

循环利用型生态农业系统的结构与功能分析

韩祥铭 吴庆鹂 李桂林 杨洪强 杨全明 侯庆宝* 齐家生**

(山东农业大学·泰安·271018)

摘 要 本文通过对岳阳村按循环利用型生态模式建设三年来所采取的措施效果进行了调查分析,并对其农业系统结构、亚系统间的能流物流效益进行了概算比较,阐明了岳阳村实施生态建设三年来连年持续发展的机理。

关键词 生态农业 循环利用 系统结构 能流 物流

Analysis on Structure and Function of Eco-agriculture System about Circulatory Utilization

Han Xiangming Wu Qingwu Li Guilin Yang Hongqiang

Yang Quanming Hou Qingbao Qi Jiasheng

(Shandong Agriculture University, Taian, 271018)

Abstract Measures benefits through using eco-agriculture pattern of circulatory utilization in Yueyang village for three years have been surveyed and analysed. Energy flow and material flow benefits between sub-systems and agri-system structure have been comparably estimated. Meanwhile, sustainable development mechanism that conducted eco-agricultural structure for three years in Yueyang village was expounded.

Key words eco-agriculture circulatory utilization systematic structure energy flow materials flow

1 概况

岳阳村是一个典型的山区农村,位于泰山北部石炭岩带。该村国土面积约 1km^2 ,海拔在 250~650m 之间。域内一峰两岭三道沟,地形地貌就好像一背北面南端坐参岱的“石人”。其“脚”下河源东流西,“膝”上济(南)——莱(芜)公路左右伸展。岳阳村恰位于“石人”的怀抱之中。

解放前岳阳村一带由于交通不便,土地贫瘠,群众生活苦不堪言。解放后随着济莱公路的修通,连年的治山治水,植树种草,这里的自然社会经济环境发生了很大的变化。自党的十一届三中全会以来,联产承包责任制使岳阳村的社会经济发展充满了生机。1990年该村被划入生态农业建设研究试验区。三年来生态农业建设又为岳阳村的迅速发展注入了新的活力,该村逐渐走向了

农、工、建、运、商多业并举,生态良性循环的轨道。如今的岳阳村已成为农村经济持续发展,林、牧、粮、果连年丰收、山青水秀的社会主义新型农村。

1.1 自然社会经济资源

岳阳村属温带季风山地气候。年平均气温为 $11\sim 12^{\circ}\text{C}$;日照时数约 $2\,100\text{h}$;大于 10°C 的积温为 $2\,454^{\circ}\text{C}$,太阳辐射总能量为 $519\text{kJ}/\text{cm}^2$;年降雨量在 $700\sim 800\text{mm}$ 之间。降雨量集中,且年份间差别很大。1990年统计:该村有耕地 430 亩,山地 $1\,000$ 余亩,地下水资源缺乏。全村 138 户 498 口人。1990年粮食总产 20 万 kg 左右,人均 400kg 。全村有果树、林地 800 多亩,水浇地 270 亩,人均山地 2 亩,人均粮田 0.8 亩,以小麦、玉米、地瓜为主,以及部分谷子、高粱等小杂粮。果树主要品种是:泰山小白梨、山楂、柿子以及板栗、核桃、苹果等。就其农业总体情况而言在生态农业试验区乃至整个柳埠镇均居中上游水平。具体比较见下表(表1)。

表1 1990年生态村及柳埠镇人均农业资源比较

种 类	岳阳	岱密庵	三岔	周家峪	全镇
耕地(亩)	0.84	0.74	0.72	0.5	0.82
水浇地(亩)	0.54	0.21	0.2	0.4	0.3
粮食(kg)	400±	286	281	205	340
荒山(亩)	2.0	4.35	2.12	3.21	2.28
人均收入(元)	870	698	648	955	566

村办、户工业有了一定的基础。1990年有村办花岗岩板材厂一处,年产板材 $8\,000\text{m}^2$,产值 150 万元,利 18 万元。皮鞋厂一处,年产皮鞋 $5\,000$ 双,产值 11 万元获利 2 万元。从事工副业的农户达 38 户,占全村总户数的 28% 。

1.2 问题与潜力

相比而言,岳阳村无论农业还是工副业方面均属柳埠镇先进之列,但在进行生态农业建设之前确实存在一些严重的生态问题。

1.2.1 群众中普遍存在轻视农业的倾向 农村联产承包责任制的实行,虽然使农民从十分有限的耕地上转移了出来,农业生产也有了明显的发展。但由于政策的不完善,群众的生产积极性并不稳定,农业的各种投入减少,农田水利设施多年处于维持状态。水浇地面积多年来没有得到应有扩大。虽然农田化肥用量逐年增加,但粮食产量水平却徘徊不前。据统计:小麦产量自1981年到1990年的10年间,平均亩产一直在 $200\sim 300\text{kg}$ 之间;玉米产量徘徊于 350kg 上下;杂粮生产低而不稳,且尚未摆脱靠天吃饭的局面。林果业有新发展,到1990年全村有梨树 $3\,000$ 多株,但因管理粗放,病虫害严重,产量低而不稳,果品质量差,经济效益低。全村有杏树 400 多株均为地方名优品种,但由于管理不善,往往见花不见果。畜牧业,由于受到种植业和管理技术等限制,生产水平、规模效益低而不稳。总之农业生产没得到应有的重视,生产效益比较差。

1.2.2 生态意识淡薄 对农业生产资源重利用少保护。农业生产中,重化肥图省事,轻有机肥,有机物浪费严重。据调查,作物秸秆每年浪费(烧烂)掉 70% 以上,仅1990年就白白烧(或烂)掉 10 多万 kg 。1991年小麦秸秆被野火烧掉仍达 1 万 kg 以上。多年由于秸秆堆于公路两旁燃烧,致使村前近 1km 地段内的树木多半被烧死。而农田、果园缺少有机肥而涵养肥水的能力很差。

