

# 综合利用型生态农业系统的结构与功能分析

李德生 杨洪强 吴庆鹜 韩祥铭 孙学剑 王玉起\*

(山东农业大学·泰安·271018)

**摘 要** “综合利用”型生态农业单元是山区生态农业建设的重要项目,它对于充分利用山区的自然资源,促进山区农业生态系统的运转,提高经济收入,达到生态效益、经济效益和社会效益的同步发展具有重要意义。本文从窝铺流域试验区研究结果看①土地资源的综合利用较充分,生产力较高,林、果、粮、菜的面积比为 100 : 36 : 35 : 3。②初级生产综合利用较为合理。③养殖业种群结构需进一步调整。④加工业基本持平,加工能力占试验区需要量的 80% 以上,果品加工业发展潜力较大。⑤能源建设普及率较低,经过 3 年的规划治理,利用“综合利用型”生态模式,三大效益明显。

**关键词** 综合利用 种植业 养殖业 能源利用

## Analysis on Constructure and Function of Eco-agriculture System about Comprehensive Utilization

Li Desheng Yang Hongqiang Wu Qingwu Han Xiangming Song Xuejian Wang Yuqi

(Shandong Agricultural University, Taian, 271018)

**Abstract** Eco-agricultural unit of comprehensive utilization is the key term for constructing eco-agriculture in mountains to fully utilize mountain's resources, to promote eco-agriculture system work, to raise in economic incoming in order to achieve the simultaneous development in the benefits of economy, ecology and society. The results from Wuepen watershed experimental area was show as follows: ①it was relative full to comprehensively utilize land resource, the area ratio of forest, orchard, food and vegetation were 100 : 36 : 35 : 1. ②it was rational to comprehensively utilize primary production. ③it was necessary to adjust the variety structure of liverstock breeding. ④it was to keep the same level of food processing, the processed abilty amount for 80% the needed processed in the experimental area, the orchard processing has a great potentiality, the popularization ratio of energy structuré was lower. ⑤at last, through three years' plan control, the great benefits in economy, ecology and socity have been achieved by applying eco-agriculture pattern of comprehensive utilization.

**Key words** comprehensive utilization plant livestock breeding energy utilization

生态农业就是按照生态学原理来规划、组织和进行农业生产。它是全面规划、相互协调的整体农业,生态农业的出发点和落脚点,都是着眼于系统的整体功能。而衡量整体功能的标准,最重要的有三条:一是经济效益,即生产要发展,农民要富裕;二是社会效益,要满足人民对农产品日益增长的各种社会需求;三是生态效益,即保持良好的生态环境。生态农业,要考虑系统之内全部资源的合理利用,即对人力资源、土地资源、生物资源和其它自然资源等进行全面规划,统筹兼顾,因地制宜,合理布局,并不断优化其结构,使其相互协调,协同发展,从而提高系统的整体功能。窝铺山区具有自然资源丰富、水热条件良好等特点,发展山区生态农业是保持山区生态环境,促进农业持续稳定发展,提高人民生活水平的良好途径,在全国山区建设中也具有一定的代表意义。1991 年至 1993 年,我们在试验区内,按照生态学的原理进行了合理规划,设立了以“种、养、加”为主体的“综合利用型”生态农业模式,几年来取得了一定的成果,1993 年 9 月通过专家验收鉴定。

## 1 试验区的基本概况

### 1.1 自然概况

试验区位于济南市历城区柳埠镇的窝铺流域,包括 4 个行政村(岳阳村、岱密庵村、周家峪及山岔村),总面积约 13km<sup>2</sup>,该地有明显的山地小气候特点,年平均气温 13.4℃,年平均降雨量 796mm,无霜期 171 天,年日照时数 2 120h,光能总辐射 520.3J/cm<sup>2</sup>,海拔 300~877m。流域内母岩有变质岩和沉积岩两种,其中沉积岩(石灰岩)山地面积 1 503.5 亩,主要土壤类型为褐土类,特殊地形条件使本区域山中上部土壤干旱瘠薄,山下部土壤深厚紧实,限制了植物生长发育和分布。变质岩山地面积 17 996.3 亩,土壤类型主要为山地棕壤,由于母岩长期风化剥蚀,地表(山中上部)多形成松散的砂粒状物质,一遇暴雨极易形成水土流失,土壤结构性差,砂性大,养分含量低。山下部冲积土壤结构良好,以壤土为主,对植物生长发育和分布起着积极的作用。

