note: $F_0 = E/\text{Investment(Output) Total} \times 100\%$

2.2.2 综合分析。该研究主要计算以下能值指标^[13]:①净能值产出(NPEV);②能值产出率(EYR);③能值投资率(EIR);④环境负载率(ELR);⑤可持续发展指数(ESI)。

由表3可知,该案例的农牧模式净能值产出(NPEV)为 $7.12E+19$,表明该系统的能值效益。EYR是衡量系统产出对经济贡献大小和系统生产效率的指标,它是系统产出能值与总辅助能值投入的比率。农业生态系统EYR值越高,系统的生产效率越高,越具有区域竞争力。该案例的EYR值为1.00,生产效率不高。EIR是指生态系统的反馈能值与环境无偿能值比。它是计量经济发展程度和环境负载程度的指标。其值越大,表明系统经济发展程度越高,而对环境的依赖越弱。该案例的EIR值为548.6,经济程度较高。ELR越小,表明农业生态系统的环境承载压力越小,发展潜力越大。该案例的ELR值为18.53,其生产过程中对环境造成了一定的承载压力。ESI是系统净能值产出率与环境负载率的比值。当 $1 < ESI < 10$ 时,表明系统富有活力及发展潜力,当 $ESI > 10$ 时,则系统不发达,当 $ESI < 1$ 时,属于消费型系统。该案例的ESI值为0.05,属于消费型系统,需通过延长产业链、明细种植与养殖2个子系统之间关系及废弃物承载量,从而增加经济效益、提高环境容量、保护生态环境,促进该模式下该案例的可持续发展指数。

表3 能值评价指标

Table 3 Emergy evaluation index

| 指标项 Index item | 表达式 Expression | 评价价值 Evaluation value |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| NPEV | $Y - I$ | $7.12E + 19$ |
| EYR | $Y / (F + R_1)$ | 1.00 |
| EIR | $(F + R_1) / (R + N)$ | 548.6 |
| ELR | $(F + N) / (R + R_1)$ | 18.53 |
| ESI | EYR / ELR | 0.05 |

3 农牧发展模式实施途径及配套支持政策

要实现农牧结合高效发展,必须结合农牧生产活动、资本投入及市场需求、供给需求、环境影响等经济、社会与生态等要素,做好规划、技术、工程、产业等方面的系统化集成,重点开发农牧模式中废弃物的多元化高值利用,提出合理规划、优化山东省农牧模式产业化发展的结构布局,推进技术研发、集成创新和转化示范,及创新市场化机制等实施途径,并配套相应的政策支持。

3.1 要加强对农业基本建设的投入 制定农牧模式中长期发展规划,搞好农牧业基础设施建设,以保证粮食稳产、高产,保障粮食安全,同时为发展养殖业提供饲料资源。

3.2 因地制宜调整种养结构,发展特色农牧结合模式 根据不同地区的资源条件和经济条件,因地制宜,发展各具特色的农牧模式,如粮-畜、饲-畜、粮经-畜、粮经饲-畜等。

3.3 要提高自然资源利用率 种植业生产是养殖业发展的

基础,应科学规划,分类指导,合理布局,调整粮-经-饲种植结构,在品种选用、施肥、栽培等方面采用农业新技术,可有效提高光能利用率和自然降水生产率,实现种植业的高产稳产。

3.4 要充分利用农副产物,种草养畜 作物秸秆等经过切短、青贮、氨化、热喷或微生物发酵等处理方法,提高其适口性和营养价值。苜蓿等作为饲料养畜,已被大面积种植和应用用于养殖业。秸秆畜牧业和种草养畜,应大力提倡和推广。

3.5 要适度规模经营,走农业产业化道路 适度规模发展是现代农业发展所要大力提倡的,虽然目前肉、蛋、奶等供给尚难以完全排除传统式家庭分散饲养。实现养殖业的产业化是优化农牧结构和产业结构,提高养殖业市场化程度的一种重要形式。积极发挥龙头企业大规模、高水平和外向型的牵动优势,是今后农牧结合模式的发展方向。

3.6 要搞好农牧产品深加工,发展产品加工业 农牧结合可以生产出人民生活所需的粮食和动物性食品。但如何将初级产品进行加工或深加工,形成拳头产品进入流通、提高经济效益,并反过来促进农牧结合的初级生产是一个亟待解决的问题。农产品加工业作为农畜产品面向市场的后续产业,对于推动农牧业产业化作用巨大。

3.7 要加强法规政策、评价体系建设 发展农牧模式,要加强提升基层(种植、养殖主体)科技水平,并争取政府在财政补贴等政策决策方面给予支持。通过不同经营主体参数分析,逐步完善农牧模式评价体系,以实现山东省农牧模式的可推广、可复制、标准化、参数化目标。

参考文献

- [1] 吴闻潭,孙驰,姚巧倩.我国粮食主产区和主销区利益协调机制问题研究[J].今日湖北,2014(6):51-52.
- [2] 石鹏飞,郑媛媛,赵平,等.华北平原种养一体规模化农场氮素流动特征及利用效率:以河北津龙循环农业园区为例[J].应用生态学报,2017,28(4):1281-1288.
- [3] 于康震.聚焦提质增效,坚持农牧结合,助推现代畜牧业加快转型升级[J].中国畜牧业,2016(20):10.
- [4] 刘政.农牧结合开发湖北省饲料资源的途径[J].农技服务,2008,25(8):84-85.
- [5] 韩永胜,张淑芬.肉牛粪污肥料化处理与还田技术[J].黑龙江畜牧兽医,2016(18):66-67.
- [6] 邢延钰.农牧结合种植模式及其发展战略[J].农业现代化研究,1999,20(1):46-49.
- [7] 郑家明,赵辉,李传本,等.农牧结合,促进辽西地区畜牧业经济发展[J].辽宁农业科学,2007(1):33-35.
- [8] 郑余,周连仁,傅博思远,等.长期农牧结合对碱化草甸土活性有机质的影响[J].水土保持学报,2013,27(2):215-218.
- [9] 林清,鲁林森,陈宏.农牧结合可持续发展的现代农业创新思路[J].中国牛业科学,2015,41(2):8-11.
- [10] 白云峰,涂远璐,严少华,等.基于家畜单位环境承载力的农牧结合优化模型研究[J].农业网络信息,2011(9):41-46.
- [11] 陈天宝,万昭军,付茂忠,等.基于氮素循环的耕地畜禽承载能力评估模型建立与应用[J].农业工程学报,2012,28(2):191-195.
- [12] 王宝海,张琪,张呈军,等.基于农户的肉羊农牧生态系统氮素循环与平衡研究[J].家畜生态学报,2006,27(5):96-100.
- [13] ODUM H T, ODUM E C, BROWN M T. Environment and society in Florida[M]. Boca Raton, Florida; St. Lucie Press, 1997.