1.2.3 科技意识差,产品科技成分含量低 种植养殖业等管理方式老化。据1990年调查,小麦、玉米等主要作物品种混杂退化面积达 50% 以上。种植制度 10 几年一贯制,严重限制了农业生产水平的提高。

1.2.4 生产结构不合理 畜牧业、林果业比重偏低,当地的农业资源优势不能充分发挥。

1.2.5 商品生产、市场经济观念差、形不成产品优势 信息不灵生产效益低。

2 生态建设的措施与效果

问题与潜力共存。通过调查,在分析了岳阳村的生产优势,问题潜力后,并考虑到该村在当地的代表性和典型性确定其作为生态农业试点村之一。根据该村的生产水平及工副业有了一定的基础的特点,决定用循环利用型生态农业模式对岳阳村传统农业的生产方式进行改造,打破其农业生产徘徊不前的局面,使之纳入整体,协调良性循环,持续发展的轨道。基本指导思想是:用生态学和生态经济学的理论为指导,按生物共生、物质多层循环利用原理,因地制宜,全面规划。合理调整农林牧副(工副)等各产业的比重,使其充分发挥本地自然资源优势,实现生态、经济和社会效益的统一。贯彻以提前三年实现“小康”为目标,以改善山区生态环境,实现物质能量良性循环为中心,以增加一性生产为起点,以调整产业结构加强畜牧业发展为突破口,以加强农村能源建设及废弃有机物综合利用为纽带,以科技信息服务为后盾,以市场为导向,以工副业发展为经济支柱,加强思想文明建设,完善联产承包责任制为保障的总体战略方针。逐步将岳阳村建设成为“循环利用型”生态农业单元。总体规划方案是:多种生态建设措施并举,尽快改善岳阳村农业生态环境;通过选用良种,改进栽培技术,使输入系统的太阳能以及矿物营养得到充分利用,以获取更多的一性生产的初级产品(粮食秸秆等),并以农副产品为原料,尽量(开始可超常规)发展次级生产,通过发展养殖业,建立沼气池等逐步建立健全以粮草——畜禽——沼气——肥料——农田为主线的多级(三级以上)物质能量循环利用的人工生态网络系统。使自产及部分购入的初级产品得到充分合理的利用;实现农田、果园养殖各子系统的养分流动的高水平平衡,系统与环境的输出输入平衡,即使整个系统实现的良性循环。

为了按期实现战略目标,自1991年以来集中采取了10几项生态农业建设措施,均收到了良好效果。

2.1 落实联产承包政策

根据前几年在农业生产责任制执行过程中出现的问题,对其中一些不完善的政策进行修订,实行双重承包制,重新修制定各种承包合同,进一步调动群众对农业生产投入的积极性。新订联产承包合同责权明确,易于群众掌握和合同的落实检查。例如:果树联产承包合同,规定了“地随树走”解决了过去树地分包出现的“扯皮”问题。对果树的管理,村委会进行不定期检查,若存在管理不善造成树木破坏,产量降低等问题,村委会有权令其限期改正,并实施罚款,限期内不改者有权取消当事人承包权等等。由于政策合理,调动了群众的生产积极性,在当年全村就掀起了物质投入和技术投入的热潮。政策的科学性为生态农业规划的实施提供了可靠的保证。

2.2 加强水利工程建设

进一步挖掘水源加固加高了河道截流坝,新修了贮水池等。提水灌溉由原来的一级提水改为二级提水,使水浇地扩大到山腰中上部,使过去“靠天吃饭”的大片果园和“二行地”浇上了水。3年增加水浇面积320亩。同时,实施节水工程,重修、新修了全部灌水渠道,灌水实现了防渗渠化,发展了果园灌溉系统,建成滴灌果园50亩。保证200亩山地果园穴灌用水,灌水量由过去的 $60\text{m}^3/\text{亩}$ 降至 $17.8\text{m}^3/\text{亩}$;滴灌降至 $5\text{m}^3/\text{亩}$,大大提高了水资源的利用率。

2.3 合理开发利用土地资源

本着因地制宜的原则,对山坡地进行综合规划,宜林则林,宜农则农,农林间作,立体高效种植。通过整修加固地堰,地边植树,防止水土流失。3年共整修加固地堰上千条。并重修环山路,

改善了山地的运输条件。

2.4 调整产业结构,逐步加强畜牧业发展

1991年新上种鸡孵化场一处,饲料加工厂一处。孵化能力达年产雏鸡10万只。饲料加工能力为日产配合饲料0.8t。推广更换畜禽良种,实现禽畜良种化,1991年引进了良种兔,瘦肉型猪,增加了蜜蜂养殖。3年来岳阳畜牧业稳步发展,1993年达到了全村人均1头猪,20只鸡,羊兔等食草动物也有了较大发展。畜牧业的发展对于农业资源的合理利用,促进有机物循环利用增值起了主要作用。

2.5 加强了老果园的改造和新果园的开发

采取综合措施对现有的老果园进行全面改造,通过整型、修剪、扩穴施肥,穴贮肥水,树盘覆草,综合防治病虫等,大幅度地提高了老果园的产量。并新栽名优品种桃树1000株,杏树1000株,石榴100亩(折算),初步形成了名优果品的生产优势。

2.6 增加山地植被

采取封山育林,裸岩覆盖和加强用材林、防护林的管理,新建护林房(每100亩1处)9处,种植葛藤50亩,使水土保持能力进一步提高。

2.7 改革种植制度

推广吨粮田技术及山地果粮、果菜立体高产高效种植技术,建成高产吨粮田80亩,高产开发田190亩。粮食生产突破了连续多年徘徊的局面,3年三大步,年平均递增率达22.7%。主要粮食作物由过去亩产400kg增加到800多kg,全村粮食总产由1990的20万kg增加到1993年的37.3万kg,人均占有粮食750多kg。粮食产量的增加为畜牧业及其它生产的发展奠定了基础。