### 1.2 生物资源概况

试验区内的生物长期受人为频繁干预,属次生性质,种数较少。在动物中,狼、狐、獾等中形食肉兽类基本绝迹,黄鼬、艾虎等小形食肉兽很少,食虫兽类如刺猬等尚能见到,兔、田鼠、仓鼠等啮齿动物大量滋生,严重危害农林植物。鸟类中,以杜鹃、黄鹌、黑卷尾、伯劳、燕子等候鸟及大山雀、斑啄木鸟、灰喜鹊、喜鹊、乌鸦等留鸟较多。昆虫中农林害虫危害严重,主要有松毛虫、柏毛虫、松梢螟、红蜘蛛、卷叶蛾、蚜虫、刺蛾、大袋蛾、各种金龟子、尺蠖、多种天牛及多种介壳虫等数量较多。

试验区内森林覆被率为 30.3%,以侧柏林、刺槐林、油松林及果园为主;林木覆被率为 34%,植被覆被率为 55%。自然分布植物多为中生类型,生态适应幅度大,很多种类有很强的耐旱性,构成植物群落的主要植物种类有:

1.2.1 草本植物 结缕草、白羊草、黄背草、野枯草、狗尾草、苔草、瓦松、地榆、地黄、地丁、苦参、丹参、火绒草、小蓼、紫菀、苦苣菜等。

1.2.2 灌木种类 酸枣、荆条、胡枝子、多花胡枝子、鼠李、连翘、扁担杆子、杠柳、锦鸡儿、吉氏木蓝等野生种类及紫穗槐、白蜡、花椒等人工栽植种类。

1.2.3 乔木树种 侧柏、油松、刺槐、欧美杨等成林树种,臭椿、槐树、泡桐、枫杨、构树、苦楝、山合欢等散生树种,经济树种有苹果、桃、杏、枣、柿、板栗、核桃、山楂、石榴、葡萄等。

试验区内农田面积 2 070 亩,主要栽培作物为小麦、花生、地瓜、玉米、大豆及一些常用蔬菜

黄瓜、大蒜、葱、姜、大白菜、芸豆、油菜等。

### 1.3 社会经济概况

试验区4个行政村,总人口2 851人,839户,人均占地6.84亩,其中人均耕地0.72亩,人均粮食260.0kg,人均果品217.08kg,户均耕牛0.08头,羊0.21只,猪1.37头,兔0.33只,鸡15.26只,蜂0.03箱,人均收入735元。

试验区内共有汽车、拖拉机6台,面粉厂5家,屠宰专业户4户,豆腐加工厂1处,糕点厂7户,代销站7处。

## 2 存在问题及“综合利用型”模式的建立

### 2.1 存在问题

试验区内由于技术水平低,经济投入能力差,主要存在如下几个问题:

2.1.1 因土地利用不合理,造成严重的水土流失 试验区内总面积13km<sup>2</sup>,其中林业用地面积近9 000亩,但由于土地条件差,经营管理粗放,有林地树种结构单纯,以纯林为主,森林郁闭度在0.3~0.7,许多林分树干低矮,冠形小,郁闭度少于0.3,起不到水土保持的防护效益。植被受人为破坏严重,加之过度放牧,人工开荒种地,植被盖度仅为30%~50%,个别地块岩石裸露,水土流失严重,土地的生产力极低。山地果园,由于整地方式不合理,动土面积比较大,破坏了下层植被,使土壤裸露,水土流失也变得极为严重。农田地堰、田坎的利用率较低,光能浪费较大,无植被覆盖,也造成了严重的水土流失。农田面积较少,仅为2 070亩,且其利用率较低,一些地块一年仅生产一季农作物,复种指数很低。

2.1.2 农作物及经济树木管理粗放,产量低 ①农作物品种老化,许多农作物受传统农业的影响。品种比较老化,极需要更换新的品种以增加农作物的产量和质量,如小麦、花生、玉米等;②农作物投入低,技术差,要想获得农业的高产出,必须增加投入的比例,以高投入换出高产出,特别是增加有机肥投入,是农业丰产优质的重要途径,另外农作物的管理技术、病虫害防治技术、精播高产技术等都需要进一步调整;③果树的合理密植技术,许多果园,采用老的生产方式,密度小,产量低,极需发展合理密植型的丰产果园,如苹果密植栽培、柿树密植丰产栽培、板栗密植丰产栽培及桃、杏等密植丰产技术等;④果树经营管理粗放,许多老果园产量极低,甚至长年不结果,极需进行合理经营管理和整形修剪,以得到高产、优质的果品;⑤经济林木的品种差,产品低劣;许多果树品种老化,品质差,需要改接新品种,获得优质的产品,提高经济收入,如苹果、柿子、核桃、板栗等。

总之,农作物及经济林木品种差,产量低,品质低劣是目前农果业生产中的主要问题,极需得到进一步改善。

2.1.3 养殖业种群结构不合理,数量少 试验区养殖业以鸡猪为主,占87.47%,草食家畜(牛、羊、兔)仅占10.24%,种群结构不合理。以精料饲养的鸡、猪占比例太大,消耗粮食多,受市场的影响较大;草食家畜的比重太低,山区大部分饲料资源得不到充分利用,这些问题说明试验区畜牧业生产水平低,饲养周期长,畜产品商品率低。因此,根据山区的特点,必须合理发展畜牧业,促进生态系统的运转。

2.1.4 加工业缺乏,经济效益低 加工业是“种、养、加”生态系统中的一个重要的环节,产品的增值,利用都需要经过这一环节来实现,如某些产品(山楂)过剩,经济效益低,可以通过加工业,将其产品形式转化,以加工促销售,从而达到提高经济效益的目的。柳埠山区的自然资源丰

富,发展粮食加工、果品加工、畜禽加工等是一条致富的良好途径。而试验区内加工业缺乏,仅有少量的屠宰场、糕点厂、磨坊等,为了促进生态系统运转和产品增值,搞好加工业是必不可少的。

## 2.2 “综合利用型”生态模式的设立

为了达到试验区种植、养殖、加工等的良性循环,充分合理地利用山区资源,达到更高的经济效益,我们设计了本模式,包括 4 部分。

2.2.1 土地的综合利用与种植业 绿色植物是生态系统的初级生产者,它吸收太阳能,将其转变为化学能,吸收环境中的无机物质,将其转变为有机物质而输入生态系统,它是生态系统中物质和能量的源泉,其它成分直接或间接地都是依靠绿色植物的生产。因此在生态系统中,为了促进生态系统的运转、得到高产出、高效益,必须从绿色植物入手,达到充分利用土地空间,一定面积范围内获得最高生物产量的目的。本着这一目的我们将试验区划为上、中、下三个子系统,分层进行合理规划设计,分为防护林区、经济林区、粮菜生产区等,各区通过植物种类的合理搭配,以达到充分利用土地资源,即有较高的生态效益,又有较高的生物产量和经济效益的目的。

2.2.2 初级生产的综合利用与养殖业 山区土地资源丰富,植物产量较高,为了充分利用植物资源,达到植物产品的快速转化和高效益,增加养殖业的比例是刻不容缓的。养殖业的种群结构、数量、种类等,必须根据输入原料的供应情况,进行合理搭配,做到既充分利用植物资源,又不破坏生态环境,维持生态系统良性运转的目的。如为了加强蜜源的利用,大力发展养蜂业,增加秸秆的利用,可发展牛、羊等草食家畜。