2.8 实施能源工程,加强农村能源建设

3年间共改造修建节柴灶150多个,新建沼气池25个。全村135户普遍用上了节柴灶,部分户作上了沼气灶,沼气灯,太阳能热水器,还修建了冬暖式畜禽圈。农村能源建设不仅节约了大量柴草,提高了有机物的利用率,增加土壤有机质,还有效地改善了农村生态环境。

2.9 大力发展农村工副业生产

自十一届三中全会以来岳阳村的工副业生产一直是搞得比较好的,到1990年,全村已有花岗岩板材加工厂,制鞋厂、儿童玩具厂等工业项目,各类专业户达35户,自生态建设以来又着重发展了石材加工,农产品加工等。到1993年全村花岗岩加工厂由1处发展到7处,从事各种工副业生产的专业户近70家,工副业年产值400多万元,收入达40多万元,工副业的发展为生态村的建设提供了经济保障。

2.10 强化科技的投入,建立健全科技服务体系

3年来举办了各种农业技术(种植、养殖、果树管理、农村经济等)培训班50多期,对农村劳力进行培训。同时还利用对比示范试验,放科教影视片,办黑板报等多种形式进行科技宣传推广工作。3年先后推广新的农业科技成果40多项。通过培训宣传使群众的生态意识科技水平有了明显的提高,全村的农业劳力人均掌握一到两门农业实用技术,有5%的农民获得农业技术考核等级证书。科技文化素质的提高有力地推动了农村物质文明精神文明建设,工农业人均总收入3年增长两倍,人口自然增长率为零,社会经济各项指标达到或超过当地“小康”标准。

总之通过采取以上各项有针对性的措施,从总体上协调了产业之间的关系,使总体系统纳入了良性循环的轨道。同时通过山区水利建设优质果品开发,果粮间作,果菜间作,葛藤栽培等充实和丰富了生态位。通过发展畜牧业,修建沼气池,发展庭院经济,明显地增加了经济效益。从而使

以农户为主体的能量物质循环和整个系统的能流物流循环有机地结合在一起。增加了系统的自适应性和对市场变化的适应性。科技投入和能量物质的合理分配克服了农业各子系统不良因子的限制,使整个系统达到了一新的更高层次的平衡,总之一个结构合理、社会、生态、经济效益相互协调统一的循环利用型生态模式已基本形成。

3 系统结构及能流物流分析

为了从理论上证明生态村建设方案的合理性,措施效果的稳定性。对该村三年来实施生态工程所引起农业系统的基本结构,以及子系统的能流物流投入产出情况进行了分析。

3.1 系统基本结构及变化

3.1.1 土地利用结构及其变化 岳阳村 3 年来土地变化见表 2。

表 2 岳阳村土地利用结构统计表

类 型		面 积 （亩）				占 比 重 （%）			
		1990	1991	1992	1993	1990	1991	1992	1993
农 田	水 浇	240	270	300	360	15.6	17.6	19.5	23.5
	旱 地	190	160	130	60	12.4	10.4	8.5	3.9
	果 园	547	580	587	590	35.6	38.8	39.2	39.4
	林 地	347	377	400	400	22.6	24.56	26.1	26.1
	草 地	106	76	14	11	6.9	5.0	0.9	0.7
	水 域	0	0	0	0	0	0	0	0
	道 路	16	18	19.0	22.0	1	1.2	1.24	1.4
	居民占	78.75	78.75	78.75	78.75	5.1	5.1	5.1	5.1
	工矿用地	5	5	5	20	0.3	0.3	0.3	1.3
未利用地	5	3	0	0	0.3	0	0	0	
合 计		1534.75	1534.75	1534.75	1534.75	100	100	100	100

由表 2 可以看出,农田 1993 年比 1991 年减少 10 亩但水浇面积净增 120 亩,果园由原来的 547 亩增加到 590 亩,增长 8.0%,林业由原来的 347 亩增加到 400 亩。由于兴修水利,果园中亦有很大一部分(60%)可引水灌溉,农产品产量大幅度增加,提高了一性生产的光能利用率。

3.1.2 农田利用结构及其变化 在扩大水浇面积稳定提高粮田单位面积产量的同时,通过增加果粮间作,果菜间作发展粮菜生产。3 年来小麦面积略有增加,杂粮面积变化见表 3。

表 3 岳阳村粮菜播种面积结构变动表(亩)

年份	小麦	玉米	甘薯	杂粮	菜	比重(占播亩%)					复种指数
						小麦	玉米	甘薯	杂粮	菜	
1984	253	244	156	28	6	36.8	35.5	22.7	4.1	0.8	159.7
1985	253	240	100	28	5	40.4	38.3	16.0	4.5	0.8	145.6
1986	250	220	70	84	5	39.7	34.0	11.1	13.4	0.8	146.3
1987	250	253	100	71	7	36.7	37.2	14.7	10.4	1.0	158.4
1988	253	253	100	71	3	37.2	37.2	14.7	10.4	0.4	158.2
1989	253	253	100	71	5	37.1	37.1	14.6	10.4	0.7	158.6
1990	253	253	100	67	6	37.3	37.3	14.7	9.8	0.9	157.9
1991	270	270	130	65	8	37.3	37.3	17.9	9.0	1.05	180.0
1992	270	270	150	75	11	35.3	35.7	19.8	9.9	1.45	180.4
1993	270	270	150	70	15	34.8	34.8	19.8	9.2	2.0	180.2

由表 3 可看出岳阳村的粮食播种面积均略有增加,其中小麦玉米 1993 年比 1990 年增加 17 亩,甘薯增加 50 亩,蔬菜增加 10 亩,可见增加面积较大的是甘薯播种面积。农田复种指数由