2.2.3 沼气池的建设与废料的综合利用 试验区农用电力紧张,照明用电往往不能及时供应,尤其在生产季节,往往会影响到农业生产。利用山区植物资源丰富的优势,发展沼气池是推动生态系统运转的一条良好途径,他可以利用农业、加工业废料及人畜排泄物,将其转化为被人类利用的能量(如照明、取暖、做饭),从而达到改变山区生活条件,促进原产品转化和生态系统运转的目的,可以说是一举多得的好办法。

2.2.4 加工业的发展与产品的综合利用 加工业是扩大产品利用途径,扩大生态系统中产品输出的枢纽,试验区中绿色植物及养殖业可以通过加工途径,加快其在生态系统中的运转速度,扩大其向系统外输出,提高经济效益,对于扩大生态系统生产能力将起着积极的作用。根据生态系统的生产状况,可以发展果品加工(山楂加工为主)、农产品加工、畜禽加工等。

## 3 “综合利用型”生态农业单元结构及生产力的分析

### 3.1 土地综合利用模式的结构分析

为了达到生态效益、经济效益及社会效益的综合、充分利用土地资源,根据土地条件的状况和植被的作用,通常可分为山上部防护林亚系统,中层果园及农林复合亚系统和下层粮菜亚系统。

3.1.1 防护林亚系统 防护林在生态系统中的作用是涵养水源保持水土,减少生态系统中的物质和能量向系统外输出,因此其在整个生态系统中起着保护环境的作用,是一个重要的成分。研究期间,采用人工营造和封山措施相结合的措施,加速植被恢复、改进防护林的组成和结构,使生产力大为提高,起到了良好的防护效益。

表 1 看出,经过封山措施后,森林植被结构得到良好的改善,植被覆盖度在有林地中高达 95%,灌丛中高达 70%,各层的结构也比较合理,乔、灌、草三层都能良好地生长。乔、灌、草及枯落物生物产量的比值,石灰岩侧柏林为 100 : 4.04 : 2.11;砂石山地侧柏林为 100 : 6.35 : 3.19;刺

槐林 100 : 0 : 12. 15;油松林为 100 : 0. 85 : 1. 22;封山形成的灌丛,灌草生物产量与枯落物的比值为 100 : 3. 58。从各层次的盖度比值来看,石灰岩侧柏林的乔木层与灌木层、草本层的比例为 100 : 25 : 50;砂石山地侧柏林为 100 : 33. 33 : 100;刺槐林为 100 : 0 : 0;油松林为 100 : 16. 67 : 50,封山形成的灌草地,灌木与草本植物的比值为 100 : 125。依此可以看出,仍有些防护林结构不甚合理,如刺槐林的灌草植物层次缺乏,这在涵养水源保持水土的作用中是非常不利的,油松林灌草植物层次数量也极少,这些都有待进一步改善,以保持各层次的合理比值,达到良好防护效益。

表 1 防护林亚系统的水源涵养效能

类型	林冠截留(t/ha)	地上部截留(t/ha)	土壤自然持水(t/ha)	土壤有效截持(t/ha)	合计(t/ha)
侧柏林	80. 0	14. 41	1026. 0	879. 0	973. 41
刺槐林	61. 0	11. 25	396. 0	772. 0	844. 25
油松林	71. 0	5. 06	238. 0	452. 0	528. 06
灌草地	/	18. 46	150. 0	297. 0	316. 46

注:合计中不包括土壤自然持水量。

表中看出,森林植被的水源涵养效能极大,依此看来在一定降水后,只要有足够的时间向土壤中渗透,一般不会造成水土流失,这是保持生态系统的稳定,减少物质和能量输出的良好措施。从土壤侵蚀量来看,据测定防护林区土壤侵蚀深度仅为 0. 004mm,土壤侵蚀模数为 6. 0t/km<sup>2</sup> · a,封山区年土壤侵蚀深度为 0. 008mm,土壤侵蚀模数为 11. 2t/km<sup>2</sup> · a,比其它植被类型如果园、农田等要低得多,其它类型年土壤侵蚀深度达 1. 490mm,土壤侵蚀模数达 2 011. 4t/km<sup>2</sup> · a。可见防护林亚系统在涵养水源保持水土中的作用十分明显。

3. 1. 2 果园亚系统 果园是生态系统的一个重要成分,对提高山区经济收入起着举足轻重的作用,果园主要是向系统外输出果品,并向加工业提供原料。试验区新植果树 29 600 株,部分已开始结果,开始输出产品,1 656 亩老果园也进行了改造,以达到充分发挥果树生产力潜力,提高经济收入的目的。3 年来通过采用综合管理技术措施,使果园的产量和质量大幅度提高,从而达到充分利用土地、提高生物产量的目的,总产量是试验前(1990 年总产 61. 89 万 kg)的 3. 8 倍,好果率提高到 85%以上,表 2 为试验区内果品及枝叶的产量情况。

表 2 果园亚系统生物产量统计表

单位:万 kg

果品产量	叶片产量(干重)	枝条(修剪)产量(干重)	现存量(干重)	合计
234. 34	5. 62	2. 81	261. 21	503. 98

表中果品产量大部分直接输出系统外,投入市场运转,小部分产品(主要为山楂 63. 09 万 kg)进入加工业,通过加工以后投入市场,可达到提高经济效益,促进销售的目的,解决产品积压的问题;叶片的产量直接归还本系统,提高土壤肥力,在系统内部参与循环;而修剪以后的枝条产量仅有 15%归还本系统,加上果品的输出所以每年必须补充果园土壤一定的土壤养分,以期达到稳产、丰产、优质的目的。

在新植果园中,为了既达到充分利用土地,又不影响果树生产的目的,采用了农作物(蔬菜)间作的形式,随着果树的生长,农作物种植量逐渐减少。第 1 年采用农作物离开树基 0. 5m 的距离,第 2 年离开树基 1m,第 3 年行状种植离开树基 1m,第 4 年农作物被淘汰。

3. 1. 3 地边栽植农林复合亚系统 试验区属纯山区,具有坡度大,土地浪费多之特点,据测定,地堰面积占总农田面积的 7. 55%到 27. 36%。因此,充分利用空间,获得更高的生物产量和经济收入是山区生态农业建设的重要措施。目前普遍采用的地边栽植树种为柿树及核桃。只要采

用合理的配置方式,其对农作物的影响极少,从研究结果看(表 3),梯田地边栽植是充分利用空间和地力,增加生物产量的一项切实可行的措施。

在地堰乔木树种的发展中,由于树体高大,为了减弱树冠对农作物的光照影响,因此采用阳坡下地内堰、阴坡上地外堰的栽植方式是比较合理的。

表 3 地边栽植的生物产量统计

树 种	年 龄	树冠投影占 农田(%)	树冠投影占 地堰的(%)	农作物种类	产果量 (kg/亩)	作物产量 (kg/亩)	对照地农作物 产量(kg/亩)
核桃 A	42	15.91	47.71	小麦	201.6	263.13	350
柿树 A	24	17.06	58.57	花生	384	150	175
柿树 B	24	15.12	38.32	甘薯	555	2000	3000

注:A 代表阴坡,B 代表阳坡。

表 3 看出,山地地边栽植对农田光照的影响极少,其树冠投影面积仅占农田面积的 15%左右,而大部分树冠投影到地堰上。从农作物的产量来看,同等立地条件下,地边栽植地的农作物产量要比对照地低,但降低的幅度不大,小麦为 24.8%,花生为 14.3%,而地瓜为 33.3%。因此,作物种类选择应该注意,尽量选用受影响较少的作物种类。地边栽植果品产量较高,核桃每亩地达 200 余 kg,柿树达 500 余 kg,依此来看地边栽植对于充分利用土地空间,增加生物产量,提高单位面积的经济收入是十分有利的。

3.1.4 粮菜亚系统的结构 农作物及蔬菜是人民生活的主要物质和能量来源,它既可以输入养殖业,又可以输入加工业、沼气池,还可以直接输出系统外,因此,粮菜亚系统的结构和生产量,对于推动整个生态系统的运转,增加生态系统的产值具有重要意义。