1990 年的 157.9 增加到 1993 年的 180.2。复种指数的增加主要是灌溉条件改善增加了果粮间作实现的。其中,蔬菜面积的增加主要是通过立体种植扩大的。由于粮食面积的相对稳定,为通过提高单产增加粮食总产奠定了基础。

3.1.3 畜牧业及其资源利用结构 从岳阳村三年饲养情况调查发现,猪、羊、兔、禽的饲养量都有较大幅度的增加。从理论上讲山区畜牧业应重点发展食草动物,但由于考虑到山地植被的保护和封山育林,由放牧型向圈养型过渡,禁止牛羊上山,因此严格限制了牛羊的饲养,从而形成了以猪、兔、禽为主体的畜牧业结构,饲养量则以满足系统物质能量循环增值为目的(表 4)。

表 4 岳阳村畜牧业结构表

单位:头,只,万 kg

年份	存栏量				出栏量				饲料供求		饲料比重	
	猪	兔	羊	禽	猪	兔	羊	禽	精	粗	精	粗
1990	144	100	0	3000	200	2000	0	10000	36.6	23.0	38.2	32.2
1991	200	1200	30	2200	300	3120	30	7500	38.2	32.2	54.2	45.8
1992	220	1000	30	3500	400	3000	50	8000	41.25	36.4	53.1	46.9
1993	250	1000	40	5000	500	3300	60	10000	50.6	42.8	54.1	45.9

由表 4 可知,3 年来由于粮食产量增加,猪饲养量翻了一番多。兔饲养量因市场行情变化增长 65%,1990 年该村禽的饲养以肉食鸡为主,1992,1993 年禽饲养中肉食鸡比重下降,蛋鸡、鸭、鹅比重增加。由于蛋鸡增加鸡的存总量有所增加。从料供求来看,精饲料比重下降,粗料比重逐年上升,饲料消耗结构有所改善。

3.1.4 果树种类及其产量结构 ISSN 1000-3924 的优势,进行生态村建设前岳阳村已有各类果树 1.6 万株,但除去山楂 CODEN:SHNXED 承包政策等原因产量低,效益很差。在 3 年的生态建设中,通过调整承 CN31-1405/S 植果树 2 000 余株,对成龄梨树,杏树加强改造,产量效益逐年增长,该村果树种类数量及其产量效益结构如表 5:

表 5 岳阳村林果及其产量结构

年	份	桃	杏	梨	山楂	核桃	柿子	石榴	总产(万 kg)
1990	总株数	1040	4200	4500	6300	400	1500	500	
	(成龄)	(40)	(3300)	(2000)	(5500)	(300)	(1500)	500	
	产量(万 kg)	0.10	0.10	2.20	7.69	0.15	3.75	0.05	14.75
	比 重	0.7	0.6	14.9	52.1	1.0	25.4	0.3	100%
1991	总株数	1040	4200	5000	6300	400	1500	1500	
	(成龄)	(40)	(3300)	(3000)	(6300)	(300)	(1500)	1000	
	产量(万 kg)	0.2	1.6	17.0	10.6	0.1	4.0	0.05	34
	比 重	0.6	19.4	35.3	31.2	0.3	11.8	0.10	100%
1993	总株数	1040	4200	5000	6300	500	1500	1500	
	(成龄)	(1040)	(4200)	(5000)	(6300)	(400)	(1500)	(100)	
	产量(万 kg)	0.5	8.3	24.4	14.0	0.2	5.0	0.09	53
	比 重	0.9	15.6	46.0	26.4	0.37	9.4	0.15	100%

由表 5 可以看出岳阳村果品产量由 1990 年的 14.8 万 kg 增长到 1993 年 53.0 万 kg,增长近 1.6 倍。由于老果园的改造和新果园的开发,果品产量结构发生了显著的变化。其中,山楂产量占总果品产量比重的 52%,下降至 1993 年的 26.4%,梨的比重由 1990 年的 9.3%增至 17.0%。当地名优果品调查,红荷包杏产量到 1993 年达 8.3 万 kg。占果品产量比重的 15.6%,仅此一项 1993 年产值就达 20 余万元。据抽样调查,主要果品种类(杏、梨)优质果达 80%以上。

3.1.5 农田土壤养分变化 生态村建设中由于重视了对农田的投入,增施有机肥及作物秸秆过腹还田和直接还田,岳阳村的农田土壤养分特别是土壤有机质含量 3 年期间有了明显的增加,分类测定土壤养分结果如下:

表 6 岳阳村农田土壤养分变动情况

项 目	1990 年			1992 年			1993 年		
	丰产田	一般田	较差地	丰产田	一般田	较差地	丰产田	一般田	较差地
面积(亩)	240	190	80	190	160	160	200	130	
有机质(%)	1.0	0.84	1.23	1.15	1.10	1.38	1.20	1.20	
全 N (%)	0.07	0.065	0.09	0.089	0.08	0.10	0.09	0.08	
速 N (mg/kg)	70	60	78	76	70	104	79	75	
速 P (mg/kg)	2.8	3.0	3.4	3.0	3.0	4.0	3.5	3	
速 K (mg/kg)	114	110	92	90	100	138	126	120	

由表 6 可知,丰产田有机质含量由 1991 年的 1.0%提高 1.38%,其它速效养分也有不同程度的提高,但速效磷的含量均偏低,反映了灰岩土壤的养分特点,同时,由于土壤肥力的提高,在 1992 年夏季遇到特大干旱的情况下,作物产量基本没受任何影响,丰产田(吨粮田)亩产玉米达到历史最高水平。玉米亩产达到 600kg 以上,一般 500kg,初步显示了土壤培肥的生态效益。

3.2 系统的能流物流分析

3.2.1 系统能流物流的总体特征分析 农业生态系统与外界环境的能量物质交换是一个平衡与不平衡相对发展变化的过程。当采取某种或某些生态建设措施时,可能会打破该系统原有