为了充分利用土地和空间,达到较高的生物产量,本系统主要采用间作套种的生产方式,利用作物之间相互依存、相互促进的关系,在同一地段上获得较高的生物产量,其主要结构形式有①小麦—玉米套种形式;②玉米—大豆间作形式;③甘薯—芝麻间作;④甘薯—菜(花);⑤小麦—菠菜(油菜)—玉米等。另外采用更换良种、覆膜早种、重施基肥、足墒播种(栽)、适当密植、防虫防草等措施,使试验区农作物产量大幅度提高。小麦、玉米、甘薯、花生、杂粮和蔬菜的总产量分别提高 80.18%、94.26%、130.48%、199.67%、165.79%和 660.87%,可见科学技术是第一生产力,为了充分合理地利用自然资源、达到高产量、高效益,增加科技投入是必不可少的。另外,试验期间土地的复种指数增加幅度较少,从这一点看增加单位面积产量还是有潜力可挖。

3.2 养殖业的种群结构与物质转化概况

试验区内养殖业以牛、羊、猪、鸡、兔等为主,他们在系统中起着促进生态系统的物质和能量转化,增加经济收入的目的,各种类的概况及物质的吸收数量和转化见表 4 和表 5。

表 4 养殖业的物质消耗量

种类	数量	饲料	只年采食量(干重 kg)	年总采食量(kg)
牛	98	精料		
		粗料	2295.85	224993.3
羊	215	精料		
		粗料	222.65	47869.8
猪	850	精料	438.00	372300.0
		粗料	219.00	186150.0
兔	980	精料	18.25	17885.0
		粗料	91.25	89425.0

续表 4

种类	数量	饲料	只年采食量(干重 kg)	年总采食量(kg)
鸡	18640	精料	21.90	408216.0
		粗料	7.30	136072.0
鸭	312	精料	29.20	9110.4
		粗料	10.95	3416.4
鹅	218	精料	36.50	7957.0
		粗料	36.50	7957.0
合计		精料		815468.4
		粗料		695883.5

表 5 养殖业输入物质的转化量

种类	年排泄量(kg 鲜重)		产肉量(kg)	产蛋量(kg)	产毛量(kg)	产皮量(张)	产奶量(kg)
	尿	粪					
牛	218400	408800	2133.8			25	11000.0
羊	63360	191990	3721.45				38631.6
猪	845340	422670	119913.75		774.5	566	
兔		724900	3555.5		98.8	988	
鸡		362450	1037.5	50726.5			
鸭			104	1738.3	13.0		
鹅			65.4	2040.0	8.72		
合计			130531.4	54504.8	895.02		49631.6

表 4 与表 5 表明, 畜禽从初级生产吸收大量的物质, 转化成尿、粪、肉、蛋、奶、毛、皮等形式, 然后再向系统中其它成分转化, 其中包括几个部分: ①一部分畜禽排泄物归还果园及粮菜亚系统, 重新进入物质循环; ②一部分排泄物及废料进入沼气池; ③一部分肉、蛋、奶产品进入加工业, 通过加工增值再输出系统; ④一部分肉、蛋、奶及毛、皮产品直接输出系统。

3.3 加工业的结构及加工能力

加工业是生态系统运转中的重要环节, 其主要作用是①促进物质和能量的转化; ②促进农、林、果、菜、畜禽等的发展和生态系统的正常运转; ③扩大生态系统物质输出途径; ④提高生态系统的经济效益。试验结束后, 试验区的加工业种类及加工能力如表 6。

表 6 加工业每年的加工能力及经济效益

种类	原料	主产品	产量(kg)	产值(元)	成本(元)	纯利(元)	用工(人)
锯木	原木	板材	1500m <sup>3</sup>	180000	145000	35000	8
采石	红花岗石	块石	20m <sup>3</sup>			10000	16
屠宰	猪、牛、羊等	肉	450 头	198000	177000	21000	6
糕点	面粉、油、蛋	糕点	20000	90000	70000	20000	6
面粉	小麦、玉米、大豆	面粉	300000	288000	234000	54000	2
果品加工	山楂	山楂饼	145000	810000	550000	260000	110
轧油	花生、大豆	油	68000	204000	163200	40800	8
豆腐坊	大豆	豆腐	28000	28000	16800	11200	4