表 7 岳阳村系统总能量输入输出变动表 单位:万 kg,万千瓦

项 目	1991 年		1993 年		备 注
	实物量	折能 10 ¹² J	实物量	折能 10 ¹² J	
输 入	化肥	15.00	0.560	10.0	0.373
	饲料	22.84	3.425	8.0	1.387
	种子	0.50	0.082	0.5	0.082
	电	1.20	0.160	2.40	0.32 太阳能输入未计算在内
	柴油	0.0450	0.0238	0.60	0.037 农村工业不计算在内
	脱加机械	0.9293	0.124	1.8586	0.250
	拖拉机	1.4114	0.190	1.4114	1.190
	农药	0.06	0.114	0.04	0.076
输入合计		4.6788		2.715	
输 出	畜产品	12.0	1.968	14.76	1.883
	桃	0.24	0.010	0.40	0.017
	杏	1.60	0.081	8	0.406
	梨	14.85	0.549	22	0.820
	葡萄	0.06	0.002	0.05	0.002
	山楂	10.21	0.440	14	0.560
	核桃	0.15	0.039	0.2	0.053
	石榴	0.05	0.005	1.0	0.087
	枣	0.003	0.007	0.03	0.007
	柿子	7.45	0.260	5.0	0.346
输出合计		3.361		4.181	劳作的输出未计算在内
输出/输入		0.7183		1.540	

的平衡。如果所采取的措施是正确的,则有可能或有助于建立起更高水平的新的平衡。这种新的

对外界环境变化较高的适应性等。为了有效地评价生态建设的效果,对岳阳村分析见表 7、8。

表 8 岳阳村系统总物质输入输出变动表

项 目		1991 年				1993 年			
		实物量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	实物量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
输 出	猪	3.3	0.0663	0.0053	0.00924	5.50	0.1105	0.009	0.0154
	兔	0.624	0.0130	0.0015	0.0016	0.66	0.138	0.0016	0.0017
	羊	0.15	0.0030	0.0007	0.003	0.30	0.0061	0.0014	0.0007
	鸡	1.50	0.0500	0.0087	0.0084	2.00	0.067	0.016	0.0116
	蛋	5.80	0.1166	0.03654	0.007	6.3	0.1266	0.0397	0.0076
	水果	30.94	0.0930			50.68	0.150		
总输出		42.34	0.2582	0.0527	0.0265	65.44	0.3390	0.0623	0.037
玉米		16.6	0.213	0.100	0.067				
麸皮		5.531	0.112	0.099	0.099	60	0.1218	0.1074	0.15
饼类		0.072	0.049	0.0084	0.0093	2.0	0.136	0.025	0.043
二铵		1.50	0.240	0.300	输	1.50	0.240	0.30	
尿素		1.50	0.69			1.50	0.69		
碳铵		5.25	0.89	入		3.0	0.51		
磷肥		6.0	0.96		3.5			0.63	
钾肥		0.7		0.375		0.5			0.270
总输入			2.669	1.73	0.772		1.698	1.062	0.463
循 环 增 加	猪类尿	3.00	0.085	0.03	0.03	5.00	0.142	0.05	0.005
	羊粪尿	1.02	0.0021	0.005	0.002	3.06	0.062	0.014	0.006
	兔粪尿	3.04	0.079	0.016	0.037	4.9	0.127	0.026	0.059
	禽粪	4.6	0.13	0.027	0.11	7.3	0.245	0.042	0.041
	人粪尿	2.70	0.183	0.036	0.012	2.7	0.183	0.036	0.012
秸秆		10	0.070	0.03	0.05	15	0.105	0.006	0.090
总循环量		24.32	0.5491	0.144	0.241	37.96	0.864	0.174	0.258

由表 7 可以看出 1991 年系统的总投能(辅助能)为 $4.6788 \times 10^{12} \text{J}$ (简记为 4.678 8,下同),总产出(生物能)为 3.361。在农业生态系统的总输入能中生物有机能占总系统外输入能的 74.9%,化学能仅占 25.1%。1993 年系统的总输入能为 2.715,总输出为 4.181,有机生物能输入占总输入能 54.1%。尽管输入到系统内的总能量大幅度减少,但系统能量输出却有较大幅度的增加。辅助能投入产出比由 1991 年的 0.718 3 上升为 1.54。系统结构决定系统功能,在输出能均为果品和畜产品的情况下投入的减少和产出的增加说明系统的结构发生了趋于合理的变化。

由表 8 可以看出,岳阳村 1991 年果品的总输出量为 30.94 万 kg,畜产品的总输出量为 12 万 kg,而 1993 年该村的水果输出量上升为 50.68 万 kg,而畜产品的输出总量上升为 14.76 万 kg。果品比生态建设前的 1990 年增长约 38 万 kg,畜产品增长 2.35 倍。农业生产的社会效益明显增长,经济收入也大幅度提高。仅果品畜产品净增产值就达 50 多万元。

在社会效益经济效益增长的同时,生态也发生了较大变化。由于投入结构的改变,91 年由系统内输出到系统外的氮、磷、钾总量分别为 0.258 2、0.052 7 和 0.026 5 万 kg,输入总量分别为 2.669、1.73 和 0.772 万 kg。输入大于输出,且以有机物形式为主。由于这种物质高投入与技术高投入是同步进行的,肥料的利用率高,物质的高投入为整个生态系统的结构调整,促进良性循环奠定了物质基础。