注: 山楂加工厂为镇办工厂。

表 6 可以看出, 通过加工业可以大幅度提高经济效益, 原产品的增值幅度可达 25.0%~66.7%; 通过加工, 可以促进种植业的发展和原产品的销路, 如山楂大部分地区销售困难、价格低, 但通过加工以后, 加工产品供不应求, 从而进一步调动了农民发展种植业的积极性, 保证生态系统的正常运转。另外, 原产品加工以后, 除直接取得经济效益以外, 还有一些加工副产品, 可以再输入生态系统的其它成分或取得副产品经济收入。

表 7 加工业中年副产品的产量

木屑	小麦、玉米、大豆等种皮(kg)	花生饼、豆饼等(kg)	果品厂废料(kg 湿重)	豆腐渣(kg)
18750	65853.7	45333.3	1030000	7000

注：果品厂废料中约 5.3% 输入试验区生态系统，即 54590kg。

表 7 表明，加工业中大量的副产品都归回生态系统中，重新参与生态系统的物质循环，这对促进生态系统的运转，促进种植业、养殖业及沼气池等的发展起着积极的作用，这也是山区生态系统中不可忽视的一个重要环节。

3.4 沼气池的发展与废料利用

沼气池是近代生态农业建设中的一个重要项目，它具有加速系统中的物质转化，充分利用废物资源，减少环境污染，提高人民生活水平的目的，使生态、经济和社会效益并举的建设项目，表 8 为试验区沼气池建设情况及物质转化量。

表 8 沼气池的物质转化量和产气量

数量	体积(m <sup>3</sup> )	总投料(kg)			日产气(m <sup>3</sup> )	年产气(m <sup>3</sup> )	折合收入(元)	年产沼肥(kg 鲜重)
		秸秆	人畜粪	水				
80	800	20000	40000	288000	160	38400	57600	80000

注：①折合收入按 1m<sup>3</sup> 沼气相当于 2.25kg 煤价 0.15 元/kg 计算。②沼气池每年产气按 8 个月计算。

表 8 看出，沼气池利用了大量农副产品和人畜粪，将其转化为被植物直接吸收利用的有机沼肥，同时又能生产大量的沼气，为人民生活提供了极好的能源，可用来烧饭、照明、取暖等，社会效益也是巨大的。

除此以外，试验区还推广省柴节煤炉灶 714 个，经测试热效率在 43% 以上，可节省柴、煤 1/3 以上，对增加柴、煤等资源的利用效率具有一定的作用。

4 效益分析

4.1 通过土地的综合利用和种植业结构的调整，使试验区生态环境得到了进一步改善：林木覆被率由 34.0% 提高到 39.8%；植被覆被率由 55.0% 提高到 70.0%；水土流失治理率由 65.0% 提高到 85.0%；土壤侵蚀量也大大减少，土壤侵蚀深度由 1.27mm 减少到 0.946mm，土壤侵蚀模数由 1 720.0t/km<sup>2</sup>·a 减少到 1 277.6t/km<sup>2</sup>·a；农田光能利用率由 0.4% 提高到 0.68%。

4.2 通过加工业使原产品进一步增值，增加生态系统的经济产出：农产品的加工（面粉加工、糕点加工、油及豆腐加工）使产品增值达 126 000 元，增值幅度为 26.03%；畜禽屠宰使产品增值 21 000 元，增值幅度为 11.86%；山楂加工使产品增值 260 000 元，增值幅度为 47.27%，其中，试验区山楂增值额为 107 586.2 元。通过加工使试验区增值达 254 586.2 元。

4.3 通过生态农业建设使试验区社会生活条件得到进一步改善。加工业的发展，为试验区群众创造了就业机会，就业率大幅度提高；沼气池及太阳能热水器等的发展也改善了人民生活条件，使人民生活水平进一步提高。