比较 1991 年与 1993 年氮磷钾的投入结构可以发现,化肥的输入量明显下降,总化肥量下降了 50%,氮输入总量由 1991 年的 2.669 万 kg 下降为 93 年的 1.698 万 kg。磷肥由 1991 年的 1.73 万 kg 下降为 1.062 万 kg。钾肥由 1991 年的 0.772 万 kg 下降为 0.463 万 kg。肥料输入下降,而产量增加说明了生态效益的改变,系统内用于循环的有机质氮磷钾却有了明显增加,有机质由 1991 年的 24.32 万 kg 增长到 1993 年的 37.96 万 kg。增长 56.1%。参于循环的有机态氮、磷、钾总量由 1991 年的 0.549 1、0.144 和 0.241 万 kg,增长到 1993 年的 0.864、0.174 和 0.258 万 kg,系统内物质循环总量与系统输出总量已达到基本平衡。因此说经过 3 年的生态建设不仅社会经济效益提高,矿质营养的输入输出已基本纳入了良性循环的轨道。

3.2.2 系统内能流物流特征分析 如果说岳阳生态系统与环境能流物流状况的改善是整个系统功能趋于合理的外在表现,而系统内各子系统间能量物质的合理流动与转换则是维持系统高效合理运转的内在联系。为了探讨按循环利用型生态模式进行生态村建设的有效性,我们对岳阳村农业生态系统内物质能量在各亚系统间的流动变化情况进行了分析。(结果见表 9,表 10)。

表 9 岳阳村农田系统能量物质流动表

项目	输入农田量(1991)					农田输出量(1991)					注
	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	
养殖	10.7	1.91	0.1795	0.1604	0.204	27.7	3.979	0.288	0.123	0.365	
果园						6.65	0.875	0.052	0.026	0.0266	
农田	5.5	0.724	0.386	0.0174	0.0289	5.50	0.724	0.0386	0.0174	0.0289	
林草地	0.8	0.11									
储备						14.00	2.286	0.179	0.084	0.056	粮食
						9.2	1.2072	0.072	0.037	0.055	秸秆
沼气	2.063		0.0375	0.027	0.029	2.022	0.266	0.016	0.008	0.010	
人口	2.044	0.94	0.3156	0.0569	0.1812	8.00	1.31	0.224	0.056	0.04	
市场		1.114	0.91	0.84	0.30						
其它	0.2	0.026	0.175	0.035	0.051	1.100	0.0743	0.0130	0.0064	0.0048	
总计	21.31	4.824	2.004	1.1395	0.7942	74.1	10.72	0.882	0.3578	0.5863	

项目	输入农田量(1993)					农田输出量(1993)					注
	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	
养殖	15.21	2.73	0.2693	0.2218	0.2198	35.0	3.99	0.3242	0.151	0.320	
果园						7.0	0.922	0.056	0.028	0.028	
农田	5.0	0.658	0.0351	0.0158	0.0271	5.0	0.68	0.0351	0.0158	0.0271	
林草地	0.8	0.12									
储备						16.9	2.886	0.2088	0.501	0.178	
沼气	10.53		0.187	0.081	0.146	4.0	0.530	0.0312	0.016	0.024	
人口	2.10	0.954	0.316	0.060	0.181	8.00	1.32	0.224	0.056	0.040	
市场		0.912	0.720	0.93	0.27						
其它	0.2	0.026	0.175	0.035	0.051	4.4	0.611	0.048	0.021	0.0250	
合计	33.84	5.4	1.7024	1.344	0.895	80.3	10.83	0.9274	0.789	0.6421	

表 10 岳阳村养殖业能量物质流动平衡表

项目	输入养殖业量(1991)					养殖业输出量(1991)					注
	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	
农田	27.7	39.79	0.288	0.123	0.365	10.7	1.91	0.1795	0.1605	0.204	
果园						5.4	0.95	0.0897	0.0803	0.1020	
林草地	4.5	0.67	0.064	0.0315	0.023						
沼气			0.0003	0.0003	0.0005	0.251	0.045	0.017	0.0072	0.0013	
人口		0.32				2.275	0.323	0.05	0.01	0.002	
市场	20.76	3.14	0.3396	0.188	0.155	11.4	1.87	0.25	0.053	0.27	
畜牧	0.5	0.09	0.006	0.006	0.003	0.5	0.009	0.006	0.006	0.0030	
合计	53.46	8.173	0.6979	0.3488	0.5465	30.576	5.208	0.5762	0.321	0.339	

项目	输入养殖业量(1993)					养殖业输出量(1993)					注
	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机物	能量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	(10 ¹² J)	(万 kg)	(万 kg)	(万 kg)	
农田	35.0	3.813	0.3242	0.151	0.320	15.21	2.627	0.269	0.214	0.215	
果园						5.88	1.06	0.101	0.091	0.069	
林草地	4.5	0.67	0.064	0.032	0.023						
沼气			0.0025	0.0013	0.0017	1.72	0.300	0.034	0.020	0.041	
人口		0.5				2.744	0.35	0.0553	0.015	0.002	
市场	8.0	1.306	0.276	0.01	0.193	14.76	1.883	0.324	0.063	0.037	
储备	21.0	3.429	0.521	0.1023	0.19						
畜牧	0.58	0.103	0.008	0.008	0.004	0.58	0.103	0.008	0.008	0.004	
合计	69.08	9.82	1.188	0.4176	0.728	40.894	6.323	0.7913	0.4113	0.3688	

①能流分析 由表 9、表 10 可以看出,岳阳村经过 3 年的生态村建设,已经初步形成了循环利用型生态模式,能流物流基本上趋于平衡。以种植业为例:1991 年由养殖业、农田、林地、草地、沼气、人口诸子系统输入农田的能量分别为 1.91,0.724,0.11,0,0.94,输入能总和为 4.824。而由种植业输出的总能量为 10.82,产投比为 224.3%。1993 年由其它各子系统输入农田子系统的总能量为 5.40,而农田输出到其它各子系统的总能量为 10.43,投入产出比为 193.1%。在农田和能量投入中,有机能为 4.48,占总投入量的 83.1%。无论是产投比还是投能结构,都是比较合理的。就其农田的产出能分配来看,也是比较理想的。农田投入养殖业总能量 1991、1993 年均在 3.8~4.0 之间,分别占当年能量总产出的 37%。而同期输入到人口子系统的能量比重占 44%~45%,其中大部分用于贮备,食用能仅占产出能的 12%左右。可见种植业大部分产品用于饲养家畜家禽或用于再生产。极少直接输出到市场。这样不仅对提高系统内能量物质循环水平有利,而且就通过能量转换增值,增加经济效益而言也是非常有利的。

对养殖业,由表 10 可知,该子系统与环境的能量交换 1991、1993 年基本上持平。这就是说每年由市场输入一个单位能(饲料),则输出到市场一个能量单位的产品(肉蛋奶)。这不仅经济效益高,社会效益也是高的。养殖业每年输入人口系统的能量约为 0.35 左右,且逐年增长,这说明群众的生活水平不断提高。

由于各系统提供给人口子系统的能量远远的大于人口对能源的消费量,能量积累增加有利于再生产的扩大。

能源建设这 3 年有了很大的发展。仅节柴灶和沼气每年约向人口子系统提供 13.685 4 万 kg 标准煤,约多提供 21 523 万 J 的热能。能源建设有效地减少了能源的浪费,同时也有效地改善了生态环境。

总之按循环利用型生态模式对岳阳村进行的生态建设就能源循环利用而言收效十分显著。

②物流分析 由表9、表10农田和养殖两个主要子系统的物流特征可知,岳阳生态系统的物流是比较合理的。通过生态建设基本实现了物质的循环利用。

农田的物流分析:由表9知,1991年向农田投入有机物的总量为21.31万kg;1993年向农田提供的有机物为33.84万kg(不包括种子,根茬投入)按腐殖率为20%计算,等于每年向农田投入的腐殖质4.6万和6.8万kg,三年累计增加腐殖质17万多kg,按400亩农田和600亩果园计算,3年每亩投入腐殖质710kg。土壤有机质平均增长0.36%,若将根茬落叶,杂草输入计算在内,土壤有机质增加0.5%以上。据土壤养分测定,土壤有机质平均每年增长0.1%以上。土壤有机质含量的增加,对于提高土壤的贮肥贮水能力十分有利。同时也大大地增加了化肥投入的利用率。

从土壤氮磷钾的产投比(利用率)可知,1991年N为44%,1993年为54.47%,提高了10.47个百分点。磷的利用率1991年为31.4%,1993年为58.7%。

农田生物(干物质)产量:1991年为亩产0.1721万kg,1993年为0.1867万kg。农田光能利用率提高了8.5%为1990年的2倍多。

养殖业物流分析:山区生态建设中,能否实现生态良性循环,与养殖业发展关系极大。养殖业也是投入见效快的产业之一。由于技术和物质的投入增加,岳阳村养殖有了较大的发展,投资效益生态效益明显增加。经测算分析1991年畜牧业氮的总输出量为0.5762万kg。其中肉蛋合成利用0.3万kg,氮的利用率为52.06%,有机磷的利用率为0.054:0.031,钾的利用率为0.03:0.339。分别为17.0%和8.95%。饲料利用率1991年为13.675:53.4,1993年为17.504:69.08。产投比分别达1:3.905和1:3.946。3年生态建设养猪量翻了一番多。由1990年出栏200头,增加到500头,兔的存养量由2000只发展到3300只,增长60%。草食动物稳步发展。提高了草资源的利用率。同时对养殖废弃物也进行综合利用。如鸡粪喂猪、猪粪入沼气池等。鸡粪再利用率达到4.1%。

另外,生态建设中由于重视了对果园的投入,果品总产量增长幅度大,经济效益好。在1990年总产15万kg的基础上,1991年达30多万kg,1993年达到50多万kg。果品生产不仅社会效益好,经济效益大,而且生态效益好。果品输出的总的氮量仅为0.15万kg。磷钾等输出量就更小。物质对果园的投入除部分被果树同化合成成为树体物质和消耗外,大部分变成枯叶又返还到生态系统中。促进了生态系统养分的良性循环。

我们发现,农副产品加工是岳阳生态建设中的一个薄弱环节,是一个比较独立的系统,该村的农产品加工,以两头在外为主,除去对系统经济流的加大,发挥了重要作用外,其生态效益不明显,需进一步加强。在今后可考虑开展对果品、畜产品初加工和深加工,以适应农产品生产发展的需要。

4 结论与讨论

4.1 基本结论

1. 通过对系统能流物流分析证明:岳阳生态建设3年来农业生产结构的调整是合理的。生产实践也说明农业生产结构的变动促进了该村农业生产的稳步发展。3年累计增产粮食(比生态建设前3年平均)增加46.5万kg,(1993年人均占有粮食达740kg)。3年累计为社会提供干鲜果品120多万kg;为社会提供畜(禽)产品40万kg,农村环境条件生产条件明显改善,社会效益,经济

效益生态效益均显著提高。

2. 通过3年生态建设实现了课题总体构想。基本建立起了以粮、草—畜、禽—沼气—肥料—农田为主的多级物质能量循环利用的人工生态网络系统。农副产品的重复利用率明显提高,作物秸秆的利用率达90%(其中农田果园秸秆还田或覆草占25%,饲草占60%,沼气池利用5%)。大大减少了有机物资源的浪费。

3. 实现了农田、果园养分的输入输出平衡,土壤养分逐年增加,其中土壤有机质增长0.03%~0.05%,有效地提高了土壤的供肥贮水能力,农田化肥利用率提高40%以上,投入化肥量降低30%。种植业对不良气候环境和适应性有了较大改善,由于土壤肥力增加,在1992年总降雨量为303.3mm条件下,粮食产量基本没受影响。