5 “综合利用型”生态农业单元的评价

“综合利用型”生态农业单元是山区生态农业建设中一个重要的、必不可少的模式，它对于合理利用山区的自然资源、促进山区农业生态系统的运转、提高经济收入等多方面都有积极的作用。为了使本研究能在山区农业建设当中得到推广，并在应用中能进一步完善和提高，达到更加理想的效果，现对本项目做一综合评价。



5.1 种植业结构合理,生物生产量提高

山区种植业是山区经济发展的物质基础,本项研究本着充分利用土地资源,生态效益、经济效益和社会效益并重的原则,对试验区内种植业的种类、结构等进行了合理的规划和调整,其结果是比较理想的。林、果、粮、菜的面积比为 100 : 36 : 35 : 3,充分体现了山区建设以生态效益为主,以果业做为优势项目的山区发展指导思想。农作物生产量比试验前提高了 154.33%,副产品提高了 105.86%;果品产量也明显提高,比试验前提高了 278.64%,从而为生态系统的运转奠定了物质基础。

5.2 养殖业种群结构有待进一步调整

养殖业是生态系统运转的纽带,它对于促进物质转化,增加生态系统的运转速度有着重要意义。因此养殖业的种类必须与生态系统中的物质输入相一致,表 9 为养殖业物质输入和消耗情况。

表 9 可供养殖业的物质质量与实际消耗量

农作物总产(kg)		可供养殖业(kg)		养殖业实际消耗(kg)		差值(kg)	
1656362.5(主) 2634793.0(副)		790084.9(主) 1908551.5(副)		815468.4(主) 495883.5(副)		-25383.5(主)+1212668.0(副)	

注:①可供养殖业的主产量,按总产量的 47.7%计算;②副产供应量为除去小麦副产和沼气池用量以外的副产量。

从表中看出,试验区养殖业的种群结构有待于进一步调整,对精饲料消耗量较大的种类,如猪、鸡等应限制发展,而对草食家禽则应大力发展,再加上山区杂草的大量供应,预计草食家禽可以增加 3 倍以上。

5.3 现有加工业基本持平,新的加工业有待大力发展

加工业是促进产品增值、增加经济收入、促进生态系统运转的重要措施。加工业应与本区的初级生产和消耗能力相结合,达到相互促进、共同发展的目的,从表 10 可见,现有加工业基本持平,面粉加工能力达 84.15%,轧油为 99.35%,豆腐为 81.81%。某些加工业有待进一步发展,如屠宰,屠宰率只有 47.67%,山楂加工率仅为 47.55%。一些新的加工业极有潜力,如果品加工,从现有加工情况看,以山楂加工为主,对山楂的生产和销售极为有利,但其它一些果品如桃、苹果、梨等的产量极高,为达到产品增值的目的,可以列为今后发展的规划。

表 10 加工业年需要量及加工能力

屠宰(头)			面粉(kg)			山楂加工(kg)			轧油(kg)			豆腐(kg)		
出栏量	屠宰量	差值	需要量	加工量	差值	产量	加工量	差值	需要量	加工量	差值	需要量	加工量	差值
944	450	494	356500	300000	56500	630900	300000	330900	68448	68000	448	34224	28000	6224

注:①需要量为试验区年消耗量;②山楂加工量为每年加工厂可从试验区收购的数量。

5.4 能源普及率有待于进一步扩大

能源建设是充分合理利用自然资源,节约开支,提高人民生活水平的优势项目,从现有能源发展情况看,沼气池普及率为 10.36%,节柴灶普及率为 86.13%,太阳能热水器普及率仅为 2.41%,特别是沼气能和太阳能的开发利用亟待进一步扩大。

总之,“综合利用型”生态农业为生态农业的发展奠定了基础,取得了生态效益、经济效益和社会效益同步发展,在山区生态农业建设中具有较高的推广价值。

农学专业 88 级学生张锋、赵希志等,果树专业 89 级学生接玉玲、李玲、李中金、张祖仁参加部分研究工作。