总之,3年生态农业建设证明利用循环利用型生态农业模式对岳阳传统农业所进行的改造是成功的,各项生态建设指标均达到或超过科研合同所规定的要求。

4.2 讨论

生态村建设是生态农业工程的一个基本层次和重要组成部分。其下层直接是以户为基本单元的生态户建设,向上可与生态乡(镇)生态县建设相协调。生态村的建设既为更大范围的生态农业建设提供典型经验,又必须服从更大范围、更高层次的生态建设规划。岳阳村之所以在较短的时间内使生态建设初具规模,且见效较快,很大程度上受益于当地政府长期以来的以治山治水为基本内容的山区建设。没有一个大环境的作用和影响,要孤立地进行一个村级生态农业建设是不可想象的。

当然,生态村的建设并不单单是一个村某项水利工程、造林工程等单项工程的简单迭加,更不同于某一项生产技术的开发。而是从社会、经济生态整体效益的综合考虑为出发点,以生态学和生态经济学理论为指导,以整体规划为依据以综合建设,系统发展为内容的社会—经济—自然复合生态系统工程。具体到一个村,由于它的社会经济自然环境不同,生态建设的具体内容和措施就不同。而岳阳村,由于其经济基础,生产条件已达到一定的水平。其问题是生产结构不合理,生产技术弱,导致了内部能流物流的不协调,而经济生态社会效益较低,因此,选定以循环利用型生态农业模式对其传统农业生产方式进行改造的思路与客观是相一致的。3年来的生态村建设实践也证明,所采取的技术路线是正确的。在岳阳村的生态建设与研究的实践中,我们体会到以下几点在山区生态建设中应引起重视和值得考虑的。

1. 在一个经济生产条件较好,农村工业发展已达到一定水平的条件下,由传统农业向现代化农业过渡的过程中,必须抓住生态建设改善农村生态环境这个中心,进行全面规划和综合治理。注意产业结构的调整,使整体系统稳定协调发展。

2. 不断完善以家庭连产承包为主的生产责任制。利用相对稳定的农村政策调动广大群众的生产积极性。并注重社会主义精神文明建设,实践证明正确合理的农村政策和社会主义精神文明建设是进行生态农业建设的重要保证。

3. 重视对农业的科技投入和物质投入。提高农民群众的生态意识,科技意识。提高群众的科学技术水平。生态农业建设是千家万户的事情,没有广大群众的积极参与是行不通的。这里所说的技术不是指某一项专用技术,而是一个技术体系。如劳动密集型高产高效立体种植技术;有机物多层次利用技术。物种互惠共生技术,生态优化植保技术,生态环境治理技术,再生能源工程技术,以及农业、农村工副业的生产管理技术等。人材的培养是农业持续稳定发展,资源永续利用的依托。

4. 山区生态建设要具有社会主义市场经济的观点。要充分发挥自己的资源优势。岳阳村之所在生态建设中能保证物质的投入,很重要的一方面就是受益于村办户花岗岩加工,皮鞋加工等工副业的发展。

5. 突破常规的思维方式,走以工促牧、以牧促粮、促果、促林的农村生态建设道路。在山区缺粮的情况下,在基本改善了土地的灌溉条件之后,一方面利用先进的农业种植技术,提高粮食单位面积产量,一方面加大食粮家畜家禽的饲养规模。虽然说山区发展畜牧业的优势在于有较多的饲草资源,这只是理论上的合理性。从我省的实际情况来看,增加山地植被,涵养水土资源压力亦然很重,食草动物的发展规模扩大必然加大对植被的影响,且由于食草动物受我国的市场和肉食消费结构的影响,往往销路不好,产销脱勾,必然挫伤群众的生产积极性。岳阳村生态建设并不是马上扩大食草动物的饲养量,而是以扩大食粮家畜家禽的饲养规模,加大了有机物质的输入量。即所谓的“以工促牧”,由于食粮畜产品易销,市场比较稳定,养殖规模较易扩大,有机肥也能大量增加。有机肥多促进农田的养分良性循环,增强了农田对不良自然条件的适应性,粮食生产稳定发展,化肥的投入量逐步下降。而种植业的发展反过来又促进了牧业的发展,进而促进林果业的发展,果品产量质量大幅度提高。我们认为,山区食草动物发展规模应根据农田秸秆的产出量,以及人工收集山草的能力适度逐步发展,最终走向以食草动物饲养为主,以发挥山区果品生产优势为主的农业生产结构,过去那种盲目扩大食草动物饲养,急于求成的想法是与我省的实际情况不相符的。

6. 切实搞好并加强农村能源建设,实现能量物质多层次循环利用,减少对生物资源的浪费。能源建设以户用小沼气池为主,利用沼气池这个纽带发展庭院经济,提高土地利用率,沼气和太阳能利用是改变农村生态环境必不可少的。

7. 提高农民的商品生产意识,山区农村的发展最终还是依靠农业,工副业的发展既是农业生态建设的经济支柱,又必须坚持服务于农业,依据当地的生物资源优势搞好农产品加工促进农产品增值,实现高产优质高效的“两高一优”农业生产。

8. 切实搞好农业服务实体建设,完善农业生产服务体系。在目前农业技术人员少,农业生产技术水平差的条件下,搞好农业技术服务是非常重要的。要利用法律、政策、经济等手段保证新技术的推广,农业技术体系是否健全,关系到生态建设的成败,关系到农业能否稳定持续发展。

9. 坚持不懈地进行生态农业的宣传教育工作。现在一些人中仍存在着只顾眼前经济利益,忽视长期生态效益的倾向,应避免一面进行生态建设,一面对生态破坏的情况。

10. 生态村建设要纳入更高层次生态农业建设之中,即生态村的建设过渡到生态乡(镇),生态县的建设。我们认为,生态村的建设只有纳入更高层次的生态农业建设之中,才能得到不断巩固与发展,最终实现农村社会经济生态效益的高度统一。

农学专业 88 级学生鞠远江、王德升等,畜牧系教师李全阳,畜牧专业 88 级学生王可,果树专业 89 级学生接玉玲等参加部分研究工作。